

The background of the cover features a herd of white cows in a field at dusk. The scene is overlaid with a blue digital network of glowing nodes and connecting lines, symbolizing technology in agriculture.

Pecuária Digital

Editores Técnicos

Pedro Paulo Pires

Quintino Izídio dos Santos Neto

Embrapa

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Corte
Ministério da Agricultura e Pecuária**

Pecuária Digital

Editores Técnicos

**Pedro Paulo Pires
Quintino Izídio dos Santos Neto**

**Embrapa
Brasília, DF
2025**

Embrapa Gado de Corte Coordenação editorial
Instituto de Pesquisa Científica Pedro Paulo Pires
Av. Rádio Maia, 830 - Vila Popular Quintino Izídio dos Santos Neto
79106-550 Campo Grande, MS
<http://www.embrapa.br/> Revisão de Texto
<http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac> Wilson Werner Koller

Responsável pelo conteúdo e edição Editores Técnicos
Embrapa Gado de Corte Pedro Paulo Pires
Av. Rádio Maia, 830 - Vila Popular Quintino Izídio dos Santos Neto
79106-550 Campo Grande, MS

1 edição
Publicação Digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Gado de Corte

Pecuária digital / Pedro Paulo Pires, Quintino Izídio dos Santos Neto,
editores técnicos. - Brasília, DF : Embrapa, 2025.
PDF (336 p.).

1. Bovinocultura. 2. Cadeia produtiva. 3. Gado de corte. 4. Pecuária de precisão. 5. Tecnologia. I. Pires, Pedro Paulo. II. Santos Neto, Quintino Izídio dos. III. Embrapa Gado de Corte.

CDD 636.213

Maria de Fátima da Cunha (CRB-1/2616)

© Embrapa 2025

Editores

Pedro Paulo Pires

Médico Veterinário, Doutor em Clínica de Grandes Animais, Pós-Doutorado em Geomática. Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

Quintino Izídio dos Santos Neto

Mestre em Ciência da Computação. Analista da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

Autores

Adriana da Silva

Graduanda em Tecnologia em Processos Gerenciais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Analista da Embrapa Gado de Corte. Campo Grande, MS.

Alessandra Corallo Nicacio

Doutorada em Reprodução Animal, Pós-Doutorado em Inseminação Artificial Animal. Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

Alexandre Mossate Gabbi

Doutorado em Zootecnia. Atua como pesquisador independente na prospecção de aditivos para nutrição animal e para a preservação de rações.

Annelise Tran

Pesquisadora no Cirad "Animal et Gestion Intégrée des Risques", UPR AGIRs, Reunion Island, CIRAD, UMR TETIS, Ste-Clotilde.

Camilo Carromeu

Doutor em Bioinformática. Analista de Tecnologia da Informação da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

Candice Bergmann Garcia e Silva Tanure

Doutora em Ciência Animal, Pós-Doutoranda em Ciência Animal, Campo Grande, MS.

Concepta Margaret McManus Pimentel

Bacharel em Ciência Agrícola, Mestrado em Genética Produção Animal, Doutorado em Filosofia, Pós-Doutorado na Universidade de Sydney. Professora da Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Dante Pazzanese Lanna

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência Animal. Professor Associado, ESALQ/USP, Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal.

Débora Maria Barroso Paiva

Cientista da computação, Doutora em Engenharia de Software. Professora Adjunta da Faculdade de Computação (FACOM/UFMS) e pesquisadora na Área de Engenharia de Software, Campo Grande, MS.

Denise de Barros Azevedo

Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronegócios. Professora Adjunta da UFMS e Professora do Programa de Mestrado em Administração (PPGA/UFMS). Campo Grande, MS.

Edson Norberto Cáceres

Matemático, Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação. Professor titular da FACOM/UFMS. Pesquisador na Área de mpi, cuda, algoritmos paralelos, bsp/cgm algorithms, parallel algorithms e algoritmos bsp/cgm, Campo Grande, MS

Fábio Iaione

Engenheiro Eletrônico, Doutorado em Engenharia Elétrica. Professor Titular da FACOM/UFMS. Pesquisador na área de Sistemas embarcados e instrumentação eletrônica, principalmente nos setores médico-hospitalar e agropecuário, Campo Grande, MS.

Eduardo Antunes Dias

Médico Veterinário, Doutor em Reprodução Animal, Pós-Doutorado em Inovações Tecnológicas Aplicadas à Cadeia Produtiva da Carne Bovina. Docente da Universidade Federal do Rio Grande, Campus São Lourenço do Sul, RS.

Jairo Ricardes Rodrigues Filho

Graduado em Análise de Sistemas. Analista de Tecnologia da Informação da Olimpo Tecnologia.

João Batista Gonçalves Costa Junior

Zootecnista, Doutor em Produção Animal, Pós-Doutorando, Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional do CNPq/FUNDECT na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

Júlio Otávio Jardim Barcellos

Médico Veterinário, Doutor em sistemas de produção animal. Professor Associado e Pesquisador da Universidade

Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Coordenador do NESPRO.

Luis Gustavo Barioni

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência Animal e Pastagens. Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária no Laboratório de Matemática Computacional.

Luiza de Souza Seixas Melo

Médica Veterinária, Doutora em Ciências Animais, Pós-Doutorado. Atua em pesquisas relacionadas às doenças infecciosas dos animais, epidemiologia, bioclimatologia e tolerância ao calor.

Marcelo Augusto Santos Turine

Cientista da computação, Doutor em Engenharia de Software. Professor Associado da FACOM/UFMS. Pesquisador na Área de Engenharia de Software/UFMS, Campo Grande, MS.

Marcelo Tempel Stumpf

Engenheiro Agrônomo, Mestrado e Doutorado. Professor Adjunto do Curso de Agroecologia da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.

Márcio Aparecido Inácio da Silva

Cientista da computação, Doutor em engenharia de Software. Professor Assistente da FACOM/UFMS. Pesquisador da área de Engenharia de Software/UFMS, Campo Grande, MS.

Maria Istela Cagnin

Tecnóloga em Processamento de Dados, Doutora em Engenharia de Software. Professora Adjunta da FACOM/UFMS). Pesquisadora na Área de Engenharia de Software/ UFMS, Campo Grande, MS.

Mariana de Aragão Pereira

Zootecnista, Mestrado em Economia Aplicada, Doutorado em Manejo Agrícola. Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte na área de Economia e Administração Rural, e Adoção de Tecnologia, Campo Grande, MS.

Mariana de Souza Farias

Zootecnista, Mestre em Zootecnia, Doutora em Zootecnia.

Matheus Dhein Dill

Médico Veterinário, Mestre e Doutor em Agronegócios. Professor Adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco; Unidade Acadêmica de Garanhuns, PE.

Nalvo Franco de Almeida Junior

Matemático, Doutor em Ciência da Computação, Pós-Doutorado em Bioinformática. Professor Associado da FACOM/UFMS. Pesquisador na Área de Biologia Computacional/UFMS, Campo Grande, MS.

Pedro Paulo Pires

Médico Veterinário, Doutorado em Clínica de Grandes Animais, Pós-Doutorado em Geomática. Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

Quintino Izídio dos Santos Neto

Matemático, Mestre em Ciência da Computação. Analista da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

Ricardo Pedroso Oaigen

Médico Veterinário, Mestrado e Doutorado em Zootecnia. Professor no Curso de Veterinária e no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, CTPEC, UNIPAMPA - Campus Uruguaiana, RS.

Rodrigo da Costa Gomes

Zootecnista; Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado em Zootecnia. Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

Sergio Raposo de Medeiros

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência Animal. Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

Silvio Renato Oliveira Menegassi

Médico Veterinário, Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado. Proprietário da Fazenda Erva e membro da Comissão da Federação da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul.

Suellen Caroline Troncoso

Nutricionista, Mestrado em Nutrição, Especialista em Gerenciamento de Serviços de Alimentação e Nutrição. É membro do Núcleo de Pesquisa de Nutrição em Produção de Refeições - NUPPRE/UFSC; Gerente e Nutricionista da Cozinha Industrial Fische-Haus em Caçador, SC; Professora de Graduação para Nutrição na UNOESC em Videira, SC; Professora de Especialização em Nutrição na PUC e UNIPAR.

Agradecimentos

A pecuária digital é mais do que uma evolução tecnológica; é a materialização de um sonho que, há alguns anos, poderia parecer impossível. Este livro é fruto do trabalho incansável de pesquisadores, professores, estudantes e parceiros que ousaram acreditar no futuro antes que ele chegasse.

Agradecemos às equipes da Embrapa, universidades, parceiros e alunos de graduação, mestrado, doutorado e pós-doutorado, que a mais de duas décadas, constroem conhecimento e inovação, unindo experiência e renovação. Cada ideia testada, cada dado analisado e cada desafio superado foram passos essenciais para transformar a pecuária em uma atividade mais sustentável, eficiente e digital.

Que este livro seja não apenas um registro do que foi feito, mas um convite para continuar sonhando alto. Porque inovar é exatamente isso: acreditar no impossível e viver, antecipadamente, o futuro.

Prefácio

A área de Pecuária de Digital em Mato Grosso do Sul deve muito do seu desenvolvimento aos trabalhos iniciados pelo Pedro Paulo na Embrapa Gado de Corte no início dos anos 2000. No meu primeiro contato com o Pedro Paulo fiquei impressionado com a determinação e com as várias abordagens que ele vinha fazendo para tratar o problema da rastreabilidade. Outro problema que desafiava a criatividade do Pedro Paulo era a obtenção de métodos digitais para detectar rapidamente surtos de doenças no rebanho. Das nossas conversas, junto com o Cleber, Nalvo e Turine, começamos a idealizar um sistema que agregasse a rastreabilidade a outras funcionalidades. Vários colegas e estudantes foram sendo incorporados aos diferentes trabalhos, tanto da Embrapa Gado de Corte como da UFMS. Dentre esses estudantes, o Márcio e o Quintino aceitaram o desafio de desenvolver e implementar ferramentas da área de Pecuária Digital. Foram projetos muito desafiadores, pois na época, a utilização dos dispositivos para implementar as soluções eram escassos e com interfaces nada

amigáveis de se trabalhar. Naquela época, a utilização de sensores e antenas RFID, transmissão de dados e integração com bovinos e balanças, numa fazenda, era bem distante do “plug-play” dos testes dos laboratórios com ar condicionado. Todas as vezes, e foram muitas, que os testes reais não obtinham resultados satisfatórios, contávamos com o otimismo inabalável do Pedro Paulo. Com o sucesso do trabalho do Márcio, Quintino e do Camilo, a Facom propôs a CAPES a criação de um mestrado profissional. Uma das linhas de pesquisa desse mestrado é a Pecuária Digital (de Precisão). Durante esse período, os trabalhos entre a FACOM e a Embrapa gado de Corte cresceram em quantidade e qualidade. Novos professores e estudantes da FACOM junto com novos pesquisadores da EMBRAPA Gado de Corte passaram a desenvolver projetos de pesquisa e dissertações nessa área. Várias patentes foram depositadas, muitos artigos publicados e vários produtos disponibilizados para a sociedade. O livro organizado pelo Pedro Paulo e Quintino ilustra parte das contribuições obtidas pela UFMS e Embrapa nesse período. É um registro importante para divulgar o excelente trabalho desenvolvido pelos pesquisadores e estudantes envolvidos nesse projeto, mostrando e entregando para a sociedade várias contribuições para o aprimoramento da produção de carne no Mato Grosso do Sul e no Brasil. Que a leitura desse livro sirva de inspiração a futuros estudantes e pesquisadores para atuar na área de Pecuária Digital.

Edson Norberto Cáceres
Professor titular FACOM/UFMS

Sumário

1	Plataforma e-SAPI	16
1.1	Sistema de gestão de rastreabilidade e de análise de riscos	18
1.1.1	As Boas Práticas Agropecuárias (BPA)	24
1.1.2	Identificação por radiofrequência	25
1.1.3	Rastreabilidade bovina com RFID	30
1.1.4	Principais aplicações de RFID	36
1.1.5	E-GTA - A Guia Eletrônica de Trânsito Animais	37
1.1.6	Orion e Eros - Mobilidade no Manejo e Segurança Sanitária	41
1.1.7	Serviços Baseados em Localização	43
1.1.8	Orion	45
1.1.9	Cérberus - Acompanhamento Remoto de Ganho de Produção	51
1.1.10	Computação em Pecuária de Precisão	53
1.1.11	Um Estudo de Caso - Rastreabilidade Bovina	58
1.1.12	Problemas a serem tratados	63
1.2	Considerações Finais	67
2	A cadeia produtiva de carne bovina	70
2.1	Segurança na cadeia produtiva de carne bovina	75
2.2	Simetria na cadeia produtiva de carne bovina	86

2.3	O mercado da carne brasileira	88
2.4	Dimensão nutricional com enfoque na carne bovina	89
2.5	Dimensão sensorial com enfoque na carne bovina	92
2.6	Dimensão regulamentar com enfoque na carne bovina	94
2.7	Sustentabilidade na produção de refeições com enfoque na carne bovina	96
3	O papel das pessoas na pecuária precisa e eficiente . .	99
3.1	Os processos tecnológicos do presente e do futuro	102
3.2	Características exigidas das pessoas na pecuária	106
3.3	Comentários Finais	117
4	Desenvolvimento de software para a pecuária de pre- cisão: uma abordagem baseada em linha de produtos .	119
4.1	Background	122
4.2	Arquitetura para o desenvolvimento de sis- temas para a pecuária de precisão	127
4.3	Estudo de caso: software de manejo pecuário	134
4.4	Conclusões	139
5	Ferramentas gerenciais para a aplicação na pecuária de precisão: as contribuições da Embrapa Gado de Corte	141
5.1	Ferramentas gerenciais e o mercado de soft- ware agropecuário	143
5.2	Softwares gerenciais desenvolvidos pela Em- brapa gado de corte e parceiros	145
5.2.1	Controlpec	146
5.2.2	Gerenpec	148
5.2.3	Embrapec	151
5.3	Uso e limitações na adoção de softwares gerenciais	153
5.4	Perspectivas e principais conclusões	156

6	Ferramentas de pecuária de precisão voltadas à nutrição de bovinos de corte	160
6.1	Softwares para alimentação animal de precisão	161
6.1.1	Determinação de produção da pastagem:	161
6.2	Interação animal X pasto: princípios e limitações	165
6.3	Limitações, desafios e perspectivas	167
6.4	Formulação de dietas	168
6.5	NIRS Fecal para avaliação da alimentação de ruminantes	172
6.5.1	Considerações sobre a técnica	172
6.5.2	Aplicação da técnica de NIRS fecal para as condições brasileiras	174
6.5.3	Desafios e Perspectivas do Uso de NIRS Fecal	177
6.6	Ferramentas para auxílio ao fornecimento de alimento em confinamento	178
6.7	Determinação do ponto ótimo de abate e suas implicações na nutrição	181
7	Predição de eventos reprodutivos através da temperatura retículo-ruminal	187
7.1	Eventos reprodutivos	189
7.1.1	Estro	189
7.1.2	Parto	193
7.2	Tecnologias de monitoramento de estro e parto em bovinos	195
7.2.1	Pedômetro	197
7.2.2	Impedância vaginal	198
7.2.3	Sensor de pressão de monta	199
7.3	Sensor de temperatura corporal	201
8	Visão sistêmica na pecuária de precisão aplicada à bovinocultura de corte	208

8.1	Sistema integrado de informações e a pecuária de precisão	210
8.2	Sistemas de produção de bezerros de corte .	212
8.3	Intensificação dos sistemas de produção . .	215
8.4	Eficiência biológica na produção de bezerros de corte	216
8.5	Meios tecnológicos, gerenciais e comerciais .	217
8.6	Tecnologias orientadas para o melhoramento genético e controle sanitário.	223
8.7	Identificação animal e estratégias comerciais na pecuária de precisão.	226
8.8	Gerenciamento econômico	228
8.9	Considerações finais	231
9	Termografia infravermelha como ferramenta para a pecuária de precisão	233
9.1	Tolerância ao calor	236
9.2	Metabolismo e nutrição	239
9.3	Ectoparasitas	241
9.4	Dor e doenças	243
9.5	Laminite	245
9.6	Ordenha e Mastite	246
9.7	Reprodução do Macho	248
9.8	Reprodução da Fêmea	251
9.9	Qualidade de carne	252
9.10	Outros usos	253
9.11	Conclusões	254
10	Visão sistêmica na pecuária de precisão aplicada à bovinocultura de corte	255
10.1	Sistemas de informações e análise multi-critérios de decisão (SIG – MCDA)	257
10.2	Estudo de caso da plataforma: aplicação da metodologia na região de fronteira do Brasil com Paraguai	259

10.3 Resultados e discussão	263
10.4 Conclusão	269
11 A relação entre a visão digital e a pecuária	270
11.1 Peso de bovinos	272
11.2 Peso de porcos	277
11.3 Considerações finais	280
Referências	281

Plataforma e-SAPI

PEDRO PAULO PIRES
QUINTINO IZIDIO
CAMILO CARROMEU

O sistema produtivo de carne bovina torna-se cada vez mais estruturado e consolidado devido à motivação dada pela economia de escala ao intensivo uso e aplicação das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na rastreabilidade de alimentos. A adoção das Boas Práticas de Produção (BPP) tem como objetivo principal garantir a produção de alimentos seguros e com atributos de qualidade que atendam aos interesses dos grandes mercados.

Neste contexto, foi desenvolvida uma plataforma Web de alta usabilidade intitulada “e-SAPI Bovis”, que tem como objetivo viabilizar a integração nacional das informações de bovinos e bubalinos e prover a gestão de qualidade e rastreabilidade destes animais. Esta plataforma foi viabilizada por uma parceria entre a Embrapa Gado de Corte e a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), agregando conhecimentos das áreas de

agronegócio, saúde animal e tecnologias de informação e comunicação.

O e-SAPI Bovis é um sistema Web de planejamento, gestão e avaliação de informações relativas à produção pecuária bovina nacional, com a proposta de assegurar confiabilidade e agilidade no acompanhamento de informações relativas à produção por parte de todos os atores envolvidos na cadeia produtiva da carne bovina. A plataforma é composta por quatro grandes módulos: (1)- e-GTA: Sistema de Guia de Trânsito de Animais Eletrônica; (2) Sistema de Gestão de Rastreabilidade e de Análise de Riscos; (3) e-SAPI client: Módulo Importador/Exportador de dados e, (4) Sistema de Gestão de BPA (Boas Práticas Agropecuárias – BPA/Bovinos de Corte).

Dentre as ferramentas da plataforma, o e-GTA é responsável pela automação do processo de trânsito de animais, que no e-SAPI é feita inteiramente online. As propriedades previamente cadastradas no sistema valem-se desse processo para regulamentar o trâmite de animais, o qual envolve uma série de passos, como segue:

- O gestor da fazenda de origem inicia, no módulo e-GTA do e-SAPI Bovis, a criação de uma nova guia.
- Avançando para o próximo passo, o gestor da fazenda de origem seleciona os animais que serão transportados.
- Após finalizar a escolha dos animais, o gestor gera o boleto bancário. Neste momento o sistema irá calcular o valor da guia, com base nas coordenadas geográficas das propriedades de origem e destino e com base na quantidade de animais a serem transportados.

- O gestor da propriedade de origem, emissora do e-GTA, pode efetuar o pagamento do boleto da forma que preferir, inclusive utilizando sistemas online de Internet Banking imediatamente após a geração.
- Depois de efetuado o pagamento, o transporte dos animais pode ser realizado. Os animais partem da propriedade origem em direção à propriedade destino.
- Caso haja postos fiscais ou barreiras de fronteira no caminho, o fiscal responsável também pode utilizar o sistema como ferramenta de auxílio. Neste caso, este ator pode validar a guia acessando e visualizando-a por meio da plataforma e-SAPI Bovis.
- Ao chegar ao destino, o gestor desta propriedade pode verificar se todos os animais estão presentes. Após a conferência, basta que acesse a ferramenta de e-GTA na plataforma e-SAPI Bovis e confirme a chegada dos animais.

Ao final do processo, os animais estarão alocados e sob a responsabilidade da propriedade destino. No entanto, sua passagem pela propriedade origem permanece registrada no sistema. Com isso, tendo as coordenadas de cada propriedade, o sistema possibilita recuperar, no histórico de cada animal, o seu trânsito pelo país e exibi-lo de forma geoprocessada, conforme ilustrada na Figura 1.

1.1 Sistema de gestão de rastreabilidade e de análise de riscos

Com os constantes embargos europeus à carne brasileira, é relevante que esse sistema seja capaz de, diante da desco-

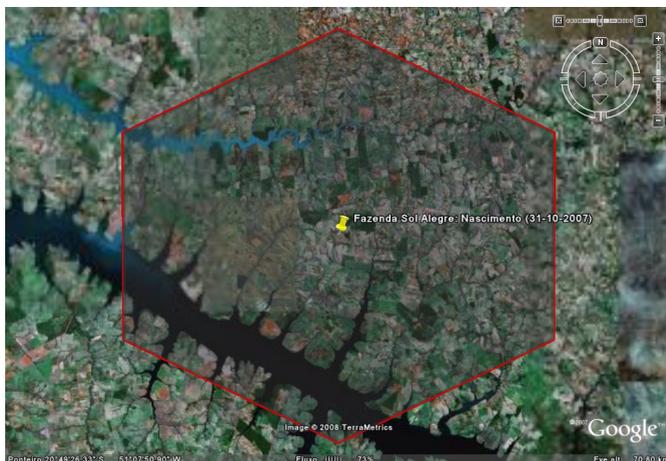


Figura 1 – Zona de Risco geoprocessada - Suspeita de doença em um dado animal.

berta de um foco de doença emitir um alerta para as autoridades responsáveis, tais como as agências reguladoras, institutos de defesa e o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Com vistas a este objetivo foi implantado o Sistema de Gestão de Rastreabilidade e Análise de Riscos, capaz de realizar a propagação de alertas de focos de doenças. Na Figura 1 é ilustrada a zona de alta vigilância gerada pelo sistema para um dado animal com suspeita de uma determinada doença. Com base na integração do portal com o Google Earth, nada mais interessante do que disponibilizar ao consumidor, a consulta do histórico do animal que forneceu carne comprada por ele em um dado Supermercado. A Figura 2 ilustra uma consulta pública sobre o histórico de um animal.



Figura 2 – E-sapi

O e-SAPI client projeta e implanta a Exportação e Importação de dados da propriedade (softwares das fazendas) para arquivos XML pré-formatados que posteriormente serão usados por Web Services para alimentar os dados no e-SAPI Bovis. A sincronização dos dados é realizada utilizando o conceito de controle de versões que compara o banco de dados da propriedade com os dados que já se encontram no e-SAPI Bovis, para que o sincronismo envie apenas os dados necessários. O sincronismo de dados compreende os seguintes processos e é ilustrado na Figura 3:

- Exportação do Banco de Dados do Cliente (softwares das fazendas) para arquivos XML em um formato padronizado.

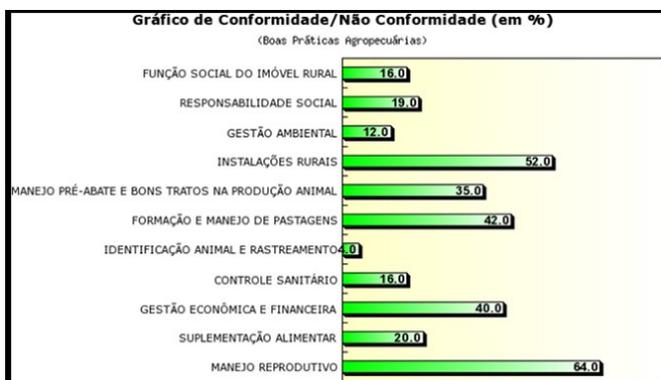


Figura 3 – Gráfico de conformidade

- Envio dos arquivos XML para o servidor de controle de versões.
- Chamada do processo de sincronização dos dados através do mecanismo de Web Services.

A adoção das Boas Práticas Agropecuárias tem como objetivo principal garantir a produção de alimentos seguros e com atributos de qualidade e que atendam aos interesses dos grandes mercados. A nacionalização da BPA possibilitará a padronização da produção brasileira, a garantia da oferta de alimentos seguros e fazendo com que toda cadeia produtiva seja socialmente justa, ambientalmente correta e economicamente viável (MANUAL BPA, 2006). Nesta realidade, o portal BPA foi construído como parte integrante do e-SAPI Bovis, como ferramenta de disseminação de informações relativas, principalmente, as boas

práticas agropecuárias definidas através da cartilha do Manual BPA.

O sistema de Gestão da BPA compartilha o sistema de gestão do e-SAPI Bovis e implanta um conjunto de Laudos Técnicos para que os gestores das EMBRAPAS (Empresas Brasileiras de Pesquisas Agropecuárias) regionais insiram as informações de conformidades das BPAs colhidas nas propriedades de suas regiões. Futuramente esse módulo não ficará mais a cargo de um gestor da Embrapa. Assim, o veterinário contratado junto à propriedade (e credenciado pela EMBRAPA) poderá acessar o sistema e preencher o Laudo Técnico com as conformidades das Boas Práticas Agropecuárias aplicadas (ou não) à propriedade, para posterior conferência da certificadora (também credenciada junto a Embrapa) via web.

Na Figura 4 é ilustrado o Portal BPA, um portal informativo que apresenta as seções descritas anteriormente, enquanto que a Figura 5 ilustra a geração do gráfico de conformidade/não conformidade das Boas Práticas Agropecuárias de uma dada propriedade (este só é visualizado pelo proprietário).

O e-SAPI Bovis apresenta, pois, uma solução abrangente para operacionalização do Sistema de Acompanhamento da Produção Integrada para a cadeia produtiva de carne bovina. Atualmente, estão sendo desenvolvidos subsistemas integrados ao e-SAPI para aprimorar ainda mais a ferramenta. Um novo módulo responsável por traçar recursivamente locais em função de um foco de doença permitirá delimitar de forma eficaz as áreas de risco, fundamental para a segurança sanitária. Então, será possível identificar essas áreas no mapa, destacando obstáculos naturais e outras variáveis que possam interferir no combate à doença. A integração com o sistema de Boas Práticas Agropecuárias



Figura 4 – Portal Boas Práticas

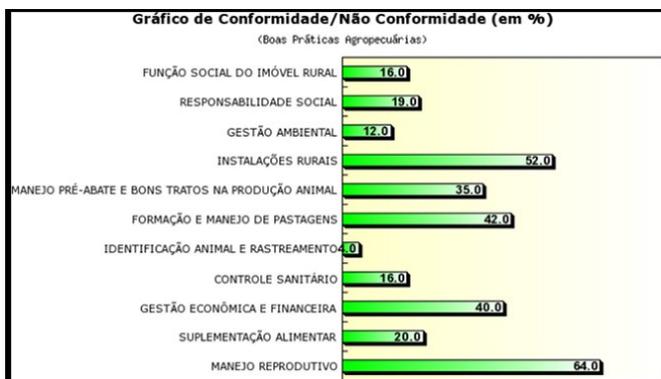


Figura 5 – Gráfico BPA

permite ainda que um fiscal analise as condições sanitárias e de infraestrutura de uma propriedade antes mesmo de sair do escritório.

1.1.1 As Boas Práticas Agropecuárias (BPA)

As BPAs, para serem eficazes no que diz respeito ao aumento da rentabilidade e competitividade na produção, bem como, na oferta de alimentos seguros oriundos de produções sustentáveis necessitam da utilização de novas tecnologias, as quais devem proporcionar rastreabilidade eficiente nos diversos setores da produção.

A rastreabilidade passou a ser uma exigência do mercado mundial da carne. Com isso, aumentou a demanda cada vez mais exigente do consumidor por alimentos seguros e saudáveis, produzidos de acordo com as normas da BPA, a qual possui em suas orientações rastrear todo processo de produção. Esse aumento da demanda fez da rastreabilidade uma ferramenta extremamente importante em todo processo de produção na indústria da carne, proporcionando ao consumidor alimentos mais seguros e saudáveis.

A rastreabilidade pode ser entendida como a capacidade de detectar a origem e de seguir o rastro de um gênero alimentício, de um animal ou de uma substância, ao longo de toda fase de produção, transformação e distribuição. Logo abaixo apresentamos três definições que estão sendo inseridas no contexto da agropecuária. Elas caracterizam o controle de animais, a cadeia alimentar e certificação.

Na teoria, a implantação de um programa de rastreabilidade bovina é simples, baseia-se na atribuição de um código de identificação único, de padrão internacional, para cada animal. O animal é registrado em um banco de dados, no qual deverão ser armazenadas todas as informações

relevantes à segurança alimentar que ocorrerem durante sua vida até o abate, dentro do frigorífico e daí até sua entrega ao consumidor. Os franceses chamam esse controle de “do pasto ao prato”. A qualquer momento, se ocorrer uma anormalidade com esse animal ou com um corte de sua carne, por meio da identificação padronizada, é possível, rápida e eficazmente consultar o seu histórico (rastros) e obter informações que permitirão a identificação da causa da anormalidade e a tomada de ações para a solução do problema. Este processo é intitulado rastreamento e, à sua capacidade de aplicação, de rastreabilidade.

Para implantar um sistema de rastreabilidade eficiente, necessitamos de ferramentas computacionais, tanto de software quanto de hardware.

O maior desafio, no entanto, foi utilizar transponders RFID para efetuar a identificação segura dos animais e consequentemente a rastreabilidade.

1.1.2 Identificação por radiofrequência

Existem várias tecnologias que podem ser utilizadas na rastreabilidade bovina, tais como, brinco auricular, tatuagem na orelha, marca com ferro quente, tinta, etc. Nesses identificadores foram constatadas algumas dificuldades que podem causar um grande transtorno na administração do negócio. Por exemplo, o brinco pode cair ou sujar, a marca com ferro quente pode inflamar e/ou ser coberta com pelos do animal e/ou sujar e ficar ilegível, a tatuagem pode desaparecer com a sujeira ou pigmentação da pele.

Todas essas técnicas são bastante limitadas do ponto de vista da pecuária de precisão. O transponder RFID é um acrônimo do nome (Radio-Frequency Identification), é um método de identificação automática que utiliza sinais

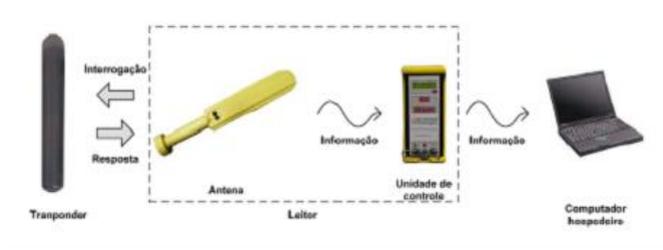


Figura 6 – Transceptor

de rádio, os quais são capturados remotamente por meio de dispositivos. O sistema é constituído por um transponder 1, antena e unidade de controle (transceptor) (Figura 6).

A utilização do transponder RFID na identificação de animais se mostrou eficiente e segura [13]. Os transponders básicos são formados por capacitor, CI (microchip), revestimento e antena [28] (Figura 7).

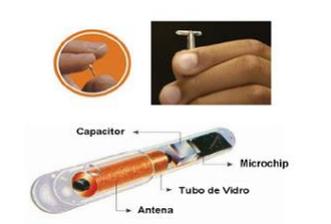


Figura 7 – Transponders

Os transponders RFID podem ser classificados quanto à geração de energia, método de troca de informações e faixa de frequência. Quanto à geração de energia, os transponders podem ser passivos, ativos e semi-passivos.

Os transponders passivos não possuem bateria. São normalmente memórias do tipo ROM (Read Only Memory), usualmente de 32 a 128 bits, que não podem ser modificadas. Respondem ao sinal enviado pela leitora, sendo estimulados por ondas de rádio, que carregam seu capacitor com energia suficiente para transmitir a identificação nele gravada.

Os transponder ativos possuem bateria, que lhes permite enviar o próprio sinal. Por envolver mais componentes e tecnologias, têm um custo maior do que os passivos e semi-passivos.

Já o transponder semi-passivo possui bateria apenas para o chip de eventuais sensores, como exemplo, o sensor de temperatura e, também, intensificação do sinal permitindo a reflexão mais rápida da resposta ao leitor.

Os transponders half duplex (HDX) funcionam da seguinte forma: a leitora envia sinais de rádio por meio de uma antena e, quando o transponder entra no alcance do sinal, o capacitor é energizado, em seguida, quando a leitora faz um intervalo no envio do sinal, o transponder envia a identificação. Já os transponders full duplex (FDX) funcionam da seguinte forma: quando o transponder entra no alcance do sinal da antena, o capacitor é energizado e, então, é realizada uma sincronização entre leitora e transponder, de modo que o transponder envia seus dados imediatamente (identificação e/ou outros dados de eventuais sensores), ou seja, a leitora não faz pausa no envio do sinal.

Os sistemas de RFID são também classificados pela faixa de frequência que operam. A faixa de frequência dos transponders pode ser de alta ou baixa. Os Sistemas de baixa frequência vão de 30 KHz a 500 KHz e servem para curta distância de leitura, tendo um baixo custo

operacional. Os Sistemas de alta frequência vão de 850 MHz a 950 MHz e de 2,4 GHz a 2,5 GHz e servem para leitura em média e longas distâncias e leituras a alta velocidade [6].

O transponder RFID é um dispositivo comumente usado para o rastreamento de itens, possibilitando a transmissão das informações nele gravadas, quando interrogado por uma leitora, e pode ser capaz de armazenar novas informações [16]. Pode ser colocado em uma pessoa, animal, equipamento, embalagem ou produto, dentre outros.

O transponder em forma de bolus (cápsula injetável) pode ser revestido por cerâmica, resina de mamona, porcelana ou outro material biocompatível. A forma e o peso (aproximadamente 70 g) dos transponders devem ser projetados para que permaneça no interior do retículo/rúmen do animal [17]. A Figura 8 mostra alguns tipos de revestimentos dos transponders. Como a evolução do RFID, durante o século XX, foi lenta, sistemas foram desenvolvidos separadamente e com arquiteturas proprietárias por cada fabricante.

Muitas vezes, utilizava-se uma tecnologia que seria útil para uma atividade específica (restringindo sua aplicação àquela atividade), ou ainda pior, com as arquiteturas proprietárias. Desse modo cada tipo de sistema obedece às exigências de seu fabricante sem que outras empresas ou companhias tenham acesso à tecnologia. Em consequência disso há, também, uma grande diversidade desses sistemas dentro de uma mesma atividade. Sob essa perspectiva, é evidente a necessidade de uma padronização dos sistemas utilizados em RFID. Duas organizações vêm tentando estabelecer uma padronização: a ISO/IEC e a EPC Global. A criação de um padrão diminui bastante o custo devido à maior compatibilidade entre diferentes tipos de sistemas,



Figura 8 – Transponders utilizados em bovinos

facilitando sua implantação e, como benefício adicional, ajuda na disseminação desta tecnologia ao redor do globo [9].

Em se tratando de identificação eletrônica por radiofrequência de bovinos, destacam-se duas principais normas:

- A norma ISO 11784 [15] é um padrão internacional para a estrutura do código de identificação animal por radiofrequência (Figura 9).
- A norma ISO 11785 [16] é um padrão internacional que define o protocolo de comunicação entre os transponders e as leitoras (Figura 10).

Nº BIT	Informação	Combinação	Descrição
1	(1) animal e (0) não animal.	2	Indica se o transponder é usado para identificação animal ou não.
2 – 15	Campo reservado.	16.384	Bits para futuro uso.
16	Indica se existe(1) ou não existe (0) bloco de dados.	2	Este bit indica se dados adicionais vão ser recebidos (ex. Dados fisiológicos, dados de eventuais sensores, etc).
17 – 26	ISOC166 código do país com 3 dígitos numéricos.	1.024	Os códigos de país 900-998 pode ser usado para se referir aos fabricantes individuais de transponders. Código 999 é usado para indicar que o transponder é um teste e não precisa conter um número único de identificação.
27 – 64	Código nacional de identificação.	274.877.906.944	Número único dentro de um país.

Figura 9 – Estrutura de código.

1.1.3 Rastreabilidade bovina com RFID

O aumento da produção bovina e o rastreamento de animais exigidos pelo comércio internacional motivaram a Embrapa Gado de Corte a desenvolver, a partir de 1996, um sistema de identificação eletrônica de animais com a utilização de software, e de transponder encapsulado por resina de mamona, para uso subcutâneo e outro em forma de bolus (Figura 11).

Parâmetros	Sistema FDX	Sistema HDX
Frequência de ativação	134,2 KHz	134,2 KHz
Modulação	AM-PSK	FSK
Frequência de retorno	129,0 KHz até 133,2 KHz 135,2 KHz até 139,4 KHz	124,2 (1) 134,2 (0)
	DBP modificado	NRZ
Taxa de transmissão	4.194 bit/s	7.762,5 bit/s (1) 8.387,5 bit/s (0)
Estrutura do código:		
Cabeçalho	11	8
Código de identificação	64	64
Código de detecção de erro	16	16
Bits de aplicativos	24	24
Bits de Controle	13	--

Figura 10 – Sumário dos sistemas FDX e HDX.

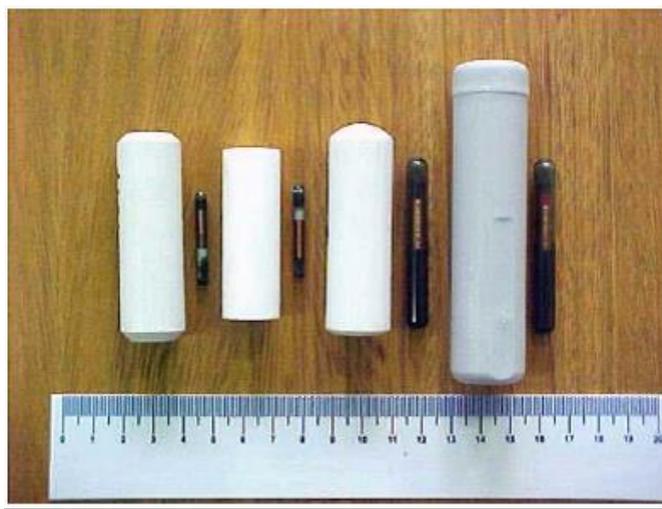


Figura 11 – Bolus

A ocorrência da doença da vaca louca e febre aftosa na Europa exigiram a eliminação de rebanhos doentes, o que causou grandes prejuízos, obrigando a União Europeia a aplicar a Resolução CE 820/97, modificada em 2000 pela Resolução 1760/2000 [11], seguida por Coreia e Japão, para exigir que toda importação de carne bovina estivesse inserida em um programa de identificação e registro. Esse programa possibilita o levantamento de todas as informações sobre o animal, desde o seu nascimento até o consumo do produto final. No entanto, tal exigência não pode ser totalmente satisfeita sem que houvesse uma identificação precisa do animal [22]. Esse sistema garante a exatidão das informações e possibilita tomada de decisão precoce para o aumento da produtividade do rebanho. A utilização de tatuagens, marcas a ferro quente e brincos numerados, ocasiona muitos erros na identificação dos animais, o que motivou a utilização de transponders.

Na Figura 12 se podem observar algumas características da utilização dos transponders na identificação remota de bovinos.

A Figura 13 mostra a trajetória e evolução da pesquisa em Identificação Eletrônica, na Embrapa Gado de Corte. Desde 1996 a Embrapa Gado de Corte estuda a utilização de (transponders) RFID para identificação eletrônica de bovinos. Várias soluções para encapsulamento dos transponders foram utilizadas, tais como: resina de mamona; garrafas de plástico recicladas; plásticos; e cerâmica, entre outros.

A adoção da identificação eletrônica em bovinos possibilita um controle rápido e seguro dos rebanhos, e com isso aumenta a competitividade da indústria da carne brasileira nos mercados internos e externos. Como vimos, um dos objetivos da pecuária de precisão é fornecer ao administra-



Figura 12 – Características (do quê?) observadas desde 1996.

dor dados precisos para tomada de decisões importantes na administração do negócio.

A utilização da identificação eletrônica em bovinos, além de aumentar a exatidão e eficiência na rastreabilidade e controle da sanidade dos animais, é uma forma segura de obtenção de informações sobre animais em campo, evitando o contato, a aproximação e o estresse.

Nesta seção apresentamos uma visão geral da tecnologia de identificação eletrônica, suas vantagens e desvantagens, outras aplicações que caracterizam o estado atual de desenvolvimento dos transponders e o portal e-SAPI Bovis que é uma ferramenta de extrema importância para pecuária de precisão.

Vantagens e desvantagens da utilização da identificação por radiofrequência (RFID)

Vantagens:



Figura 13 – Histórico do desenvolvimento dos transponders na Embrapa Gado de Corte.

- A principal vantagem do uso da identificação por radiofrequência é realizar a leitura sem o contato com o animal e sem a necessidade de uma visualização direta do leitor com o *transponder*. é possível, por exemplo, colocar o *transponder* dentro de um produto e realizar a leitura sem ter que desempacotá-lo, ou, por exemplo, aplicar o *transponder* em uma superfície que será posteriormente coberta de tinta ou graxa.
- O tempo de leitura é baixíssimo, ou seja, menor que 100 milissegundos, tornando uma solução para processos onde se deseja capturar as informações com o *transponder* em movimento.

- O custo do *transponder* teve uma queda significativa nos últimos anos
- Capacidade de armazenamento, leitura e envio dos dados para *transponder* ativo e regravável.
- Durabilidade das etiquetas com possibilidade de reutilização.
- Contagens instantâneas de estoque, facilitando os sistemas empresariais de inventário.
- Precisão nas informações de armazenamento e velocidade na expedição.
- Prevenção de roubos e falsificação de mercadorias.
- Coleta de dados de animais ainda em campo.
- Processamento de informações nos abatedouros.

Percebe-se que tais vantagens são significativas e que agregam informações aos produtos que antes implicavam em mais tempo para serem obtidas.

Desvantagens:

- Apesar da queda do custo nos últimos anos, a tecnologia de identificação por radiofrequência em relação a outros sistemas é um dos principais obstáculos para o aumento de sua aplicação comercial. Atualmente, uma etiqueta inteligente custa nos EUA ao redor de 25 centavos de dólar, na compra de um milhão. No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Automação, esse custo sobe para 80 centavos até um dólar a unidade.

- O preço final do conjunto (antenas, leitoras, ferramentas de filtragem das informações e sistemas de comunicação) é ainda elevado, pois a tecnologia não se limita apenas ao microchip.
- O uso em materiais metálicos e condutivos pode afetar o alcance de transmissão das antenas. Como a operação é baseada em campos magnéticos, o metal pode interferir negativamente no desempenho. Entretanto, encapsulamentos especiais podem contornar esse problema, fazendo com que automóveis; vagões de trens e contêineres possam ser identificados, desde que sejam resguardadas as limitações com relação às distâncias de leitura. Nesse caso, o alcance das antenas depende da tecnologia e frequência usadas, podendo variar de poucos centímetros a alguns metros (cerca de 30 metros), dependendo da existência ou não de barreiras [6].

1.1.4 Principais aplicações de RFID

O transponder RFID é uma tecnologia emergente que tem sido aplicado com sucesso em gestão de cadeia de fornecimento, fabricação e logística, mas a sua gama de aplicação se estende muito para além destas áreas. Há um enorme potencial de aplicação ainda mais ampla, e um número crescente de empresas já começaram projetos-piloto ou a utilizá-lo com sucesso em ambientes do mundo real [20]. A seguir, podem ser observados exemplos de setores que utilizam a tecnologia RFID:

- Hospitalares: implantado no paciente, transmite seus dados possibilitando o acesso aos registros completos de sua saúde.

- Locadoras: instalados nos veículos, para obter relatórios automaticamente usando leitores de RFID, tanto para os disponíveis para locação, quanto para localização dos veículos alugados.
- Bagagens: instalados nas bagagens, minimiza o número de perdas durante seu transporte.
- Indústria: instalados nas ferramentas, que em grandes indústrias facilita o processo de localização.
- Bibliotecas: instalados nos livros, identifica o acervo e rastreamento dos exemplares.
- Identificação Animal: análise de riscos, gerência de surtos e garantia de qualidade e procedência dos animais, rastreamento desde o nascimento do bezerro até o consumo, agilidade e segurança no manejo.
- Outras aplicações: aviação, gestão de edifícios, construções, tecidos e confecções.
- Garantias de segurança alimentar, logística e gestão da cadeia de abastecimento, mineração, gestão de resíduos sólidos urbanos, museus, varejo.

1.1.5 E-GTA - A Guia Eletrônica de Trânsito Animais

Dados do censo agropecuário de 1995-1996 revelam que no Brasil, a pecuária de corte é desenvolvida em todas as unidades da federação, englobando aproximadamente 353 milhões de hectares distribuídos em mais de 4,8 milhões de estabelecimentos, com criação estimada de 205 milhões de bovinos.

O Brasil detém o segundo maior rebanho comercial do mundo, além de ser o maior exportador mundial e o

segundo em quantidade de equivalente carcaça produzida, atrás somente dos Estados Unidos. A produção de carcaça aumentou mais de 20% enquanto que as exportações quadruplicaram, sendo que aproximadamente 140 países compram a carne bovina brasileira. A pecuária bovina desempenha, portanto, um papel de destaque na economia do país.

Neste contexto, para continuar a ser o maior exportador de carne bovina do mundo, o Brasil deverá investir no desenvolvimento de soluções tecnológicas para garantir a qualidade da carne. Nesse sentido, o MAPA implantou o Sistema Agropecuário de Produção Integrada (SAPI) para cadeia alimentar da produção animal. O SAPI é um sistema caracterizado por uma exploração agropecuária sustentável, em conformidade com os protocolos formais de Boas Práticas Agropecuárias, a fim de assegurar alta qualidade e inocuidade, tanto para os agroalimentos, quanto para os produtos, subprodutos e resíduos agroindustriais.

Visando atender às diretrizes do SAPI e implantar o programa na pecuária de corte no Estado de Mato Grosso do Sul, a Embrapa Gado de Corte firmou parceria com a UFMS para o desenvolvimento de uma plataforma tecnológica para disponibilização de ferramentas Web para prover suporte à gestão da cadeia produtiva. Em 2007 deu-se início ao desenvolvimento do e-SAPI Bovis, um conjunto de ferramentas de alta usabilidade disponível na Web com o objetivo de auxiliar o monitoramento e o acompanhamento de informações referentes à produção bovina no Brasil. Dentre as ferramentas disponíveis nesta plataforma foi desenvolvido o módulo do e-GTA, (Guia Eletrônica de Trânsito Animal) que garante a rastreabilidade dos animais e o histórico completo do trânsito de cada indivíduo registrado no sistema por meio de coordenadas geográficas

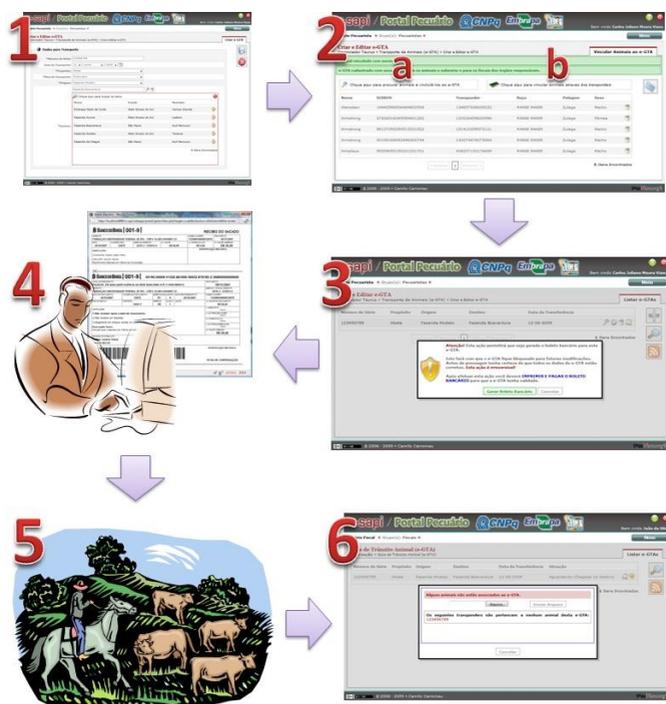


Figura 14 – Processo de transferência de animais pelo e-SAPI Bovis utilizando o módulo e-GTA.

das propriedades pelas quais o animal passou. Este sistema será apresentado neste capítulo.

Ao final do processo, os animais estarão alocados e sob a responsabilidade da propriedade destino. No entanto, sua passagem pela propriedade origem permanece registrada no sistema. Com isso, tendo as coordenadas de cada propriedade, o sistema possibilita recuperar, no histórico de

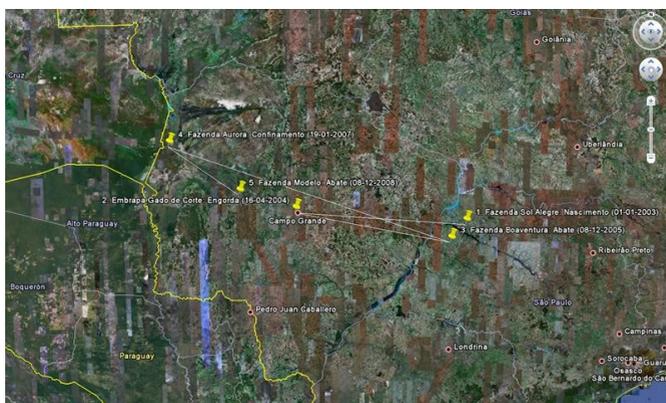


Figura 15 – Georastreamento de um animal.

cada animal, o seu trânsito pelo país e exibi-lo de forma geoprocessada, conforme ilustrada na Figura 15.

O e-SAPI Bovis é uma solução tecnológica abrangente para operacionalização do Sistema de Acompanhamento da Produção Integrada para a cadeia produtiva de carne bovina. Com o módulo e-GTA esta solução é mais completa permitindo exercer de forma plena a rastreabilidade individual de animais. Atualmente, estão sendo desenvolvidos subsistemas integrados ao e-SAPI para aprimorar a plataforma. Um novo módulo responsável por traçar recursivamente locais em função de um foco de doença permitirá delimitar de forma eficaz as áreas de risco, fundamental para a segurança sanitária, e mostrá-las no mapa destacando obstáculos naturais e outras variáveis que possam interferir em seu combate. A integração com o sistema de BPA permite ainda que um fiscal analise as condições sanitárias e de infraestrutura de uma propriedade antes

mesmo de sair do escritório.

1.1.6 Orion e Eros - Mobilidade no Manejo e Segurança Sanitária

Em 2008, o Centro de Estudos sobre as Tecnologias da Informação e da Comunicação, publicou um estudo relatando o crescimento no número de pessoas que fazem a aquisição de dispositivos móveis. Aliado a este fato, a expansão das redes de alta velocidade para dispositivos móveis como 3G e Wi-Fi forneceu uma infraestrutura importante para o desenvolvimento de sistemas que auxiliam no cotidiano das pessoas.

O Agronegócio é um das áreas da economia que pode usufruir desta infraestrutura para prover conteúdo a dispositivos móveis, auxiliando no processo de manejo, rastreamento e obtenção de informações a cerca da cadeia produtiva da carne. Para que estas informações cheguem o usuário final, uma arquitetura de sistema distribuído é necessária para, produzir, organizar e disseminar conteúdo para os mais diversos dispositivos e redes disponíveis.

Os sistemas distribuídos necessitam de características efetivas para serem escaláveis, e dentre essas características destaca-se a necessidade de que a produção e consumo de informação seja assíncrono. Tal fato motivou a criação de um paradigma em que o consumidor é informado de um evento que é de seu interesse (MILO et al., 2007; HUANG, GARCIA MOLINA, 2004; EUGSTER et al., 2003) disparado por um produtor. Esse paradigma recebeu o nome de Publish-Subscribe, ou simplesmente pub-sub.

Para facilitar a compreensão dos conteúdos subsequentes, os conceitos a seguir são fundamentais:

- Publisher é uma entidade que cria mensagens de notificação baseadas em situações que ela pode detectar e traduzir para mensagens. Ex.: sistema de detecção de eventos sísmicos, que notifica usuários ou outros softwares.
- Subscriber é uma entidade que recebe notificações produzidas pelos Publishers.
- Tópico é um conceito usado para categorizar notificações, é o assunto no qual o Subscriber está interessado e que, também, pode ser chamado de Feed, canal, assunto ou grupo. Ex.: notícias sobre febre aftosa.
- Assinar é a ação do Subscriber em manifestar interesse em receber notificações de um determinado Tópico.
- Publicar é a ação de criar notificações/eventos realizada pelo Publisher.
- Notificação/Evento é o ato de transmissão de uma mensagem.
- Filtro é uma consulta ou expressão lógica aplicada ao conteúdo das notificações. Este tipo de abordagem é melhor do que a utilização de tópicos, pois aplica um refinamento no recebimento de notificações. Ex.: Um usuário deseja receber notícias de esporte somente quando estas se referirem a futebol e sobre seu time.

O pub-sub é um paradigma que consiste em três componentes principais: os que assinam (subscribers), os que publicam conteúdo (publishers) e uma infraestrutura para

as notificações. Os subscribers expressam interesse em algum evento ou padrão de evento (como a publicação de eventos sanitários). Publishers são os que geram eventos, publicando seus conteúdos. A infraestrutura é responsável por capturar o evento e enviá-lo ao subscriber.

1.1.7 Serviços Baseados em Localização

Os serviços providos por sistemas que consideram o posicionamento/localização do usuário para fornecê-los são denominados Serviços Baseados em Localização, Location-based Services (LBS) (ADUSEI et al., 2004; BECKER; DURR, 2005; KOS et al., 2007). Segundo um estudo da The Insight Research Corporation (RESEARCH, 2008) intitulado “Mercado dos Serviços Baseados em Localização 2008-2013”, os consumidores de serviços para dispositivos móveis estão adquirindo LBS juntamente com outros serviços, como vídeo sob chamadas, mensagens multimídia e compartilhamento de arquivos. O valor gerado com LBS em 2008 foi estimado em mais de 1,6 bilhões de dólares.

Segundo a Insight Research, em 1990 os serviços de localização sem fio eram restritos às aplicações militares. Atualmente, é comum em softwares de navegação para automóveis, para os países que utilizam a tecnologia para saber onde os filhos estão através da localização do celular, entre outras aplicações.

Os serviços oferecidos podem fornecer meios de localizar pessoas, máquinas, veículos, recursos e serviços sensíveis à localização, bem como usuários determinarem sua própria localização (ADUSEI; KYAMAKYA; ERBAS, 2004). Basicamente, os sistemas LBS devem se concentrar em duas ações:

1. Obter a localização do usuário.
2. Utilizar esta informação para prover um serviço.

Estas ações são necessárias para ser possível responder quatro questões básicas (ADUSEI; KYAMAKYA; ERBAS, 2004):

1. Onde eu estou?
2. Onde está o mais próximo?
3. Onde está meu...?
4. Como eu posso chegar lá?

Com pub-sub e LBS é possível desenvolver diversas soluções computacionais relevantes para a sociedade. Um exemplo de grande utilidade pública é a utilização de sensores para monitorar o clima e prever a formação de furacões, terremotos e tsunamis. Estes sensores podem enviar dados como temperatura, umidade do ar e velocidade do vento, e os pesquisadores podem investigar e prever tópicos onde: temperatura maior que 30° C, umidade do ar igual a 20 % e velocidade do vento maior que 50 km/h, definindo como perigo iminente de furacão. Todos os usuários que se inscreverem para receber notícias neste tópico receberão o comunicado “Perigo iminente de furacão” assim que os valores descritos forem constatados. Outro exemplo, avisos disparados pela vigilância sanitária alertando sobre regiões com foco de Febre Aftosa.

Vislumbrando todo o potencial dessas novas tecnologias, softwares e serviços devem ser desenvolvidos e oferecidos para a sociedade com o fim de suprir a necessidade de informação, que é um insumo cada vez mais importante

em áreas como o agronegócio, seja na produção propriamente dita, ou para a coordenação das cadeias produtivas. A inserção competitiva do agronegócio brasileiro nos mercados mundiais exige, cada vez mais, que a informação ao longo de toda a cadeia esteja disponível, seja por questões de rastreabilidade dos produtos, seja para a coordenação das ações pelas várias esferas, inclusive as governamentais (SARAIVA et al., 2005).

O desenvolvimento de novas ferramentas que auxiliem o processo de rastreabilidade bovina no Brasil torna-se necessário para que o país se mantenha como grande exportador de carne bovina. Neste contexto, os softwares Orion e Eros vem suprir a necessidade de prover conteúdo para dispositivos móveis. O suporte à adaptação de conteúdo sensível a contexto para dispositivos móveis em sistemas Pub-Sub viabiliza o uso da plataforma, tanto para celulares com poucos recursos de processamento e armazenamento quanto para poderosos smartphones.

1.1.8 Orion

Orion é um componente Publish-Subscribe integrado com LBS para a Plataforma e-SAPI Bovis. Este componente é capaz de interagir com qualquer software adotando o padrão XML como forma de troca de dados entre as aplicações externas, e também é de fácil extensão e adaptação para novos domínios.

Este componente terá o auxílio do software cliente chamado Eros destinado para execução em dispositivos móveis. Tem como principais funcionalidades determinar a localização de usuários por GPS e/ou por triangulação de antenas de telefonia móvel, além da possibilidade de interagir com um subconjunto de funcionalidades de Orion,

capturando informações de contexto do dispositivo. O conteúdo enviado para os dispositivos móveis sofre customização baseado em informações de contexto enviadas por Eros.

A Figura 4.4.1 ilustra a infraestrutura do componente Orion integrado ao e-SAPI Bovis. Consiste de poucos elementos, como as estações base de telefonia móvel que já estarão presentes por pertencer à infraestrutura de telefonia. Para determinar a localização dos usuários será levado em consideração que alguns dispositivos móveis não possuem GPS, portanto, sua localização será definida com a triangulação de antenas de telefonia. Porém, a prioridade é para os métodos de localização mais precisos, logo o aplicativo Eros tentará utilizar o GPS de imediato, caso este exista.

O servidor LBS tem a responsabilidade de gerenciar a posição geográfica corrente dos usuários móveis. A posição destes usuários é informada pelo software Eros, que em sua primeira versão será apenas para celulares e smartphones que possuem o sistema operacional Android. Os dados geográficos coletados pela aplicação LBS servidora são armazenados em um banco de dados específico para posterior manipulação.

O serviço de eventos é responsável por notificar os usuários quando um novo evento ocorrer, ou seja, quando um publisher publicar algo, o servidor de eventos é responsável por determinar que subscribers devem receber a notificação. Note que um subscriber pode receber uma notificação por dois motivos:

- Um publisher publicou algo em algum tópico de interesse, ou,

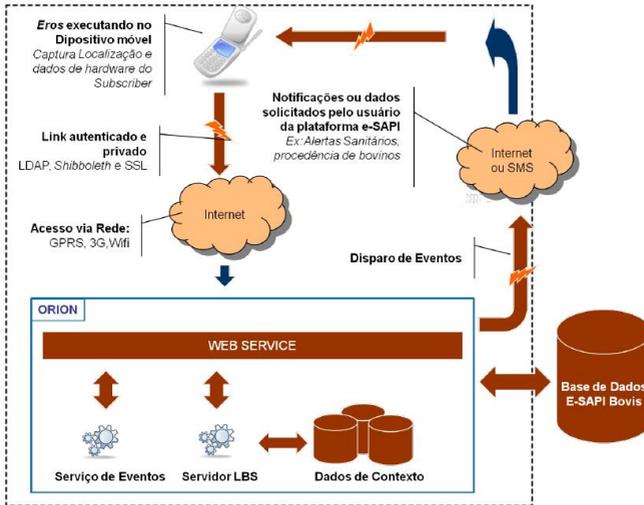


Figura 16 – Arquitetura Orion

- Sua posição provoca o disparo de um evento, pois é de seu interesse receber notificações quando determinada posição geográfica for alcançada.

Os avisos podem ser entregues via SMS ou via aplicativo Eros, caso o usuário esteja conectado ao serviço de notificação. As notificações via software Eros são mais ricas, sendo possível a adoção de recursos multimídia na mensagem entregue ao usuário, sobretudo imagens. No entanto, o componente Orion pode ser estendido e novos protocolos de entrega de mensagens podem ser utilizados.

Na Figura 4.4.2 são representados os principais conceitos envolvidos no funcionamento do componente Orion.

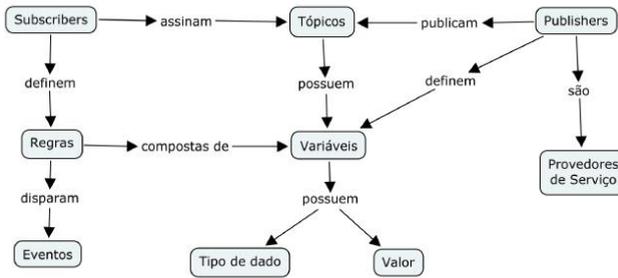


Figura 17 – Enter Caption

Apesar de apresentar o conceito de Tópico, Orion não pode ser considerado como Topic-based (Baseado em tópicos). Devido ao fato de a característica de um tópico possuir variáveis vinculadas a ele, isso torna o sistema do tipo Content-based (Baseado em conteúdo). Por exemplo, no caso de avisos sanitários da ocorrência de Febre Aftosa em uma dada região, a variável relacionada ao tópico é a coordenada geográfica de onde ocorreu o foco, ou apenas em qual estado brasileiro ocorreu o problema. Logo, os subscribers podem configurar que gostariam receber avisos de foco de Febre Aftosa quando este ocorrer em estados brasileiros de seu interesse.

Em resumo, a definição de quais variáveis um tópico possuirá e quais são os possíveis valores para cada uma delas é determinada pelo publisher e cabe ao subscriber definir suas próprias regras de recebimento. Caso nenhuma regra seja especificada, ele receberá todas as mensagens do tópico em que se inscreveu. O objetivo do componente Orion é prover um serviço em que os publishers possam

construir tópicos, anexando a estes tópicos variáveis que ajudem os subscribers a criar regras de recebimento de conteúdo. Por exemplo, um agricultor precisa ser avisado quando a previsão de temperatura na região dele será abaixo dos 10º C.

Quanto à visibilidade do componente, ela é acessível de qualquer lugar no mundo, bastando apenas que os publishers estejam conectados à Internet. A interação entre Orion e os provedores de serviço ocorrerá através de Web Services no padrão Representational State Transfer (REST) (FIELDING, 2000). De forma resumida, REST representa um modelo de como a Web deve funcionar de forma a garantir os requisitos inicialmente estabelecidos, em particular quanto às propriedades de escalabilidade e heterogeneidade.

No modelo REST, a camada de interação é padronizada. Assim, apenas a representação dos dados é específica em cada implantação. Segundo Nunes; David (2005), este modelo implica na utilização de um protocolo comum entre todos os intervenientes, incluindo os agentes intermediários (caches, proxies, firewalls). Com esta abordagem, é possível eliminar uma camada de complexidade extra no desenvolvimento das soluções. As interações ocorrem na interface disponível, neste caso o Hypertext Transfer Protocol (HTTP), evitando a especificação de soluções próprias. Desta forma, reduzem-se as barreiras entre serviços diferentes aumentando o grau de interoperabilidade do componente Orion. As descrições dos serviços podem ser obtidas através de uma Web Application Description Language (WADL). Trata-se de um padrão para descrever serviços providos por aplicativos baseados em HTTP, neste caso softwares REST. O WADL é mais simples que o Web Service Description Language (WSDL), por possuir um nível

maior de abstração com relação à descrição dos serviços.

Diversas políticas são definidas por Orion no que se refere, por exemplo, ao tempo de permanência de uma mensagem na fila de mensagens. Toda interação entre clientes e o servidor pub-sub onde houver inserção, atualização ou remoção, deverá ser autenticada. Simples buscas por tópicos não necessitarão ser autenticadas. Em resumo, políticas e contratos de como os aplicativos devem interagir estão descritos no WADL, onde tanto aplicações podem ser criadas para composição automática de serviços, quanto devem ser facilmente compreensíveis por pessoas.

A correta interação entre as partes (publishers, subscribers e LBS) é denominada Contexto de Execução. Este contexto não é limitado a um lado da interação, ao invés disso refere-se à totalidade de interações (incluindo o provedor de serviço, subscriber e a infraestrutura comum necessária para mediar a interação). Este fato aumenta as condições e restrições necessárias para serem coordenadas e podem requerer uma troca de adicional de informação para completar o contexto de execução.

Os efeitos no mundo real dos serviços que podem ser providos utilizando o componente Orion na rastreabilidade bovina são inúmeros, vão desde lembretes importantes de vacinação a alertas da Defesa Sanitária para zonas com epidemia de Febre Aftosa ao rastreamento de bovinos.

Também será possível consultar GTAs através de celulares dotados da capacidade de acesso a Internet de forma rápida e simples, pois Eros possui capacidade de ler o código de barras que virá impresso em cada guia e buscar automaticamente no e-SAPI Bovis. Com esta funcionalidade também é possível mostrar na tela do dispositivo móvel os locais exatos onde o bovino nasceu até seu abate. Para os Órgãos Sanitários é interessante saber de maneira

rápida e prática quais vacinas um determinado lote de bovinos tomou ou um bovino individualmente, bastando informar ao Eros o número do Sisbov destes animais. Novas funcionalidades podem ser adicionadas tanto ao software Eros quando ao Orion, pois ambos possuem o objetivo de serem escaláveis e de fácil customização, até mesmo para outros domínios.

1.1.9 Cérberus - Acompanhamento Remoto de Ganho de Produção

O agronegócio da carne bovina tem crescido, anualmente, no Brasil ao mesmo tempo em que tem se estruturado de forma competitiva. Na última década, o crescimento médio foi de, aproximadamente, 30 %, enquanto que o crescimento das exportações foi superior a 200 %. No ano de 2003 o Brasil superou a Austrália nos índices de exportação de carne, sendo, portanto, hoje o maior exportador de carne bovina do mundo.

Nos anos recentes, a segurança alimentar é uma questão de ordem global. No caso específico da carne bovina, com o diagnóstico da encefalopatia espongiforme bovina (BSE1) em março de 1996, e a posterior hipótese de relação entre esta doença do gado e a doença de Creútzfeld-Jacob (CJD2), como uma nova variante de distúrbio similar em seres humanos, a rastreabilidade tornou-se o foco da atenção tanto dos consumidores, quanto da indústria da carne no mundo (WIEMERS, 2000).

Desde então, para recuperar a confiança dos consumidores, os participantes da cadeia de suprimento de gado e de carne trabalham para elevar os padrões de segurança alimentar.

A pecuária de corte brasileira, que timidamente vinha almejando desde o início da década de 1990, o aumento da eficiência produtiva, passa a ter essa demanda exacerbada; especialmente, como resultado das pressões impostas pela globalização da economia. A exposição dos mercados dos diversos países a essa competitividade globalizada, que se observa nos últimos anos, fez com que a necessidade de se produzir de forma eficiente e eficaz se tornasse, em muitos casos, sinônimo de sobrevivência ou permanência no negócio.

A União Europeia, por meio da resolução CE N° 820/97 passa a exigir que todo o processo de produção de carne esteja inserido em um programa de identificação e registro que possibilite o levantamento de todas as informações pertinentes ao animal, desde o seu nascimento, até o consumo do produto final. Esta resolução atinge tanto os produtores e as indústrias da Europa, quanto seus fornecedores, sendo necessário o desenvolvimento de sistemas que permitam a identificação individual dos animais com total segurança e possibilidade de recuperação das informações em tempo real ([ANIMAUX](#), 1996).

Fica evidente a necessidade de apropriar conhecimento de outras áreas. Em diferentes problemas de planejamento; produção; segurança; logística e de processos de tomada de decisões, defrontamos com frequência, na necessidade de melhorar os recursos existentes para a busca de lucros maiores e/ou custos menores.

Essa indústria necessita de um meio auxiliar de eficácia indiscutível nos processos de Rastreabilidade, Segurança Alimentar, Segurança dos Alimentos, Certificação e Avaliação de Conformidade e Processo de Produção, especialmente no Brasil, onde as grandes distâncias e as desigualdades regionais dificultam esse trabalho. Além do mais,

um sistema com essas características deve desempenhar um papel inestimável no desenvolvimento tecnológico dos diversos campos do agronegócio no Brasil.

1.1.10 Computação em Pecuária de Precisão

As novas tecnologias de informação de comunicação e a crescente acessibilidade aos “multimeios interativos” alargaram amplamente as possibilidades do gerenciamento e melhorias dos processos produtivos, além de promover a disseminação das boas práticas produtivas e o controle efetivo da indústria da carne. Essas tecnologias podem auxiliar o produtor de carne na tomada de decisão com relação a compra/venda de animais, previsão de receita e gerenciamento de riscos na área de produção da carne.

Desta forma, a busca na melhoria e na excelência de um sistema de monitoramento e gerenciamento de rebanhos depende do conhecimento criterioso do rebanho e, certamente, da correta identificação dos animais. Para monitorar de forma eficiente os rebanhos, e garantir as boas práticas de produção da carne, várias medidas foram tomadas e para que estas tivessem eficácia, foram utilizados recursos da área de tecnologia da informação e comunicação (TICs). A utilização de TICs no agronegócio possibilita o aumento da competitividade e auxilia no atendimento das exigências impostas pela sociedade e pelo mercado. A área que estuda a utilização de TICs na pecuária é denominada Pecuária de Precisão.

Pecuária de Precisão (PP) pode ser definida como uma prática de manejo de rebanhos de bovinos na qual se utiliza tecnologia de informação e comunicação para garantir a utilização das boas práticas de produção da carne. A partir de dados específicos do rebanho, de áreas

de pastagens georeferenciadas, de automação nas várias fases da indústria da carne, a pecuária de precisão tem por objetivo minimizar os custos de produção na obtenção de uma carne de qualidade.

Além disso, a Pecuária de Precisão estuda os impactos ambientais e sociais na produção da carne e o aumento da produtividade, procurando com isso soluções para a produção ambiental e socioeconomicamente sustentável do agronegócio.

A utilização da tecnologia da informação e comunicação se dá em vários níveis e áreas. O conjunto e a complexidade dos problemas na pecuária de precisão apresentam novos desafios e oportunidades para a área de computação. Isso no leva a introduzir a área de Computação em Pecuária de Precisão.

A Computação em Pecuária de Precisão é uma área multidisciplinar que se fundamenta em dispositivos de hardware e utilização de software como instrumentos fundamentais para o aumento da competitividade da indústria da carne.

O principal objetivo desta área é o de estudar soluções computacionais para os problemas da pecuária de precisão. Os problemas abrangem o gerenciamento do rebanho com a utilização de dispositivos eletrônicos, a simulação do crescimento de pastagens, previsão dos preços das commodities, diagnóstico precoce de enfermidades de animais, estudo de linhagens genética de animais, classificação automática de carcaças, carne e couro de bovinos, simulação de práticas alternativas de manejo, logística, etc.

A Computação em Pecuária de Precisão envolve distintos domínios de conhecimento na computação. Se considerarmos que a Ciência da Web trata de como podemos fazer melhor as coisas, temos que a Computação em Pecuária

de Precisão se enquadra nesse domínio. Além disso, para a obtenção dos dados dos animais, propriedades rurais, frigoríficos, rede de distribuição, bolsas de mercadoria, etc., são utilizados vários dispositivos de hardware que vão desde simples pastilhas de rádio frequência, aeronaves não tripuladas, sensores, e satélites.

Todas essas informações necessitam dos conhecimentos da área de Gerenciamento de Informações para serem armazenadas e gerenciadas. O conjunto de informações adquiridas, em conjunto com o disponível na Web, necessita de ferramentas computacionais para a extração de conhecimento e formulação de hipóteses o que pode ser feito com o auxílio da Mineração de Dados. A tomada de decisão "na hora correta" é fundamental na indústria da carne. Com Modelagem Computacional é possível efetuar a previsão do lucro obtido, impactos ambientais e sociais nas tomadas de decisão inerentes nas diferentes fases da produção.

Os problemas tratados na Computação em Pecuária de Precisão envolvem a obtenção e classificação de dados, melhoria e simulação. Para resolver esses problemas utilizamos várias áreas da Computação, entre as quais:

1. Banco de Dados
2. Inteligência Artificial
3. Bioinformática
4. Computação Gráfica
5. Mineração de Dados
6. Computação Umbíqua
7. Interface Humano-Computador

8. Computação em Nuvem
9. Robótica
10. Otimização Combinatória
11. Análise Numérica
12. Estatística Computacional

Faremos, logo abaixo, uma breve descrição de cada uma destas áreas. Posteriormente descrevemos alguns problemas em pecuária de precisão e de como as diversas áreas da computação auxiliam na modelagem e no estudo de soluções desses problemas.

Grande parte dos problemas envolve um conjunto muito grande de informações. A utilização de “Computação em Nuvem” é fundamental na solução de problemas de pecuária de precisão. A computação orientada para a rede envolve o estudo da comunicação em redes de computadores, padrões e tecnologia Web, computação móvel e sem fio, segurança e protocolos de comunicação.

No projeto das soluções a Interface Humano-Computador é fundamental para garantir o uso, uma vez que os usuários vão desde os funcionários da fazenda responsáveis pelo manejo aos operadores das Bolsas de Mercadoria, passando pelos Médicos Veterinários, Zootecnistas e o proprietário da unidade de produção. O projeto e implantação de boas interfaces para esses sistemas é a garantia de sua utilização.

A computação gráfica envolve a Visualização, Realidade Virtual e Visão Computacional. A Visão Computacional pode auxiliar na solução de problemas relacionados à classificação de carcaças, couro e carne. A Realidade Virtual é

uma ferramenta que possibilita o manejo remoto de portei-
ras, controle de alimentação, etc. A Visualização associada
à simulação auxiliará no estudo de problemas associados a
crescimento de pastagens, estudo de impactos ambientais,
interpretação de imagens de satélites, etc.

A utilização da computação ubíqua é dada com a uti-
lização de pastilhas eletrônicas, sensores e satélites. Ela
possibilita o acompanhamento do rebanho em tempo real,
podendo acompanhar o peso, temperatura e localização
dos animais.

A Robótica utiliza aeronaves não tripuladas, dispositi-
vos eletromecânicos e sensores no projeto de soluções para
fases do manejo dos animais, principalmente na criação
confinada de bovinos. Além disso, toda a área de Siste-
mas Inteligentes desempenha um papel fundamental no
estudo de soluções de problemas relacionados automação
na indústria da carne.

Como em todas as áreas, o Gerenciamento de Informa-
ções desempenha um papel crítico na Pecuária de Precisão.
Toda informação obtida pelos dispositivos devem ser arma-
zenadas, analisadas e mineradas. Na solução dos problemas
é essencial o conhecimento de Sistemas de Gerenciamento
de Banco de Dados, Mineração de Dados e Sistemas Hi-
permídia.

Muitos problemas em pecuária de precisão envolvem
localização e alocação de recursos e simulação de modelos
de produção. Na modelagem e solução desses problemas
necessitamos de “Otimização Combinatória”, Técnicas de
Simulação, Heurísticas e Métodos Numéricos.

Finalmente, para garantir que o software desenvol-
vido atenda as especificações e satisfaça os requisitos dos
usuários e clientes, necessitamos projetar as soluções com
a utilização da Engenharia de Software.

1.1.11 Um Estudo de Caso - Rastreabilidade Bovina

Nesta seção descrevemos um estudo de caso de Computação em Pecuária de Precisão descrevendo uma solução do problema de rastreabilidade bovina utilizando sistemas eletrônicos de identificação de animais. A solução proposta explora características adicionais das etiquetas eletrônicas e além da identificação, a solução proposta possibilita a pesagem e aferição remota de temperatura de bovinos no campo.

Neste estudo de caso, apresentamos a integração de várias tecnologias existentes na área do agronegócio, pecuária de precisão, comunicação e computação no desenvolvimento de uma plataforma que de suporte a rastreabilidade bovina e ao gerenciamento completo de uma unidade de produção agropecuária.

A utilização de identificadores clássicos como tatuagens na face interna do pavilhão auricular, as marcas a ferro quente e a utilização de brincos numerados têm sido os métodos mais utilizados na identificação dos bovinos. No entanto, a diversidade de raças e manejos, além da constante ocorrência de erros na transcrição manual de dados tem motivado a procura por métodos mais eficientes de identificação de animais, uma vez que a revisão da numeração marcada com ferro quente na pele ou com tatuagem na orelha dos animais são, muitas vezes, invisíveis em animais de pelagem escura ou com excesso de pelos, tornando excessivamente trabalhosa e ineficiente.

No caso dos brincos, tem ocorrido uma perda que varia de acordo com a raça e tipo de ambiente entre três e 15 %, anualmente, o que propicia erros no processo de rastreabilidade, além de perdas econômicas para o produtor rural (FERREIRA et al., 2004). Ademais, a marcação a ferro

quente, em muitas ocasiões quando mal localizada, danifica o couro do animal, produto de grande valor econômico. O uso de brinco, quando mal colocado, pode servir de solução de continuidade para a instalação de infecções e miíases, além do processo traumático.

O couro é um produto de grande relevância para economia nacional, especialmente como matéria prima para a indústria, em particular de calçados. Como matéria prima de exportação, sua relevância econômica é, inclusive, maior do que da carne. Nos últimos anos houve um crescimento nas divisas obtidas com esse produto, que de 600 milhões em 1996 passaram para 2,7 bilhões, de acordo com as expectativas para 2002 (CARDOSO; LIMA, 2002).

Vários fatores contribuem para redução da qualidade da carne e do couro brasileiro e a maioria deles ocorre ainda na propriedade, devido ao manejo inadequado. Os ectoparasitos: o carrapato, o berne e a mosca do chifre, são responsáveis por 40 % das lesões no couro bovino; enquanto que, para a marcação e uso de ferrões para condução são imputadas 20 % das lesões (GRISI et al., 2002).

O sistema eletrônico, além de eliminar as falhas e dificuldades, permite que manejos, anteriormente realizados nos mangueiros possam ser realizados a campo, como é o caso das pesagens e aferição de temperatura. Assim, há expectativa de incremento no rendimento dos rebanhos devido à frequência na coleta dos dados, que passa a ser diária, e também na rapidez nas tomadas de decisões que podem aumentar o rendimento dos rebanhos, bem como permitir uma análise diferenciada dos resultados de experimentos de pesquisa, pois a velocidade de tomada de decisão pode interferir nos resultados.

Uma das formas de se efetuar a rastreabilidade de bovinos é através da telemetria que com implantes eletrônicos,

acionados a distância, emitem um sinal eletromagnético com a numeração do animal. Este sinal é recebido por um sistema de computação que confere rápida e inquestionavelmente a presença do animal naquele rebanho (identificação por rádio-frequência) (GEERS et al., 1997).

O significado da telemetria tem mudado nos últimos anos. A especificação original era a medida remota de parâmetros orgânicos e biológicos como: eletrocardiogramas, eletroencefalogramas, pH, temperatura corpórea, pressão arterial, forças de contração muscular, atividade física, fluxo sanguíneo e outros parâmetros fisiológicos (HANSEN et al., 1983).

Com a utilização da biotelemetria podemos ter acesso e ou controle de medidas sem interferência e sem ruído de um organismo animal ou humano. Portanto, a biotelemetria inclui o conceito de instrumentação biomédica, que permite a transmissão de informações fisiológicas de uma localização geralmente inacessível, para um local remoto de monitoramento, sempre por meio de técnicas de micro instrumentação (HANSEN et al., 1983).

Sistemas eletrônicos, que possam ser totalmente implantados no corpo dos animais, têm evoluído nos últimos 30 anos de um transmissor simples até um sensor ultra inteligente com sistemas de interface (GOEDSEELS et al., 1990).

A utilização de chips de rádio frequência (RFID tags) em rastreabilidade de animais possibilita um acompanhamento em tempo real do rebanho e fornece as informações necessárias para um Sistema Integrado de Pecuária de Precisão. Esses chips podem estar acoplados com instrumentos para medida de temperatura, sensores e outros instrumentos. Isso possibilita uma série de informações que, em conjunto com outras bases dados e um framework

web adequado, podem auxiliar o produtor na tomada de decisão.

Os chips RFID ou “etiquetas eletrônicas” são ativados à distância por transmissores-receptores que usam um princípio de pulso-eco em torno de 132 KHz. Esses métodos são usados principalmente para a identificação, e a sua transmissão só ocorre em resposta a um estímulo prévio (BLACKBURN, 2001). O sistema básico consiste em um transmissor/receptor e um ou vários transponders. Em projetos pilotos realizados na Embrapa Gado de Corte desde 1996 (PIRES, 2000), chegou a algumas conclusões descritas a seguir.

No caso de metodologia de identificação com implantes subcutâneos ou intraruminais:

- O transponder utilizado deverá ser recoberto por substância biocompatível, e que não deixe resíduo na carne; além disto, resistente a ponto de não permitir a quebra por impactos ou pressões provenientes dos manejos realizados cotidianamente.
- Deve ser potente o suficiente para ser “lido” até uma distância de 1,5 metros, com o animal em velocidade compatível com marcha acelerada (40 Km/h).
- Deve ser de fácil implante e colocado em local no corpo do animal de forma que não “migre”, a fim de permitir a leitura confiável e que tenha fácil recuperação ao abate (fundo de saco da prega umbilical e estômago).
- Os transponders devem ser do tipo “apenas para leitura” ou “programável apenas uma vez” que não permitam a alteração dos números.

- Tanto os transponders como as leitoras, estáticas ou portáteis, deveram ser ISO compatíveis, ou seja, os transponders poderão ser lidos por qualquer leitora independente da marca ou modelo. O conceito técnico da identificação eletrônica de animais foi determinado segundo as Normas Internacionais ISO 11784 e ISO 11785, assim como a estrutura de código a ser utilizada.

Com a utilização de chips RFID foi possível projetar uma solução para acompanhar o ganho de peso diário dos animais. A solução computacional para esse problema envolveu a análise do comportamento dos animais, adequação da balança de pesagem para permitir a pesagem de bovinos em movimento, o desenvolvimento de um middleware para integrar as leituras dos identificadores com o peso registrado pela balança. Todas essas informações são transmitidas diretamente para um sistema de gerenciamento da fazenda e integrada com o Portal e-SAPI.

Associado a essa solução, e motivado pela aferição remota em equinos, um chip RFID com a capacidade de registrar a temperatura foi projetado e construído. Neste caso, o problema da localização do chip no bovino foi mais complicado, pois era necessário estabelecer uma correlação da temperatura obtida pelo chip e a temperatura real do animal. A utilização desse tipo de chip possibilita, além do obtido com o chip na solução do controle de ganho de peso, a aferição remota da temperatura de bovinos. Essa aferição é crítica na detecção de doenças, entre elas a febre aftosa.

1.1.12 Problemas a serem tratados

O projeto e desenvolvimento de um framework que seja capaz de auxiliar o produtor na tomada de decisões, em diversas áreas, é um dos principais desafios da Computação em Pecuária de Precisão. O mais importante é possibilitar ao produtor, que baseado no ganho de peso do rebanho, custo da produção, condições do mercado da carne, riscos de doenças, e mais outras entradas, ser capaz de decidir qual a melhor hora de vender/aumentar o seu rebanho. Além disso, baseado na utilização dos recursos (pasto, água, manejo, etc.), previsão do tempo, custo de recuperação do pasto, decidir pela movimentação do rebanho para outra propriedade. Do ponto de vista do consumidor (ou das autoridades sanitárias), possibilitar a rastreabilidade total do produto, ou seja, ao comprar um pacote de carne no supermercado pode-se ter um histórico completo da procedência do produto. Essas informações são fundamentais em situações de emergência sanitária (BSE - doença da vaca louca, aftosa, etc.).

No caso das pastagens, a utilização de técnicas para o seu melhor aproveitamento é fundamental, pois a pecuária bovina de corte, no Brasil, caracteriza-se principalmente pelo sistema de criação fundamentado em pasto. Dentre os fatores que provocam redução na produção e produtividade do rebanho, destacam-se as flutuações estacionais de pastagem, tanto as de ordem quantitativa como qualitativas, em função das variações climáticas, do manejo inadequado, da alta incidência de parasitos, de outras doenças e de deficiências minerais. Estas perdas decorrem não apenas da mortalidade, mas também da baixa eficiência produtiva dos animais.

A solução do problema de “melhoria combinatória”,

quando associado a problemas reais, se torna muito mais complexo devido ao elevado número de restrições que devem ser consideradas, bem como pela sua característica, que é muitas vezes dinâmica. Desta forma, resolver problemas de melhorias na prática torna-se uma tarefa de extrema complexidade computacional.

Adicionalmente, o produtor necessita de um sistema de identificação que garanta um controle patrimonial rígido, que permita a rastreabilidade necessária exigida pelo comércio internacional, que possibilite o gerenciamento do rebanho, de manejos sanitário, reprodutivo e nutricional de bovinos e que possibilite programas de melhoramento genético do rebanho.

Nos frigoríficos, os problemas envolvem a classificação de carcaças, couro e carne e a logística de armazenamento e distribuição de seus produtos.

Para estudar esses problemas, a Computação em Pecuária de Precisão tem vários desafios tecnológicos, que implicam em:

- projeto de novos chips RFID.
- utilização desses chips.
- projeto e localização de antenas.
- projeto de instrumentos eletrônicos e computacionais adequados a Zootecnia de precisão.
- comunicação e energia em locais remotos.

Além disso, no estudo de problemas de pecuária de precisão são necessários novos conhecimentos em várias áreas da computação para abordar os seguintes problemas:

- Mineração de dados em Bancos de Dados Genéticos de Bovinos.
- Integração de dispositivos sem fio.
- Visão Computacional.
- Sistemas Inteligentes.
- Problemas de Localização e Transporte de animais.
- Problemas de balanceamento de ração animal.
- Problemas de Alocação ótima de animais em pastos.
- Acompanhamento On-Line no crescimento de gado bovino (peso, vacinação, etc.).
- Problemas de tomada de decisões ótimas (definir quando determinado animal deve ir para o abate, seleção de animais para reprodução, etc.).
- Outros problemas na área de logística, manufatura, transporte e planejamento.

No caso dos problemas de melhorias listados anteriormente, a maioria não possui uma solução polinomial (Problemas NP-Completos e NP-Difíceis), limitando com isso o uso exclusivo de métodos exatos.

Existem basicamente duas classes para a solução de problemas de melhorias: métodos exatos e métodos aproximados ou heurísticos. Os métodos exatos têm como vantagem, a obtenção de uma solução ótima, contudo, estes normalmente só podem ser usados para resolver problemas de pequeno porte. Isso na prática limita bastante o seu uso em problemas reais.

Métodos aproximados ou heurísticos por outro lado, são técnicas que por exigir menor esforço computacional, permitem a solução de problemas de grande porte; contudo elas garantem apenas o encontro de soluções de boa qualidade, não necessariamente a melhor solução (solução ótima).

A abordagem dos problemas de computação em pecuária de precisão está condicionada a forma como os dados serão captados e transmitidos. É necessário o domínio tecnológico da utilização desses dispositivos em situações reais para analisar as várias possibilidades de soluções usando mobilidade e diferentes tipos de dispositivos móveis. As tecnologias computacionais ligadas à mobilidade e a dispositivos móveis vêm, nos últimos 10 anos, modificando-se a uma velocidade assustadora. O acúmulo de um grande número de dispositivos móveis com tecnologias diferentes entre si convivendo em um mesmo mercado vem impondo, de forma paradoxal, uma grande limitação à expansão do uso dos sistemas de mobilidade.

O alto grau de especificidade destas tecnologias é mais um desafio no desenvolvimento de software para ambientes móveis, pois é muito oneroso estabelecer equipes capazes de produzir, com qualidade, aplicações que atendam a uma parcela significativa dos dispositivos existentes no mercado. Em um ambiente de mudanças intensas e tecnologias com tempo e ciclos de vida curtos, a escolha de uma determinada opção tecnológica pode significar o sucesso ou o fracasso de todo o investimento feito no desenvolvimento de aplicações desta natureza. Outro desafio na utilização de dispositivos móveis em computação em pecuária de precisão diz respeito à disponibilidade de serviço e robustez dos equipamentos, pois a utilização destes se dará em condições bem adversas.

Neste contexto, a computação em pecuária de precisão também representa um esforço no sentido de popularizar a apropriação às tecnologias de mobilidade nas unidades de produção rural e a sua integração com o ambiente computacional existente.

O importante é que a Computação em Pecuária de Precisão ofereça soluções que sejam utilizadas por todos os atores na produção de carne e com boa interface com os principais dispositivos móveis.

1.2 Considerações Finais

Na solução de problemas de computação em pecuária de precisão temos que levar em consideração vários aspectos envolvidos no agronegócio. Há aplicações de tecnologias de informação e comunicação que deveriam existir em plena operação no Brasil há vários anos. Com elas, muitos problemas e mesmo tragédias poderiam ser evitados, ou, pelo menos, melhor controlados. Um exemplo concreto é o de monitoramento de meio ambiente. Os principais desafios envolvem a disponibilização de tecnologias da informação e comunicação para o agronegócio, o projeto e desenvolvimento de novas tecnologias além da utilização de tecnologias maduras em problemas que necessitem soluções urgentes.

A capacidade de inovar, em particular no uso e na aplicação das tecnologias de informação e de comunicação, constitui um importante diferencial no planejamento e execução de políticas públicas. A criação de um ambiente propício à inovação demanda esforços conjuntos por parte das organizações e dos formuladores dessas políticas. Muitos problemas relacionados ao agronegócio dependem de

soluções inovadoras e que agreguem a tecnologia de dispositivos móveis e, além disso, que estejam integradas com os novos sistemas de governo eletrônico e tenham condições de operar com novas tecnologias.

Abaixo, listamos várias soluções desenvolvidas pela UFMS em conjunto com a Embrapa-CNPGC que auxiliam a produção de carne de qualidade. Essas soluções possibilitam o compartilhamento de informações relacionadas à produção da carne para todos os produtores, órgãos de controle sanitário, fiscal e de planejamento. Alguns desses produtos tiveram seus softwares registrados, e outros estão com solicitação de patente em andamento.

- e-SAPI Bovis: Uma Plataforma WEB para Pecuária de Precisão.
- Obtenção do peso de bovinos no campo (em movimento).
- Aferição remota da temperatura de bovinos.
- Emissão Eletrônica de Guias de Trânsitos de Animais.
- Sistema Baseado em Localização.

Outros problemas estão sendo estudados, dentre eles destacamos:

- Desenvolvimento e Implantação de um estudo de caso de Aplicação WEB para o produção de carne.
- Instalação de projetos pilotos de rastreabilidade em tempo real de rebanho com a utilização de transponders (RFID).

-
- Implantação de unidade de referência em pecuária de precisão.
 - Instalação de uma unidade piloto de certificação de rebanho em tempo real.
 - Utilização de aeronaves não tripuladas para gerenciamento do rebanho.
 - Avaliação de utilização de pastagens com a utilização de imagens de satélite.
 - Mineração de Dados em Bancos de Dados Genéticos.
 - Classificação da qualidade do couro.
 - Localização de animais.

A cadeia produtiva de carne bovina

SUZI BARLETTO CAVALLI
SUELLEN CAROLINE TRONCOSO

O mercado de carnes vem crescendo substancialmente nos últimos anos, bem como o número de empreendimentos e de empresas de alimentação que utilizam a carne bovina como matéria-prima de suas preparações (FELÍCIO et al., 1999; BINDON; JONES, 2001; BRASIL, 2008; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BARES, RESTAURANTES, LANCHONETE E SIMILARES, 2009).

A carne bovina brasileira é competitiva no mercado internacional, já que o Brasil é detentor de boas áreas produtivas destinadas à pecuária de corte. Clima, solo e recursos humanos, somados à extensão territorial, permitem a produção animal a preços competitivos e em quantidades crescentes para suprir o mercado interno e aumentar os volumes exportados (FELÍCIO, 2001; FOOD AND AGRICULTURAL POLICY RESEARCH INSTITUTE, 2009).

Porém, devido às restrições impostas pela União Europeia e pelos preços mais altos em alguns destinos, as exportações diminuíram 10% em 2009 (FOOD AND AGRICULTURAL POLICY RESEARCH INSTITUTE, 2010).

Contudo, as projeções da produção de carne bovina para o Brasil mostram que esse setor deve apresentar intenso dinamismo nos próximos anos, com um crescimento projetado de 2,5% ao ano, de 2008 a 2018 (BRASIL, 2008). As exportações de carne bovina até 2019 serão, segundo o Food and Agricultural Policy Research Institute (2010), lideradas por países como o Brasil, Austrália, Índia, Nova Zelândia e Argentina, os quais concentrarão 94,7% das exportações mundiais. O Brasil lidera o ranking dos maiores exportadores desde 2004, atualmente com participação de 41,3% e um volume em equivalente carcaça de 2.747 mil toneladas.

Além de grande produtor e exportador, o Brasil revela-se grande consumidor, apresentando-se como terceiro maior consumidor mundial de carne bovina, após os Estados Unidos e a União Européia ((USDA/FAS), 2011).

O Ministério da Saúde, dentro da Política Nacional de Alimentação e Nutrição, organizou o Guia Alimentar para a População Brasileira, mencionando que as carnes fazem parte de uma alimentação nutritiva e contribuem para a saúde e crescimento adequado. O Guia preconiza o consumo de uma porção de carne diariamente, que pode ser de qualquer animal, devido o alto valor biológico das proteínas presentes e a alta disponibilidade de ferro (ABASTECIMENTO, 1996).

Dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) realizada no Brasil em 2008/09 evidenciam que a carne está presente no cardápio diário, já que é o alimento mais representativo, ocupando 21,9% dos gastos com alimentação

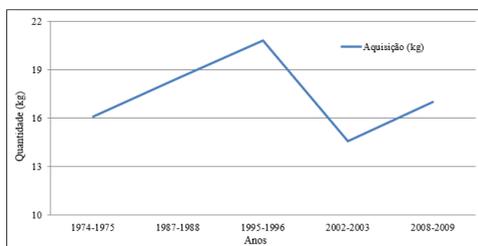


Figura 18 – Aquisição de carne bovina, Brasil, 1974-2009.
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004; 2010).

da família brasileira. Nota-se um aumento da participação desse grupo, que era de 18,3% em 2002/03 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2004; 2010).

Contudo, os dados revelam oscilação na aquisição da carne bovina per capita, como mostra a Figura 18., onde pode ser visualizada queda de 30% nos anos de 1995 a 2002 (IBGE, 2004). Apesar da diminuição nesse período, projeções voltadas ao consumo de carne no Brasil mostram um nível de crescimento de 2,32% ao ano para o espaço de tempo compreendido entre 2007/2008 e 2017/2018 (BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2008). Essa elevação já pode ser confirmada pelos recentes resultados da POF de 2008-2009, apontando a carne bovina entre os produtos com maior aquisição per capita anual: 17 kg (IBGE, 2010).

No Reino Unido foram constatados dados semelhantes aos do Brasil, no tocante à pesquisa sobre a alimentação das famílias. O consumo de carne bovina apresentava ingestão semanal média de 189 g por pessoa em 1974, passando para

120 g em 2005-2006, 111 g em 2008, finalmente elevando a quantidade 112 g em 2009. As compras caíram 12% em 2007 e 2008, crescendo 0,8% entre 2008 e 2009 (DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS, 2007; 2010a; 2010b).

Verifica-se situação análoga em outros países desenvolvidos (WILLIAMSON et al., 2005), o que pode ser em atribuível às preocupações dos consumidores sobre a segurança da carne, sobretudo pela incidência de encefalopatia espongiforme bovina e outras questões sanitárias (MILES; CASWELL, 2008).

Além do impacto de grandes crises alimentares, o setor da carne bovina vem lidando com modificações das tendências de consumo e das preferências do consumidor (SANS et al., 2005; BARRENA; SÁNCHEZ, 2009).

Diversos fatores interferem nas oscilações de aquisição, consumo e no comportamento do consumidor. Barbosa et al. (2010b) apontam as recentes exigências e tendências para o consumo mundial de alimentos, agrupando-os em cinco categorias: sensorialidade e prazer; saudabilidade e bem-estar; conveniência e praticidade; confiabilidade e qualidade e sustentabilidade e ética.

Diante disso, estudos vêm sendo realizados a fim de contribuir para o melhor entendimento do comportamento do consumidor de carne bovina (NOVAES, 2006; BARCELLOS, 2002; BRISOLA; CASTRO, 2006; BARRENA; SÁNCHEZ, 2009).

Barrena; Sánchez (2009), pesquisando os últimos dados sobre a temática no âmbito internacional, detectaram que a decisão de compra da carne revelou um aumento da relevância de atributos de credibilidade e fatores externos relativos à segurança alimentar, à saúde, à origem e à rotulagem.

Barcellos (2002) estudou o processo decisório de compra da carne bovina de 400 consumidores em Porto Alegre. Os entrevistados consideram a carne bovina um produto caro, todavia, estariam dispostos a pagar mais por qualidade e em ocasiões especiais. Já no Distrito Federal, segundo pesquisa de Brisola; Castro (2006) com 413 consumidores e compradores de carne bovina, não há praticamente nenhum interesse em pagar mais por qualquer atributo de valor adicionado à carne bovina.

O consumidor está a cada dia mais exigente, buscando produtos que ofereçam maior segurança e qualidade, além de alimentos saudáveis e ausentes de resíduos de agroquímicos prejudiciais à saúde, atributo ainda mais valorizado em relação às carnes (TALAMINI et al., 2005; BRASIL, 2009). A tendência é de que, a cada ano, aumentem as exigências, levando o setor produtivo à busca por inovações (BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2009).

Nesse sentido, a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) Gado de Corte, vem desenvolvendo diversas pesquisas visando à melhoria da qualidade da carne bovina que chega à mesa dos consumidores.

Ao encontro dessa expectativa, a Embrapa desenvolveu um conjunto de normas e procedimentos denominado Boas Práticas Agropecuárias – Bovinos de Corte (BPA) ou Brazilian GAP. O Programa visa à melhoria da rentabilidade e da competitividade dos sistemas produtivos mediante a garantia da oferta de alimentos isentos de quaisquer resíduos que possam comprometer a saúde dos consumidores e provenientes de sistemas de produção sustentáveis (CORTE, 2010).

O Programa BPA foi criado em 2005 e é coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento (MAPA). A Portaria Interministerial nº 36 de 26 de janeiro de 2011, assinada pelo MAPA, Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), institui o Programa Nacional de Fomento às Boas Práticas Agropecuárias - PRÓ-BPA, com o objetivo de desenvolver e promover a inclusão das Boas Práticas Agropecuárias nas propriedades rurais das diversas cadeias pecuárias do país ([BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA; AMBIENTE; EMPREGO, 2011](#)), o que fortalecerá sua implantação em todo o país.

2.1 Segurança na cadeia produtiva de carne bovina

A aquisição de um alimento seguro, com qualidade, é direito do consumidor e um dever a ser cumprido em toda a cadeia produtiva ([BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2009](#)), pois nem todos os atributos relacionados à segurança do alimento podem ser avaliados no momento de sua compra ([TALAMINI; PEDROSO; SILVA, 2005](#)).

Apesar de grande consumidor, produtor e exportador, o Brasil ainda tem muitos obstáculos a serem vencidos pela cadeia produtiva de carne bovina. O conjunto de agentes que a compõe é heterogêneo, apresenta desde pecuaristas e frigoríficos com altos recursos e padrão tecnológico até pequenos produtores com dificuldades e abatedouros que dificilmente preenchem requisitos mínimos da legislação sanitária ([BUAINAIN; BATALHA, 2007](#)).

Esse fator é um agravante ao considerar os alimentos de origem animal, especificamente as carnes, por serem como altamente suscetíveis à deterioração microbiana. Isso se dá principalmente devido suas características intrínsecas, tais como: elevado valor nutricional; alta atividade de água

(70 a 75%) e faixa de pH 5,0 a 6,8, próximo a neutralidade. Além desses fatores, a carne ainda está exposta a mais variadas fontes de contaminação, desde o abate e nas distintas fases do processamento industrial, transporte, armazenamento e preparo final, condição que enquadra os produtos cárneos como alimentos de alto risco epidemiológico (GERMANO; GERMANO, 2001; SILVA JR., 2005; RAPOSO et al., 2008; PIRES et al., 2002).

Gormley et al. (2010), investigando surtos de DTA's na Inglaterra e no País de Gales de 1992 a 2008, constataram que 75,6% dos surtos apresentaram alimentos como veículos transmissores. Entre os alimentos mais frequentemente envolvidos, a carne de frango ocupou o primeiro lugar com 19,1%, seguido de preparações com diversos alimentos (17,6%) e carne vermelha, com 15,7% dos surtos registrados. Observaram, entretanto, que a proporção de surtos epidêmicos associados à carne de aves, carnes vermelhas e sobremesas diminuiu significativamente ao longo dos 17 anos, enquanto aquelas relacionadas com os ovos e alimentos diversos aumentaram.

No Brasil, de 1999 a 2010, entre os surtos com informações sobre o alimento envolvido, 22,2% foram ocasionados por alimentos com ovos, seguidos por preparações com diversos alimentos (17,2%), carnes vermelhas (11,6%) e sobremesas (10,7%). Além disso, aproximadamente 30% dos surtos notificados foram registrados em Unidades Produtoras de Refeições coletivas e comerciais, entre elas restaurantes, instituições de ensino e refeitórios (BRASIL SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE, 2010).

Não obstante, a segurança e a qualidade da carne bovina estão condicionadas a uma série de fatores dependentes de todos os agentes envolvidos no processo (BARCELLOS, 2002).

A inspeção sanitária durante o abate reduz os riscos de danos à saúde humana, em especial, aqueles ocasionados por animais infectados ou doenças parasitárias. No entanto, a contaminação do alimento pode acompanhar o produto do matadouro até a mesa do consumidor (RAPOSO; ARAÚJO; FURTUNATO, 2008).

Todo o processo produtivo de alimentos deve ser realizado de acordo com padrões específicos de higiene, limpeza e segurança, bem como ser constantemente avaliado, a fim de demonstrar segurança do alimento aos consumidores (TALAMINI; PEDROSO; SILVA, 2005).

No entanto, para cada agente da cadeia produtiva, a qualidade sugere significados diferentes: para os criadores, o conceito de qualidade se refere a um bom nível de produção de acordo com os recursos disponíveis; enquanto para os engordadores, se restringe ao máximo rendimento de carcaça; já os frigoríficos anseiam um alto rendimento em cortes; o setor varejista, como açougues e supermercados, almejam a boa aparência e longa vida de prateleira e finalmente para o consumidor, a valorização se dá ao preço, embora busquem sanidade e aspectos sensoriais como cor, maciez e sabor (CORTE, 1999).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) trabalha em conjunto com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) para obtenção de alimentos seguros ao longo da cadeia produtiva de alimentos, por meio da fiscalização das doenças de origem alimentar e programas de controle (WHO, 2006).

A segurança alimentar e qualidade do produto na cadeia produtiva devem começar com os fornecedores de insumos agrícolas e com as pessoas envolvidas na produção. Entre os insumos fornecidos estão pesticidas e drogas veterinárias, rações para animais que contenham agentes patogênicos,

incluindo as bactérias ou produtos químicos tóxicos. Todos representam riscos diferentes e, portanto, requerem atenção especial (WHO, 2009).

Durante o processamento, atenção especial é necessária aos aspectos higiênico-sanitários, quando os animais são abatidos. Princípios de segurança devem ser rigorosamente aplicados a fim de minimizar os perigos para a qualidade do alimento (WHO, 2009).

No varejo, setor que envolve a venda de alimentos em supermercados, lojas e no setor informal, práticas e condições relativas ao armazenamento, transporte e distribuição de alimentos podem influenciar na segurança do produto (WHO, 2009).

Assim sendo, a cadeia produtiva tem muitas ligações e inclui todas as fases da produção e fornecimento de produtos agrícolas, até o local do consumo do alimento (FOOD; NUTRITION, 1996). Os agentes da cadeia produtiva são os elos tomadores de decisão que podem interferir na coordenação da cadeia produtiva, participando dela ativamente. Podem ser chamados de agentes, os produtores, indústrias, fornecedores, distribuidores e consumidores (ZYLBERSZTJN; FARINA; SANTOS, 1993). De acordo com a conceituação descrita acima, na cadeia produtiva da carne bovina no Brasil, os principais agentes são os fornecedores de insumos (matéria-prima, adubos, fertilizantes, máquinas, equipamentos e embalagens), os criadores, os frigoríficos, distribuidores, representantes comerciais, varejo e consumidores.

Dessa forma esquematizada, a cadeia produtiva da carne bovina brasileira é dividida, segundo Buainain; Batalha (2007), nos seguintes subsistemas:

- De apoio: composto pelos agentes fornecedores de

insumos básicos e os agentes transportadores.

- De produção da matéria-prima: compreende a produção agropecuária e é formado pelas empresas rurais que geram, criam e engordam os animais para o atendimento das necessidades das indústrias de primeira transformação, integradas em um único empreendimento ou dissociadas em empreendimentos diversos.
- De industrialização: formado pelas indústrias de primeira transformação, que abatem os animais e obtêm as peças de carne, conforme as condições de utilização necessárias para os demais agentes da cadeia e indústrias de segunda transformação, que incorporam a carne em seus produtos ou agregam valor a ela.
- De comercialização: composto pelos atacadistas ou exportadores, que efetuam o papel de agentes de estocagem e/ou de entrega, simplificando o processo de comercialização; os varejistas efetuam a venda direta da carne bovina ao consumidor final, tais como supermercados e açougues e finalmente as Unidades Produtoras de Refeições coletivas e comerciais, que produzem refeições, disponibilizando preparações à base de carne bovina.
- De consumo: formado pelo elo final da cadeia, os consumidores, responsáveis pela aquisição, preparo e utilização do produto final. Os consumidores determinam as características desejadas no produto, influenciando os sistemas de produção de todos os agentes da cadeia produtiva.

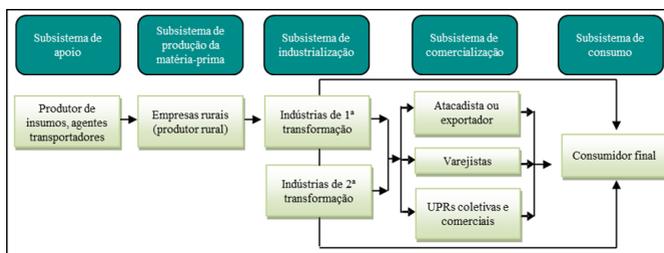


Figura 19 – Esquema da cadeia produtiva de carne bovina brasileira. Fonte: Adaptado de Buainain; Batalha (2007)

Na Figura 19 encontra-se ilustrado esse conjunto, bem como, os principais elos que compõe a cadeia de carne bovina brasileira.

Em 2003, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), apresentou um documento, contendo uma estratégia de abordagem da segurança sanitária e da qualidade dos alimentos, em conformidade com o princípio da visão integrada da cadeia produtiva. O documento defende que a responsabilidade de uma alimentação sadia e nutritiva é de todos os integrantes da cadeia produtiva e sua implantação exige políticas favoráveis, um ambiente regulador, dotados de regras claramente definidas, sistemas e programas de controle dos alimentos em todas as etapas da cadeia (FAO, 2003).

Dessa forma, entende-se que as ações de segurança estão mudando o foco, passando, de acordo com Silva; Amaral (2004), de um modelo repressivo para um modelo preventivo. É sabido que no modelo repressivo as atividades se resumiam à aplicação de regras com o objetivo

de eliminar os alimentos contaminados somente após sua contaminação. Entretanto, no modelo preventivo, os sistemas de segurança são baseados em estratégias integradas de redução dos riscos ao longo da cadeia produtiva, por meio de análise que compreende a avaliação, a gestão e a comunicação de riscos.

A Estratégia Global para a Promoção da Alimentação Saudável, Atividade Física e Saúde, criada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), menciona que a política e a prática agrícola são grandes influenciadores das mudanças no consumo de alimentos. Desta forma, o governo deve considerar os fatores para uma alimentação saudável em suas políticas agrárias, intervindo na produção agrícola com medidas regulamentares, a fim de assegurar a qualidade do produto final (WHO, 2004).

Segundo o Guia Alimentar para a População Brasileira, o governo deve garantir uma legislação, um sistema de controle e fiscalização eficientes para que, em todas as etapas da cadeia de alimentos, sejam adotadas as medidas necessárias para que a população disponha de produtos seguros para o consumo 2006. Mais recentemente, segundo o Programa de Produção Integrada (BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2009), disponibilizar alimentos seguros para a população brasileira é uma tarefa complexa que envolve os governos federal, estadual e municipal, bem como as instituições privadas ligadas ao processo.

O mercado, principalmente externo, vem demonstrando imposições regulatórias que reforçam a necessidade de estabelecer políticas próprias para estruturação e organização de programas para o agronegócio brasileiro (BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2009). Velho et al. (2009) relatam que, visando atender as exigências internacionais, a segurança alimentar se tornou o foco das adaptações

da cadeia de carne bovina brasileira, desde o começo da década de 90.

Como exemplo dessas exigências tem-se políticas mundiais de segurança alimentar e novos regulamentos, que foram criados e aprovados em todo o mundo. Percebe-se particular incidência na União Européia e nos Estados Unidos da América, como consequência de escândalos e incidentes alimentares (RUIZ-GARCIA; STEINBERGER; ROTHMUND, 2010).

Ressalta-se que os critérios para aquisição de carne bovina pelas grandes cadeias de restaurantes Fast Food nos Estados Unidos são apontados como os principais estimuladores de introdução de inovações para segurança do alimento na indústria da carne (equipamentos de alta tecnologia, testes de patógenos, sistemas de gestão da cadeia e adesão a sistemas de vigilância sanitária) (SALAY; CASWELL; ROBERTS, 2004).

Na Europa, a Normativa da CEE 178/2002, em seu artigo nº 18, em vigor a partir de janeiro de 2005, e nos Estados Unidos da América, a Lei do Bioterrorismo, de 2002 fazem algumas exigências. Estabelecem, entre outras coisas, a obrigatoriedade da rastreabilidade em todas as fases da produção, transformação e distribuição dos gêneros alimentícios, não só do produto final como dos insumos utilizados em cada fase desse processo (BRASIL, 2009; RUIZ-GARCIA et al., 2010).

A preocupação pela qualidade em toda a cadeia produtiva, determinada pelas exigências regulatórias, vem sendo um dos maiores problemas do setor da carne no Brasil. A fim de minimizar as dificuldades, a Portaria nº 304/96 do MAPA foi a primeira, de uma série, com objetivo de fixar diretrizes para um programa de modernização da pecuária de corte brasileira e as formas de comercialização nos diver-

setores da cadeia produtiva de carne bovina (XAVIER; JOELE, 2004; PANZA; SILVA, 2007). Esta portaria instituiu um programa de distribuição de carnes bovinas ao comércio varejista, envolvendo a padronização de cortes, embalagem, rotulagem, refrigeração e distribuição de produtos. Estabeleceu, além disso, que todos os cortes devem ser destinados à comercialização contendo as marcas e carimbos oficiais com rotulagem de identificação. Os cortes obtidos de carcaças tipificadas devem ser devidamente embalados e identificados por meio da rotulagem aprovada pelo órgão competente, na qual deve constar a identificação de sua classificação e tipificação de acordo com o sistema nacional estabelecido (ABASTECIMENTO, 1996).

Para o controle da qualidade higiênico-sanitária, a Portaria nº 46 de 10/02/98 instituiu o sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - APPCC nas indústrias de produtos de origem animal sob o regime do Serviço de Inspeção Federal (SIF) (BRASIL, 1998).

O Sistema de Inspeção Sanitária, controlado pela federação e regulado pela Lei nº 5760/71, era caracterizado, segundo Azevedo; Bankuti (2001), como um organismo burocrático, porém eficiente e creditado pelos agentes atuantes no sistema. A Lei nº 7889/89, de 1989 desmembrou o sistema em três níveis de atuação, transferindo o controle para outras esferas do poder. Desta forma, o Sistema de Inspeção Federal (SIF) foi mantido para fiscalização de carnes designadas à comercialização com abrangência no território nacional e as destinadas à exportação. O Sistema de Inspeção Estadual (SIE) foi criado para carnes comercializadas no âmbito dos estados e o Sistema de Inspeção Municipal (SIM) para controle sanitário por parte dos municípios (BRASIL, 1989).

Em 10 de janeiro de 2002, o Ministério da Agricultura,

Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou a Instrução Normativa nº 1, instituindo o Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina, o SISBOV, para identificar, registrar e monitorar, individualmente, todos os bovinos e bubalinos nascidos no Brasil ou importados (BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2002). No entanto, devido principalmente à necessidade de atendimento às solicitações européias, a abordagem e abrangência mudaram ao longo de sua implantação (TOLENTINO, 2006).

Inicialmente, o sistema incluía a obrigatoriedade de registro de todo o rebanho brasileiro e era centrada na certificação de origem, mas modificou o foco para incluir a exigência apenas para animais cuja carne seria destinada à exportação e adicionou o conceito de rastreabilidade. Desta forma, mais que certificação de origem, o SISBOV passou a ser o Serviço de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos. Assim, a Instrução Normativa nº 17, de 13 de julho de 2006, revoga a Instrução Normativa nº 1, de 10/02/2002, e estabelece normas e procedimentos aplicáveis a todas as fases da produção, transformação e distribuição dos serviços agropecuários. Esta nova condição surgiu na intenção de assegurar a rastreabilidade, a origem e a identidade dos animais, produtos, subprodutos e insumos agropecuários na cadeia produtiva de bovinos e bubalinos, mas cuja adesão é voluntária.

A Lei nº 12.097, sancionada em 24 de novembro de 2009, trata do conceito e a aplicação de rastreabilidade na cadeia produtiva das carnes de bovinos e de búfalos. Segundo a nova abordagem, o objetivo primordial do sistema é o aperfeiçoamento dos controles e garantias no campo da saúde animal, saúde pública e inocuidade dos alimentos (AGRICULTURA, 2009b). Na sequência, a Ins-

trução Normativa nº 65, de 16 de dezembro de 2009, altera a denominação do Serviço de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos – SISBOV, que passa a chamar-se Sistema de Identificação e Certificação de Bovinos e Bubalinos – SISBOV (AGRICULTURA, 2009a).

Os agentes que integram a cadeia produtiva são responsáveis pela manutenção, durante cinco anos, dos documentos fiscais de movimentação e comercialização de animais e produtos de origem animal que permitam a realização do rastreamento (AGRICULTURA, 2009b).

Na nova abordagem, a lei obriga o criador de gado a marcar seus animais com fogo, tatuagem ou outra forma permanente de identificação. São necessários documentos como a Guia de Trânsito Animal (GTA), nota fiscal e registros oficiais de serviços de inspeção de origem animal nos âmbitos federal, estadual e municipal. Brincos, chips e outros acessórios são considerados facultativos (AGRICULTURA, 2009b).

O Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC), em parceria com as ONGs Vitae Civilis e Repórter Brasil, reivindicaram a criação de um sistema de rastreabilidade público e gratuito para que o consumidor saiba mais sobre a origem do produto bovino consumido e um sistema de informação adequado e claro nas etiquetas das embalagens. Dessa forma, busca-se a garantia de uma escolha consciente, que poderia evitar a compra de mercadorias oriundas de crimes ambientais, fundiários e trabalhistas, colaborando com a minimização dos impactos ambientais (CONSUMIDOR, 2009).

As Boas Práticas Agropecuárias – Bovinos de Corte (BPA) apresentam-se como um programa mais abrangente que somente a rastreabilidade, visando garantir além do respeito ao ambiente, também as bases sociais e trabalhis-

tas.

No programa BPA estão incluídos fatores como gestão e função social do imóvel rural, gestão dos recursos humanos, gestão ambiental, instalações rurais, manejo pré-abate, bem-estar animal, pastagens, suplementação alimentar, identificação animal, controle sanitário e manejo reprodutivo (CORTE, 2010).

Sabe-se, porém, que intervenções ao longo da cadeia produtiva não são tarefas fáceis. Cada empresa participante da cadeia deve compreender que, a montante, é dependente de seus fornecedores para criar produtos e que a jusante depende dos distribuidores para fazer com que seus produtos cheguem ao consumidor final de acordo com as exigências (LEITE, 2003).

Sendo assim, a falta de controle da cadeia produtiva de alimentos não resulta em problema somente para os consumidores, mas também para as empresas atuantes. Quando não se possui coordenação, a transferência de responsabilidades aos fornecedores fica dificultada quando da ocorrência de problemas nas etapas anteriores (POULIOT; SUMNER, 2008).

2.2 Simetria na cadeia produtiva de carne bovina

No Brasil, o total das despesas das famílias com alimentação fora de casa representa quase um terço dos gastos com alimentação, significando um aumento de 7,0 pontos percentuais de 2002-2003 para 2008-2009 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2004; 2010).

Dessa forma, é considerável analisar que o setor de alimentação foi um dos que mais se destacou nos últimos

dez anos, quando apresentou crescimento médio acumulado de 221%, em média 12,4% ao ano (ABIA, 2009).

Por atender diretamente o consumidor final, as Unidades Produtoras de Refeições (UPR) ocupam lugar de destaque na cadeia produtiva de carne bovina, quando comparadas aos varejistas (supermercados, comércio de carnes, etc.) e outros agentes. O volume de carne adquirida e preparada por esses restaurantes dispostos no mundo inteiro é de grande relevância, necessário para atender toda a demanda, já que a maioria dos cardápios apresenta ao menos uma opção de preparação à base de carne bovina diariamente. Os critérios para aquisição de carne bovina em UPRs podem ser potenciais estimuladores de inovações para modificações em toda a cadeia produtiva.

O controle da qualidade da carne deve fundamentar-se em uma abordagem integrada que envolve a produção, processamento, armazenamento e distribuição (SOFOS, 2008), anteriores ao processo produtivo de refeições. Mesmo quando obtida de animais sadios, a carne pode contaminar-se no abate, em feiras, no supermercado, ficando exposta a fontes variadas de contaminação antes de chegar ao momento de seu preparo (GERMANO; GERMANO, 2008; SILVA JR., 2005; PIGATTO; BARROS, 2003; RAPOSO et al., 2008).

Dessa forma, as UPRs são indispensáveis na coordenação da cadeia produtiva a fim de reduzir os riscos (FELÍCIO et al., 1999; TALAMINI et al., 2005). Como parceira na busca pela melhoria da qualidade da carne, as UPRs de todo o Brasil podem exigir de seus fornecedores a implantação das Boas Práticas Agropecuárias nas propriedades rurais, de forma a garantir a qualidade da carne que compõe a refeição servida aos consumidores.

No intuito de evitar qualquer perda da qualidade da

matéria-prima, é fundamental que medidas visando à melhoria da qualidade dos alimentos sejam adotadas em toda a cadeia produtiva, iniciando na produção primária - plantio e criação de animais - até o consumo dos alimentos (BRASIL, 2006; BRASIL, 2009).

2.3 O mercado da carne brasileira

O interesse sobre os alimentos consumidos vem ganhando intensidade e complexidade ao longo das últimas décadas, com aumento da valorização para origem, qualidade, segurança, saudabilidade e sustentabilidade 2010b;.

As modificações no estilo de vida da população nos últimos anos, principalmente o aumento das refeições realizadas fora de casa, é uma realidade observada em praticamente todos os locais do mundo industrializado, o que resulta num deslocamento das refeições de casa para estabelecimentos comerciais.

As Unidades Produtoras de Refeições (UPR) possuem a responsabilidade de realizar escolhas diárias para inúmeros consumidores que realizam suas refeições fora de casa. Como grande consumidora de carne bovina no país, responsável pelo fornecimento de milhões de refeições diariamente no setor coletivo (alimentação escolar, empresas, hospitais, presídios) e comercial, fica claro perceber a amplitude das contribuições de uma UPR na cadeia produtiva de carne bovina.

A qualidade na produção de refeições é determinada por várias dimensões. A alimentação deve ser equilibrada nutricionalmente, segura do ponto de vista higiênico-sanitário e adequada ao comensal, mas também deve conferir sensação de prazer ao comer. A associação desses pontos pode ser

considerada como a base para o desenvolvimento de hábitos alimentares mais saudáveis. Adiciona-se a estes, a sustentabilidade, processo de transformação no qual a exploração dos recursos deve ser de forma ecologicamente sustentável e com impactos sociais e ambientais positivos [2006](#).

2.4 Dimensão nutricional com enfoque na carne bovina

Em 2004, a Organização Mundial da Saúde criou a Estratégia Global para a Promoção da Alimentação Saudável, Atividade Física e Saúde, plano de ação alicerçado na promoção da alimentação adequada e atividade física. O documento considera as empresas do setor alimentício, como as UPR, parceiros preferenciais na implantação de medidas para melhoria da qualidade da alimentação e de modos de vida saudáveis ([WHO, 2004](#)).

A qualidade nutricional está disposta no fato de que o alimento deve ser capaz de oferecer ao organismo os nutrientes energéticos, os minerais, as vitaminas e a água, satisfazendo as necessidades fisiológicas do ser humano. A qualidade nutricional é medida pelo teor de nutrientes presentes no alimento, expresso quantitativamente (quilocalorias) ou qualitativamente (composição).

Atento a essa questão, o Guia Alimentar para a População Brasileira recomenda a inclusão de alimentos de origem animal na alimentação diária, que devem alcançar em torno de 25% do total de energia, provenientes da carne, frango, peixe, ovos, leite e derivados ([BRASIL, 2006](#)).

As carnes estão entre as principais fontes de proteína, que fornecem aminoácidos, substâncias importantes envolvidas em praticamente todas as funções bioquímicas e

fisiológicas do organismo humano. Além disso, são fontes estimáveis de ferro de alta biodisponibilidade, importante para todas as pessoas, mas essencial para o crescimento das crianças e também para as mulheres em idade fértil, principalmente durante a gravidez. Os produtos de origem animal são também fontes exclusivas de vitamina B12, que participa da formação das células vermelhas do sangue e no metabolismo de ácidos graxos. Sua deficiência pode levar à anemia e danos neurológicos (BRASIL, 2006).

Philippi (2006, p. 124) ressalta que as carnes são fontes de proteínas de alto valor biológico (10% a 20%); gorduras (5% a 30%); vitaminas, principalmente as do complexo B, como B1, B2, B12 e niacina; vitamina A e minerais, como ferro, cálcio, fósforo, zinco, magnésio, sódio e potássio.

O valor nutritivo de carne vermelha comparada a outras carnes apresentam semelhanças, como apresentado na Tabela 2.1. Em relação às vitaminas, os pescados e as carnes vermelhas não diferem muito. Já em relação aos minerais, o fósforo está mais presente nos pescados, enquanto o ferro se destaca nas demais carnes.

A composição química da carne é variável, em especial quanto aos lipídeos. De modo geral, a natureza e a quantidade dos lipídeos armazenados no músculo são dependentes das condições de alimentação, da digestão, da absorção intestinal, do metabolismo hepático e do sistema de transporte desses lipídeos. O que determina a qualidade nutricional e sensorial da carne são as características biológicas dos músculos, dentre as quais, a presença de gordura intramuscular (marmorização) e a subcutânea.

A gordura presente na carne melhora o sabor, a suculência e a maciez da preparação, reduz o tempo de cocção e diminui perdas de sucos por evaporação.

Segundo pesquisas, alguns atributos de qualidade da

carne podem estar alterados devido à alimentação do animal, resultando em mudanças no conteúdo e composição da gordura. Além disso, os ácidos graxos podem modificar a textura da gordura e tempo de prateleira dos cortes (oxidação da cor e dos lipídeos), sabor e aroma.

De acordo com o preconizado pelas Boas Práticas Agropecuárias, a suplementação alimentar para animais em pastagem possibilita um melhor uso da forragem, aumentando a eficiência de todo o sistema e contribuindo para a produção de carne de melhor qualidade. Contudo, enfatiza-se que os insumos não podem conter componentes ou resíduos que possam acarretar problemas à saúde animal ou a humana (CORTE, 2010).

Os cortes podem ser classificados de acordo com o teor de gordura, como gordo e magro. Quando a quantidade de gordura excede a 50% do valor calórico total, é considerado gordo e, quando é menor que 50%, considera-se magro.

Dessa forma, são considerados cortes magros: lagarto, filé mignon, coxão mole, coxão duro, patinho, alcatra, mainha de alcatra e músculo; e classificados como cortes gordos: picanha, fraldinha, acém, capa de filé, filé de costela, contrafilé, ponta de agulha, paleta, aba de filé e pescoço. A composição nutricional dos diferentes cortes de carne bovina pode ser observada na Tabela 2.2.

O quadro expõe que a maioria dos cortes de carne bovina contém entre 18 e 21% de proteína. Em contrapartida, o conteúdo de gordura varia substancialmente e é inversamente proporcional ao conteúdo aquoso.

Praticamente todos os cortes de carne possuem o mesmo valor nutritivo, que pode ser comprometido durante as operações de pré-preparo, quando se dá o congelamento, descongelamento e cortes (EMBRAPA GADO DE CORTE, 1999; PIRES et al. 2002) e também no preparo.

A Embrapa Gado de Corte (1999) e Pires et al. (2002) indicam que a aplicação de períodos curtos de estocagem e o descongelamento sob refrigeração são os meios mais indicados, já que mostram menores alterações da qualidade da carne.

Na etapa de elaboração do cardápio para a produção de refeições, a escolha dos cortes para cada preparação é fundamental. Entretanto, faz-se necessário considerar também o modo de preparo, pois as preparações feitas podem variar quanto à quantidade de gordura intrínseca e adicionada, fator que merece maior atenção quando da utilização de cortes com maior teor de gordura, de forma a não comprometer a qualidade nutricional da preparação.

2.5 Dimensão sensorial com enfoque na carne bovina

A qualidade sensorial refere-se à aptidão do alimento para provocar prazer, resultado de sensações visuais, táteis, gustativas e olfativas. A qualidade sensorial detém maior atenção dos responsáveis pela produção de refeições, pois se espera que o consumidor aprecie e valorize tais aspectos no momento da visualização e do consumo da preparação.

As características sensoriais da carne são os atributos determinados pelos órgãos do sentido e que dificilmente podem ser medidos por instrumentos. É o caso de atributos como frescor, que envolve a aparência visual e olfativa, firmeza, resultante de uma apreciação visual e tátil, e palatabilidade, resultante de uma combinação de impressões visuais, olfativas e gustativas que se manifestam a partir da cocção, seguida da mastigação do alimento.

Os critérios para a qualidade sensorial da carne bovina podem ser divididos nos aspectos observados no varejo e

no consumo. No varejo, é determinada pelo aspecto visual, percebido pela quantidade e distribuição da gordura, cor de carne magra, cor da gordura e aparência. No momento do consumo, a qualidade sensorial é representada pela boa palatabilidade, notada pela maciez, sabor e suculência.

A hemoglobina e a mioglobina são os pigmentos responsáveis pela coloração vermelha da carne. Após a morte do animal, logo que a carne é cortada e exposta ao oxigênio, apresenta coloração vermelho-brilhante, decorrente da transformação da mioglobina em oximioglobina (coloração vermelha púrpura). Depois de algum tempo, a desidratação leva ao escurecimento da carne, que pode voltar à coloração normal se retirada do contato com o oxigênio.

A Instrução Normativa nº 20, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, define que a coloração da carne bovina *in natura* seja uniforme, sem manchas escuras ou zonas claras, variando do vermelho rosado ao vermelho pardo. Com o envelhecimento, há escurecimento da superfície que progressivamente torna-se acinzentada ou esverdeada pela ação de micro-organismos (BRASIL, 1999).

Além de aspectos de coloração, a Instrução Normativa descreve outras características sensoriais da carne bovina *in natura*:

- Aspecto: uniforme, sem acúmulo sanguíneo, sem corpos estranhos, sem manchas escuras ou claras, ausência de limo na superfície. Aparência marmórea e brilhante. A gordura não deve apresentar pontos hemorrágicos.
- Consistência: normalmente firme, compacta, elástica e ligeiramente úmida. No início da putrefação, a

superfície torna-se viscosa ou limosa e a carne perde a firmeza. A gordura deverá ser firme ao tato.

- **Odor:** inicialmente suave; agradável e característico em carnes sãs, tornando-se, posteriormente, amoniacal, sulfídrico e depois fétido. A gordura não deve possuir o odor de ranço.

Em resumo, para ser considerada própria para o consumo, a carne bovina deve apresentar cor vermelha viva, brilhante, de cheiro suave, fresca e agradável, de consistência elástica e firme, com a gordura distribuída igualmente, de cor creme ou amarelada, firme e com gordura intersticial, formando aspecto marmóreo).

2.6 Dimensão regulamentar com enfoque na carne bovina

O controle dos perigos potenciais associados com os alimentos envolve a aplicação de medidas de controle na cadeia produtiva, desde a produção primária e transformação até o consumo (WHO, 2009).

A legislação na área de segurança e higiene tenta acompanhar e antecipar os problemas potenciais decorrentes da produção, manipulação, confecção e consumo de matérias-primas alimentares em grande escala, utilizados direta ou indiretamente.

No setor de alimentação fora de casa é imprescindível o uso de sistemas que propiciem a segurança do consumidor frente às preparações servidas. As unidades podem usar vários sistemas de garantia de qualidade higiênico-sanitária, como as Boas Práticas de Fabricação (BPF), a Análise de

Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e Normas ISO (Organização Internacional de Normalização).

Nesse sentido, o Ministério da Saúde elaborou em 1993, a Portaria Nº 1428, que fornece diretrizes para o estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Serviço na área de alimentos e para o uso do APPCC, que visa identificar os perigos associados a qualquer estágio da produção, processamento e distribuição dos alimentos.

Mais recentemente, a ISO 22000 vem contemplar todo o sistema de gestão de segurança na produção de alimentos, sendo aplicada a todos os agentes da cadeia produtiva, desde o produtor primário até as indústrias fabricantes de alimentos. O foco é prevenir e evitar os casos de contaminação por consumo de alimentos inadequados, especificando exigências para controlar os perigos, visando atender as necessidades dos distintos clientes da cadeia e aos regulamentos do setor. A norma apresenta regulamentação para as boas práticas de manufatura ou programas de pré-requisitos, para o APPCC e para um sistema de gestão.

No setor da carne bovina brasileira, em fevereiro de 1998, por meio da Portaria nº 46, o sistema APPCC foi instituído nas indústrias de origem animal regimentado pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF) (ABASTECIMENTO, 1998). Além dessas, outras obrigações são impostas ao setor, com início em 1952, quando foi aprovada a inspeção de produtos de origem animal, como pode ser visualizado na Tabela 2.4.

Visando garantir o controle higiênico-sanitário das propriedades criadoras de bovinos, as Boas práticas agropecuárias (BPA) possuem medidas preventivas e curativas de controle sanitário, as quais são recomendadas para o bom desempenho do rebanho, assegurando a produção de alimento seguro e saudável (CORTE, 2010).

2.7 Sustentabilidade na produção de refeições com - enfoque na carne bovina

O desenvolvimento sustentável visa atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades (ENVIRONMENT; DEVELOPMENT, 1987) A sustentabilidade, em toda a sua abrangência, pode se melhor entendida quando avaliada em suas diversas dimensões.

Como o conceito de sustentabilidade é abrangente e deve ser tratado em suas várias dimensões, se enfatiza aqui os princípios de sustentabilidade ambiental, visto que várias são as condições que conferem às unidades produtoras de refeições uma posição de destaque, diante da responsabilidade pelo fornecimento de refeições adequadas e pela responsabilidade com o impacto ambiental ocasionado por essas atividades.

O princípio da sustentabilidade ambiental, segundo o Guia Alimentar para a População Brasileira, preconiza que a forma de produção de alimentos deve ser ecologicamente sustentável, com impactos ambientais positivos e também, deve-se estimular o consumo de alimentos produzidos localmente 2006.

No Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN) se preconiza que a segurança alimentar e nutricional abrange a utilização sustentável dos recursos, implantação de políticas públicas, estratégias sustentáveis e participativas de produção, comercialização e consumo de alimentos.

De acordo com o exposto, a responsabilidade pela produção e consumo sustentáveis é responsabilidade de todos os agentes da cadeia produtiva, iniciando na produção primária - plantio e criação de animais - até o consumo

dos alimentos.

As propriedades rurais devem atender as obrigações sociais e trabalhistas, observar o impacto que produzem no bem-estar humano, no ambiente e na sociedade. Dessa forma é que atenderão às demandas de mercados que buscam um produto final com qualidade e segurança, resultante de cadeias produtivas competitivas, ambientalmente corretas e socialmente justas (CORTE, 2010). Sendo assim, visando tornar os sistemas de produção mais rentáveis e competitivos, assegurar a oferta de alimentos seguros, oriundos de sistemas de produção sustentáveis, é que foram desenvolvidas e vem sendo implantadas no Brasil as “Boas Práticas Agropecuárias – BPA/Bovinos de Corte” (CORTE, 2010).

Segundo as BPA, a propriedade rural deve buscar o manejo adequado dos recursos naturais existentes na propriedade rural, em conformidade com as leis ambientais e com as técnicas recomendadas para o manejo adequado, a conservação do solo, da biodiversidade, dos recursos hídricos e da paisagem (CORTE, 2010).

A suplementação alimentar de animais criados em pastagens resulta em maior produtividade (kg de carne/ha), podendo reduzir a necessidade de área para a mesma produção, auxiliando na redução do impacto ambiental da atividade e no aumento da competitividade (CORTE, 2010). Podem ser observadas, dessa forma, iniciativas fundamentais para reduzir o impacto ambiental causado pela produção de carne bovina. Devem as UPRs, da mesma forma, apresentar barreiras a produtos ligados a grandes prejuízos ambientais, além de buscar práticas sustentáveis durante todas as etapas do processo produtivo de refeições.

A produção de refeições é responsável por algumas etapas do processamento dos alimentos, tendo como pro-

duto final a refeição pronta. Todavia, torna-se também indiretamente responsável por toda a cadeia produtiva, na medida em que realiza especificações aos fornecedores. É de fundamental importância a constituição de um processo produtivo de refeições de maneira sustentável, por meio da conservação de recursos naturais e controle dos efeitos exercidos no ambiente.

Várias empresas já estão impondo aos seus fornecedores a adoção de novos procedimentos de produção, processamento e transporte, visando à sustentabilidade dos processos e produtos. Isso pode ser efetivamente realizado pelas Unidades Produtoras de Refeições no processo de compra dos alimentos, principalmente relacionado à carne bovina, exigindo a adoção das Boas Práticas Agropecuárias.

O papel das pessoas na pecuária precisa e eficiente

JÚLIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS

MATHEUS DHEIN DILL

JOÃO BATISTA GONÇALVES COSTA JÚNIOR

RICARDO PEDROSO OAIGEN

DANIELE ZAGO

A bovinocultura de corte mudou substancialmente nos últimos dez anos, pois foi necessário sair de uma atividade com características extrativas, e de resultados econômicos satisfatórios, mas que eram sustentados apenas por ganhos de escala, disponibilidade de terras de baixo preço e a inserção do Brasil no mercado internacional. A necessidade de mudança, agora para uma atividade de alta competitividade pelo espaço territorial, legislação mais complexa, novas exigências dos consumidores e menores ganhos, conduziu o pecuarista para um desafio similar a qualquer outro segmento empresarial. Associado a este

cenário, as empresas de pecuária tiveram incorporado aos processos produtivos exigências adicionais, em decorrência da introdução de marcos regulatórios, da carência de pessoas com habilidades para as atuais funções e a redução das margens de lucro. Em consequência, houve a necessidade de melhorar a eficiência dos processos e a produtividade das criações. Essa conjuntura atingiu todos os elos da cadeia produtiva, mas os movimentos antes da porteira, por meio dos provedores de insumos, e fora da porteira, pelo setor agroindustrial e de varejo, organizaram-se mais rapidamente e ajustaram-se frente à realidade para assegurar a sua competitividade em relação aos pecuaristas. Dessa forma, o empresário rural perdeu parte do poder sobre o seu custo de produção e sobre o preço recebido pelos produtos, passando a ser passivamente um tomador de preços, neste cenário desafiador, mas vale dizer, cenário este de muitas oportunidades. No processo de reorganização deste novo negócio, a bovinocultura de corte confrontou-se com o desafio de aumentar a produtividade por meio da incorporação das inovações de produtos e processos dentro da fazenda. Assim, o conhecimento empírico do “como fazer” e o uso das tecnologias disponíveis precisaram, mais do que nunca, render mais.

Frente a isto, é inequívoco afirmar que a melhoria dos resultados físicos, expressos na maior eficiência do que se faz, é resultado de como todos os processos são realizados, sejam através de tecnologias inovadoras ou não. Para isto, o elemento humano – as pessoas – são os vetores mais importantes.

Contudo, a conjuntura social é caracterizada por um profundo êxodo, uma complexa legislação no meio rural, envelhecimento da mão de obra especializada detentora de saberes próprios do campo, falta de atratividade para

fixação do homem ao trabalho, vastas oportunidades de emprego nas zonas urbanas e isolamento do núcleo familiar. A consequência é uma carência efetiva de recursos humanos capacitados para desempenhar as funções na empresa rural, agora com novos desafios de competências e habilidades. As competências e habilidades das pessoas para a nova pecuária vêm da necessidade de melhorar os resultados da produção, mas com a economia de recursos, seja por meio da maximização, seja por meio da maior eficácia. Onde dois colaboradores executavam uma tarefa de rotina agora deverá existir apenas um. Aliado a isto, a necessidade de uma maior acurácia em cada atividade laboral é pressuposto de um indivíduo treinado ou de um equipamento facilitador. Com isto, inicia-se lentamente a inclusão de meios e métodos que tornem tudo mais preciso para que a pecuária siga o caminho destinado a uma pecuária mais eficiente, ou seja, de precisão.

Na pecuária atual e do futuro há uma intrínseca dependência entre a escassez de pessoas e a necessidade daquelas poucas que existem serem mais produtivas. Um dos caminhos para compatibilizar isto é o conceito de pecuária de precisão, o qual incorpora, na maioria das vezes, um equipamento adicional que facilita a ação do homem, até mesmo substituindo-o, mas que de forma finalística destina-se a produzir melhores resultados e o bem estar das pessoas. Assim, este texto destina-se a abordar o papel das pessoas na pecuária de precisão, com ênfase na transição que a bovinocultura vem passando e nos novos requisitos funcionais dos colaboradores das fazendas.

3.1 Os processos tecnológicos do presente e do futuro

Na bovinocultura de corte do presente que, conforme já destacado, necessita de outro patamar de produtividade, é fundamental que as tecnologias disponíveis apresentem melhores resultados. É crível afirmar que no Brasil uma mesma tecnologia, geralmente de processos, é menos eficaz quando comparada com a utilização em outros países de pecuária.

A análise desta afirmação conclui que a principal diferença é que em países como Austrália, Canadá e Estados Unidos, o usuário da tecnologia é o pecuarista – o responsável direto pelo negócio –, enquanto que aqui o usuário é um colaborador, na maioria das vezes, tecnicamente despreparado. O resultado esperado da maioria das tecnologias disponíveis à bovinocultura de corte no Brasil é inferior ao seu potencial, o que se reflete em menores benefícios e, portanto, maiores custos.

A partir da premissa que a eficiência tecnológica é essencial para o progresso de qualquer atividade produtiva e mola propulsora da inovação pela crença nos resultados que dela advém, é fundamental que o vetor mão de obra não seja o limitante.

Portanto, independentemente do tipo de pecuária, o engajamento dos indivíduos é o diferencial de competitividade mais importante, pois o custo de um determinado processo tecnológico é fixo, quer funcione adequadamente ou não.

Por outro lado, esta é uma das causas dos grandes questionamentos sobre a validade de algumas técnicas como inseminação artificial, semi-confinamento, controle da disponibilidade de pasto, cuidados na parição, identificação de doenças, entre outras, as quais têm grande dependência

do operador. Por isso tudo, na atualidade está sendo proposta a pecuária de precisão, para substituir etapas onde a mão de obra é importante, mas prescindir de um equipamento. No entanto, o grau de mecanização e automação na pecuária de corte é baixo comparado à agricultura. Além disso, na própria pecuária, a terminação pode ter um grau maior de automação quando comparada com a cria.

Independente do grau de automação e de inclusão de equipamentos, ou sistemas de execução e monitoramento das diferentes atividades de manejo e de gestão na bovinocultura de corte, o papel das pessoas mudou substancialmente bem como as competências necessárias. A realidade vem demonstrando que a intensificação da pecuária é irreversível e como e como pontos fracos estão os recursos humanos e a logística. Neste processo de intensificação, aumentam os custos com equipamentos, insumos e conhecimento. Portanto, exige-se dos colaboradores de campo outro grau de capacidades e de envolvimento na atividade.

A intensificação da pecuária em qualquer de suas etapas exige um rotineiro sistema de coleta de dados em qualquer procedimento. Para isto, o colaborador necessita operar alguns instrumentos básicos, como caderneta de campo (coleta off line), planilhas eletrônicas, leitores de identificadores, calculadora, smartphone, etc. Com isto são geradas as informações e indicadores que permitirão avaliar o andamento e o resultado de cada processo de produção.

Assim, um colaborador que não reunir essas competências terá pouca utilidade numa organização mais intensiva. No que diz respeito à pecuária de precisão, são necessárias todas essas habilidades, mas agora de forma mais dinâmica, integrada e como base para a tomada de decisões (coleta on line).

De outra parte, também é requerido do colaborador o

conhecimento empírico e tácito do como agir operacionalmente, o que muitas vezes é antagônico com as habilidades anteriormente citadas. Assim, constitui-se no principal gargalo para a pecuária brasileira, essa transição de um operador com habilidades destacadas na lida com o manejo do gado e mínimos recursos para operar um equipamento mais sofisticado. Situação inversa também é observada em jovens colaboradores que não têm o mínimo de domínio e habilidades de manuseio dos animais.

Na pecuária de precisão, ora aqui referida por pecuária intensiva, o papel do colaborador é essencial, pois no processo de maximização o lema é fazer mais e melhor com menos. Assim, do operário de campo não será exigido mais trabalho físico, mas sim uma capacidade organizacional, de coleta de dados e de monitoramento artificial de cada etapa da produção, de forma mais intensa. Isto será essencial para que o gestor possa decidir com base em fatos, dados e informações, diminuindo assim a probabilidade de erros e minimizando os riscos.

Nos sistemas de engorda, certamente é onde já existe um grau de mecanização e automação mais avançado em relação às demais fases da pecuária de corte. Neles é comum a formulação, elaboração e distribuição das dietas de forma automatizada com envolvimento mínimo do operador. Com isto, os ingredientes são misturados nas proporções corretas e constantes, tendo mínima variação nutricional nas dietas e como resultado um ganho de peso previsível.

A função do operador é simplesmente movimentar uma máquina para conduzir a ração até os animais. Porém, o horário de distribuição da ração diariamente e a leitura dos comedouros para servir de parâmetro à quantidade fornecida, é de competência e autoridade do operador. Portanto, dificilmente a operação será automatizada na totalidade.

Com isto, mesmo na pecuária de precisão, ainda é imprescindível a capacidade de dedicação das pessoas na execução de diversas tarefas. Obviamente que isto não supera a necessidade de manejar adequadamente um sistema digital de pesagem dos ingredientes, o manuseio dos equipamentos e a leitura das informações sobre a dieta.

A leitura da imagem do corpo de um bovino e a sua análise via um aplicativo para o smartphone destinado a informar ao gestor o número de animais aptos para o frigorífico requer uma habilidade específica do operador. Com esta habilidade, este se capacita para receber outro grau de remuneração, dada a sua nova utilidade e poder de informação a quem decide.

A fase do sistema que encontra maiores dificuldades de automação ainda é a cria, pois a maioria dos processos pressupõe o envolvimento direto do operador. Porém, já existem inovações tecnológicas auxiliares da atuação do homem, tais como identificação do cio, predição da data do parto, leitura do escore corporal por imagens, identificação do par vaca / bezerro, entre outros. Aqui, a função do operador adquire relevada importância, pois as inovações tecnológicas são auxiliares e desencadeadoras da sua ação futura.

De modo similar na engorda, o envolvimento e a dedicação posterior à informação automatizada dependem, exclusivamente, do seu comprometimento com o processo. Além disso, o cuidado no parto ou a inseminação da vaca depende da capacitação e habilidade de execução do operador e não do equipamento que informou a data e horário de ambos os eventos. Assim, mesmo na pecuária mais intensiva sempre haverá uma combinação de habilidades para o novo – tecnológico –, com as habilidades práticas – o saber fazer.

As exigências das pessoas para atuarem na pecuária intensiva e de precisão requer uma tríade representada pela habilidade em manejar equipamentos, a cultura em registrar os dados referentes a cada processo e a crença na sua utilidade. Com isto, haverá uma simbiose, ou seja, uma interação positiva entre essa tríade e as atividades de natureza operacional e prática com os animais.

É evidente que a construção dessas competências segue caminhos pedagógicos distintos, onde a prática só é adquirida praticando in loco, enquanto o saber mais tecnológico pode ser adquirido por meio de outras ferramentas de aprendizado.

Obviamente que num determinado momento elas ocorrerão de forma simultânea, mas isso acontecerá no momento final de sua validação. Neste sentido, a onda da internet móvel e a presença maciça de telefones celulares com novas funções conduziram praticamente todas as gerações ao ambiente da conectabilidade e ao convívio diário com tecnologias a ela embarcadas. Isto proporciona um ambiente muito favorável às pessoas que atuam na pecuária a adquirirem facilmente novos saberes, pois despertam o interesse para funções úteis às suas atividades na fazenda.

3.2 Características exigidas das pessoas na pecuária

Habilidades funcionais, comportamentais e atitudinais

A habilidade para uma função específica, seja ela na pecuária tradicional ou numa pecuária avançada, intensiva e com a incorporação de modernos sistemas de monitoramento e controles, pode ser apropriada no colaborador por meio de programas de formação e capacitação. Para isto, vem sendo desenvolvidos vários programas no Brasil.

Todos buscam construir habilidades funcionais, porém pouco tem sido feito em termos comportamentais e atitudinais. Portanto, de nada adianta um colaborador manejar com extrema habilidade uma máquina se as suas atitudes com o zelo pela máquina são inadequadas. Portanto, as habilidades aqui destacadas são aquelas que prescindem de treinamento formal, mas que se originam no processo da educação informal, da preparação para os desafios da vida na atividade laboral.

Assim, para qualquer atividade, e na pecuária não é diferente, são necessários muitos requisitos e virtudes, mas, principalmente, a habilidade de tratar com pessoas de modo a fazê-las respeitar as regras e executar a contento as atividades da fazenda, tais como:

Ser comprometido – Ao colaborador cabe dedicar-se integralmente às suas funções, não medindo esforços para que todas as atividades sob sua responsabilidade sejam cumpridas. Não tem hora e dia para dedicar-se. Deve tratar a fazenda como a tarefa mais importante de sua vida a cada momento, zelando e demonstrando a todos sua dedicação. A tudo isso se chama de comprometimento com o que faz. Talvez seja uma das principais virtudes de um indivíduo envolvido no trabalho de uma fazenda, até porque ele muitas vezes está à distância de processo supervisionado. Em outras palavras, trata-se de sempre enxergar onde os outros não veem e estar sempre atento a tudo e a todos.

Respeito às regras - As regras de uma fazenda precisam ser cumpridas e o zelo para isso é fundamental por parte do colaborador. Na ausência do supervisor, gerente, situação deveras recorrente no Brasil, cabe aos colaboradores observarem o funcionamento do trabalho e controlar horários, comportamento e atitudes da equipe.

Ser verdadeiro nas informações - A sinceridade no que diz e a clareza com que se comunica são virtudes mais importantes e simbolizam a pecuária de precisão. A verdade deve prevalecer acima de tudo, ainda que, muitas vezes, isto não seja agradável. A informação, a novidade ou a notícia de qualquer acontecimento na fazenda deve ser imediatamente repassada como ela foi ou é para os superiores.

Ser zeloso com os equipamentos de trabalho - Uma fazenda reúne uma série de equipamentos e utensílios de trabalho que sempre devem estar em condições de uso. Arreios, cordas, laços, ferramentas, máquinas e implementos são fundamentais e úteis, quando estão em perfeitas condições de funcionamento. Isso porque têm alto custo e devem ser usados adequadamente, de modo que o custo mais dispendioso dá-se quando se necessita de uma ferramenta e ela não está disponível no lugar adequado ou está avariada. Tudo isto requer um senso de organização e de zelo por parte colaborador, que deve dar o exemplo de como bem usar, manejar e guardar os equipamentos.

Aproveitar o tempo - Saber aproveitar o tempo e fazê-lo render é uma virtude importante para um colaborador. Para tanto, requer-se um mínimo de planejamento e uma dimensão correta do tempo que levará para executar cada atividade. “Nunca deixe para amanhã o que você pode fazer hoje”, diz sabiamente o senso comum. Aproveitar o tempo é racionalizar o trabalho sem correrias ou excessos, pois, além de não ter consideração com os demais colaboradores, o resultado na maioria das vezes é insatisfatório. Cada tarefa tem um tempo certo de execução. Tarefas de trabalho com o gado não precisam ser feitas com rapidez, pois elas devem priorizar o bem estar animal, e exigem qualidade no que será feito e não é medida no tempo.

Saber cobrar de sua equipe - A capacidade de cobrar, usando da autoridade e do respeito, da equipe de trabalho é virtude de quem pode comandar. A imposição pelo exemplo, pelo companheirismo e pela compreensão das características das pessoas resulta num capataz com todas as condições de saber cobrar os resultados de cada tarefa executada pela equipe.

Ser observador - Ver mais longe do que os demais, ser paciente, observar o todo, ser detalhista: eis um conjunto de características que definem um homem como observador. Essa é outra virtude que o colaborador de uma fazenda deverá desenvolver, além de procurar passar isso para os demais, pois aqui envolve um aspecto pedagógico. Todos devem ver além da cerca de arame. Aqui reside uma das principais características de quem trabalha com gado, pois somente pela observação e cuidado pode se antecipar um problema. Para ser observador é necessária atenção naquilo que faz; isso também é ser preciso.

Ser companheiro - Em todo trabalho em equipe, todos os envolvidos devem se dedicar com igualdade, ainda que hierarquicamente exista um superior no cargo. Contudo, isso não dá o direito de não tomar a iniciativa no trabalho, escolher atividades mais fáceis ou postergá-las. Ser companheiro é uma virtude importante para um trabalho com mais pessoas.

Ser organizado - A base de qualquer processo produtivo é a organização. Não é tarefa fácil, pois requer um tempo para pensar, fazer anotações, estabelecer diálogos e desenvolver leituras. A pessoa deve lembrar que de tudo que é executado deve ser prestado contas aos superiores e disso depende a sua organização. Registrar todas as atividades da fazenda num livro diário, no final do expediente, é o primeiro passo para a organização. Ou seja, isso implica

em anotar observações de campo, contagens de animais e práticas de manejo numa caderneta de campo e depois transferi-las para o diário.

O gestor de uma empresa de pecuária deve ter a clareza da importância organizacional do seu quadro de recursos humanos, da definição de suas funções, do estabelecimento das metas individuais, das estratégias para admissão de novos funcionários e do programa de capacitação de pessoal.

A pecuária de corte, cuja função é a criação de gado para produção de carne, é realizada há séculos em fazendas de criação ou estâncias. Nelas, eram realizadas todas as atividades de produção representadas pelo manejo dos animais. Contudo, mais recentemente, além do manejo com os animais, houve a necessidade da execução de uma série de atividades administrativas e operacionais sob a responsabilidade dos recursos humanos.

A construção do organograma de uma empresa de pecuária é de fundamental importância quando ela tem uma escala organizacional mais expressiva, típica de empresas de maior porte. No organograma são identificadas as figuras do administrador, do gerente, do capataz, dos peões ou vaqueiros e dos apoiadores para serviços gerais. Estabelecer esse fluxo hierárquico é importante para a definição dos objetivos de cada componente da equipe de trabalho.

No entanto, deve ser compreendido que a hierarquia é um dos princípios para a organização das atividades e atribuição das responsabilidades. Contudo, mais recentemente inúmeras empresas de pecuária têm organizado o seu quadro de pessoal em linha, sem uma hierarquia bem-definida, para o desenvolvimento das atividades por meio de objetivos. Assim, os objetivos da empresa levam à

motivação da equipe e todos atuam para alcançá-los.

Com o surgimento de tecnologias e modernas práticas de manejo do gado, necessidades de controles e apontamentos das atividades, pesagens de animais, conhecimento de regras trabalhistas, uso de novos equipamentos – tudo voltado para produzir mais –, despontou a necessidade de um novo tipo de vaqueiro, peão, capataz: agora, um homem campeiro, habilidoso, alfabetizado, organizado e sensível ao novo tipo de negócio da fazenda. Assim, foram exigidas novas funções e responsabilidades do colaborador, as quais demandaram um profissional com outras qualidades ou a capacitação daqueles que ainda não tinham desenvolvido as habilidades necessárias.

Para que tudo isto ocorra, é necessário treinamento, orientação e instrumentos de controle. Portanto, aqueles que atuarem numa fazenda de pecuária devem compreender claramente o que isso significa e buscar, pelo treinamento, pelo aperfeiçoamento e pela correção de deficiências, a superação de eventuais falhas que todos os seres humanos cometem.

A seleção de pessoas para uma empresa de pecuária deve atender a alguns requisitos básicos, os quais constituem uma guia específica que deve ser aplicado no momento da admissão.

No momento da seleção do candidato (Tabela 1), o gestor deve realizar a entrevista e, conforme o tipo de resposta marcar uma nota qualificativa, cujo valor será de “apto para o cargo = 1” ou “inapto = 0”. O somatório de aptidões, subtraídos das aptidões parciais ou inaptidões, resultará numa nota que será o definidor para admitir ou não o colaborador.

Serão oito quesitos avaliados e a maior nota será oito. Quando o candidato entrevistado apresentar uma nota

superior a cinco, significa que reúne condições de admissão (Tabela 2). No caso de haver mais de um candidato, será admitido o de maior nota; e em caso de igualdade a intuição e a experiência do gestor definirão o aprovado.

Tabela 1 – Instrumento para entrevista no processo de seleção de pessoal.

INSTRUMENTO OPERACIONAL PARA ADMISSÃO DE PESSOAL				
ÁREA: EMPRESAS RURAIS DE PECUÁRIA				
NOME DO CANDIDATO:				
Nº	ITEM	Apto = 1	Apto parcialmente = 0,5	Inapto = 0
1	Habilidade para função			
2	Escreve e lê com precisão			
3	Domínio uso celular			
4	Capacidade de observação			
5	Trabalhar em equipe			
6	Senso de organização			
7	Perspectiva profissional			
8	Cursos realizados			
Total	Somatório das notas de 1 a 8	0	0	0
GRAU FINAL		0,00		

Tabela 2 – Interpretação do resultado da entrevista

Nota	Diagnóstico
Valores inferiores ou iguais a 5,0	Não admissão
Valores superiores a 5,0:	Admissão

Características e seus significados para entrevistar candidatos:

Habilidade para a função. O gestor deve realizar uma série de perguntas que induzam ao candidato a demonstrar que tem habilidade para a execução das atividades pertinentes à função que desempenhará. Para empresas de pecuária, de modo geral, não existem funções específicas. Portanto, o colaborador deve reunir diversas habilidades para exercer suas funções.

Escreve e lê com precisão. A avaliação dessa característica deve ser feita com base em exercício direto, onde é solicitado para o candidato preencher um formulário simples de modo a verificar a veracidade de sua informação quanto à leitura e a escrita.

Domínio do celular. Este é o instrumento que mais se aproxima com a tecnologia digital de outros equipamentos e conferir com o postulante a função as suas habilidades em utilizar aplicativos é um passo importante para a pecuária de precisão.

Capacidade de observação. Na empresa de pecuária é fundamental essa característica, pois os eventos ocorrem no campo e dependem da natureza, do comportamento dos animais, do clima etc. Para estimular o candidato a demonstrar essa capacidade, é interessante perguntar a ele como identificaria se um animal no campo apresenta uma possível enfermidade, se o pasto está adequado num piquete etc.

Capacidade de trabalhar em equipe. Nas fazendas de maior porte é necessária uma equipe de pessoas para o mesmo processo; portanto, compartilhando funções. Para que determinadas atividades sejam executadas em equilíbrio e com envolvimento de todos, é essencial a virtude do senso de equipe entre os colaboradores. Portanto, é uma das características que precisa ser avaliada durante um processo de seleção de candidatos. Perguntas e simulações de situações sobre a possibilidade de dividir o alojamento, ceder um equipamento para o colega e substituir o colega em determinadas ocasiões podem facilitar a percepção da característica investigada.

Senso de organização. A necessidade de sistematização de boa parte dos processos nas empresas de pecuária e a maximização do tempo, bem como a observação de

rotinas, são situações que exigem dos recursos humanos a capacidade de organização. Essa é uma característica que pode ser avaliada por dois caminhos: um é o de observar o próprio candidato, sua postura, seus cuidados com objetos pessoais etc.; o outro é simulando situações em que ele será o responsável pela coordenação de uma determinada atividade na fazenda – neste caso pergunta-se como ele conduziria tal atividade.

Perspectiva profissional e de vida. É fundamental para uma empresa o conhecimento da perspectiva do candidato para o futuro, pois o que ele deseja ser nos próximos cinco anos é um indicador de sua visão de mundo. Essas características refletem a capacidade de pensar do indivíduo, seus sonhos e se a empresa poderá contribuir ou não para isso. Também pode indicar se o candidato é imediatista e está buscando uma solução temporária para os seus problemas.

Cursos realizados. Esta é respondida por meio dos cursos formais que o candidato realizou e perguntando a ele sobre aprendizados adquiridos nos treinamentos, seu julgamento a respeito dos mesmos e se isso demonstra alguma habilidade específica. Ocorre no final da entrevista para não influenciar a capacidade de identificar as outras virtudes, possivelmente mais importantes para a função numa empresa de pecuária.

Além de todas essas características avaliadas por meio da entrevista, também são consideradas as referências pessoais do candidato com relação aos seus trabalhos anteriores, tempo de permanência em outras empresas similares e os motivos dos desligamentos. Contudo, a guia para a entrevista deve ser o principal instrumento de escolha. Quando o perfil do candidato atende aos objetivos da empresa e sugere a sua contratação, o gestor já deve apontar para

eventuais limitações do novo colaborador, indicando eventuais necessidades de treinamento específico para corrigir as características que foram as mais limitantes.

Nas fazendas de pecuária é essencial a existência de um programa de capacitação e motivação para a equipe de trabalho, pois dentro da organização está claro o diagrama dos “3P”, que envolve as Pessoas, os Processos e o Pecuarista. Destaca-se a necessidade da organização das pessoas como caminho único para a busca de excelência na eficácia operacional dos processos. Para isso, torna-se essencial a construção de competências e o desenvolvimento de habilidades na equipe de colaboradores.

Um programa de treinamento da equipe de uma empresa de pecuária deve envolver a transmissão da informação, a teoria que a constitui e a transformação em prática por meio do seu uso racional. Com isso, o colaborador compreende claramente os motivos de receber um determinado treinamento e o valor que isto pode representar para a sua imagem com ser humano.

No entanto, há a necessidade de o gestor criar mecanismos de motivação à equipe que está sendo treinada ou capacitada, que permitam ultrapassar barreiras. Estas, muitas vezes subjetivas, envolvem crenças e um talento próprios para determinadas funções, mas que estão desconectados do conteúdo operacional mais racional. Elas geralmente são subjetivas. Dessa forma, o gestor deve compreender isso e criar as condições para conduzir à racionalidade, respeitando a cultura, o talento e as crenças, para o campo objetivo ligado à operacionalidade do processo. Assim, o indivíduo manterá os seus saberes valorizados e abrirá caminhos para a introdução de novas habilidades no treinamento.

Além dos aspectos relacionados com a transmissão do

novo conhecimento num processo de capacitação da equipe, o gestor deve salientar sempre seus benefícios práticos. Isso se refletirá nos aspectos do crescimento pessoal da equipe e da transformação de sua ideologia em tecnologia, conduzindo a um desenvolvimento organizacional da empresa.

De modo objetivo, a construção de um programa de treinamento deve prioritariamente compensar as deficiências mais destacadas da equipe e que estão envolvidas com um problema operacional em determinado processo, cujo indicador é desfavorável. Nesse caso, a capacitação da equipe é imprescindível para que se corrija a execução do padrão operacional do processo.

Por exemplo, se a taxa de mortalidade neonatal de bezerros está acima dos níveis aceitáveis como decorrência da inabilidade da equipe que cuida dos partos, o treinamento específico sobre cuidados na parição para as pessoas responsáveis por esse processo tem a finalidade de ajustá-los ao padrão exigido na empresa.

No entanto, outro tipo de treinamento é aquele que se antecipa a um novo padrão operacional que será empregado com a introdução de nova tecnologia com a qual a equipe ainda não está familiarizada. Não é uma prática comum esse tipo de treinamento, pois as empresas de pecuária investem muito pouco nessa perspectiva. De um modo geral quando a equipe de uma fazenda não conhece uma tecnologia ela rechaça a sua introdução ou a boicota. Portanto, em ambos os casos o treinamento está associado ao desenvolvimento das pessoas e da empresa.

A frequência com que a equipe deve ser treinada depende da intensidade com que os processos vão sendo executados, da introdução de tecnologias, da precisão dos processos, da rotatividade dos recursos humanos e das demandas eventuais que possam surgir. Porém, é consenso

entre os especialistas da área que em empresas de pecuária o treinamento deve ser de no mínimo cem horas por ano, dividido em módulos específicos de acordo com a especificidade da atividade.

A especificidade de conteúdo ministrado deve ser dinâmica e envolver aspectos relacionados não só exclusivamente com os processos de produção e com a operacionalidade da empresa; deve envolver, também, aspectos organizacionais, prevenção de acidentes, relacionamento interpessoal, alimentação humana, bem-estar animal e a construção de novas competências para a leitura, para o uso de recursos de informática e para anotações de ocorrências na fazenda. Com isto, os indivíduos fomentam a cooperação e a competição com outras empresas, estabelecem suas próprias metas pessoais e demandam uma formação mais continuada no que diz respeito à capacitação.

Outro aspecto importante na elaboração do programa de treinamento é a sua realização numa cronologia paralela com a execução de processos específicos na produção. Por exemplo, um curso sobre parição deverá ser realizado durante a parição.

3.3 Comentários Finais

A evolução do trabalho ao longo dos anos passou por grandes transformações e, principalmente, aquela do conceito de mão de obra para recursos humanos e destes, posteriormente para pessoas. Assim, com este novo enfoque o papel que as pessoas representam em qualquer organização tem outro significado que ultrapassa as questões exclusivamente da produtividade. Na pecuária de corte não é diferente. Contudo, talvez seja mais relevante o papel das pessoas

nesta atividade do que no setor de serviços, na indústria ou no comércio.

A empresa de pecuária é uma indústria rural, distante das oportunidades e condições de vida que a cidade oferece às pessoas. No entanto, de modo positivo, na atualidade reúne condições laborais, exigências de habilidades das pessoas e oportunidades remuneratórias que se aproximam das empresas urbanas.

Neste sentido, a modernização da pecuária, novos patamares de produtividade, o conceito de pecuária de precisão e a incorporação dos conceitos de automação, passaram a exigir dos colaboradores, antes afeitos ao trabalho rude e empírico, uma postura mais técnica e valorizada. Assim, a gestão de pessoas voltadas a uma pecuária mais eficiente torna-se imprescindível para a competitividade da bovinocultura de corte brasileira.

Desenvolvimento de software para a pecuária de precisão: uma abordagem baseada em linha de produtos

CAMILO CARROMEU

DÉBORA MARIA BARROSO PAIVA

MARIA ISTECLA CAGNIN

NALVO FRANCO DE ALMEIDA JUNIOR

MÁRCIO APARECIDO INÁCIO DA SILVA

JAIRO RICARDES RODRIGUES FILHO

MARCELO AUGUSTO SANTOS TURINE

Nos últimos anos ocorreram inúmeras mudanças no cenário nacional, e internacional, da cadeia produtiva de carne bovina, com questionamentos de práticas de produção que têm levado novos desafios à pecuária brasileira. A produção de alimentos, para viabilizar e incentivar a certificação de

origem dos produtos comercializados, requer hoje técnica e práticas sustentáveis de manejo. A fim de atender às exigências do mercado interno, e dos países importadores, tornou-se necessária a formação de um número maior de profissionais qualificados para a adoção de modernas tecnologias de manejo e produção que atendam a essa demanda.

A adequação das instalações; o manejo apropriado a cada sistema de produção; o melhoramento genético das raças já domesticadas e de animais silvestres, bem como de produtos agrícolas; a nutrição e a alimentação dos animais; e, a produção de forragens e o gerenciamento do agronegócio como um todo são alguns campos que são fortemente beneficiados pela utilização de avançadas técnicas computacionais. Nestas técnicas são empregadas ferramentas baseadas em abordagens de Engenharia de Software, Robótica, Sistemas Embarcados, Aplicações Distribuídas, entre outras subáreas da Computação.

Esta realidade tem, já há alguns anos, gerado pesquisas conjuntas entre a Faculdade de Computação (FACOM) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e a Embrapa Gado de Corte. Várias colaborações isoladas foram realizadas, tendo-se consolidado diversos resultados. Recentemente, a partir de 2013, um curso *stricto sensu* de Mestrado Profissional em Pecuária de Precisão solidificou e integrou essas colaborações possibilitando resolver da melhor forma as demandas da cadeia produtiva da carne bovina, uma vez que os trabalhos são desenvolvidos por alunos sob orientação de professores da FACOM/UFMS e co-orientação de pesquisadores da Embrapa, produzindo inovação e tecnologia na forma de produtos e processos.

Visando apoiar a execução das atividades no âmbito desta parceria, a Embrapa Gado de Corte criou em 2012

o Laboratory for Precision Livestock, Environment and Software Engineering (PLEASE Lab). Trata-se de um laboratório de computação aplicada que oferece um ambiente didático e criativo. É regido por metodologias e práticas da Engenharia de Software, destinadas a apoiar a produção das tecnologias inovadoras inerentes aos projetos deste esforço conjunto. O PLEASE Lab foi criado aproveitando a experiência do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software e do seu principal braço de atuação prática: o Laboratório de Engenharia de Software (LEDES) da FACOM/UFMS. Este último faz uso, já a alguns anos, de uma Linha de Produtos de Software (LPS) com vistas à criação de aplicações Web voltadas para o governo eletrônico, denominada “e-Gov Web SPL” (CARROMEU et al., 2010).

As soluções desenvolvidas no LEDES desde sua criação em 2001 possibilitaram a formação de pessoal qualificado e o aprimoramento das habilidades do grupo de Engenharia de Software no desenvolvimento de soluções computacionais. Permitiu, também, a formação de uma infraestrutura tecnológica para fomentar a transferência do conhecimento entre a universidade, o governo e a iniciativa privada.

Por meio das experiências da equipe envolvida neste grupo, foi possível definir no PLEASE Lab uma arquitetura flexível para o desenvolvimento de aplicações Web para a pecuária, a partir da reutilização de componentes (CHEESMAN; DANIELS, 2001; GIMENES; HUZITA, 2005), que compõem seu núcleo básico e de componentes específicos de domínio criados a partir deste núcleo básico. Para viabilizar o uso eficiente de tal arquitetura, foi criada uma nova LPS, derivada da “e-Gov Web SPL”, que é a LPS para sistemas e-Gov do LEDES, bem como foram adaptadas as ferramentas que a implementam, como é o

caso do Titan Framework (CARROMEU, 2007).

Este capítulo tem como objetivo, portanto, apresentar esta arquitetura para apoiar o desenvolvimento de aplicações Web, obtida a partir desta adaptação, no âmbito da pecuária de precisão, bem como apresentar um software de manejo que é resultado de uma instanciación da LPS descrita.

O capítulo está organizado em cinco seções. Na Seção 2 é apresentado um breve histórico de trabalhos que resultaram na proposta da arquitetura descrita. Na Seção 3 é apresentada a arquitetura orientada a componentes para o desenvolvimento de aplicações Web no domínio de pecuária de precisão, bem como, as ferramentas de apoio. Um estudo de caso é apresentado na Seção 4. Por fim, na Seção 5 são apresentadas as conclusões do capítulo.

4.1 Background

O PLEASE Lab surgiu em 2012 na Embrapa Gado de Corte com o objetivo de atender a uma demanda crescente por soluções computacionais aplicadas à pecuária. Foi criado aproveitando a experiência do primeiro grupo de estudos em Engenharia de Software da UFMS, tendo como base a alocação de alunos para realização de suas práticas.

O desenvolvimento dos primeiros projetos no PLEASE Lab foram realizados sem focar na padronização, sendo seus escopos definidos individualmente. Entretanto, o planejamento e a escolha de tecnologias e ferramentas para apoiar o desenvolvimento dos projetos foi baseada na experiência da UFMS, mais especificamente naquelas já utilizadas pelo LEDES. Como consequência, as tecnologias escolhidas foram baseadas em softwares livres e de código

aberto. Da mesma forma, outra experiência aproveitada, foi a criação de uma equipe inicial formada basicamente por bolsistas de graduação (iniciação científica) que, apesar de estarem aprendendo a programar e não terem experiência no desenvolvimento de software, ainda assim podiam ser rapidamente capacitados nas ferramentas já consolidadas.

O primeiro projeto do laboratório foi o Pandora (CARROMEU et al., 2012; CARROMEU et al., 2012), uma plataforma de software que integra sistemas de informação visando a automatização de processos de pesquisa e gestão de uma Unidade Descentralizada da Embrapa. Em meados de 2011, quando teve início seu desenvolvimento, a Embrapa Gado de Corte demandava com urgência a desburocratização, melhoria e hyphenationauto-ma-ti-za-ção de alguns processos críticos de sua gestão. Deu-se início a um trabalho de melhoria de processos em diferentes setores administrativos. Rapidamente diagnosticou-se a necessidade de um grande número de sistemas de informação que necessitariam ser desenvolvidos para atender a esta demanda. Além disso, tais sistemas precisariam ser integrados, de forma que os dados de um setor interagissem com os de outro.

Visando evitar a redundância e retrabalho no desenvolvimento de requisitos não funcionais, que se repetiriam em cada um destes sistemas, foi feita a especificação e implementação de uma única plataforma de software para agregar as regras de negócio de todos estes sistemas divididos em diferentes módulos. É importante notar, no entanto, que o Pandora é um software no domínio de governo eletrônico e, desta forma, a LPS herdada do LEDES atendeu perfeitamente à demanda (sem a necessidade de

inclusão de novas features¹). O Pandora é, portanto, um membro da família de produtos de software (FPS) da LPS original.

O segundo projeto do laboratório foi o e-Missions, que é uma aplicação Web para avaliação de indicadores globais de sustentabilidade em sistemas de produção de gado de corte tradicionais e integrados com lavoura e floresta. Tendo em vista que a expansão da agropecuária ocasiona impacto ambiental, uma vez que é responsável pelo aumento na emissão de gases de efeito estufa associados aos insumos industriais adicionados ao processo, esta aplicação automatiza um modelo de análise do uso de energia e emissões de gases necessários para a fabricação destes insumos. Além disso, analisa, também, o sequestro ou emissão de carbono na atividade produtiva visando avaliar o balanço final entre a produtividade e o carbono emitido. Desta forma, busca-se mensurar a eficiência energética de um sistema de produção. Este modelo utiliza um método de cálculo desta eficiência tendo como entrada a energia incorporada de cada insumo industrial e o sequestro de carbono (BUNGENSTAB, 2004).

Para o desenvolvimento da ferramenta acima mencionada, decidiu-se pelo uso da abordagem baseada na “e-Gov Web SPL”. A adoção desta metodologia no projeto foi experimental, mas permitiu, por meio de adaptações, que o produto final fosse criado seguindo o mesmo paradigma de reúso, agora aplicado a um novo domínio de negócio: a pecuária de precisão. Este primeiro esforço no uso da “e-Gov Web SPL” no domínio da pecuária de precisão obrigou a equipe a realizar adaptações na LPS original.

¹ São características de um sistema visíveis pelos usuários finais (KANG et al., 1990)

Tais adaptações pontuais, a critério da equipe, não eram suficientes ainda para a formalização de uma nova LPS. Entretanto, a experiência bem sucedida possibilitou que outras do mesmo tipo fossem realizadas.

O próximo projeto realizado foi a criação da Plataforma de Monitoramento da Mosca-dos-Estábulo, que consistia no desenvolvimento de uma aplicação Web e uma aplicação para dispositivos móveis para apoiar o monitoramento da densidade populacional deste inseto em Mato Grosso do Sul. A mosca-dos-estábulo é um tipo de mosca que se alimenta do sangue de animais, causando-lhes grande irritação e feridas, transmitindo doenças, e até levando à morte. Com a proibição das queimadas nos canaviais do estado, a mosca-dos-estábulo encontrou no material descartado na colheita da cana, umedeado com a aplicação da vinhaça (líquido rico em nutrientes, subproduto do processo de destilação do álcool), um local propício para colocar seus ovos. A plataforma de software foi criada para monitorar a população de moscas, emitindo alertas em caso de explosão populacional, propiciada neste novo ambiente (usinas sucroalcooleiras junto à propriedades pecuárias), permitindo que sejam tomadas ações sanitárias de controle (PALMA et al., 2013).

Mais uma vez a LPS foi aplicada no desenvolvimento desta solução. Além das adaptações necessárias na LPS, o produto final sofreu modificações pontuais visando a implementação de um barramento de serviços específico que possibilitasse a sincronia de dados entre a aplicação Web e o aplicativo de coleta de dados a campo, implementado para tablets com sistema operacional Android.

Em 2013 iniciou-se o desenvolvimento de um software de manejo pecuário voltado para tablets. Para este software, as experiências obtidas nos projetos anteriores foram

revistas e a LPS foi integralmente refatorada visando, não apenas atender ao desenvolvimento de aplicações Web no domínio da pecuária de precisão, mas também ao desenvolvimento de aplicativos móveis neste domínio. A esta LPS derivada da “e-Gov Web SPL”, deu-se o nome de “PLSPL” (do inglês, Precision Livestock Software Product Line).

Na prática, isto se refletiu na inclusão de novas funcionalidades ao Titan Framework (CARROMEU, 2007), a ferramenta de desenvolvimento de software que concretiza a arquitetura aqui discutida, uma vez que é o framework que é instanciado para criar novos membros na FPS. Esta ferramenta teve sua primeira versão desenvolvida em 2005 e era apenas um CMS (do inglês, Content Management System) que podia ser parametrizado. Na época, foi implementado utilizando a linguagem de programação PHP 4 e o sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) MySQL, detinha o núcleo duro da arquitetura e evitava o retrabalho em implementar diversos módulos comuns a todas as aplicações Web, tal como o controle de acesso e a gestão de usuários. Entretanto, sua parametrização exigia conhecimento da linguagem de programação e as funcionalidades exigiam programação ou “copy and paste” de código fonte.

Em 2007 foi disponibilizada uma nova versão do Titan Framework. Esta versão continha diversas melhorias e já apresentava a implementação na íntegra da LPS no domínio e-Gov desenvolvida no LEDES. Em 2013, a equipe do PLE-ASE Lab adicionou ao seu núcleo fixo todas as adaptações, gerando a terceira versão da ferramenta, com suporte ao domínio de pecuária de precisão. Esta versão, que é a atual, é implementada em linguagem de programação PHP 5 e SGBD PostgreSQL.

4.2 Arquitetura para o desenvolvimento de sistemas para a pecuária de precisão

Com o objetivo de reúso em diferentes níveis de abstração, surgiram na década de 90, os padrões de software (BUSCHMANN et al., 1996; COPLIEN, 1998; GAMMA et al., 1995), que tentam captar a experiência adquirida no desenvolvimento de software e sintetizá-la em forma de problema e solução. Além de prover o reúso das soluções, os padrões ajudam a melhorar a comunicação entre desenvolvedores, que podem conduzir suas discussões com base na utilização destes padrões (GAMMA et al., 1995). Para desenvolvedores que conhecem os padrões, a simples citação de seu nome traz consigo um conteúdo semântico significativo, o que dispensa a explicação dos detalhes envolvidos na solução.

Durante o processo de resolução de um problema particular, raramente os especialistas inventam uma nova solução diferente das já existentes. Diversas soluções são conhecidas de acordo com experiência própria ou de outros profissionais. Assim, ao confrontar-se com novos problemas, é comum recuperar e lembrar soluções antigas, pensando em pares “problema/solução” (BUSCHMANN et al., 1996; GAMMA et al., 1995). Os padrões de software descrevem soluções de processo para problemas que ocorrem com frequência no desenvolvimento de software, e tem por função recuperar e documentar a experiência adquirida pelos desenvolvedores durante a prática profissional. Segundo Fayad et al. (1999), os padrões descrevem soluções recorrentes aprovadas durante seu tempo de uso, permitindo que sejam evidenciadas características comuns que podem ser reutilizadas em novos projetos e em diferentes níveis de abstração, não somente de código fonte, mas de processo,

de arquitetura, de análise, de projeto, de programação, dentre outros.

Neste contexto, as experiências no PLEASE Lab no desenvolvimento de aplicações no domínio da pecuária de precisão resultaram na abstração de padrões de análise, arquitetura e codificação. Visando consolidar um processo de desenvolvimento ágil para este domínio, optou-se por utilizar a técnica de reúso de LPS automatizada através do uso de frameworks e geradores de aplicação.

Segundo Chastek (1997), uma LPS define uma Família de Produtos de Software (FPS) em um domínio que compartilha características (do inglês, features). Segundo Gimenes; Travassos (2002), uma FPS, por sua vez, define um conjunto de produtos de software com características similares para permitir a definição de uma infraestrutura comum de estruturação de artefatos que compõem os produtos e a parametrização de suas diferenças. Assim, partindo-se dos padrões abstraídos de diversos membros da FPS do domínio, foi criado o modelo de features e estabelecida a arquitetura inicial da LPS apresentada neste capítulo.

O processo de LPS da “PLSPL” é baseado na abordagem PLUS (do inglês, Product Line UML-Based Software Engineering) (GOMAA, 2005) e tem como objetivo permitir o desenvolvimento ágil de sistemas na família de produtos do domínio da Pecuária de Precisão de forma iterativa, compatível com o USDP (do inglês, United Software Development Process), com o RUP (do inglês, Rational United Process) e com o modelo de processo em espiral de Boehm (1988), e considera um projeto baseado em componentes. O processo que o PLUS utiliza, denominado ESPLP (do inglês, Evolutionary Software Product Line Engineering Process), possui dois ciclos de vida: a Engenharia da Linha de Produtos de Software e a Engenharia

da Aplicação.

No ciclo da Engenharia da LPS o engenheiro do domínio define as similaridades e as variabilidades a partir dos padrões abstraídos e da análise de requisitos da FPS do domínio de negócio. Os artefatos da LPS desenvolvidos durante este ciclo são o modelo de caso de uso, modelos de features, modelo de análise, arquitetura da LPS e componentes reusáveis.

Na Engenharia da Aplicação, a partir dos requisitos levantados pelo engenheiro da aplicação e dos artefatos do repositório da LPS é desenvolvida uma aplicação, ou seja, um novo membro da FPS. O modelo de casos de uso da LPS é adaptado dando origem ao modelo de casos de uso da aplicação; o modelo de análise da LPS é adaptado originando o modelo de análise da aplicação e a arquitetura da LPS é adaptada dando origem à arquitetura da aplicação. Assim, tendo a arquitetura da aplicação e os componentes reutilizáveis do repositório, a aplicação é construída. Na Figura 20 é apresentado o processo ESPLEP em sua íntegra.

O uso da abordagem PLUS permite especificar os artefatos reutilizáveis no domínio da família de produtos de pecuária de precisão e o processo formal de desenvolvimento de novos membros da FPS. Porém, para sistematizar o processo de reutilização, melhorar os componentes e permitir a geração de novas aplicações, é fundamental o uso de ferramentas automatizadas. Neste contexto, foi definido um ambiente de geração de aplicações que melhoram a arquitetura da LPS, formado por duas ferramentas: o framework Titan e o gerador de aplicações Titan Architect.

Os frameworks são definidos como aplicações semi-completas e reutilizáveis que, quando especializadas, produzem aplicações personalizadas dentro de um domínio



Figura 20 – Processo ESPLEP da LPS para o domínio de pecuária de precisão (PLSPL).

específico (JOHNSON; FOOTE, 1988). Apesar de serem tipicamente voltados para o reuso, frameworks possuem características, tais como dependência de interfaces bem definidas, reuso de projeto e arquitetura, uso de padrões, os quais podem auxiliar no desenvolvimento de sistemas com arquiteturas mais organizadas para permitir maior facilidade de adaptação e extensão. A estrutura de um framework pode ser definida como um conjunto de classes que contém o projeto abstrato de soluções para uma família de problemas, propiciando o reuso com granularidade maior do que classes (JOHNSON; FOOTE, 1988). É

composto por uma coleção de classes abstratas e concretas e de interfaces entre elas, representando o projeto de um subsistema (SOMMERVILLE, 2007).

Resumidamente, um framework é um grande modelo de um domínio de aplicações e, desta forma, pode ser desenvolvido a partir de um conjunto de aplicações do domínio que atuam como fontes de informação deste domínio (SILVA, 2000). A metodologia de desenvolvimento de framework mais relevante para este trabalho foi a de projetos dirigidos por exemplos (JOHNSON, 1993), onde a abstração do domínio, que é representada pelo próprio framework, é obtida por meio de casos e sistema reais.

Os frameworks são compostos por partes fixas e partes variáveis. As partes fixas são denominadas frozen-spots e são estáveis e imutáveis durante o uso do framework em diversas aplicações. As partes variáveis são denominadas de hot-spots e devem ser adaptadas de forma particular em cada instanciamento do framework (SHIMABUKURO, 2006). Para automatização do ciclo de engenharia da aplicação do ESPLEP, o modelo de features da LPS, formado por similaridades e variabilidades, foi mapeado para o Titan Framework especificando os frozen-spots e os hot-spots, respectivamente.

A arquitetura do Titan Framework, por sua vez, é formada por um núcleo fixo (core) e pelo repositório de componentes, conforme ilustrado na Figura 21. O núcleo é a implementação de todas as similaridades da LPS e, neste sentido, tem como característica ser imutável, indiferente da configuração da instância no domínio. Ele é responsável por receber como entrada os arquivos de configuração da instância (XML e SQL) e gerar uma aplicação em tempo de execução.

O Titan Framework implementa o repositório LPS no

formato de um repositório de componentes que permite o reúso de tipos de dados, funcionalidades e templates de código fonte. Estes componentes são as variabilidades da LPS que podem ser parametrizadas através da linguagem de marcação de entrada (XML).

A arquitetura do Titan possui como característica ser caixa-cinza, flexível e extensível, ou seja, possibilita que componentes sejam criados através de sua API (do inglês, Application Programming Interface) orientada a objetos para atender aos novos requisitos do domínio, corrigir erros e efetuar adaptações, implementando assim o ciclo da Engenharia da LPS.

Visando tornar o processo de criação de novas aplicações para a FPS ainda mais ágil, foi especificado e incorporado um gerador de aplicações denominado Titan Architect, que gera os arquivos XMLs e SQLs necessários para instanciar o Titan Framework. Para Cleaveland ((CLEAVELAND, 1988)), geradores de aplicações são sistemas de software que transformam especificações em uma aplicação. As especificações descrevem o problema ou a tarefa que deve ser realizada pelo gerenciador. Essas especificações podem ser modeladas de forma gráfica, escritas em alguma linguagem intermediária ou ainda criadas de forma interativa, em que o usuário seleciona as características desejadas por meio de escolhas em uma sequência de formulários ou menus.

O *Titan Architect* possibilita a configuração de novas instâncias do framework de forma interativa, através de quatro passos de configuração. No primeiro passo são definidas as informações e configurações principais e visuais da aplicação. No segundo passo são configurados os atores da aplicação, seus dados e como será seu acesso ao sistema. No terceiro passo são configuradas as funcionalidades do sistema, ou seja, são definidos os parâmetros que serão

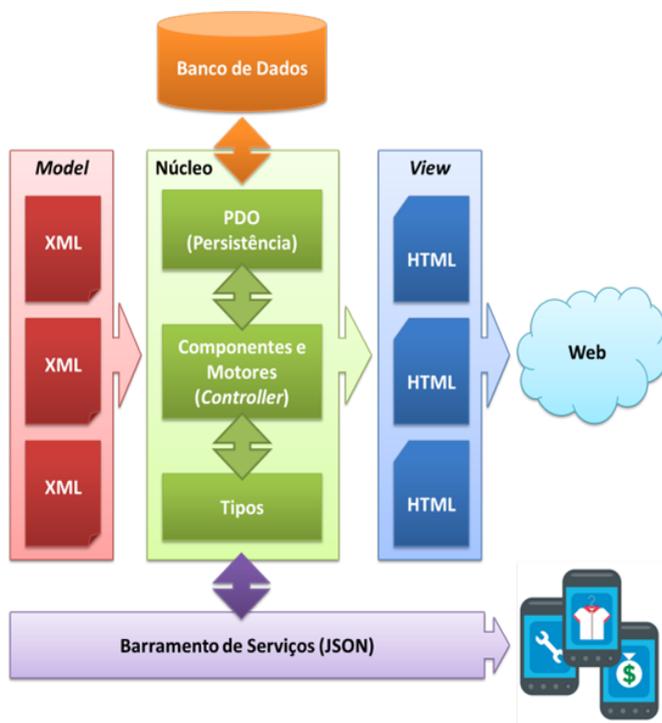


Figura 21 – Arquitetura do Titan Framework.

passados aos componentes. O último passo efetua a geração e download da nova aplicação.

O *Titan Framework* e o *Titan Architect* automatizam o processo LPS de geração de novas aplicações para a família de produtos do domínio de pecuária de precisão exigindo diferentes níveis de conhecimento. O uso do *Titan Architect* elimina a necessidade de programação, porém a parametrização das variabilidades é limitada. Já o *Titan Framework* possibilita a configuração de regras de negócios e parâmetros da nova aplicação através da edição da linguagem de marcação de entrada e, caso não seja suficiente, permite a programação de novos artefatos de software. Esta característica, do ponto de vista didático, é conveniente para a integração de desenvolvedores com diferentes níveis de conhecimento.

Tanto o processo quanto as ferramentas vêm sendo constantemente validadas. Desde sua criação novos membros da FPS foram desenvolvidos e outros estão atualmente em desenvolvimento no PLEASE Lab.

4.3 Estudo de caso: software de manejo pecuário

O sistema produtivo de carne bovina torna-se cada vez mais estruturado e consolidado devido a motivação dada pela economia de escala ao intensivo uso e aplicação das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na rastreabilidade de alimentos. Neste contexto, foi desenvolvida pelo grupo de pesquisa em pecuária de precisão uma plataforma de software composta por uma aplicação Web e um aplicativo de alta usabilidade para dispositivos móveis, que tem como objetivo centralizar informações de pecuária de corte de bovinos e bubalinos e prover a gestão de qua-

lidade e rastreabilidade destes animais. Esta plataforma foi viabilizada por uma parceria entre a Embrapa Gado de Corte, a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e a empresa Olimpo², agregando conhecimentos das áreas de agronegócio, saúde animal e tecnologias de informação e comunicação.

A plataforma é, portanto, um sistema de planejamento, gestão e avaliação de informações relativas à produção pecuária bovina, com a proposta de assegurar confiabilidade e agilidade no acompanhamento de informações relativas à produção por parte dos produtores rurais. Para tanto, a plataforma de software permite a gestão de cada indivíduo do rebanho de forma independente, uma vez que a rastreabilidade somente pode ser assegurada considerando unidades atômicas, ou seja, cada animal que compõe o todo.

A principal ferramenta da plataforma é o aplicativo para dispositivos móveis, que foi especialmente desenvolvido para ser executado em tablets robustos, com certificação de resistência a quedas, água e poeira. O aplicativo, entretanto, pode ser executado em qualquer tablet com sistema operacional Android na versão 4.0.3 ou superior. Este aplicativo permite que qualquer pessoa se registre e comece a utilizar a plataforma, cadastrando suas propriedades rurais e os animais de seus rebanhos. Todas as informações são sincronizadas com a aplicação Web quando uma conexão com a internet estiver disponível, não sendo esta, no entanto, um pré-requisito para o uso do aplicativo. Sua arquitetura é mostrada na Figura 22.

O aplicativo para dispositivos móveis está dividido nos seguintes módulos:

² <http://www.olimpotec.com/>



Figura 22 – Arquitetura da plataforma de software.

1. Gestão de Propriedades: Permite criar e editar propriedades rurais.
2. Gestão de Animais: Possibilita gerenciar cada animal individualmente. Para facilitar esta gestão, o aplicativo permite conectar leitoras RFID bluetooth de forma a poder identificar os animais pelo chip bolus, conforme mostrado na Figura 23. Para cada animal é possível fazer o lançamento de pesagens, atribuir exames, efetuar a desmama, a castração, lançar vacinações, medicação, registrar um diagnóstico, associar um chip bolus e lançar um curativo. Também é possível registrar gravações de voz, fotos e vídeos que ficarão associados a cada animal. Além destes manejos, é possível efetuar a venda e a transferência de um animal para outra propriedade rural. Se esta

última estiver na base de dados da plataforma, os dados do animal irão acompanhá-lo, de forma que seu histórico de manejos seja conhecido pelo novo proprietário.

3. Gestão de Lotes: Permite efetuar todos os manejos descritos na gestão de animais, porém em massa, ou seja, para lotes com diversos indivíduos agrupados.

O usuário pode utilizar quase todas as funcionalidades sem qualquer conexão com a internet. Apenas o registro do usuário na plataforma, logo após instalar o aplicativo, e a criação de uma nova propriedade exigem que haja uma conexão ativa. Isto ocorre pois o registro do usuário é feito utilizando o perfil da Conta do Google, já existente no dispositivo. Este procedimento desburocratiza o processo de registro, resumindo-o a poucos passos. Na criação de propriedades, a conexão é fundamental para que o usuário possa selecionar corretamente em um mapa a localização de sua propriedade. Isto é essencial para a georastreabilidade dos animais manejados.

Uma vez que o usuário esteja registrado e haja pelo menos uma propriedade criada, ele pode cadastrar animais ao rebanho desta propriedade e efetuar os manejos, conforme descrito na funcionalidade "Gestão de Animais", ilustrada por meio de algumas telas mostradas na Figura 24.

Toda vez que é iniciado e quando é explicitamente requerido pelo usuário, o aplicativo tenta efetuar a sincronização com a aplicação Web. Neste momento são enviados e recebidos dados da propriedade, do rebanho, dos manejos efetuados em cada indivíduo e outras informações que tenham sido alteradas. Como cada propriedade pode ser manipulada por diversos dispositivos e usuários distintos, a



Figura 23 – Identificação do animal por meio da leitora RFID bluetooth integrada ao aplicativo para dispositivos móveis da plataforma.

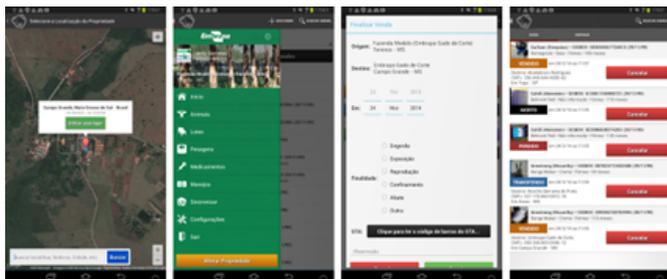


Figura 24 – Telas do aplicativo para dispositivos móveis da plataforma.

sincronização de dados garante que todos os seus gestores tenham as mesmas informações.

A aplicação Web centraliza todas estas informações e as disponibiliza para consulta por todos os usuários, dispensando a necessidade do aplicativo para dispositivos móveis quando os gestores necessitam fazer consultas, efetuar algumas alterações nos dados ou emitir relatórios de gestão de suas propriedades. Algumas telas da aplicação Web podem ser visualizadas na Figura 25.

Além destas funcionalidades evidentes na ferramenta, uma das principais funções da vertente Web da plataforma é transparente ao usuário. Trata-se da capacidade do sistema de manter o backup de todos os dados da gestão da propriedade na medida em que consegue efetuar as sincronizações. Repare que, apesar de ser homologado para tablets robustos, com resistência a diversidades, o ambiente rural da pecuária de corte é extremamente inóspito à presença de dispositivos eletrônicos tão complexos. Assim, a aplicação Web que centraliza os dados não é apenas acessória, mas sim necessária à plataforma para garantir a integridade das informações.

Para o desenvolvimento da plataforma foi utilizada a LPS apresentada. Assim, a aplicação Web é, na verdade, uma instância do Titan Framework e um membro da FPS no domínio da pecuária de precisão.

4.4 Conclusões

Este capítulo apresentou uma arquitetura orientada a componentes para o desenvolvimento de aplicações Web e aplicativos móveis no domínio da pecuária de precisão. Esta arquitetura foi concebida por meio da identificação

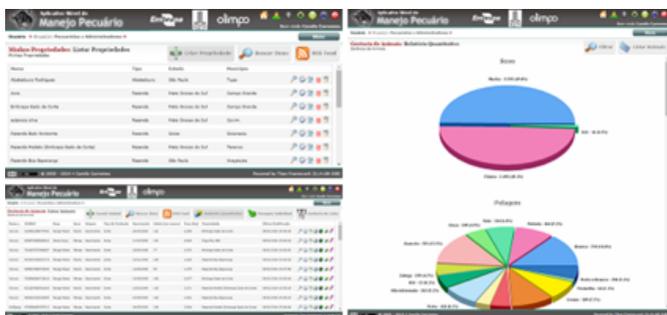


Figura 25 – Telas da aplicação Web da plataforma.

de padrões recorrentes em projetos desenvolvidos neste domínio pelo PLEASE Lab, na Embrapa Gado de Corte. A partir disso, por meio da Engenharia da LPS, um repositório de componentes foi criado a fim de possibilitar a instanciação de novos membros para a família de produtos de software do domínio. As instanciações são realizadas por meio do Titan Framework com o apoio do Titan Architect. Conseqüentemente, o Titan Framework possibilita o desenvolvimento de aplicações com menor custo e tempo, tal como o software de manejo pecuário apresentado.

Ferramentas gerenciais para a aplicação na pecuária de precisão: as contribuições da Embrapa Gado de Corte

MARIANA DE ARAGÃO PEREIRA
ADRIANA DA SILVA
DENISE DE BARROS AZEVEDO

Nas últimas décadas, a globalização se consolidou e se generalizou: mercados passaram a ser mais integrados e interdependentes; diversos acordos bilaterais ou multilaterais foram criados; também ganharam força os organismos de regulação do comércio internacional; e a economia dos países passou a sofrer forte influência do contexto global, especialmente de fatores como taxas de câmbio, crises, guerras, adversidades climáticas, mudanças demográficas e de hábitos do consumidor, entre outros (OLSON, 2011).

Aliados a estes fatores, os setores de transporte e telecomunicações foram impulsionados pela globalização e geraram uma interconectividade global sem precedentes, promovendo o “encurtamento das distâncias”, dados os avanços tecnológicos nessas áreas.

Tendo em vista todas essas transformações, o setor primário, que outrora produzia apenas para abastecer o mercado doméstico e se preocupava com os consumidores e a concorrência em seu próprio país, se viu exposto ao mercado global de insumos, produtos, marcas, perfis de consumidores diversos, etc. Se por um lado isso trouxe vantagens, como a possibilidade de importação de insumos a preços menores ou de crescimento da exportação de produtos agrícolas, por outro lado, também trouxe desvantagens e riscos.

Os competidores internacionais, por exemplo, também passaram a ter acesso aos mesmos mercados de insumos e produtos que os produtores brasileiros. Com isso, a competição se acirrou, de forma que sobreviverão aqueles capazes de se reinventarem, se adaptarem e trabalharem de forma eficiente com foco no consumidor final.

Os produtores rurais também estão inseridos nesse contexto, e por isso precisam entender o que acontece mundo afora, bem como o impacto desses acontecimentos em sua atividade. Complementarmente, é necessário conhecer, com profundidade, seu negócio, seus recursos produtivos e alternativas tecnológicas, assim como suas limitações, e conseguir transformar as ameaças em oportunidades.

Nesse cenário, a informação tornou-se um insumo de produção indispensável e estratégico, pois esta, se correta e obtida de forma confiável, tem a capacidade de promover grandes mudanças dentro da empresa rural. Ao gestor de sucesso, cabe então o papel de monitorar intensamente

tanto o ambiente externo (“fora da porteira”) quanto o ambiente interno (“dentro da porteira”). O grande desafio passa a ser a filtragem dos dados efetivamente relevantes para sua empresa, considerando o grande volume de informações geradas diariamente. Em resposta a essa nova dinâmica na condução dos negócios, um número crescente de ferramentas gerenciais tem sido disponibilizado no mercado para subsidiar o processo de tomada de decisão do produtor rural.

Nesse capítulo, apresentamos a contribuição das ferramentas gerenciais, particularmente de softwares, para a pecuária de precisão. A seção 2 trata da conceituação dessas ferramentas e suas vantagens, além de trazer um panorama geral do mercado de software agropecuário. Na seção 3, os softwares desenvolvidos pela Embrapa Gado de Corte e seus parceiros são descritos. A adoção e os principais fatores limitantes ao uso de softwares de gestão são abordados na seção 4. Por fim, algumas perspectivas quanto ao uso de ferramentas gerenciais, bem como algumas conclusões, são apresentadas na seção 5.

5.1 Ferramentas gerenciais e o mercado de software agropecuário

Entende-se por ferramentas gerenciais as tecnologias e processos aplicados à administração da propriedade rural, incluindo o uso de cadernetas de campo, cadernos de escrituração zootécnica, quadro de avisos (ex. planejamento semanal), planilhas eletrônicas, softwares, sistemas automatizados de coleta de dados (ex. chip eletrônico), serviços web para gerenciamento de fazenda, entre outros. A aplicação de ferramentas, sobretudo softwares, permite

o armazenamento, processamento e análise de dados físicos e econômicos. Têm por função revelar ineficiência técnica e ou financeira, o delineamento de cenários e o aprimoramento do planejamento da atividade, de modo a favorecer maiores eficácia e eficiência na utilização dos recursos produtivos. Além disso, o uso de tais ferramentas permite a ordenação e o acesso à informação em tempo hábil para a tomada decisão. Dentro de um contexto de pecuária de precisão, essas ferramentas viabilizam, portanto, a redução das perdas e, segundo Mendes et al. (2011a), podem contribuir para o aumento da competitividade do setor rural.

Esses benefícios, aliados à necessidade de aprimorar a gestão nas fazendas, têm resultado em crescimento do mercado de software agropecuário, especialmente aqueles voltados para o gerenciamento rural. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Software (citado em MENDES et al., 2011a), o número de softwares desenvolvidos para atender ao agronegócio cresceu 11,7% de 2008 para 2009, com as vendas (cerca de 142 milhões de reais) atingindo 2,1% do mercado de softwares naquele ano. A título de comparação, o mercado de software para a indústria cresceu apenas 3,9%, enquanto que para o comércio houve retração de 14,2%. Apesar de o segmento do agronegócio ser ainda relativamente pouco representativo, suas taxas de crescimento sugerem um grande potencial para esse mercado.

Um estudo realizado por Mendes et al. () com 162 empresas que atuam no mercado brasileiro de software revelou que, em 2008, havia 402 softwares voltados ao agronegócio. Destes, a maioria se enquadrava na categoria Administração/ Gerenciamento, com destaque para as áreas de Administração Rural (31%), Comercialização (19%) e Gerenciamento de insumos (18%), conforme Tabela 3. Cabe

comentar que a área de Administração Rural engloba as demais categorias mencionadas por Mendes et al. (2011a). É possível que em sua classificação, os autores tenham considerado softwares com funcionalidades mais abrangentes, ou inespecíficas, como sendo da área de Administração Rural, ao passo que softwares focados em uma subárea específica foram enquadrados na categoria pertinente.

Tabela 3 – Área de aplicação do software dentro da categoria Administração/Gerenciamento (%)

Área de Aplicação	Nº de softwares	Percentual da área de aplicação em relação ao total (%)
Administração Rural	145	31,1
Comercialização	88	18,8
Gerenciamento de insumos	86	18,4
Contabilidade	55	11,8
Gerenciamento de máquinas e equipamentos	47	10,1
Gerenciamento de pessoas	32	6,9
Outros	14	6,0
Total	467	100

Considerando ainda o número de softwares enquadrados na categoria Processos/Atividades Rurais cuja área de aplicação é a rastreabilidade, o número total de software com aplicabilidade gerencial sobe para 528. A grandeza desses números é diretamente proporcional à importância da gestão para a propriedade rural, principalmente naquelas que envolvem produção animal, de natureza normalmente mais complexa do que a produção vegetal.

5.2 Softwares gerenciais desenvolvidos pela Embrapa gado de corte e parceiros

A Embrapa Gado de Corte e seus parceiros, atentos às demandas da bovinocultura de corte, têm disponibilizado ao longo dos anos diversas ferramentas gerenciais aos pro-

dutores. Especificamente, na área de planilhas eletrônicas e softwares, os programas Controlpec®, Gerenpec® e Embrappec® merecem destaque. Os dois últimos visam ao planejamento da fazenda pecuária, permitindo a elaboração de diversos cenários do sistema de produção e a tomada de decisão mais consciente, minimizando os riscos. Já o Controlpec® é um programa com vistas ao controle financeiro da atividade pecuária. Essas ferramentas gerenciais são detalhadas a seguir.

5.2.1 Controlpec

Utilidade/objetivo do programa - Levando-se em consideração que poucos produtores registram e avaliam de forma sistemática suas despesas e receitas, o Controlpec 1.0 foi desenvolvido como um sistema simplificado de controle financeiro para a fazenda de pecuária de corte (COSTA; CORRÊA; FEIJÓ, 2006), que permite a análise dos fluxos de entradas e saídas financeiras. É uma ferramenta fácil de usar e interpretar e tem por objetivo oferecer indicadores econômicos que subsidiam a avaliação do desempenho econômico do sistema de produção. Estando o rebanho relativamente estabilizado, a utilização do programa por alguns anos permite que o produtor comece a fazer projeções das despesas e receitas nos anos seguintes, facilitando o planejamento dos investimentos e do uso dos recursos em geral.

Descrição do sistema operacional e das variáveis utilizadas no programa - O Controlpec 1.0 é um aplicativo desenvolvido em ambiente Excel®, de extensão “.xls”, constituído de várias planilhas: manual de instruções, abertura, plano de contas, planilhas para lançamentos diários (uma para cada um dos 12 meses do ano), síntese-despesas,

síntese-investimentos e pró-labore, síntese-receitas e margens. Apenas as planilhas Abertura, Plano de Contas e aquelas para lançamentos diários de receitas e despesas permitem a entrada de dados. As demais planilhas são de resultados e apresentam relatórios consolidados. As células que contêm fórmulas ou outros elementos permanentes estão protegidas contra alterações.

Principais informações para suporte à decisão - Os dados são agrupados da seguinte forma: Despesas, Investimentos, Receitas e Pró-Labore. Dentro de cada grupo, o usuário deverá definir um conjunto de contas particulares para sua fazenda, que depende das características do sistema de produção e do nível de agregação por ele desejado. Por exemplo, “Medicamento” pode constituir um plano de contas ou ser computado em um plano de contas mais abrangente, como “Produtos Veterinários”. Estão disponíveis até 50 contas para despesas, 30 para investimentos, 30 para receitas e três para componentes do pró-labore.

Os totais anuais de despesas, investimentos, retiradas de pró-labore e suas somas, bem como as margens calculadas, são também apresentados como porcentagens da receita anual. Também é apresentada a média desses indicadores para o período transcorrido entre janeiro e o mês corrente. Por fim, é calculada a razão pró-labore/margem II, para que se verifique se os valores retirados pelo produtor são adequados e não comprometem a saúde financeira da fazenda.

Um exemplo de aplicação do Controlpec é encontrado em Melz (2013), que usou o programa para calcular os custos de produção com base nos dados de 525 animais levantados por Oiagen et al. (2008). Apesar do cálculo do custo de produção na íntegra não ser possível usando ape-

nas esse aplicativo, o autor lançou mão de outros artifícios para complementar suas análises, o que pode ser também realizado por outros usuários.

Alguns limitantes - O Controlpec 1.0 não pode ser usado como um sistema contábil, pois não segue os preceitos da contabilidade formal. Sua concepção teve como base o fornecimento simplificado de indicadores econômicos elementares de uma fazenda de pecuária de corte, tendo como limitação, dentre outras, o fato dos investimentos serem considerados na íntegra no momento de sua realização, ao invés de se considerar uma depreciação anual. Por esse motivo, é necessário cautela ao interpretar os resultados já que estes consideram na íntegra os investimentos no momento de sua realização.

Outra característica do sistema é limitar-se à análise de fluxos, sem levar em conta a variação nos estoques de bens e de capital. Um balanço patrimonial simplificado serviria para complementar os indicadores apresentados, contribuindo para enriquecer as avaliações realizadas.

5.2.2 Gerenpec

Utilidade/objetivo do programa - O aplicativo Gerenpec® 1.0 é uma ferramenta de planejamento desenvolvida pela Embrapa Gado de Corte com o apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (COSTA; CORRÊA; FEIJÓ, 2006). Este aplicativo simula o desenvolvimento de uma fazenda de pecuária de corte ao longo de dez anos, permitindo definir, prever e consolidar números referentes aos bovinos, às pastagens e ao sistema de produção.

Descrição do sistema operacional e das variáveis utilizadas no programa - O Gerenpec® 1.0 é baseado na planilha eletrônica Excel, cujo arquivo apresenta uma extensão do tipo “xls”. Em sua interface com o usuário, a planilha possui um “Menu” principal que está dividido em três grandes blocos: (1) entrada de dados; (2) resultados físicos e econômicos; e, (3) gráficos. São 15 as planilhas de entrada de dados: cadastro da propriedade; pastagens; definição do sistema e rebanho inicial; peso do gado magro; reprodução e mortalidade; descartes; vendas por categoria; compra de bovinos; peso do gado gordo e rendimento de carcaça; gastos atuais: produtos veterinários e suplementos; mão de obra; outros gastos; preço do gado cria/magro; preços do gado gordo/abate; pró-labore do produtor; e, taxa de juros. Três planilhas exibem os resultados físicos da simulação, enquanto outras seis planilhas trazem os resultados econômicos. Há ainda uma planilha que expõe a evolução do rebanho, ano a ano.

O aplicativo consolida os números anuais referentes aos bovinos, às pastagens e ao sistema de produção como um todo, projetando os resultados físico-econômicos ao longo de um período de dez anos. Cada ano, denominado “ano pecuário”, está compreendido entre os dias 1º de julho e 30 de junho. O usuário pode gravar os resultados correspondentes a cada uma das alternativas simuladas.

Principais informações para suporte à decisão - O programa pode ser usado de duas formas principais:

- Simular mudanças nas variáveis de interesse para realizar uma projeção específica.
- Simular várias projeções sequenciais, atribuindo diferentes valores para uma mesma variável ou grupo

de variáveis de interesse, e com isso obter cenários diversos.

Um exemplo de utilização conforme o item (1) é o trabalho de Barros (2011), que avaliou os impactos econômicos da doença neosporose, fazendo uso da ferramenta Gerenpec para simular a evolução física e econômica de fazendas modais de Mato Grosso do Sul, considerando três níveis tecnológicos. Os resultados da simulação indicaram que nas fazendas de nível tecnológico mais avançado as perdas foram maiores, e conseqüentemente, o impacto econômico também.

O Gerenpec, quando usado segundo o item (2), permite análises de sensibilidade que podem ser “salvas” como arquivos distintos e comparadas posteriormente com o intuito de identificar possíveis riscos. Com algumas ressalvas, o aplicativo pode ser usado ainda na simulação de cenários macroeconômicos da pecuária regional, se ao invés de considerar uma fazenda específica, forem utilizados os dados e coeficientes técnicos médios do rebanho da região. Nesse caso, as informações geradas podem colaborar na elaboração de políticas públicas.

Alguns limitantes - Algumas situações não estão, a princípio, contempladas na estrutura da planilha, como por exemplo, o confinamento de bovinos. Para quem adquire familiaridade no uso do aplicativo, porém, é possível simular o confinamento, zerando-se o peso dos garrotes a confinar. Com isso os animais deixam de demandar área de pastagem. Como as unidades-animal desta categoria tornam-se nulas, os gastos proporcionais ao rebanho também são zerados, tornando necessário incluí-los à parte na planilha com outros custos do confinamento. Outra

limitação é que o Gerenpec não opera em computadores da Macintosh.

5.2.3 Embrapec

Utilidade/objetivo do programa - O software Embrapec, desenvolvido pela Embrapa Gado de Corte em parceria com a Embrapa Informática Agropecuária, é um modelo de simulação para auxiliar no planejamento e nas tomadas de decisão da pecuária de corte, considerando o sistema de produção como um todo (incluindo ou não cultivos agrícolas) nos seus aspectos estruturais, biológicos e econômicos. Este software é bem mais complexo que o Gerenpec, mas também mais completo quanto ao nível de detalhamento das variáveis e dos resultados.

Descrição do sistema operacional e das variáveis utilizadas no programa - O Embrapec foi desenvolvido em linguagem FORTRAN IV, com uma estrutura modular constituída de um programa principal e de 62 sub-rotinas. Cada sub-rotina simula um evento específico de forma individualizada, que é acionada pelo programa principal ou chamada a operar por outras sub-rotinas (CEZAR, 1982). O Embrapec desenvolve a simulação a partir de 370 variáveis que entram no modelo como dados, classificados em cinco grandes grupos:

- Estrutura física (uso do solo; benfeitorias; animais de serviço; e, rebanho).
- Estratégias e tomadas de decisão.
- Índices, desempenho e manejo do rebanho.
- Suporte das pastagens.

- Preços, custos e taxas.

A dinâmica do modelo é simulada com intervalo de tempo mensal, podendo chegar a um máximo de 20 anos. O software gera 23 relatórios que permitem acompanhar, avaliar e comparar a evolução e os impactos físico, biológico e econômico dos sistemas simulados. Entre os indicadores biológicos, destaca-se a produção de carne por hectare (Kg de carne/ha/ano). Entre os indicadores econômicos, merecem destaque os parâmetros de análise de investimento, tais como Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Relação Benefício/Custo (B/C), além do custo de produção da arroba do boi gordo e das margens econômicas - Margem Bruta (MB), Margem Operacional (MOp) e Lucro (L).

Principais informações para suporte à decisão - O aplicativo simula o desenvolvimento de uma propriedade rural que opera com o ciclo de produção completo (cria-recria-engorda), cria-recria ou somente cria, além de incorporar a estrutura física da propriedade, combinando, ou não, a atividade de pecuária com culturas de verão, em processos de formação e/ou recuperação de pastagens. Suas simulações permitem ainda o uso de financiamento para investimentos e custeio da lavoura.

A estrutura e as interfaces do software permitem que o usuário simule sistemas de produção isolados e independentes e/ou como alternativas (Sistemas Alternativos) a partir de um sistema existente ou de referência (Sistema Atual). Com isso, é possível realizar análises comparativas, observando as principais diferenças, positivas ou negativas, decorrentes da introdução de uma tecnologia ou mudança de coeficientes técnicos. Em Guimarães et al. (2005), por exemplo, o Embraprec foi usado para simular a sensibilidade

de três sistemas de produção de cria a variações de preços de insumos e produtos pecuários. A cada variação no preço dos insumos e/ou produtos um novo cenário era criado e os resultados para os três sistemas comparados. Assim como o Gerenpec, o Embrapec pode ser usado na elaboração de cenários regionais para a pecuária, facilitando a tomada de decisão de gestores públicos.

Alguns limitantes - A necessidade de dados para alimentar o sistema é relativamente grande, o que pressupõe um grau mais avançado de controle gerencial da propriedade rural antes de lançar mão desse software. Desse modo, o software pode não ser recomendado nos casos em que a gestão encontra-se em um nível muito básico, ou seja, totalmente intuitiva, sem uso de ferramentas de controle. Vale ressaltar ainda que, apesar do número de variáveis ser grande em uma primeira rodada de simulação, não há necessidade de preencher todas as variáveis novamente nas simulações subsequentes. Pode-se proceder somente as alterações das variáveis de interesse, salvando o arquivo resultante com algum identificador da alteração realizada.

Outro aspecto do software que pode limitar seu uso é a rotina exigida durante a instalação do programa no computador, para que o mesmo funcione adequadamente. Apesar de essa rotina ser relativamente simples, alguns usuários se sentem desconfortáveis e desistem de instalar o programa.

5.3 Uso e limitações na adoção de softwares gerenciais

O uso de softwares para fins gerenciais na pecuária vem crescendo anualmente e, como afirma Machado (2007),

substituindo as cadernetas de campo e outros métodos rudimentares. Ceolin et al. (2013) relatou que 40% de 34 pecuaristas entrevistados durante a Expointer 2007, importante feira agropecuária brasileira, faziam uso de softwares comerciais. Os demais usavam planilhas eletrônicas, especialmente para o controle zootécnico do rebanho. PEREIRA; WOODFORD (2011), em levantamento sobre a adoção de tecnologias gerenciais junto a 26 pecuaristas inovadores em Mato Grosso do Sul, constataram que 81% deles usavam software ou planilhas eletrônicas para gerenciar o rebanho. Em recente trabalho, PEREIRA; VIEIRA (2014) entrevistaram 30 pecuaristas da Associação de Criadores de Nelore do Brasil (ACNB) que participavam de um curso em gestão em quatro Estados brasileiros e constataram que, para fins de gerenciamento, 73% usavam computador, 63% usavam planilhas eletrônicas e 23%, softwares. Surpreendentemente, 20% desses produtores já faziam uso de smartphones como ferramenta gerencial, demonstrando o potencial destes equipamentos.

Outro indicativo do crescente interesse por aplicativos gerenciais é o número de acessos do Gerenpec e Controlpec, da Embrapa Gado de Corte: foram registrados 5.284 e 6.556 “downloads”, respectivamente, desde Fevereiro de 2012, resultando em uma média mensal de 170 acessos para o Gerenpec e 211 para o Controlpec. Os mecanismos de controle de “downloads” destes softwares não permite verificar quantos desses acessos resultaram em usuários assíduos dos programas, mas isso não invalida o argumento de que a procura por soluções informatizadas para os problemas gerenciais tem aumentado.

Se por um lado, a perspectiva de uso de softwares gerenciais na pecuária é positiva e crescente, por outro, o nível atual de adoção ainda é relativamente pequeno e

concentrado em alguns nichos de produtores, conforme sugerem os resultados apresentados acima. Alguns fatores têm limitado uma maior disseminação de softwares gerenciais, como apontou a pesquisa realizada por Ceolin et al. ((CEOLIN et al., 2013)): conhecimentos limitados de informática pelos produtores, problemas de interface e falta de treinamento e complexidade de uso, esta última também compartilhada por Pereira; Woodford ((PEREIRA; WOODFORD, 2011)) e Pereira; Vieira (2014). Outros fatores limitantes englobam a falta de integração entre módulos de gestão e de produção (Machado, 2002; CÓCARO et al., 2005), a baixa qualidade dos softwares disponíveis para a pecuária de corte ou ainda a pouca oferta de “demos” de softwares gerenciais, isto é, de versões gratuitas para que o usuário conheça o produto e suas funcionalidades antes de adquiri-lo (JORGE; MACHADO, 2010).

Fatores estruturais e conjunturais também concorrem para a baixa utilização, de um modo geral, de softwares no meio rural. Segundo dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2006) o número de propriedades rurais que possuem computador é baixo (3,55%) e/ou acesso à internet (1,45%). Além disso, o baixo nível educacional no meio rural agrava a situação, pois, segundo estudos realizados por OHLMER (1991) e ALVAREZ; NUTHALL (2006), o uso de computador no meio rural está positivamente associado ao nível de escolaridade. Dados do mesmo Censo revelam que aproximadamente 34% das pessoas que dirigem o estabelecimento rural não sabem ler e escrever ou, se o sabem, não têm instrução alguma. Situação semelhante ocorre com a mão de obra rural. A baixa escolaridade de funcionários limita o uso de softwares gerenciais e restringe a coleta de dados de campo, processo essencial num contexto de pecuária de precisão. Tais questões são de responsabilidade

governamental e precisam ser atacadas para que a inovação tecnológica venha a ocorrer de fato e definitivamente no campo.

5.4 Perspectivas e principais conclusões

A inovação tecnológica está mudando o agronegócio brasileiro e disponibilizando melhores ferramentas para tomada de decisão do produtor rural. O uso intensivo de tecnologia e inovação nos últimos 40 anos tem gerado resultados visíveis para a competitividade, proporcionando um conjunto de oportunidades para o mercado brasileiro de software, especialmente voltado para o agronegócio, dinamizando a tecnologia por meio de novas plataformas (CRUVINEL; ASSAD, 2011). Os métodos de coleta, processamento e análise de dados têm mudado rapidamente, acompanhando uma forte tendência para a automação e integração dos processos. Sensores eletrônicos e processadores, que no passado eram disponíveis apenas para a indústria, têm chegado ao campo, imprimindo uma nova dinâmica na gestão das fazendas, integrando as diversas áreas da produção e das finanças. Segundo Kay et al. (2008), os dados gerados nessas novas plataformas ajudarão os tomadores de decisão a customizar o manejo de cada hectare de terra ou cabeça animal. Esses autores defendem que sensores eletrônicos miniaturas serão capazes de coletar e registrar dados do rebanho, monitorando continuamente o nível de desempenho individual dos animais, seu consumo e o estado sanitário. Isso resultará em grande impulso à pecuária de precisão.

Outra tendência é que aumentem os serviços online de suporte à decisão. Atualmente, os serviços mais usados são

do tipo “consulta”, como por exemplo, sites de informações meteorológicas ou de notícias do agronegócio; ou serviços do tipo “apoio à comercialização”, tais como compra e venda de produtos agropecuários e de máquinas e equipamentos agrícolas, acesso ao mercado futuro do boi gordo, etc.

Crescentemente, pecuaristas demandarão acesso facilitado e em qualquer tempo aos dados de sua propriedade. Com isso, abrem-se portas para uma nova modalidade de suporte à decisão: serviços ou plataformas online que permitam acesso instantâneo à base de dados ou relatórios gerenciais para tomada de decisão em tempo real. Um exemplo prático é o serviço de consulta online que o Programa Genepus, da Embrapa Gado de Corte, pretende disponibilizar a seus usuários. O Programa, especializado em assessoria a plantéis de genética superior, permitirá ao pecuarista cadastrado acessar, a qualquer momento, os dados de seu rebanho e as recomendações de acasalamentos por meio de um portal na web. Seguindo este modelo, o mesmo é vislumbrado para a área gerencial, com o crescimento de empresas de assessoria técnico-financeira que poderão criar canais de acesso direto ao banco de dados específico de cada cliente por meio de uso de senhas.

Na esteira da evolução tecnológica, a gestão da empresa rural deverá beneficiar-se ainda da rápida adoção de smartphones e tablets. A disseminação desses equipamentos, inclusive no meio rural, acompanhada do desenvolvimento de novos aplicativos de suporte ao gerenciamento da fazenda (ex. controle de despesas e receitas), estimularão práticas gerenciais já consagradas, mas que pela dificuldade de coleta de dados e tempo demandado acabam subutilizadas. Kay et al. (2008) conjecturam que no futuro será possível registrar e atribuir automaticamente cada uma das vendas ou das despesas a um plano de contas fazendo

uso de código de barras ou cartão de débito. Isso pode vir a ser potencializado caso o sistema bancário aprimore algumas de suas ferramentas já disponibilizadas aos clientes para gerenciar suas contas. O sistema poderá sofrer novos desenvolvimentos para, verificadas as compatibilidades de sistema operacional, ser sincronizado com os aplicativos gerenciais do produtor. Desse modo, as transações bancárias poderão igualmente ser automaticamente transferidas e registradas pelo aplicativo gerencial, reduzindo significativamente a necessidade de digitação de dados e aumentando a acurácia do resultado final.

Especificamente sobre as perspectivas do mercado de software agropecuário, seguem algumas das áreas de grande potencial de desenvolvimento tecnológico, citadas por Cruvinel; Assad (2011):

- Software para avaliação e previsão de produtividade, colheita, mapas da variabilidade espaço-temporal, plantio automático de sementes, aplicação de insumos taxa-variável (fertilizantes; agroquímicos e outros).
- Software para a interpretação e avaliação de técnicas de manejo, modelagem e recomendações.
- Software para sistemas ubíquos, redes de sensores embarcadas em máquinas, redes de sensores sem fio (RFID3 e PDAs4) e robótica agrícola.
- Software para interoperabilidade de equipamentos e dispositivos.
- Software para tratamento de dados agrícolas de redes de sensores sem fio com coleta de dados em tempo real, distribuídos, nós fixos ou móveis.

- Software para operacionalização de novos dispositivos e sensores para a agricultura baseados em uso de nanotecnologia.
- Software para sistemas computacionais que integrem sinergicamente nanotecnologia, biotecnologia, tecnologia da informação e ciência cognitiva.
- Software para biocomputação ou bioinformática para análises complexas de sequências biológicas de origem animal e vegetal, visando o combate de doenças e produção de alimentos.

Diante destas novas perspectivas, a pecuária de precisão tende a se consolidar cada vez mais, a exemplo do que ocorreu com a agricultura de precisão. Novos meios, novos métodos e novas necessidades surgirão e a bovinocultura de corte brasileira muito terá a ganhar se conseguir acompanhar a atual revolução tecnológica, inclusive no campo gerencial. Disso depende sua competitividade e, primordialmente, sua persistência no longo prazo.

Ferramentas de pecuária de precisão voltadas à nutrição de bovinos de corte

SERGIO RAPOSO DE MEDEIROS

LUÍS GUSTAVO BARIONI

RODRIGO DA COSTA GOMES

TIAGO ZANETT ALBERTINI

DANTE PAZZANESE LANNA

O aumento na eficiência na criação de bovinos em pastagens demanda o gerenciamento da quantidade de forragem produzida e seu valor nutritivo, bem como da interação entre os animais e as forrageiras. Além disso, a oferta de suplementos alimentares e o uso estratégico da engorda confinada são fundamentais para a sustentabilidade da produção de carne bovina. Para este sistema complexo e desafiador, cada vez há maior demanda por tecnologias que permitam melhorar a sua gestão. O manejo nutricional,

em particular, traz inúmeras oportunidades de emprego de tecnologias que são usadas para coletar e gerar informações auxiliando a tomada de decisão. Mais informações permitem melhores decisões e, portanto, um uso mais ajustado de recursos, o que garante um melhor resultado econômico e, concomitantemente, menor impacto ambiental. Neste capítulo descrevemos algumas destas tecnologias, seus impactos, suas limitações e as perspectivas de uso e aperfeiçoamento.

6.1 Softwares para alimentação animal de precisão

6.1.1 Determinação de produção da pastagem:

A produtividade da pastagem é definida, em grande extensão, pelo clima e pelo manejo (CARNES, 2011). Na maior parte do Brasil, há acentuada variação sazonal na produção de forragem, além de considerável variação na produtividade das pastagens relacionada à instabilidade dos padrões climáticos de um ano para outro. Assim, as informações sobre os padrões climáticos e ferramentas computacionais para estimar a produtividade da pastagem são vitais para o bom planejamento de sistemas pastoris (BARIONI et al., 2011; BARONI et al., 2012).

O “Embrapa Invernada” (BARIONI, 2011) é um sistema de apoio à tomada de decisões que permite estimar a produtividade e a qualidade da pastagem a partir de dados de solo, clima, adubação e manejo do pastejo. O programa inclui dois módulos de estimação de produtividade da pastagem: (1) módulo estático (Nível 1) e (2) módulo dinâmico (Nível 2). O módulo estático (Figura 6.1) calcula a produtividade (já corrigida para adubação e disponibilidade hídrica), mas desconsidera os efeitos do in-

tervalo e da intensidade de desfolha sobre a produtividade da pastagem. Esse módulo também não considera os efeitos do manejo sobre a qualidade nutricional da pastagem. O módulo estático calcula a produtividade em três passos: (1) estima a produtividade de referência para as temperaturas médias mensais fornecidas; (2) estima a produtividade potencial com os fatores de correção para magnitude de produção e adubação nitrogenada, fornecidos pelo usuário e (3) estima o conteúdo de água no solo e o fator de correção para restrição hídrica.

As estimativas de produtividade de referência do Embrapa Invernada são calculadas com base na temperatura mínima do ar, a variável climática que teve o maior poder preditivo e robustez na predição da produtividade das pastagens (TONATO, 2009; TONATO et al., 2010).

O Embrapa Invernada permite ao usuário corrigir a magnitude da produtividade da pastagem (campo % Ajuste de Magnitude na Figura 26). Entretanto, esse procedimento requer cálculos adicionais por parte do usuário que não estão incluídos no sistema. Uma forma prática para estimar a magnitude de produção a partir das taxas de lotação é o proposto na Equação:

$$\frac{5 \times \overline{\text{TxAc}}}{\overline{\text{TL}}} = \% \text{ Ajuste de Magnitude (1)}$$

Na qual $\overline{\text{TxAc}}$ é a taxa média de acúmulo de forragem (kg MS/ha), i.e. a média das estimativas mensais do Invernada, e; $\overline{\text{TL}}$ é a taxa média de lotação observada (UA/ha) no sistema produtivo ou em sistemas de produção similares. Essa estimativa baseia-se em um consumo de matéria seca de 8 kg.UA⁻¹.dia⁻¹ e em uma eficiência de colheita de 40%.

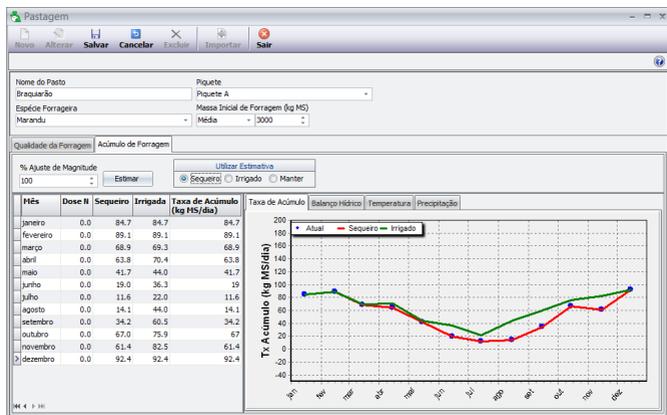


Figura 26 – Módulo estático (nível 1) para estimação da produtividade de forragem da pastagem do software Embrapa Invernada versão 1.0.

As correções de produtividade em função da adubação são feitas somente para fertilizantes nitrogenados e desconsideram efeito residual e o aporte de nitrogênio proveniente da matéria orgânica do solo, leguminosas ou da atmosfera. Uma equação empírica com respostas decrescentes em função da dose de adubo nitrogenado é utilizada.

No Embrapa Invernada, o conteúdo de água no solo é calculado a partir de dados de precipitação pluvial, temperatura e capacidade de armazenamento de água no solo. Os dados de clima estão disponíveis no próprio programa, mas podem ser usados dados locais, bastando alimentar o programa com as informações. O modelo, similar ao proposto por Allen et al. (1998), possui apenas um compartimento e calcula evapotranspiração potencial (utilizando o coefici-

ente de cultura, k_c , fixo = 1.0), evapotranspiração real e o índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) para o cálculo da produtividade da pastagem.

No nível 2, o Invernada utiliza um modelo dinâmico para o cálculo da partição das frações morfológicas e para a desfolha por pastejo. O modelo dinâmico calcula a partição entre folhas e hastes em função do índice de área foliar corrente. Quanto maior o índice de área foliar, maior a proporção do crescimento alocada para os colmos. Ademais, folhas e colmos possuem compartimentos de massa associados à idade dos tecidos. O novo crescimento é alocado ao compartimento de tecido mais jovem, enquanto parte da massa de um determinado comportamento de idade vai sendo transferida a um compartimento de maior idade até o último compartimento, no qual o material entra em senescência (Figura 27).

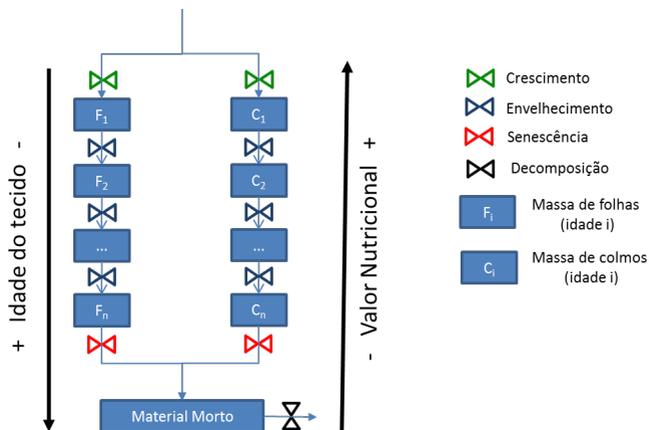


Figura 27 – Diagrama conceitual do modelo dinâmico de crescimento, senescência e decomposição da forragem da pastagem do software Embrapa Invernada versão 1.0. A versão atual do Invernada usa seis categorias de idade dos tecidos. O tempo médio de permanência em cada categoria de idade não é cronologicamente constante, mas baseado em soma térmica.

6.2 Interação animal X pasto: princípios e limitações

A interação entre a pastagem e o animal é dada por meio do processo de pastejo. O modelo descrito por Woodward et al. ((WOODWARD, 1997)) e Woodward et al. (2001), permite simular a seletividade (entre folhas, colmos e material morto) e os efeitos de disponibilidade sobre a ingestão de matéria seca (IMS).

O modelo de pastejo calcula as taxas de IMS de hora

em hora, a partir da disponibilidade e composição da forragem. O tempo de alimentação para saciedade (TAS) para atender a demanda energética fornecida pelo modelo animal é então calculado. O tempo real de pastejo (TAR) pode ser maior que o tempo disponível para o pastejo, inclusive maior que 24 horas. O TAR é limitado a partir de uma função do valor calculado para o TAS (Figura 28).



Figura 28 – Relação entre tempo de alimentação para a saciedade (TAS), i.e. atendimento à demanda energética do animal e tempo de alimentação real (TAR).

O Embrapa Invernada limita, portanto, a IMS em função da disponibilidade e da qualidade de forragem da pastagem. Isto é, a baixa disponibilidade de forragem, particularmente de folhas, reduz a taxa de ingestão de forragem pelos animais que, eventualmente, não pode ser compensada pelo aumento do tempo de pastejo.

6.3 Limitações, desafios e perspectivas

O Embrapa Invernada é o primeiro sistema de apoio à tomada de decisões, baseado em simulação com modelos dinâmicos, disponibilizado ao público na pecuária brasileira. Apesar dos avanços, o sistema possui um conjunto de limitações que deve ser conhecida, considerada e trabalhada para o desenvolvimento de futuros sistemas.

Entre as principais limitações do sistema está a carência de trabalhos para calibração e avaliação dos modelos. A estimativa dos parâmetros dos modelos do Embrapa Invernada foi predominantemente baseada em dados de produtividade das pastagens derivados de experimentos de corte em solos de alta fertilidade na região Sudeste, com poucas exceções. Aumentar a abrangência geográfica, o banco de dados para calibração e avaliação do Embrapa Invernada deve ser prioridade na continuidade dos trabalhos para desenvolvimento do sistema.

Uma das maiores limitações do Embrapa Invernada é que apenas um lote de animal pode ser considerado em uma simulação e o manejo com lotação rotacionada é considerado de forma pobre, uma vez que ele não tem uma maneira direta de entrar o sistema de piquetes usados na rotação, exigindo criar vários períodos como se os piquetes estivessem isolados. Essas limitações do sistema dificultam sobremaneira seu uso para o planejamento alimentar do rebanho.

Futuros trabalhos de desenvolvimento do Invernada devem, ainda, focar uma representação mais elaborada dos processos relacionados à dinâmica de nutrientes do solo de forma a permitir melhor planejamento da adubação e suas respostas. Além disso, a modelagem adequada da dinâmica de nutrientes permitirá embasar futuros desen-

volvimentos no sentido de incorporar sistemas integrados com lavouras e florestas, além de permitir avaliação dos impactos ambientais da atividade.

6.4 Formulação de dietas

Pela característica de controlar totalmente a dieta do animal, o confinamento é a atividade de produção pecuária que permite o máximo exercício de nutrição de precisão. O atendimento será tão mais próximo às exigências, quanto melhor forem descritos os animais e mais acurados forem os valores nutricionais dos alimentos usados na formulação, o que, na prática, tem sido bastante problemático.

Com a popularização dos computadores pessoais, nos anos 1980, a programação linear passou a fazer parte da formulação de dietas para animais. Nesta época, o objetivo era encontrar a dieta cuja composição de ingredientes atendesse às exigências do animal com o menor custo por quilograma, ou seja, a “dieta de custo mínimo”. Ocorre que nem sempre a dieta de custo mínimo é aquela que necessariamente maximiza o retorno econômico, sendo que uma das explicações para isso é que pequenos incrementos no custo podem resultar em grandes aumentos de desempenho (LANNA; TEDESCHI; FILHO, 1999). Esses mesmos autores, neste trabalho, demonstraram o uso de programação não linear para determinar a dieta de mínimo custo da arroba, apresentando a versão 1.0 do programa RLM (Ração de Lucro Máximo). Além de a solução contemplar a dieta cuja energia resulta no desempenho mais econômico, outra vantagem destacada nesta abordagem é que a IMS e as restrições (níveis mínimos de proteína, cálcio, fósforo, etc.) são automaticamente estimadas pelo sistema em função

da energia da dieta.

Todavia, Lanna et al. (1999) comentam que uma das desvantagens da programação não linear seria a ocorrência de falsos ótimos, que é a determinação de um ótimo local em vez do ótimo global. Uma das maneiras para tentar evitar isso é fornecer uma dieta inicial mais próxima possível da solução ótima, fazendo essa melhoria em duas fases, na qual a dieta da primeira fase é a dieta inicial da segunda, como descrito por Barioni et al. (1999). Essa primeira versão do RLM foi programada em uma planilha do Microsoft Excel® e usava o “Solver”, um suplemento do Excel que usa um algoritmo generalizado de gradiente reduzido (GRG2, Frontline Systems). Há disponível um documento (BARIONI et al., 2003) no qual é descrito de forma prática como criar uma planilha usando Microsoft Excel® para gerar dietas de mínimo custo da matéria seca, usando o “Solver” com a opção “presumir modelo linear” (Atualmente, opção “LP simplex”). O fato é que a abordagem não linear (opção “GRG Não linear”) é mais interessante, por permitir encontrar o ganho que resulta no menor custo da arroba engordada.

Hoje, o RLM v.3.2 (Integra Software) é o programa de formulação mais usado em dietas de confinamento no Brasil (OLIVEIRA; MILLEN, 2014). Este programa tem como base informações de exigências e recomendações gerais de nutrição norte-americanas (NRC, 1996; FOX et al., 2003), mas é complementado com ajustes para nossas condições. Uma delas é a equação reparametrizada de consumo (ALMEIDA, 2005), que reduziu o viés de superestimativa de consumo de 3,2% para 1,3%, gerando previsões estatisticamente semelhantes aos valores reais observados (baseados em Teste t, $P < 0,10$).

Já com a equação de Almeida (2005) e outras melho-

rias, Hoffmann (2007) avaliou o RLM usando dados de literatura científica brasileira ($n = 21$) e confinamentos comerciais ($n = 892$ baias) para IMS e ganho de peso em jejum (GDPj). O RLM foi capaz de explicar de 67 ou 68 e 30 ou 53% na variação da IMS e GDPj, observados nos trabalhos de pesquisa ou em confinamentos comerciais, respectivamente. Hoffmann (2007) demonstrou, também, que os resultados do RLM para essas variáveis foram mais ajustados (menor viés) do que os do NRC (2000) e que a correção para perdas no fornecimento (fazendo a avaliação da IMS mais próxima do real) reduzia os desvios entre o simulado e o observado. Essa mesma autora concluiu, ainda, que a subestimativa da IMS estaria ligada à dificuldade em se obter a informação correta sobre tamanho corporal e nutrição prévia do animal (como indicador da ocorrência de crescimento compensatório).

O Embrapa Invernada também calcula dietas de mínimo custo da carcaça produzida, usando para determinação de desempenho e exigências nutricionais o “Modelo de Crescimento de Davis”, conforme Oltjen et al. (1986). Foram feitas algumas validações do Embrapa Invernada com dados de literatura nacional (ARAÚJO et al., 2011; PIERUCCI et al., 2013; Tabela 4).

Tabela 4 – Estatística descritiva dos valores observados, preditos e resíduos do ganho de peso médio diário (kg/dia) de bovinos de corte em confinamento

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	
Observado	1,313	0,187	0,94	1,54	Araújo et al., 2011
Predito	1,292	0,212	0,95	1,66	n = 16
Resíduo	0,021	0,164	0,33	0,32	
Observado	1,302	0,316	0,623	2,250	Pierucci et al., 2013
Predito	1,205	0,420	0,150	2,070	n = 59
Resíduo	0,096	0,320	- 0,384	0,32	

No caso dos dados de Araújo et al. (2011), foi feito um ajuste para a IMS que havia sido subestimada em 15%, em média. Já no trabalho de Pierucci et al. (2013), a versão utilizada foi a 1.2.25.45, já com a correção da IMS incorporada, e a equação de regressão obtida foi: $GMD_{\text{observado}} = GMD_{\text{estimado}} \times 0,46919 + 693,96277$ ($R^2 = 0,46$). O intercepto diferiu de zero ($P < 0,001$), demonstrando haver viés. Contudo, pelo Teste t, a média do resíduo ($6,4 \pm 43,76$ kg/animal/dia) não diferiu de zero ($P = 0,44$). Com o mesmo banco de dados, foi realizada a simulação com o ajuste da IMS para o valor observado. A acurácia, todavia, não melhorou, pois, além do intercepto ter sido significativo ($P < 0,001$), a média de resíduo ($92,1 \pm 40,46$ kg/animal/dia), analisada pelo Teste t, foi significativa ($P = 0,01$). Esses resultados mostram que a acurácia e a precisão do Embrapa Invernada podem ser melhorados, ainda que se considere que parte das discrepâncias deve-se ao fato dos dados de entrada serem valores médios ou aproximações. Um dos pontos mais críticos para conseguir formulações acuradas é a determinação dos valores nutricionais dos ingredientes. Hristov et al. (2013) comentaram que

a nutrição de precisão é uma ferramenta em destaque para redução da intensidade de emissão de gases de efeito estufa, pois dietas balanceadas evitam menor desempenho pelo não atendimento das exigências (subnutrição) e evitam perdas ao ambiente do excesso de nutrientes (supernutrição), mas que ela ainda esbarra na grande variabilidade de resultados de diferentes laboratórios comerciais. O “Ensaio de Proficiência para Laboratórios de Nutrição Animal”¹ é uma excelente iniciativa para reduzir essa variabilidade, incluindo a possibilidade de gerar tabelas abrangentes e acuradas dos alimentos usados no Brasil. Uma interessante opção de consulta de valores nutricionais é a CQBAL 3.0 (<http://cqbal.agropecuaria.ws/webcqbal/index.php>), da Universidade Federal de Viçosa.

6.5 NIRS Fecal para avaliação da alimentação de ruminantes

6.5.1 Considerações sobre a técnica

O aumento do poder e da disseminação dos computadores pessoais e o desenvolvimento de modelos, da estatística multivariada e no campo da quimiometria resultaram no maior uso da espectroscopia do infravermelho próximo, mais conhecida como NIRS (do inglês near-infrared spectroscopy), como alternativa aos métodos analíticos tradicionais para a determinação do valor nutritivo de alimentos (STUTH; JAMA; TOLLESON, 2003). A técnica utiliza uma fonte de luz com comprimento de onda com padrão conhecido que possibilita uma leitura completa da composição orgânica do material analisado (KEMPEN, 2001). Além disso, é

¹ (<http://eplna.cppse.embrapa.br/>)

baseado no princípio de que, quando irradiadas, diferentes ligações químicas na matéria orgânica absorvem ou emitem luzes de diferentes comprimentos de onda (PREVOLNIK; CANDEK-POTOKAR; SLKORJANC, 2004). Há, portanto, a possibilidade de associação do espectro resultante da leitura com a composição química e física da amostra analisada (PRICE et al., 2008). Atualmente, essa tecnologia é amplamente utilizada em diferentes campos, para a análise de alimentos, como revisado no trabalho de Stuth et al. (2003).

Em meados da década de 1990, pesquisadores americanos iniciaram a aplicação da técnica para a avaliação do status nutricional de herbívoros selvagens, por meio de uma avaliação indireta, utilizando análises de amostras de fezes (COLEMAN et al., 1989; LYONS; STUTH, 1992). Com mudanças na composição química da dieta, os produtos da digestão, tais como resíduos de plantas, corpos microbianos e metabólitos secundários também se modificariam e o comportamento destes compostos secundários nas fezes poderia, então, ser relacionado com as características dos compostos primários, ou seja, da dieta ingerida (STUTH; JAMA; TOLLESON, 2003).

Basicamente, a técnica consiste na geração de curvas de calibração a partir de pares de amostras de fezes e da dieta consumida pelo animal, em condições que imponham o máximo de variações nas características da dieta consumida. Com uma simples análise do espectro eletromagnético de uma amostra de fezes, seria possível, então, inferir sobre as características da dieta consumida. Dentre estas características, o mais comum é a estimativa das concentrações de proteína bruta e digestibilidade da matéria orgânica, porém também há aplicações da técnica para estimativas do teor fecal de amido, como indicativo da

eficiência da utilização deste nutriente na dieta de bovinos confinados (CAETANO, 2008). Stuth et al. (2003) apresentaram trabalhos que obtiveram curvas de calibração para determinação de proteína e digestibilidade, demonstrando o potencial de aplicação da técnica para bovinos, ovinos, caprinos, cervos e alces.

6.5.2 Aplicação da técnica de NIRS fecal para as condições brasileiras

A técnica do NIRS fecal foi inicialmente desenvolvida e aplicada principalmente para avaliar o status nutricional de animais selvagens em condições de pastagens nativas (COLEMAN et al., 1989; LYONS; STUTH, 1992). Estas áreas podem ser exploradas para a produção de espécies domésticas de herbívoros que são caracterizadas pela multiplicidade de espécies vegetais com potencial para alimentação dos animais criados naqueles locais. No Brasil, situações semelhantes são encontradas em diferentes biomas.

No Bioma Pampa, por exemplo, se encontram áreas de pastagem natural, compostas por cerca de 400 espécies de gramíneas e 150 espécies de leguminosas, sendo que este Bioma é responsável pela alimentação de cerca de 90% do rebanho de corte gaúcho (GENRO, 2009). No Bioma Caatinga, que abrange grande parte do nordeste brasileiro, a criação de caprinos e de ovinos é a atividade pecuária predominante, sendo desenvolvida em condições de um grande mosaico de espécies arbustivas e arbóreas (SILVA; FILHO; SOUSA, 2007). No Pantanal, região de importante atividade pecuária com aptidão para cria bovina e com exploração das pastagens nativas, Pott; Pott (1999) identificaram quase duas mil espécies vegetais, demonstrando a

dimensão da variabilidade florística naquele ambiente.

Relativo a esta heterogeneidade, Santos et al. (2002) destacaram que apesar dos recursos forrageiros serem a principal fonte de alimentos para os herbívoros, pouco se sabe como eles são usados ao longo dos meses e dos anos. Segundo os autores, o pouco conhecimento existente confere desafios técnicos ao manejo dos animais nestas áreas heterogêneas, como manejos nutricionais que atendam principalmente às variações temporais na qualidade e na disponibilidade dos recursos alimentares.

No intuito de melhor compreender a diversidade existente nas condições citadas, técnicas de análises de fezes podem contribuir na identificação de plantas consumidas pelos herbívoros. Santos et al. (2002) concluíram que análises micro-histológicas de fezes foram apropriadas para a identificação da composição botânica da dieta consumida por bovinos em pastagens nativas do Pantanal. Com estes resultados, entende-se que a avaliação de amostras de fezes pela técnica de espectroscopia de infravermelho próximo possui grande potencial para aplicações semelhantes, em ambientes que imponham maior complexidade de caracterização da dieta consumida.

Apesar do apelo demonstrado em relação às regiões brasileiras com exploração pecuária em pastagens nativas e na caatinga, são as pastagens com monocultivo que dominam o cenário produtivo. Pastagens dos gêneros *Brachiaria*, *Panicum* e *Andropogon*, perfazem cerca de 49,5 milhões de hectares (SANO; BARCELOS; BEZERA, 2001) e são responsáveis pela maior parte da produção de carne do Brasil (MACEDO, 2005). Apesar de serem menos complexas do ponto de vista da heterogeneidade florística, pastagens cultivadas, com predomínio de monocultivo, ainda desafiam a todos em relação ao verdadeiro valor nutritivo da forragem

consumida.

Além da variação sazonal na qualidade destas forrageiras, cujo padrão é bastante conhecido, a seleção alimentar realizada pelos ruminantes também é um fator complicador. Apesar de existirem técnicas que podem adequadamente simular o pastejo e, assim, o valor nutritivo da dieta ingerida (EUCLIDES; MACEDO; OLIVEIRA, 1992), estas são fortemente influenciadas pelo erro e despreparo de seu executor ou, por outro lado, não possuem a robustez necessária para serem aplicadas para animais mais seletivos, como os ovinos. Desta forma, outros métodos indiretos, tais como o NIRS fecal, para a estimativa do valor nutritivo da dieta consumida por animais em regime de pastagens cultivadas, podem ser importantes.

No que toca aos animais confinados, observa-se uma participação cada vez maior de fontes de amido, como milho e sorgo, na dieta (MILLEN et al., 2009; OLIVEIRA; MILLEN, 2014), no intuito de aumentar o desempenho animal e, também, a qualidade da carcaça produzida. Estando diretamente relacionado com a eficiência alimentar do animal confinado (BROWN et al., 2000; CHANNON et al., 2004), conhecer a digestibilidade do amido dietético pode então representar uma informação crucial para a tomada de decisão relativa ao manejo nutricional neste regime de alimentação, principalmente quanto à escolha da fonte de amido, de seu nível de inclusão e da sua forma de processamento. Assim, a determinação do amido fecal de animais em confinamento por meio de NIRS e a utilização desta informação para aplicação em equações que levem às estimativas da digestibilidade deste nutriente (ZINN et al., 2007), pode representar um importante processo para melhorias na eficiência produtiva nos confinamentos brasileiros.

6.5.3 Desafios e Perspectivas do Uso de NIRS Fecal

Com o desenvolvimento da técnica de NIRS fecal, serviços comerciais de diagnóstico e monitoramento nutricional se tornaram disponíveis em algumas regiões do mundo. A partir destes serviços, amostras de fezes podem ser enviadas a laboratórios por produtores e estes recebem relatórios e recomendações que dão suporte à tomada de decisão acerca do manejo nutricional. O apelo deste tipo de serviço se dá principalmente para animais em regime de pastejo, onde variações na qualidade nutricional das forrageiras inevitavelmente ocorrem e são mais difíceis de medir. Entretanto, como já comentado, pode haver grandes benefícios na aplicação da técnica também em regime de confinamento.

O desafio, porém, está principalmente na construção de curvas de calibração específicas para diferentes regimes alimentares. A técnica baseia-se na comparação de amostras pareadas, sendo uma de fezes e outra da dieta consumida. No caso de animais em pastejo, onde há o maior apelo no uso da técnica no Brasil, necessariamente haveria esforços grandiosos para abranger não só as diferentes gramíneas e épocas do ano, mas também os diferentes manejos que diretamente afetam a estrutura do relvado, a composição botânica, a disponibilidade de massa e o comportamento ingestivo. Por outro lado, há uma grande perspectiva que os benefícios trazidos pela precisão na suplementação alimentar possam sobrepor as dificuldades técnicas do desenvolvimento desta tecnologia para as condições brasileiras.

6.6 Ferramentas para auxílio ao fornecimento de alimento em confinamento

O controle do consumo em sistemas confinados é bem mais simples de ser feito do que em sistemas de pastejo. Como todo o alimento é fornecido ao animal no cocho, este se torna um local que facilita a coleta de dados. Um dos sistemas utilizado há mais tempo é o sistema individual de alimentação Calan Feeding System (CFS) da empresa American Calam Gates, idealizado ainda nos anos de 1970, que consiste em uma série de cancelas controladas por transponders individuais pendurados no pescoço dos animais que, ao se aproximarem do portão (3 a 8 cm), destravam a cancela apenas para especificamente determinado animal. Isso permite o controle individual do consumo, mesmo com os animais em grupo e dividindo o mesmo espaço (COLE, 1995). Um aspecto curioso é que há relatos que alguns animais aprendem a fraudar o sistema, comendo em cocho de outros animais, algo que pode passar despercebido. Outra dúvida é se esse sistema não alteraria o comportamento animal ou a IMS. Ferris et al. (2006) investigaram isso comparando o sistema da American Calan, sem restrição individual, com um sistema aberto. Eles concluíram que, apesar de a IMS ter sido medida com suficiente acurácia, os animais submetidos ao experimento com os CFS, reduziram o tempo de alimentação (4h05 vs. 5h32), compensando-o com uma maior taxa de consumo (1,38 kg MS/h vs. 1,15 kg MS/h). Essa estratégia foi uma resposta a maior competição por acesso ao alimento, algo que é menos crítico no uso mais comum destas cancelas, com acesso individual a cada cocho por um único animal.

Um sistema mais avançado e que tem ganhado mercado é o sistema da empresa canadense GrowSafe Systems.

A grande vantagem deste sistema é que a alimentação é feita em grupo, não havendo necessidade de treinamento. Em seu desenvolvimento, foi identificado que os sistemas de RFID (Radio Frequency Identification) convencionais tinham limitações para fazerem várias medidas ao mesmo tempo, pois vários brincos de RFID passivos e leitores muito próximos cancelam-se mutuamente. A leitura automática era dependente da orientação dos brincos, metais do ambiente causavam interferências e propagações indesejáveis, além de problemas com a sincronização (carrier phase). A tecnologia usada nos brincos atuais (Half Duplex) e melhorias no software permitiram que o sistema apresentasse desempenho satisfatório. O GrowSafe Beef mede a IMS continuamente a cada segundo no cocho, com resolução de 10 g, utilizando um algoritmo de peso “precedente/subsequente”. O fornecimento de alimento é medido automaticamente pelo sistema e, uma vez que é medido a cada segundo, não há necessidade de restringir o acesso dos animais, que podem continuar comendo.

Todos os dados coletados são gravados em disco rígido, mas há um sistema interativo de filtragem de ruídos. É possível, no monitor do computador, distinguir os ruídos do consumo individual de cada animal, pois cada um é representado por uma cor. A inclinação da curva ao longo do tempo permite o cálculo da taxa de consumo (g/min) de cada animal. Mendes et al. (2011b) avaliaram as medidas feitas pelo GrowSafe Beef quanto às visitas ao cocho, bem como frequência e duração das refeições, comparando com os dados observados com auxílio de filmagens dos animais. Identificaram, também, o tempo ótimo entre duas medidas (MPS) para considerar uma nova visita ao cocho, cujo valor foi de 100 segundos. O MPS é, portanto, a máxima duração entre duas gravações consecutivas de identificação

eletrônica (brinco), usada para considerar acabado o evento de visita ininterrupta ao cocho. O sistema automaticamente calcula: 1) consumo e taxa de alimentação; 2) tempo do evento e intervalo entre eventos, 3) frequência e duração das alimentações, 4) animais permanecendo no cocho, mas não consumindo, 5) número de animais alimentando simultaneamente e 6) hierarquia social, baseada na ordem de alimentação.

O Brasil já conta com um fabricante de sistemas similares ao GrowSafe Beef, chamado Sistema Intergado (Seva Engenharia Eletrônica S/A). Ele diferencia-se do GrowSafe por: 1) uso de sensor infravermelho para detectar a presença do animal no cocho e ativar a antena de leitura do chip de identificação (RFID Full Duplex). Esse sensor evita o registro de animais que apenas passam próximo da antena, uma vez que a antena estaria inativa até a confirmação da presença do animal no cocho pelo sensor infravermelho; 2) uso de contenção frontal no cocho para evitar brigas que façam os animais se alimentando sejam forçados a interromper o consumo, o que melhora a homogeneidade de consumo de animais submissos; 3) sistema simplificado de coleta de dados, resultando em arquivos menores sendo transmitidos ao servidor, pois a transmissão dos dados ocorre apenas com a entrada e saída dos animais no cocho. Isso reduz a necessidade de velocidade de rede e permite a transmissão por GPRS/GSM pelo coletor, ou seja, basta a existência de sinal para celular (Prof. Dr. Mário Chizzoti, Comunicação Pessoal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2014).

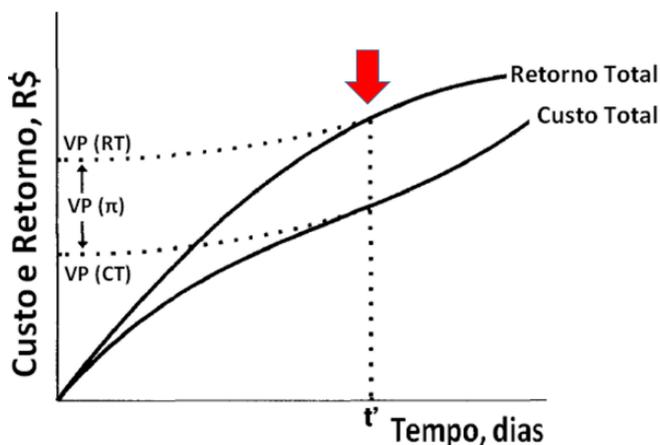


Figura 29 – Seleção técnica utilizando o ponto ótimo de abate [AMER et al. (1994), adaptado].

6.7 Determinação do ponto ótimo de abate e suas implicações na nutrição

O “ponto ótimo de abate” (POA) pode ser definido de forma geral como o momento mais lucrativo na fase de engorda do animal que pode ser calculado pela diferença entre o valor presente da receita (VPR) menos o valor presente da despesa (VPD, Figura 29).

O VPR pode sofrer variações em função da mudança nas características de qualidade de carne ou carcaça resultando em bonificações ou descontos do valor pago ao animal. Já o VPD sofre grande influência do consumo e custos dos alimentos, bem como dos custos não alimentares.

Nas décadas de 1960 e 1970, inúmeros trabalhos na área de composição corporal e exigências de energia e proteína foram desenvolvidos nos EUA. Estes trabalhos culminaram na elaboração do sistema californiano de energia líquida e no NRC de gado de corte de 1984. No Brasil, durante as décadas de 1980 e 1990, o Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal (LNCA) da ESALQ e outros centros nacionais lideraram trabalhos para desenvolver estudos de exigências, principalmente com bovinos da raça Nelore.

Já na década de 1990, os dados de composição e exigência foram utilizados para a elaboração de modelos mecanicistas focados na predição das exigências. Um exemplo destes é o Cornell Net Carbohydrate and Protein System, mais conhecido pela sigla CNCPS (OVERTON; RUSSEL, 2003). E, finalmente, na primeira década deste século, a pesquisa se focou no estudo da eficiência alimentar (MEDEIROS et al., 2013).

Duas metodologias importantes foram aplicadas aos estudos de eficiência. Primeiro, os modelos em computadores com o potencial de simular o crescimento, permitindo uma nova forma de estudar as inter-relações entre exigências, composição do crescimento e eficiência alimentar. Em seguida, as metodologias de sequenciamento do DNA permitiram que o foco da pesquisa se deslocasse do grupo (como grupos por faixa de peso, raça e sexo) para o indivíduo.

Hoje é possível pensarmos na utilização de metodologias genéticas e de mensuração da composição corporal (e.g. ultrassom) que alimentem um modelo de simulação do crescimento capaz de estimar individualmente a eficiência. Entretanto, todas estas metodologias precisam ainda ser avaliadas para que a pecuária de precisão, na área de eficiência, se torne uma realidade.

A linha de pesquisa sobre POA é relevante, pois, tradi-

cionalmente, o critério de abate dos bovinos é definido por um período fixo, pelo escore visual, peso e mais recentemente, pelo grau de acabamento avaliado por ultrassom. Contudo, nenhum destes métodos monitora diariamente em tempo real os animais na fase de engorda, tampouco utilizam métodos que maximizem a rentabilidade do produtor pela seleção de grupo ou indivíduos mais lucrativos.

Em um cenário real, a decisão ótima que resulta na melhoria da lucratividade deriva de diversas restrições que devem ser consideradas, tais como: abate por lote ou entre lotes; número mínimo de animais por abate; % indivíduos por lote; uma ou várias datas de saída para o abate; se o produtor é proprietário do gado, proprietário do confinamento e suas variações; características de qualidade de carcaça ou carne; quantidade de alimento ou insumos disponíveis e atendimento aos contratos futuros e escala de abate do frigorífico. Neste contexto, é válido explicitar que o POA está intimamente relacionado com a eficiência biológica e a qualidade da carne que são, em grande parte, definidos pelas mudanças na taxa de ganho e composição corporal.

Além disso, abater os animais no POA pode trazer benefícios indiretos significativos quanto às estratégias de intensificação e uso sustentável dos recursos naturais. Do ponto de vista da intensificação, abater animais no ponto ótimo significa, usualmente, remover mais rapidamente animais do sistema, permitindo a entrada de novos animais, aumentando a taxa de desfrute do estabelecimento. Já quanto aos recursos naturais, remover animais de forma antecipada significa dizer que os mesmos poderão apresentar uma menor concentração de gordura na composição do ganho, o que melhora a eficiência de conversão de alimento em carne, bem como reduz a quantidade de esterco ou

metano por quilograma de carcaça produzida.

Estudos que avaliem e monitorem a dinâmica do consumo, desempenho, deposição dos tecidos, qualidade de carne e o metabolismo energético, levando em consideração a variabilidade entre indivíduos, são imprescindíveis. Outras medidas de mais fácil mensuração de forma automatizada como aquelas obtidas pela tecnologia de câmeras RGB-D (Red, Green, Blue - Depth; KAWASUE et al., 2013) na reconstrução 3D dos animais poderão representar uma redução sensível no custo e tempo de avaliação das características corporais (condição corporal e grau de estrutura corporal) e suas relações com a demanda energética. A combinação do monitoramento destas características poderia prever de forma mais acurada e precisa o crescimento animal permitindo maior exatidão na determinação do retorno econômico ao longo do tempo pelo tomador de decisão.

O tomador de decisão não é somente o pecuarista, mas também a indústria frigorífica, que engorda em seus sistemas produtivos parte dos animais que abate. Esta última modalidade de produção tem aumentado no país. Segundo a Associação Nacional dos Confinadores (ASSOCON, 2011), os confinamentos próprios ou arrendados pelas indústrias JBS Friboi, Marfrig, Minerva, BR Foods, Frialto, Mondelli, Mataboi, Cooperfrigu, Frigol e Cowpig possuiriam a capacidade de confinar cerca de 421.000 bovinos/ano. Para contemplar estas duas situações (pecuarista ou indústria), os projetos propõem o desenvolvimento de um módulo de melhorias que maximize a margem bruta da atividade.

Para o pecuarista-confinador, o VPR será estimado em função do peso e do preço da carcaça. Já para o frigorífico-confinador, o VPR será predito pelo peso e preço

dos cortes comerciais. Além disso, estes dois tomadores de decisão poderão utilizar os critérios de qualidade de carne devidamente precificados (composição química dos tecidos e seus efeitos sobre o sabor e maciez) para melhorar o sistema. O modelo resultante da linha de pesquisa do LNCA/ESALQ-USP (Processo FAPESP 12/0396-5, <http://www.bv.fapesp.br/pt/auxilios/47749>) permitirá ao frigorífico selecionar grupos de indivíduos mais lucrativos, não só baseado no peso da carcaça, como ocorre hoje, mas sim no crescimento de músculos e em sua qualidade com maior valor agregado, melhorando a rentabilidade da indústria. O modelo resultante poderá ser utilizado para estimar de forma mais acurada e precisa a disponibilidade de matéria prima ao longo do tempo, possibilitando contratos futuros de cortes específicos para compradores no Brasil e no exterior.

Zebuínos possuem exigências nutricionais (LANNA, 1988; NRC, 1996; ALMEIDA, 2005) e dinâmica de deposição de tecidos distinta, quando comparado aos genótipos europeus. Desta forma, os parâmetros de modelos dinâmicos existentes baseados nos genótipos de origem europeia (OLTJEN et al., 1986; FRANCE et al., 1987; WILLIAMS; JENKINS, 2003; HOCH; AGABRIEL, 2004; TEDESCHI et al., 2004) podem não ser adequados às condições brasileiras. Dessa forma, portanto, adaptações (atualizações paramétricas e ajustes estruturais), ou mesmo o desenvolvimento de novos modelos mecanicistas, tornam-se processos indispensáveis para um sistema adaptado às condições brasileiras. Tais parâmetros podem ser estimados com base em metodologias de reamostragem (e.g., bootstrap; EFRON; TIBSHIRANI, 1993), inferência Bayesiana (BLASCO; PILLES; VARONA, 2003) a serem aplicados em uma população restrita ou mensurados em uma fração mais re-

representativa da população. Embora os projetos atuais do LNCA/ESALQ-USP estejam abordando os dois primeiros métodos (Adrielle Giaretta Biase, Comunicação Pessoal, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2014) também irão amostrar a população de bovinos Nelore.

Infere-se que uma próxima geração de modelos mecanicistas aplicados aos animais de produção baseados no indivíduo poderá ser desenvolvida nas próximas décadas. Eles passarão a utilizar parâmetros genéticos para identificação em tempo real de animais mais lucrativos, que permitirão projeções mais acuradas e precisas do crescimento, composição química corporal e, portanto, do POA. Para esta revolução ocorrer, um banco de dados genômico deverá ser estruturado e metodologias como GWAS (genome-wide marker assisted prediction) e seleção genômica deverão ser aplicadas. Como produtos estarão disponíveis no mercado SNPs (single nucleotide polymorphism) customizados acoplados a softwares de manejo ótimo para acelerar o progresso genético e melhorar a seleção de progenitores ou animais de produção mais lucrativos que culminarão no desenvolvimento de softwares de manejo ótimo.

Predição de eventos reprodutivos através da temperatura retículo-ruminal

JOÃO BATISTA GONÇALVES COSTA JÚNIOR

JÚLIO OTAVIO JARDIM BARCELLOS

PEDRO PAULO PIRES

ALESSANDRA CORALLO NICACIO

QUINTINO IZÍDIO DOS SANTOS NETO

MATHEUS DHEIN DILL

TAMARA ESTEVES DE OLIVEIRA

MARIANA DE SOUZA FARIAS

O desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas à pecuária brasileira e o avanço das fronteiras agropecuárias, têm colocado o Brasil em uma posição de destaque no mercado internacional da carne bovina. Para que este cenário seja mantido, é importante tornar o sistema cada vez mais eficiente, objetivando aumentar a produtividade de forma

sustentável. Devido a esta conjuntura, têm sido constatadas mudanças na maneira de administrar, e manejar todo o sistema, o que tem exigido do produtor conhecer e avaliar os fatores econômicos, operacionais, ambientais e humanos que afetam direta ou indiretamente a lucratividade (RAMSEY et al., 2005; BALBINOT Jr. et al., 2009).

Portanto, a intensificação na pecuária de corte é uma realidade nos últimos anos, reflexo da busca dos produtores por uma mudança do modelo tradicional - caracterizado pelo uso extensivo da terra - para um modelo configurado na inclusão frequente de diferentes tecnologias que favoreçam um melhor manejo dos animais e consequente aumento da rentabilidade do sistema de produção (MACDONALD et al., 2007; HERSOM et al., 2011).

O aumento do custo operacional na pecuária de corte tem ocasionado modificações estratégicas nos sistemas de produção, o qual tem conduzido o produtor a buscar alternativas que minimizem estes custos, principalmente, os referentes à mão de obra. Segundo CEPEA (2013), o salário mínimo teve um aumento de 33% entre 2010 e 2013 e representou 16% dos custos operacionais totais da pecuária de corte nacional. Como a mão de obra tem se tornado cada vez mais onerosa e, em alguns casos, escassa e/ou com baixa qualificação, busca-se cada vez mais eliminar algumas práticas, como por exemplo, diminuir o monitoramento dos animais. Para tanto, a incorporação de mecanismos e inovações tecnológicas às etapas do processo de produção, tem sido o caminho percorrido pelo pecuarista para solucionar esta problemática (KHANAL; GILLESPIE; MACDONALD, 2010). Segundo Rodenburg; Lang (2010), o custo de produção do sistema é um fator decisivo para que uma tecnologia seja adotada em uma propriedade. Nos sistemas com alta adoção tecnológica, a

redução dos custos pode atingir até 53% em relação às de baixa adoção (EL-OSTA; MOREHART, 2000).

Inovações tecnológicas que possam auxiliar o pecuarista no monitoramento animal podem ser utilizadas para prever ou prevenir futuros eventos fisiológicos. Pesquisas para o desenvolvimento destas diferentes tecnologias estão sendo realizadas nos últimos anos, principalmente na área do manejo reprodutivo, aliado a estratégias de pecuária de precisão.

Nesse capítulo, apresentamos a contribuição das ferramentas gerenciais, particularmente de softwares, para a pecuária de precisão. A seção 2 trata da conceituação dessas ferramentas e suas vantagens, além de trazer um panorama geral do mercado de software agropecuário. Na seção 3, os softwares desenvolvidos pela Embrapa Gado de Corte e seus parceiros são descritos. A adoção e os principais fatores limitantes ao uso de softwares de gestão são abordados na seção 4. Por fim, algumas perspectivas quanto ao uso de ferramentas gerenciais, bem como algumas conclusões, são apresentadas na seção 5.

7.1 Eventos reprodutivos

Para a realização do manejo do gado, alguns eventos necessitam de monitoramento constante dos animais, entre eles, o estro e o parto. Contudo, a redução da mão de obra nas propriedades tem diminuído a qualidade na execução destes monitoramentos.

7.1.1 Estro

O estro é o período durante o ciclo reprodutivo quando a fêmea apresenta modificações fisiológicas e comportamen-

tais que demonstram a ocorrência da ovulação. Portanto, a detecção do estro é um importante fator para o sucesso dos programas de inseminação artificial ou monta controlada, visto que o objetivo da detecção do cio é prever o momento da ovulação (DISKIN; SREENAN, 2000; RAO et al., 2013).

Para compreender melhor o que é a manifestação de cio, cabe, um rápido resumo dos eventos fisiológicos envolvidos nesse processo, a fim de que os diferentes métodos de detecção de cio sejam compreendidos e escolhidos de acordo com cada situação. O ciclo estral é didaticamente dividido em duas fases: folicular e luteal. A fase folicular é quando acontece maior desenvolvimento dos folículos ovarianos, havendo seu desenvolvimento final e a ovulação. A ovulação é precedida por um aumento na concentração de estrogênio, denominado pico, e responsável por alterações comportamentais nas fêmeas, a seguir há aumento na frequência de liberação de hormônio luteinizante (LH), também denominado pico de LH, e que leva a ocorrência da ovulação e posterior formação do corpo lúteo. A fase luteal é a maior fase do ciclo e se caracteriza pela presença de corpo lúteo (CL) e altas concentrações de progesterona. Nesta fase existe desenvolvimento folicular, mas os efeitos da progesterona elevada se sobrepõem aos efeitos dos outros hormônios característicos da fase folicular.

Durante a fase do ciclo estral denominada como estro, ou cio, acontecem algumas alterações comportamentais nas fêmeas, sendo a aceitação do macho a principal delas. Porém, existem outros sinais como o aumento da frequência de micção, aumento da atividade em geral (FIRK et al., 2002), edema de vulva, aumento da hidratação em vaginal, perda de apetite, variação de até 0,5 °C na temperatura corporal, diminuição na produção de leite, além da fêmea

buscar e montar sobre outras fêmeas (FIRK et al., 2002).

Existem diversas alterações fisiológicas, comportamentais e hormonais durante o ciclo estral em bovinos, porém, muitas dessas alterações são variáveis entre os animais e não são práticas de serem mensuradas rotineiramente. A principal forma de detecção de cio tem sido a observação dos animais para verificar se houve aceitação de monta. Recomenda-se que a observação seja feita duas vezes ao dia, por período mínimo de quarenta minutos em cada observação, sempre no início da manhã e final da tarde, com os animais em local tranquilo, sem muitas distrações (NEBEL et al., 2000). Entretanto, a detecção de cio eficiente por observação visual é demorada e requer muita atenção por parte dos funcionários. Além disso, o tempo de observação dos animais para detecção visual de cio ocupa cerca de 30% do tempo de trabalho dos funcionários, e é extremamente difícil de ser realizada em propriedades ou pastos grandes (FIRK et al., 2002). Calcula-se que aproximadamente 25% das vacas têm períodos de estro caracterizados por baixa intensidade (poucas montas) e curta duração (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). A observação visual de cio realizada duas vezes ao dia pode resultar em 32% de perdas de cio (FIRK et al., 2002). A observação visual é um método acurado para identificar os animais em cio, porém, sua eficiência pode ficar em torno de 50 a 70% (RORIE; BILBY; LESTER, 2002) e por isso é sempre considerada o componente mais oneroso dos programas de inseminação artificial (NEBEL et al., 2000).

A eficiência da detecção é definida como a porcentagem de animais em fase de estro realmente detectados, enquanto a acurácia é a quantidade de animais detectados em estro que realmente estão nessa fase do ciclo. Em grandes propriedades leiteiras a eficiência da detecção de cio

fica em torno de 50%, e a acurácia entre 70 e 95%. Em propriedade de gado de corte, a eficiência da detecção de cio relatada fica entre 53 e 73% e a acurácia entre 92 a 100% (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). Altas taxas de detecção de cio com boa acurácia têm importante impacto nos índices de gestação (FIRK et al., 2002).

Contudo, a baixa eficiência e acurácia para a detecção do cio têm resultado em baixas taxas de concepção (RAE et al., 1999). Cada cio não identificado das fêmeas bovinas resulta em perda de 21 dias de produção (RAO et al., 2013). A correta detecção do estro em bovinos depende de fatores que incluem o período do dia, duração e frequência de observação, tipo de piso, temperatura ambiental e número de animais que estão em estro simultaneamente. A observação visual da monta é o método com maior acurácia, entretanto, o período que a fêmea permite ser montada representa menos de 5% do total da duração do estro (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). A taxa de detecção de cio é variável de um rebanho para outro, com valores entre 30 a 70% das vacas que exibem cio sendo geralmente detectadas pelo pecuarista (DISKIN; SREENAN, 2000). Assim, a detecção do cio exige intensiva utilização de mão de obra e habilidade do pecuarista (RAO et al., 2013).

Assim, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas para aumentar a eficiência da detecção de cio. Os dispositivos disponíveis comercialmente são baseados em mudanças fisiológicas de atividade (pedômetros), mudanças de resistência elétrica das secreções do trato genital (sensores que medem a resistência intravaginal), atividade de monta (detectores de monta) (RORIE; BILBY; LESTER, 2002) ou mesmo a detecção de variação da temperatura retículo-ruminal (COOPER-PRADO et al., 2011). Todos esses equipamentos podem aumentar a eficiência de detecção de

cio em bovinos (RORIE; BILBY; LESTER, 2002).

7.1.2 Parto

A incidência mundial de problemas de partos em rebanhos leiteiros é menor que 5%, mas a taxa de partos assistidos varia entre 10 e 50%. Já, em rebanhos de corte, a incidência de problemas em primíparas fica em torno de 17%, enquanto em pluríparas o índice cai para em torno de 4%. Problemas de parto são responsáveis por até 40% da mortalidade neonatal nas primeiras 24 horas de vida, além de reduzir para apenas 85% a taxa de sobrevivência até o desmame. Bezerros nascidos em partos problemáticos são mais fracos ao nascimento e têm probabilidade de óbito 13 vezes maior até o desmame do que bezerros nascido em partos normais (RODRIGUES, 2008; MEE, 2008).

Fatores genéticos e não genéticos podem ocasionar desordens no pré ou periparto, acarretando prejuízos ao produtor devido aos gastos com serviços veterinários, horas extras, medicamentos e até mesmo com o valor dos animais que podem vir a óbito. A magnitude dos efeitos subsequentes dos problemas ao parto na produtividade do rebanho está relacionada à sua incidência e severidade. As principais consequências maternas evidenciadas posteriormente são redução da produção leiteira e diminuição do desempenho reprodutivo pós-parto, com queda na taxa de concepção (MCGUIRK et al., 2007; RODRIGUES, 2008).

Predizer o momento de início do parto é um requisito importante e que permite o atendimento do neonato e sua mãe, mesmo durante o trabalho de parto. Entretanto, em obstetrícia veterinária, o momento exato de proceder à assistência médica com intuito de preservar a vida fetal ainda é indeterminado. A duração dos estágios de parto

é bastante variável e os sinais de problemas podem ser discretos e difíceis de identificar. A intervenção precoce pode causar danos ao feto e ao canal do parto, por haver ainda inadequada dilatação cervical. No entanto, o retardo para auxílio veterinário pode comprometer a vida fetal pelo estabelecimento de quadro de sofrimento fetal (RODRIGUES, 2008).

O manejo correto de novilhas e vacas prezando um parto bem-sucedido, através do nascimento de um bezerro viável e uma transição suave e sem complicações para as categorias, são fatores dependentes de um conhecimento prévio das variáveis fisiológicas e comportamentais que norteiam o parto normal (MEE et al., 2004; ZABORSKI et al., 2009).

O parto é definido como o processo fisiológico no qual o feto e seus envoltórios são eliminados do útero gravídico pela dilatação das vias de expulsão fetal e por meio do desencadeamento de contrações uterinas e abdominais (Landim-Alvarenga, 2006). O parto normal compreende três estágios. O primeiro estágio inicia-se com contrações uterinas de baixa frequência e amplitude e dilatação cervical, podendo durar entre 6 e 16 horas. O segundo estágio tem início com a insinuação dos apêndices fetais no canal do parto, levado a ruptura da bolsa alantoidiana e/ou amniótica, desencadeando reflexos para as contrações abdominais que aumentam em força e frequência até a expulsão do feto. Esta segunda fase pode durar entre 1 e 3 horas, mas em primíparas pode chegar a 6 horas. O terceiro estágio envolve a expulsão dos anexos fetais por aproximadamente 8 horas (RODRIGUES, 2008).

Desde a década de 50 já se sabe que a temperatura corporal diminui próximo ao parto em bovinos. Embora poucos esforços tenham sido feitos para utilizar essa variação

fisiológica como parâmetro para determinar o momento do parto (AOKI; KIMURA; SUZUKI, 2005). Entretanto, fatores genéticos e não genéticos podem ocasionar desordens no pré ou periparto, afetando a produtividade da fêmea, além de sua sobrevivência e do bezerro (NAAZIE et al., 1989; MCGUIRK et al., 2007; MUJIBI; CREWS, 2009). Por isso, o parto tornou-se uma preocupação para os bovinocultores devido ao aumento da ocorrência de problemas de parto (distocia), o que torna necessário o monitoramento dos animais durante esse evento. Bellows et al. (1987) descrevem que o monitoramento dos animais durante o parto poderia proporcionar a assistência necessária e assim reduzir as perdas causadas pela distocia (dificuldades de parto. Por exemplo, bezerro fora de posição), visto que 50% das mortes de neonatos poderiam ser prevenidos pela oportuna assistência obstétrica.

7.2 Tecnologias de monitoramento de estro e parto em bovinos

O uso de tecnologias de monitoramento que sejam funcionais e eficazes para indicar o momento do estro e do parto podem ser ferramentas úteis para o pecuarista aumentar os índices de fertilidade e diminuir os problemas de parto das fêmeas. Várias tecnologias para monitoramento do estro e do parto, tais como ultrassom (WRIGHT et al., 1988), análise dos níveis hormonais sanguíneos (LAMMOGLIA et al., 1997), controle do nível de relaxamento dos ligamentos pélvicos (BERGLUND; PHILIPSSON; DANELL, 1987) e a combinação de fatores hormonais, mecânicos e fisiológicos (STREYL et al., 2011) vêm sendo testadas para que o produtor possa monitorar melhor esses futuros

eventos fisiológicos. Entretanto, o uso destas tecnologias para aferições contínuas requer manejos mais frequentes dos animais, consome tempo e mão de obra, o que torna a visualização do comportamento da vaca como a prática mais frequente (PALOMBI et al., 2013).

Dessa forma, outros sistemas de detecção de cio que envolva mais tecnologia e menos efeitos humanos, a fim de aumentar a eficiência vêm sendo desenvolvidos (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). Os dispositivos disponíveis comercialmente são baseados em mudanças fisiológicas de atividade (pedômetros), mudanças de resistência elétrica das secreções do trato genital (sensores que medem a resistência intravaginal) ou atividade de monta (detectores de monta) (CAVALIERI et al., 2003; RORIE et al., 2002) e avaliação de temperatura corporal (temperatura retículo-ruminal) (JÚNIOR, 2014).

O pedômetro é mais aplicável aos bovinos de leite e tem grande acurácia e eficiência quando combinado com a observação visual. A mensuração de resistência intravaginal pode ser o método menos prático devido às dificuldades de aplicação e necessidades de manejos, podendo ser útil para confirmar outros métodos. Os detectores de monta têm aplicação mais ampla, tanto para gado de corte quanto de leite. Dentre estes, o sistema conhecido como HeatWatch® é um sistema de radiotelemetria que faz mensurações em tempo real, requer menos manipulações com os animais e fornece dados do momento e duração da monta (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). A seguir, serão explicados em mais detalhes alguns desses dispositivos, suas vantagens e desvantagens.

7.2.1 Pedômetro

Estudos realizados nas décadas de 70 (HURNIK; KING; ROBERTSON, 1975) e 80 (AMYOT; HURNIK, 1987) baseados em filmagens contínuas feitas com vacas, revelaram que vacas gastam consideravelmente mais tempo andando quando estão em cio e menos tempo em repouso em comparação com momentos em que não estão em cio (NEBEL et al., 2000). Segundo relatos de literatura há aumento de 3 a 4 vezes na atividade associada ao início do cio em vacas. Observações contínuas de vacas de leite indicam que há aumento evidente da atividade de vacas cerca de 4 horas antes do início do cio (RORIE; BILBY; LESTER, 2002).

Com base nesse aumento de atividade é que foram desenvolvidos dispositivos denominados pedômetros, que contém um sensor de movimento para detectar e armazenar a quantidade de atividade (movimento) (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). A atividade do animal é mesurada por um sensor de mercúrio que é ligado ou desligado pelo movimento do animal (FIRK et al., 2002). Os pedômetros podem ser fixados no pescoço ou em um dos membros (FIRK et al., 2002, RORIE et al., 2002) tanto sozinho quanto integrado ao sistema eletrônico de identificação (RORIE; BILBY; LESTER, 2002).

A diferença de atividade é avaliada pela comparação dos dados gerados no dia do cio e no dia anterior (pró-estro) (FIRK et al., 2002). As mensurações feitas pelo pescoço do animal fornecem dados falso-positivos em maior número do que as mensurações feitas no membro posterior. Diferenças entre os membros anteriores e posteriores não são significativas. Atividade noturna e diurna não é significativamente diferente (FIRK et al., 2002). A acurácia do pedômetro pode variar entre 22 e 100%. Essa baixa acurácia (de-

vido aos falsos-positivos) tem sido atribuída às limitações técnicas do sistema (LEHRER; LEWIS; AIZIUBU, 1992).

Uma desvantagem desse tipo de metodologia é que esses sistemas podem armazenar as informações de atividade dos animais e serem lidos tão somente duas ou três vezes por dia, geralmente, por ocasião das ordenhas, o que reduz a eficiência em determinar o melhor momento para a inseminação (NEBEL et al., 2000). Fator este que contribui para que seu uso seja mais comum em gado de leite, devido às características do sistema de produção e atividades de manejo nas propriedades.

7.2.2 Impedância vaginal

A resistência elétrica de tecido do trato reprodutivo e suas secreções vêm sendo mensuradas e utilizadas como método de detecção de cio e momento de inseminação (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). As mudanças hormonais afetam a resistência elétrica do muco vaginal durante o ciclo estral (FIRK et al., 2002). O período próximo ao estro é caracterizado pelo aumento da hidratação da genitália em comparação com a fase de diestro. A hidratação tecidual está inversamente relacionada à impedância elétrica do tecido, sendo esta a base biológica do uso da impedância para detecção de cio (LEHRER; LEWIS; AIZIUBU, 1992). A resistência elétrica de secreções do trato reprodutivo é mais alta durante a fase lútea e declina na fase folicular do ciclo estral (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). O valor mínimo de resistência é atingido 25h antes da ovulação (FIRK et al., 2002), coincidindo com o pico de LH, algumas horas após o pico de estrógeno e do início do cio (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). Após o pico de LH, a resistência elétrica aumenta. Realizando mensurações das mudanças

na resistência elétrica das secreções vaginal e cervical ao longo do período é possível estimar o início do estro e aumento das gonadotropinas (RORIE; BILBY; LESTER, 2002).

Sua mensuração é feita utilizando sensores inseridos periodicamente no interior do lúmen vaginal e por eletrodos implantados junto ao tecido vulvar. A eficiência relatada da técnica está entre 65 82%, com a acurácia entre 57 e 82%. A aplicação do eletrodo para leitura é laboriosa e há risco de causar processo inflamatório (FIRK et al., 2002) sendo o sensor suturado à mucosa vaginal e necessitando ser removido antes da inseminação artificial e parto (LEHRER; LEWIS; AIZIUBU, 1992). Além disso, outras condições como cistos ou processos inflamatórios também podem alterar a resistência elétrica (FIRK et al., 2002). Estas desvantagens tornam esse método pouco usual para gado de corte.

7.2.3 Sensor de pressão de monta

Existem diferentes tipos de dispositivos ou sistemas para detecção de monta (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). De modo geral os detectores ou sensores são fixados na região da garupa das vacas, sendo acionados quando outro animal monta sobre o animal com o sensor. Porém, caso outro animal apenas se esfregue no animal com o sensor este pode ser acionado, gerando um falso positivo (FIRK et al., 2002). O sensor pode ter um indicador luminoso que acende ou muda de cor quando ocorre a monta (FIRK et al., 2002). Outra opção é o sensor emitir sinal por sistema de radiotelemetria para um detector que armazena os dados (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). Esses equipamentos são considerados como de simples aplicação, fácil uso e pouco

laboriosos (FIRK et al., 2002).

O sistema mais automatizado de monitoramento disponível comercialmente é chamado HeatWatch®. Ele consiste de um sensor individual acoplado na garupa da vaca que transmite os dados de momento e duração da monta por sinal de rádio para um receptor. Os dados são armazenados e podem ser acessados por um computador onde fica instalado o software de leitura. O software pode gerar vários relatórios sobre a atividade dos animais e sobre o transmissor. O sistema identifica como estro quando o animal recebe três montas de pelo menos dois segundos de duração cada, em período de quatro horas. Após o animal atingir esse critério mínimo para caracterizar o cio, a primeira monta nesse período de quatro horas é identificada como o início do cio (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). Os dados são cronologicamente armazenados em local externo ao computador, sendo transferidos ao computador quando requisitado pelo software. O software gera relatórios que podem ser lidos ou impressos (NEBEL et al., 2000). Uma lista de suspeitos de cio é criada agrupando-se os animais que receberem menos montas do que o critério estabelecido (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). A principal limitação prática desse sistema é o receptor do sinal precisa ficar localizado em região central da fazenda, para aproveitar melhor a área de transmissão e diminuir interferências (RORIE; BILBY; LESTER, 2002).

Estudos relatam que a eficiência de detecção de cio pelo sistema de detecção de pressão de monta por radiotelemetria tem eficiência entre 91 e 100% (CAVALIERI et al., 2003). Já, em estudo realizado por Porto-Filho et al. (2014), realizando aplicação de prostaglandina F₂α para indução de ovulação e sistema de detecção de monta por radiotelemetria (HeatWatch®) em búfalas o referido sis-

tema mostrou 90% de eficiência (45/50 animais detectados em cio) e 100% de acurácia (45/45 ovulações).

Esses sistemas permitem monitoramento da atividade de monta contínuo por radiotelemetria e a identificação automática dos animais (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). Além disso, permite o monitoramento em tempo real e requer pouco manejo com os animais, além de fornecer dados sobre momento e duração de cada monta (FIRK et al., 2002). Existem vários estudos avaliando a eficiência desses sistemas em gado de corte e leite, devido à sua versatilidade e possibilidade de aplicação tanto em gado de leite quanto de corte (RORIE; BILBY; LESTER, 2002). Outra vantagem desse tipo de sistema é que o momento da ovulação está mais relacionado com o início do cio do que com o final do mesmo, sendo o início do cio o parâmetro ideal a ser considerado em programas de inseminação artificial (IA) (NEBEL et al., 2000).

Entre as desvantagens é importante citar o alto custo desse tipo de equipamento de radiotelemetria e o risco com perda do sensor, o que poderia levar a perdas de detecção. Devido ao seu alto custo e à necessidade de localização do detector, seu uso no Brasil ainda está mais restrito ao gado de leite, embora seja perfeitamente aplicável a gado de corte.

7.3 Sensor de temperatura corporal

A temperatura corporal de uma vaca é de aproximadamente 38.6 °C. Durante o ciclo estral acontecem mudanças nessa temperatura corporal. Alguns dias antes do cio há uma redução da temperatura corporal, sendo a mínima temperatura observada dois dias antes do cio. E, durante o

cio, há relatos de aumento de 0.1 e 0.5 oC na temperatura corporal (FIRK et al., 2002).

As mensurações de temperatura podem ser feitas diretamente por via retal, tanto manualmente quanto por sensores implantados em diferentes regiões do corpo ou até indiretamente no leite. Mensurações manuais da temperatura retal para detecção de cio não são práticas para serem realizadas em fazendas comerciais. O uso de sensores implantados é uma maneira de obter a temperatura de modo contínuo. Existem relatos de que a temperatura corporal mensurada por implantes pode ser 1,1 a 1.6 oC maior que no reto (FIRK et al., 2002). O método mais comum de coleta de dados retal é através do uso do termômetro de mercúrio, um instrumento de fácil manuseio e geralmente não invasivo (BROWN-BRANDT et al., 2003). Os benefícios de mensurar a temperatura por sensores implantados estão altamente relacionados com a localização do mesmo. Além disso, influências de temperatura ambiente e condições atmosféricas podem ser eliminadas (FIRK et al., 2002).

A modificação da metodologia de coleta de dados e diminuição dos custos poderia melhorar a utilidade de algumas dessas tecnologias, tornando-as mais acessíveis para o produtor como, por exemplo, o monitoramento pela temperatura corporal (TC) (BURFEIND et al., 2011; COOPER-PRADO et al., 2011).

Prévios estudos avaliando a TC através de aferições das regiões vaginal, retal, epitelial ou retículo-ruminal mostraram que a TC apresenta aumento de até 0,4°C e queda de até 1°C no estro e parto, respectivamente, mostrando que esta variável poderia ser utilizada como preditiva do cio e do parto (LAMMOGLIA et al., 1997; COOPER-PRADO et al., 2011; BURFEIND et al., 2011;

SUTHAR et al., (SUTHAR et al., 2012)). Entretanto, há necessidade de coletas manuais constantes, as quais requerem cuidado especial para evitar lesões das regiões aferidas.

Os primeiros sistemas criados apresentavam algumas dificuldades pela curta duração da bateria, sensores de baixa precisão e a difícil aplicação, visto que alguns sensores eram externos ao corpo e ligados com o leitor interno por um arame (BLIGH; HEAL, 1974; BROWN-BRANDT et al., 2003). Os sensores mais comuns podem ser implantados na vagina (PALOMBI et al., 2013), úbere (LEFCOURT et al., 1986), ou na cavidade abdominal (BROWN-BRANDT et al., 2003) dos bovinos. Porém, os sistemas mais novos fazem a leitura da temperatura da região reticuloruminal (Trr) e são inseridos pelo esôfago, possuem um sensor com acurácia de 0,1°C, leitura frequente, formato cilíndrico, além de possuírem um sistema de transmissão de dados com leitura que permite o armazenamento dos dados da Trr em computador da propriedade. O sensor não possui bateria e não é invasivo, não havendo necessidade de retirada constante do aparelho da região reticuloruminal o que diminui os danos ao animal (COOPER-PRADO et al., (COOPER-PRADO et al., 2011); BROWN-BRANDT et al., 2003). Sievers et al. (2004) comenta que o uso do sistema intraruminal possui maiores vantagens em relação aos outros sistemas de monitoramento automático e semi-automático, por ser independente dos distúrbios externos, não ser manipulado externamente, possuir baixa probabilidade de perda, além de permitir o contínuo monitoramento da Trr.

O monitoramento desses eventos pela temperatura retículo-ruminal (Trr) parece ser uma metodologia interessante em relação às outras regiões já avaliadas, visto

que o sensor (Figura 30) que faz leituras frequentes dos dados encontra-se alojado em região que não causa danos ao animal, possui baixa probabilidade de perda e uso de mão de obra (SIEVERS et al., 2004).

O sensor que afere a Trr funciona por sistema de telemetria por rádio frequência, tecnologia que tem como princípio básico o uso de um sensor que gera um impulso elétrico proporcional à variação fisiológica e envia para um transdutor que transmite o sinal para um receptor (Figura 31), este envia o dado para um gravador que armazena a leitura (PATRANABIS, 1999). O ponto crucial do funcionamento desse sistema é a metodologia de transmissão dos dados entre o transdutor e o receptor que pode ser feita por fios ou por rádio, sendo essa transmissão a principal causa de muito dos problemas ocorridos nesse tipo de sistema de monitoramento (BLIGH; HEAL, 1974).

O uso da telemetria pode ser uma ferramenta útil para o produtor. As avaliações feitas das variações na TC aferidas pela temperatura retal foram equivalentes às encontradas pela Trr, mostrando que a Trr pode ser utilizada no monitoramento da TC (BEWLEY et al., 2008). COOPER- PRADO et al. (2011) avaliando a mudança da Trr em vacas de corte para a predição do estro, e parto, constataram que o sensor intraruminal foi eficiente em demonstrar o aumento da TC antes do cio e a queda da TC um dia antes do parto. Através da avaliação da Trr como preditor do parto em novilhas e vacas Holandesas, Costa Jr. (2014) mostrou que a variação na Trr antes do parto possui boa acurácia para predizer o evento. O limiar $-0,2^{\circ}\text{C}$ indicado para ser o alarme do início do parto apresentou bons valores de sensibilidade e especificidade independente do modelo. Constata-se que a Trr pode ser uma ferramenta útil para o produtor devido ao sistema



Figura 30 – À direita, sensor que afere a variação de temperatura retículo-ruminal (Trr), à esquerda caneta, indicando proporção e tamanho do sensor.

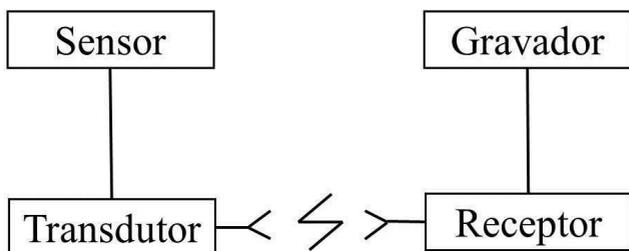


Figura 31 – Esquema de um sistema de telemetria por rádio frequência.

utilizado ser de fácil manuseio e mensuração, além de apresentar vida útil no interior do animal em torno de sete anos, considerando que em sistema de alta produção a vaca fica em torno de 4 a 5 anos no rebanho.

Com os avanços das tecnologias, o uso do sistema tornou-se mais viável pela maior precisão da leitura pelos sensores, maior duração da bateria e a diminuição do custo do equipamento (ALZAHAL et al., 2011), o que vem estimulando pesquisas para testar sua aplicabilidade para a bovinocultura (ALZAHAL et al., 2009). Além disso, é um sistema que pode perfeitamente ser utilizado tanto em gado de leite como em gado de corte.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de precisão no monitoramento de eventos fisiológicos como estro e parto são nítidas para o incremento da produtividade na pecuária. Existem diferentes alternativas tecnológicas que podem ser utilizadas, com diferentes vantagens e desvantagens, devendo ser escolhida a que melhor se aplica a cada tipo de propriedade situação. Deve se considerar, no momento de escolha, não apenas

o custo de cada tecnologia, mas também a eficiência e acurácia de cada tecnologia, a fim de que o investimento tenha retorno garantido.

Visão sistêmica na pecuária de precisão aplicada à bovinocultura de corte

MATHEUS DHEIN DILL

TAMARA ESTEVES DE OLIVEIRA

JÚLIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS

JOÃO BATISTA GONÇALVES COSTA JÚNIOR

A globalização da economia potencializada pela revolução digital e o aumento das exigências dos consumidores por alimentos seguros, produzidos de maneira ética e responsável são os desafios da pecuária de corte do século 21. Além disso, o crescimento populacional e o aumento da demanda por alimentos têm gerado discussões sobre as ações necessárias para garantir segurança e soberania alimentar de maneira sustentável.

Para assegurar o fornecimento de alimentos é indispensável o uso intensivo dos recursos produtivos, atendendo

às questões ambientais e socioeconômicas, e disponibilizando da melhor forma possível os nutrientes necessários de acordo com a categoria animal ((MNRC), 1996). O aumento da produtividade no campo continua sendo vital, assim como a conservação dos recursos naturais, bem estar animal e acesso tecnológico (DILL et al., 2013). Ademais, a capacidade de rastrear os alimentos (da fazenda até o consumidor final) está diretamente relacionada à pecuária de precisão (PP), que é definida como a gestão integrada dos processos produtivos agropecuários (WATHES et al., 2008; GEBBERS; ADAMCHUCK, 2010).

A partir da Revolução Verde, o progresso tecnológico e a expansão das fronteiras agropecuárias proporcionaram ao Brasil aumentos significativos na produção e produtividade agropecuária (JR.; ALVES; CONTINI, 2012). Em 1960, o país possuía 58 milhões de bovinos em cerca de 122 milhões de hectares (taxa de lotação de 0,47 cabeça/hectare), já em 2010, o rebanho passou a 204 milhões em 170 milhões ha (1,2 cab./ha). Caso tivesse sido mantida a mesma base tecnológica de 1960, seriam necessários mais de 259 milhões de ha para o rebanho atual (MAPA, 2011; IBGE, 2012; ABIEC, 2013).

A nova conjuntura da pecuária de corte está direcionada para o uso eficiente dos recursos naturais, buscando produzir mais carne com menos recursos. Para isso, as tecnologias relacionadas à PP são desenvolvidas pelos centros de pesquisas para monitorar e gerenciar em tempo real as informações do rebanho. Dentre os dados de interesse podemos considerar aspectos da propriedade, dos animais, do capital, das condições ambientais e dos recursos humanos.

Poucas tecnologias que impactam sobre o desempenho dos sistemas de produção de bovinos de corte são recentes. A estação de monta, a condição corporal da vaca, a

sincronização de cio e o melhoramento genético são tecnologias que existem há anos (BARCELLOS, 2011). Da mesma forma, é importante destacar a importância dos recursos humanos e suas implicações para o uso preciso e eficiente das tecnologias e informações envolvidas na pecuária. Deste modo, é possível evidenciar que a difusão e adoção de tecnologias propícias para aumentar a produtividade são indispensáveis na pecuária. Porém, pouco adiantará ao produtor rural aumentar a produção sem conhecer a viabilidade econômica do negócio e apresentar baixos índices reprodutivos.

Assim, este capítulo evidencia os conceitos da pecuária de precisão, destacando os instrumentos utilizados no campo e suas perspectivas tecnológicas, em especial vinculadas à produção de bezerros. Na primeira seção serão abordados os conceitos de pecuária de precisão e a importância da visão sistêmica na produção animal. Posteriormente, serão evidenciadas as principais tecnologias com potencial para intensificar os sistemas de cria. Para finalizar são discutidos os desafios e perspectivas da pecuária de precisão.

8.1 Sistema integrado de informações e a pecuária de precisão

A pecuária de precisão (PP) pode ser definida como interdisciplinar, pela integração dos princípios conceituais das ciências agrárias, ciências da computação, comunicação e informação, ciências sociais aplicadas e engenharia da produção. A PP está fundamentada principalmente na coleta, monitoramento e armazenamento automático das informações dos animais, assim como o gerenciamento

preciso e constante desses dados.

Os sensores e identificadores eletrônicos cada vez mais farão parte dos sistemas de gestão integrada em pecuária (SIGPEC), permitindo o monitoramento automático do rebanho e dos processos produtivos. A utilização dessas tecnologias permite registrar inúmeras características de cada animal, como o comportamento e crescimento animal, aspectos sanitários e reprodutivos, o ambiente e instalações rurais (WATHES et al., 2008). A transferência eletrônica de informações utiliza os princípios da engenharia para aumentar a eficiência dos processos produtivos e gerencias, possibilitando coleta de informações dos animais e o desenvolvimento de modelos em tempo real para acompanhar e controlar o rebanho (BERCKMANS, 2008). A modelagem computacional e avaliação desses dados devem levar em consideração as premissas básicas dos sistemas produtivos.

Contudo, as pesquisas centraram-se principalmente na gestão de processos individuais dos animais, desconsiderando suas interações, que são vitais para a competitividade do sistema de produção (WATHES et al., 2008). Nesse sentido, a visão sistêmica e integrada da produção de bovinos de corte deve compreender três fases temporais distintas: cria (produção de bezerro), recria (animais utilizados para reposição) e terminação (engorda dos animais para o abate). Essas fases são constituídas por um conjunto de componentes que podem funcionar mutuamente para alcançar um objetivo comum. Estes componentes ou processos operam interligados, por meio de conexões entre as partes e quando sofrem uma determinada ação respondem como um todo.

Dessas etapas, a produção de bezerros é a fase que melhor configura os princípios de um sistema de produção, devido a sua complexidade e pelo fato de influenciar di-

retamente o desempenho das demais fases. Por isso, seu entendimento de forma sistêmica é fundamental (BARCELLOS; OAIGEN; CHRISTOFARI, 2008).

8.2 Sistemas de produção de bezerros de corte

O sistema de cria é constituído por matrizes, novilhas e reprodutores, compreendendo as fases de reprodução e o crescimento do bezerro até o desmame. Nesse sistema, diminuir a idade ao primeiro acasalamento determina a estrutura do rebanho, o número de matrizes e a eficiência do sistema. Apesar de sua importância, a gestão de tecnologias na cria é complexa e arriscada por apresentar baixo retorno financeiro aos investimentos. Mesmo assim, suas respostas devem ser analisadas de forma sistêmica (BARCELLOS; OAIGEN; CHRISTOFARI, 2008), sendo esse um dos maiores desafios para os softwares de gerenciamento.

Analisando o conjunto de fatores que compõem um sistema cria, evidencia-se a utilização de tecnologias de insumos (como vacinas e rações) que são produtos padronizados, de fácil utilização e bastante difundidos. Além de tecnologias de processos definidas como as práticas de manejo e gerenciais 32

As tecnologias são agregadas aos recursos existentes na propriedade (terra, capital, trabalho) e através desses fatores são realizados os processos produtivos (acasalamento, parição, lactação, desmame, sanidade, manejo), que resultam em produtos (bezerros) juntamente com a saída das vacas de descarte. O processo gerencial secciona a atividade em etapas de relevância físico-operacionais importantes quanto aos custos. Cada etapa caracteriza um processo e,

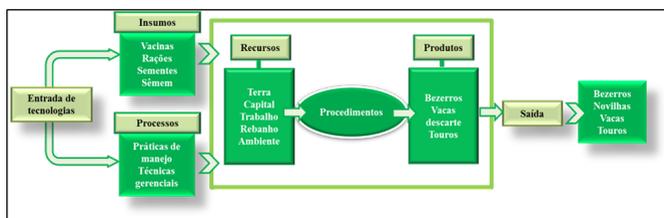


Figura 32 – Configuração do sistema de cria. Fonte: Adaptado de Barcellos et al. (2008).

dentro desse processo, um conjunto de tecnologias.

Dessa forma a pecuária de precisão requer (i) a detecção contínua dos efeitos das tecnologias no sistema; (ii) um modelo matemático que prediz de maneira dinâmica em tempo real as respostas de cada saída (output) em relação a cada entrada (input); (iii) um valor-alvo e uma trajetória para cada saída do processo, como número de bezerros e novilhas comercializadas; e (iv) dispositivos de previsão baseados em modelos de entradas (WATHES et al., 2008). Para isso é necessário identificar a estrutura do sistema para verificar quais etapas são fundamentais para intensificar a produção (BARCELLOS; OAIGEN; CHRISTOFARI, 2008).

O sistema de produção de bezerros tem início na seleção de animais para o acasalamento, seguido pela gestação, lactação e desmame – que geralmente ocorre entre seis e dez meses de idade. A recria inicia após o desmame e termina com a reprodução das fêmeas ou início da engorda dos machos. Já a terminação tem duração de três a oito meses e os produtos podem ser animais tardios, precoces ou superprecoces, conforme intensificação do sistema

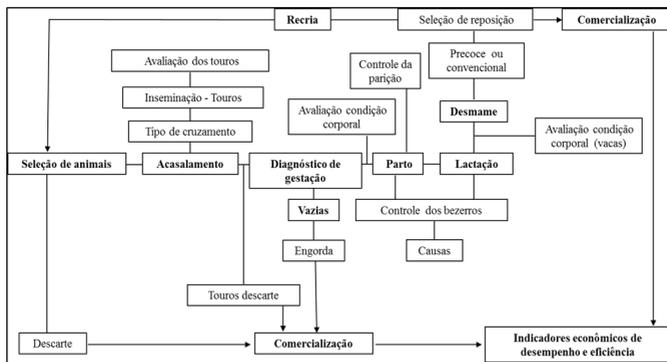


Figura 33 – Fluxograma do sistema de produção de bezerros. Fonte: Barcellos (2011).

(LAMPERT; JÚNIOR; MÂNCIO, 2007). Nestes processos são evidenciados os produtos e o destino de cada categoria animal (BARCELLOS, 2011) (Figura 33).

Dentro destas etapas existem diferentes fatores interrelacionados que influenciam o desempenho do negócio, em que se destacam as tecnologias que insidem sobre os aspectos biológicos (reprodução, genética, nutrição, sanidade, manejo e meio ambiente) e econômicos (recursos humanos, administração, gestão, comercialização/marketing e suporte técnico) (FIELD, 2006). Cada uma dessas oferece oportunidades para agregar valor ao produto e/ou reduzir os custos de produção e a pecuária de precisão será imprescindível para o monitoramento, avaliação e gerenciamento desses fatores.

8.3 Intensificação dos sistemas de produção

Uma abordagem relacionada ao sistema de cria refere-se ao nível tecnológico (CEZAR et al., 2005). Em geral, a introdução de tecnologias na cria é dada através de insumos, que conforme o nível de adoção intensifica o sistema (BARCELLOS, 2011). Os sistemas extensivos normalmente são caracterizados por pastagens nativas como única fonte alimentar, que representa cerca de 80% das propriedades no Brasil. De maneira geral, sua capacidade de lotação é de 0,1 a 0,3 Unidades animais por hectare (UA/ha), mas em regiões subtropicais varia de 0,5 a 1 UA/ha (CEZAR et al., 2005).

Os sistemas semiextensivos utilizam como base alimentar a pastagem nativa e cultivada, acrescida de suplementação alimentar. Já os sistemas intensivos estão associados com a utilização de pastagens cultivadas, fornecimento de concentrado (CEZAR et al., 2005), rotação e/ou irrigação de pastagens, melhoramento genético, controle sanitário e confinamento (SOUZA; SOUZA; CEZAR, 2008). Nesse caso, adoção tecnológica a resposta dos animais (RODRIGUES et al., 2012), podendo promover resultados superiores quando comparados ao sistema extensivo (PÖTTER; LOBATO; NETTO, 1998).

Nas pastagens brasileiras a quantidade de matéria seca é suficiente para um UA/ha, com solos de baixa fertilidade e ganhos entre 120 a 180 kg de peso vivo ao ano (PV/ano). Este índice é baixo quando comparado ao sistema intensivo e muito intensivo (irrigado), em que a capacidade de suporte é de 6 a 11 UA/ha, com ganho de 180 e 222 kg de PV/ano, respectivamente (AGUIAR, 2011). Assim, a eficiência dos processos produtivos está diretamente relacionada à adoção de tecnologias (BARBOSA et al., 2010b).

Entretanto, conforme ocorre a intensificação da produção, aumenta a necessidade de gerenciamento do sistema para minimizar os riscos enfrentados pela atividade. Nesse sentido, a pecuária de precisão aplicada à bovinocultura de corte necessitará desenvolver instrumentos propícios para controlar e melhorar a produção.

8.4 Eficiência biológica na produção de bezerros de corte

O desempenho reprodutivo é a variável mais importante para o desempenho de um rebanho de vacas de cria. Apesar de a eficiência reprodutiva influenciar diretamente a produção por área e o custo de produção, as matrizes normalmente são alocadas em pastagens de baixo valor nutricional, que oscilam em quantidade e qualidade durante o ano. Esta sazonalidade interfere no desempenho reprodutivo, principalmente das primíparas, por serem animais que ainda não completaram seu desenvolvimento (WILTBANK, 1970; LOBATO, 1998). Para minimizar estes entraves, o ingresso de tecnologias deve priorizar escolhas viáveis para alcançar a eficiência biológica e econômica.

Apesar de as tecnologias serem condicionantes indispensáveis para aumentar a lucratividade, alcançar o máximo de eficiência não é empregar esforços em um único elemento do sistema. Esse enfoque deve ser aplicado a qualquer objetivo, em especial, o de elevar o lucro (BARBOSA et al., 2010a). Para isso, diversas tecnologias estão disponíveis e são recomendadas para melhorar a eficiência (JOHNSON et al., 2010).

8.5 Meios tecnológicos, gerenciais e comerciais

O significado de tecnologia vai além de dispositivos físicos, abrangendo um conjunto de conhecimentos, práticos ou teóricos, bem como experiências construídas ao longo do tempo (DOSI, 2006). De forma simplificada, estas tecnologias são descritas a seguir:

Gerenciamento nutricional das matrizes e tecnologias reprodutivas A nutrição das matrizes é responsável pela resposta em quilogramas de bezerro desmamado ao ano (OLIVEIRA et al., 2006). Portanto, a taxa de prenhez é o ponto de partida e deve estar entre 75% a 90%. Índices inferiores a estes revelam ineficiência biológica do sistema de produção (BARCELLOS et al., 2008). Em novilhas *Bos taurus taurus* é aconselhada a reprodução quando atingem 60% do peso da vaca adulta; para *Bos taurus indicus* 65% e raças de dupla aptidão, 55% ((MNRC), 1996).

A baixa eficiência reprodutiva em campos naturais está associada aos baixos níveis nutricionais disponíveis ((MNRC), 1996), principalmente quando a demanda alimentar é maior (terço final da gestação e lactação). Existe uma alta relação entre o escore da condição corporal (ECC) e o desempenho reprodutivo. Matrizes com bons ECCs tendem a retornar ao estro mais cedo e alcançam índices de concepção superiores. Todavia, o monitoramento do ECC da vaca (1 - muito magra a 7 - muito gorda) sinaliza a necessidade de ajuste nutricional (WETTEMANN et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2006).

Uma tecnologia simples e precisa para avaliar o ECC de vacas de leite foi desenvolvida pela Embrapa Rondônia. O dispositivo Vetscore é composto por duas régua de 20 centímetros cada, com 4,4 centímetros de largura e articuladas de maneira a formar a angulação de 0° a 180°



Figura 34 – Dispositivo Vetscore para análise do escore de condição corporal de bovinos. Fonte: Embrapa (2014). Foto: Renata Silva.

(Embrapa, 2014). Com esse instrumento o produtor tem a possibilidade de monitorar e avaliar o ECC de forma rápida e precisa (Figura 34).

Em casos ECC insatisfatórios, estratégias de manejo alimentar, em especial a utilização de pastagem cultivada, suplementação alimentar (proteica, energética e mineral) e ajuste da carga animal (LOBATO; JÚNIOR; NETO, 1998) são indicadas. A gestão da pastagem pode reduzir significativamente os custos de alimentação, que representam cerca de 1/4 dos custos totais, perdendo apenas para compra de animais (JOHNSON et al., 2010).

Nesse sentido, o pastoreio de precisão utiliza o comportamento ingestivo para selecionar estratégias nutricionais conforme o monitoramento dos animais e da vegetação, e o comportamento dos animais. O acompanhamento pode ser realizado individualmente ou em lotes de animais, conforme os objetivos e a viabilidade econômica. As informações po-

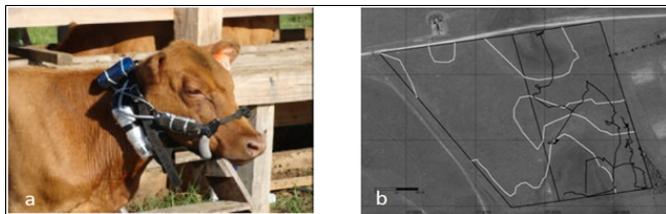


Figura 35 – Novilha com IGER Behavior Recorder, gravador com microfone e GPS (a). Na imagem (b) encontra-se a integralização das informações obtidas pelos equipamentos. A linha preta contínua apresenta a trajetória em pastejo. As linhas claras delimitam sítios de pastejo. Fonte: Carvalho et al. (2009). Ilustrações: Casiano E. Pinto.

dem ser coletadas por radiofrequência (RFIDs) ativa ou passiva (com ou sem bateria), entre outros. Já o comportamento ingestivo e a movimentação dos animais podem ser monitorados por Global Positioning System (GPS) e registradores de movimentos mandibulares (IGER Behaviour Recorder) (CARVALHO et al., 2009) (Figura 35).

O monitoramento integrado do pastejo, ruminação, descanso e o posicionamento dos animais permite desenvolver ferramentas para identificar os itens preferidos da dieta, as áreas que os animais preferem e como aumentar a oferta desses fatores (CARVALHO et al., 2009). O aumento na eficiência em pastagens demanda também o gerenciamento da quantidade de forragem produzida, do seu valor nutritivo, bem como da interação entre animais e forrageiras. O índice de área foliar é um dos parâmetros mais importantes para avaliação da estrutura da vegetação devido à sua as-

sociação aos processos de evapotranspiração, crescimento das plantas e fluxos de CO₂.

Para auxiliar o produtor rural nessas avaliações foi lançado o programa EMBRAPA INVERNADA que simula o crescimento de pastagens e dos animais, permitindo formular dietas e comparar sistemas. Os programas computacionais são ferramentas importantes na PP, pois permitem analisar de forma concisa as melhores alternativas para aumentar a eficiência da produção, levando em consideração diversos fatores (Figura 5).

Quando a taxa de prenhez é baixa (≈50%), as vacas podem receber suplementação para ganhar peso e tenderão a apresentar taxa de concepção superior (LOBATO; JÚNIOR; NETO, 1998). Apesar de diversos softwares terem sido desenvolvidos, a utilização pelos produtores ainda é pequena devido à complexidade operacional e viabilidade econômica. Para facilitar as decisões dos produtores, a Embrapa Gado de Corte desenvolveu o Suplementa Certo, uma ferramenta simples e móvel, que auxilia o produtor na avaliação da relação custo/benefício dos suplementos disponíveis, assim como da quantidade mínima de cochos para suprir as exigências do rebanho (Embrapa, 2014).

Outra estratégia para recuperação do ECC das matrizes a diminuição da demanda nutricional dos animais através da redução do tempo de lactação, com o desmame antecipado (90-120 dias), precoce (60-70 dias), ou superprecoce (35-45 dias) (BARCELLOS; OIAGEN; CHRISTOFARI, 2007). Apesar de os bezerros geralmente necessitarem de suplementação alimentar, aumentando os custos, a suplementação das vacas, associada ao desmame precoce, pode diminuir o intervalo entre partos (CERDÓTES et al., 2004).

O crescimento dos bezerros até o desmame representa 25% a 35% do seu peso final e ocorre em torno dos sete

meses de idade. Em sistemas tradicionais, o bezerro leva de 35 a 42 meses para concluir seu desenvolvimento e nos intensificados entre sete a doze meses (GOTTSCHALL, 2007). A suplementação dos bezerros também é uma estratégia para aumentar o peso ao desmame e recuperar ECC das matrizes, mantendo a atividade estral regular pelo descanso das matrizes (SOUZA, 2007). Portanto, as alternativas alimentares no pré/pós-parto apresentam maior resposta biológica.

Uma estação de monta determinada reflete diretamente no desempenho da atividade, pois possibilita maior controle produtivo, reprodutivo e sanitário. Essa técnica auxilia o controle da parição, o descarte de fêmeas improdutivas e a obtenção de lotes uniformes, (ABREU; CEZAR; TORRES, 2003). Além disso, o planejamento do entoure possibilita ajustar a demanda energética dos animais à disponibilidade alimentar, adequação do ciclo de produção da vaca de cria com o calendário de crescimento dos pastos. Além disso, a identificação da época e data dos partos deve ser considerada, sendo o histograma de parição uma ferramenta que permite analisar a distribuição dos partos a cada 21 dias e projetar a prenhez do próximo ano, possibilitando encurtar a temporada de acasalamento e diminuir o intervalo entre o parto-concepção (BARCELLOS, 1999; BARCELLOS, 2011).

Vacas com parto no início da estação de parição normalmente apresentam maiores taxas de prenhez (REINHER; OAIGEN; BARCELOS, 2006), pois apresentam maior número de estros. O ideal é que 60% dos partos ocorram nos primeiros 21 dias (BARCELLOS, 1999), sendo os bezerros que nascem no início da estação mais pesados, e com puberdade precoce (WILTBANK, 1970). Com a diminuição da idade do primeiro acasalamento também é

possível atingir índices produtivos superiores (PÖTTER; LOBATO; NETTO, 1998).

O acasalamento precoce de novilhas aos 14-15 meses de idade diminui a necessidade de novilhas para a reposição e do intervalo entre gerações (BARCELLOS et al., 2003). Entretanto, acasalar animais muito jovens pode trazer desvantagens (DIAS; FARO; ALBUQUERQUE, 2004), como maiores exigência nutricional e predisposição à distocia e menor peso ao desmame (SHORT et al., 1994). Contudo, atendidas as exigências nutricionais, pode ser recompensada pela maior repetição de prenhez (GOTTSCHALL et al., 2008).

Dentre os métodos de reprodução, destaca-se a inseminação artificial (IA) para o melhoramento genético do rebanho, uniformização dos lotes, controle de doenças sexualmente transmissíveis e diminuição dos custos com touros (ARRUDA et al., 1992). Os protocolos hormonais buscam sincronizar a ovulação das matrizes para a realização da IA e transferência de embriões a tempo fixo (TETF), desobrigando a detecção do estro, reduzindo o uso de funcionários e possibilitando a priorização de outras tarefas de manejo (BARUSELLI et al., 2003) e aumentando a taxa de concepção das vacas (SILVA et al., 2004).

Outro avanço tecnológica é a utilização de sêmen seco, que permite aumentar a ganho genético do rebanho (WEIGEL, 2004), bem como a utilização de sêmen de touros comprovados geneticamente, com características produtivas desejáveis para aumentar a produção de bezerros de qualidade, maximizando a rentabilidade da propriedade rural (CLIMENI; PICCININ, 2008). A transferência de embriões também ganha destaque no Brasil (BARREIROS; BLASCHI; BORSATO, 2006), sendo a produção in vivo a mais utilizada, por apresentar custos inferiores

(BOUSQUET et al., 1999). Contudo, o estado fisiológico das matrizes deve ser considerado para alcançar taxas de desmame superiores à 75%.

A ultrassonografia auxilia nessa avaliação fisiológica, como dos ovários, permitindo classificá-los como em: anestro profundo, anestro superficial e ciclando (BARCELLOS, 2011). O diagnóstico de gestação normalmente é realizado por exame clínico e palpação retal (VALLE; ANDREOTTI; THIAGO, 1998) ou ultrassom (BOYD; OMRAN; AYLIFFE, 1990) (40-60 dias e 20 dias após o acasalamento, respectivamente). A ultrassonografia possibilita também o diagnóstico de perda gestacional e a sincronização das matrizes para uma nova prenhez.

8.6 Tecnologias orientadas para o melhoramento genético e controle sanitário.

A Embrapa Gado de Corte, em parceria com a Geneplus Consultoria Agropecuária Ltda., desenvolveu e colocou à disposição em 1996, o Programa Geneplus-Embrapa, cujo principal objetivo é auxiliar o produtor nas tomadas de decisão para a seleção, na elaboração de planos de acasalamento e na comercialização, através de avaliações genéticas. O sistema possibilita que cada produtor tenha seu próprio programa de melhoramento genético. A proposta é assessorá-lo para que sejam alcançadas suas metas de qualidade de produto e produtividade, gerando animais equilibrados e harmoniosos, de acordo com as características do sistema de produção e exigências do mercado.

O melhoramento genético busca selecionar indivíduos com características superiores. A seleção de bovinos de corte prioriza animais com maior rendimento de carca-

ça, habilidade materna, conversão alimentar, além de genótipos mais adaptados, precoces e resistentes a parasitas (RUBIANO et al., 2009; GULIAS GOMES et al., 2010). Para tanto, a diferença esperada na progênie (DEP) tem sido um instrumento fundamental, pois permite comparar touros quanto ao desempenho de sua progênie. Sendo as principais características avaliadas: peso ao nascer, ao desmame e ao sobreano; conformação; precocidade e musculosidade; perímetro escrotal; altura e idade ao primeiro parto (FERRAZ, 2000).

Entretanto, mesmo com o melhoramento genético, muitas vezes o atraso no crescimento, perdas de peso e menor produtividade animal são decorrentes de problemas sanitários (CASTRO et al., 2009), que é alcançado com medidas preventivas, como vacinação e vermifugação. Em ruminantes não ocorre a transferência placentária de anticorpos, tornando fundamental o fornecimento de colostro aos bezerros nas primeiras 36 horas de vida, período em que a mucosa intestinal observe maior quantidade de imunoglobulinas.

Entre as principais enfermidades, destacam-se a febre aftosa e a brucelose, de vacinação obrigatória, sendo a tuberculose também parte do programa do Ministério da Agricultura, por apresentar características epidemiológicas semelhantes à brucelose (AGRICULTURA, 2006). Em bovinos, o principal sinal clínico são os abortos, principalmente durante o terço final da gestação. Os bezerros nascem debilitados e há grande incidência de mortalidade neonatal (XAVIER et al., 2009). A vacinação contra a brucelose existe há anos no Brasil, porém ainda apresenta alta prevalência no país (SILVA et al., 2009).

O monitoramento sanitário do rebanho pode ser complementado por imagens em infravermelho (Figura 36),

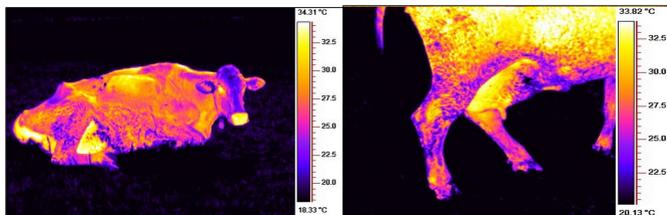


Figura 36 – Termografia infravermelho aplicada à pecuária de corte. Fonte: Thermogram (2015).

técnica não invasiva que detecta o calor da superfície do animal, mensurando suas variações térmicas. Essa avaliação é importante para estimar alterações fisiológicas relacionadas ao estresse, fertilidade e bem estar (MCMANUS, 2014).

Dentre suas utilidades destaca-se a imprescindível análise da adaptação das raças, contribuindo para a pecuária sustentável, sem prejudicar o bem-estar animal. Assim, a termografia possibilita acompanhar o gradiente de temperatura escrotal, uma técnica não invasiva para avaliação da fertilidade, pois o ambiente pode prejudicar a fertilidade em touros jovens (STEWART et al., 2008; KASTELIC et al., 2012;). Além disto, permite contar ectoparasitas pela diferença entre a temperatura do corpo dos bovinos em relação aos parasitas, aplicação fundamental, pois os parasitas têm causado prejuízos significativos para a pecuária (SANTOS; VOGEL, 2012). Pode ser utilizada também para identificar alterações de temperatura, podendo indicar situações febris (inflamações) ou de baixas temperaturas (necroses), podendo indicar doenças com precisão (DIEGO et al., 2013).

A quarentena para os animais oriundos de outras propriedades também é uma medida preventiva importante para manter a sanidade do rebanho. Os animais devem ser monitorados e mantidos sem contato com outros animais e as operações sanitárias devem ser registradas para controle do rebanho, sendo necessária a identificação dos animais.

8.7 Identificação animal e estratégias comerciais na pecuária de precisão.

Para que o sistema de produção seja administrado de forma eficiente é indispensável a identificação das vacas e suas crias. A marcação individual, o registro dos acontecimentos e técnicas de manejo (como diagnóstico de gestação, data e peso ao nascimento e ao desmame, abortos, mortes e vacinas) permitem avaliar o desempenho individual e do rebanho, analisar e descartar animais de baixa produtividade, analisar a eficiência do sistema e as estratégias para otimizar a produção (VALLE; ANDREOTTI; THIAGO, 1998).

Apesar das diversas tecnologias disponíveis para a identificação animal, o registro das informações, independe da tecnologia utilizada e permite controlar os processos na propriedade, possibilitando rastrear os gargalos do negócio. Deste modo, a rastreabilidade pode ser utilizada como ferramenta gerencial e para agregar valor aos animais, melhorando o relacionamento com a indústria (VIANA et al., 2011). Para isso, o Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina (SISBOV) estabelece uma série de procedimentos e controles, sendo os procedimentos auditados por uma empresa certificadora.

Dentre os processos de certificação na bovinocultura de

corde, destacam-se as Boas Práticas Agropecuárias - Bovinos de corte da EMBRAPA, um programa é formado por normas e procedimentos para tornar o sistema de produção mais eficiente, além de assegurar ao consumidor alimentos seguros e sustentáveis. Os requisitos para sua obtenção são a função social do imóvel, gestão dos recursos humanos e ambiental, instalações rurais, manejo pré-abate, bem-estar animal, pastagens, suplementação alimentar, identificação, controle sanitário e manejo reprodutivo (VALLE, 2011).

As demandas dos compradores de bezerros também devem ser conhecidas, pois o preço pago é definido por características, que muitas vezes podem ser controladas. Conhecer esses requisitos possibilita planejar e selecionar estratégias de comercialização eficientes (BARCELLOS et al., 2004). Para todas os sistemas de produção, o padrão animal mais apropriado depende da propriedade, visto que o desempenho produtivo está fortemente associado às questões edafoclimáticas da região (CHRISTOFARI et al., 2008).

Apesar de o pecuarista ter pequeno poder nas relações de oferta e demanda de bezerros, alguns fatores relacionados ao preço podem ser manejados para valorizá-lo (SARTWELLE, 1996). Esta estratégia pode ser alcançada pelo reconhecimento das necessidades do comprador, alterando-se a genética e/ou processos de produção, para obter características específicas nos animais (CHRISTOFARI et al., 2008). A valorização que também pode ser obtida por estratégias de divulgação nos leilões, em relação ao tipo de alimentação fornecida, condições ambientais em que foram criados, procedência, genética, sanidade, manejo, homogeneidade dos lotes e ordem de entrada dos bezerros na pista, especialmente nos períodos de grande oferta e baixo preço (CHRISTOFARI et al., 2009).

Apesar do baixo valor de mercado, a comercialização de vacas de descarte também é importante, pois que pode representar cerca de 30% da renda da propriedade (SANTOS et al., 2008). Cada vaca pode produzir, depois do último bezerro desmamado até o abate, cerca de 100kg, aproveitando melhor pastagens de baixa qualidade (BARCELLOS et al., 2008).

Além disso, os pecuaristas podem obter melhores retornos econômicos na comercialização com a formação de alianças estratégicas com outros pecuaristas e frigoríficos, favorecendo o comércio previamente definido. Porém, antes da venda, os aspectos financeiros devem ser analisados, o que possibilitará verificar se o momento de comercialização é apropriado. Para minimizar esse risco, softwares que predizem o ponto de abate por ultrassom são importantes para determinar a data ideal de abate, reduzindo os custos, planejando o abate e aumentando a eficiência (SANTOS et al., 2014).

8.8 Gerenciamento econômico

O gerenciamento econômico examina e compara dados para determinar a posição e perspectivas da empresa (projeções, entradas e saídas) (ANTUNES; RIES, 1998). Atualmente, é disponibilizada uma série de indicadores econômicos, como custos, receitas, fluxo de caixa, rentabilidade, lucratividade e ponto de equilíbrio, que são influenciados pelo efeito da economia de escala. Na medida em que aumenta-se a produção, mantendo-se constantes os custos fixos, ocorrerá uma redução do custo médio unitário, devido à diluição dos custos por uma maior quantidade de produto (LOPES et al., 2007).

Como a lucratividade da pecuária de corte tem se reduzido pela alta dos custos de produção, a contabilidade tornou-se crucial para aqueles que querem se manter no negócio (COSTA; CORRÊA; FEIJÓ, 2006) e reagirem a possíveis problemas futuros. Os recursos financeiros disponíveis e a possibilidade de ingresso de novos capitais, por crédito ou investimento do próprio negócio, são importantes na análise da empresa (BARCELLOS, 2011). Através da análise econômica, o pecuarista passa a conhecer com detalhes e a utilizar, de maneira racional, os fatores de produção. Então, é possível localizar os pontos de estrangulamento, para depois concentrar esforços tecnológicos, para obter sucesso na atividade e atingir os objetivos de maximização de lucros e/ou minimização de custos (LOPES et al., 2007).

Uma das diversas ferramentas para auxiliar no gerenciamento econômico das empresas agropecuárias é o Mangueiro Digital, no qual a identificação e controle das informações individuais dos animais são feitas eletronicamente, por chip. Todos os registros de informações são automatizados e o manejo dos animais é facilitado, permitindo que os animais sejam identificados ao passar pelo mangueiro. O sistema mostra a ficha do animal com todos os dados como número de registro, idade, vacinas, peso e temperatura. Desta forma, é possível ter maior controle do rebanho e obter melhores resultados.

Nesse sentido, o aplicativo Gerenpec da Embrapa Gado de Corte foi desenvolvido para auxiliar o planejamento da propriedade, assim como o Controlpec, com o objetivo de simplificar o monitoramento e controle financeiro da propriedade rural. Essa simplicidade de registros e de interpretação das informações favorece o registro dos custos e receitas, uma vez que poucos produtores o fazem, devido a

sua complexidade. Esse produto eleva o nível gerencial das fazendas, já que gerenciar de forma eficaz é crucial para a sobrevivência e o sucesso dos empreendimentos (COSTA; CORRÊA; FEIJÓ, 2006).

Contudo, muitos pontos de estrangulamento estão relacionados com a operacionalização inadequada das tecnologias, ou seja, a eficiência da produção de bezerros dependente das pessoas envolvidas na execução das atividades. Conforme BARCELLOS (2011), os recursos humanos constituem uma das dimensões mais importantes para o diagnóstico da propriedade, devendo ser considerados o grau de alfabetização, a motivação (programas de premiação) e a cultura (conhecimento tácito) da equipe. O conjunto destes fatores deve ser levado em consideração, pois os recursos humanos são a base para a eficiência dos processos (PIÑEDA, 2010) (Figura 37).

Desta forma, as tecnologias devem ser analisadas juntamente aos recursos humanos, práticas gerenciais e contábeis, pois o sistema de cria dispõe de uma variedade de alternativas a serem exploradas. O conjunto destas práticas, associadas a utilização das tecnologias tende a melhorar a eficiência produtiva, desde que utilizadas de forma correta e de acordo com a conjuntura sistêmica da atividade. Neste contexto tecnológico, as inovações surgem conforme os custos podem ser reduzidos através da especialização da força de trabalho, da introdução de máquinas e equipamentos, de novas técnicas, e de insumos propícios para produzir maior quantidade com custos reduzidos (PENROSE, 1995).



Figura 37 – Meios tecnológicos, gerenciais e comerciais relacionados com os recursos humanos. Fonte: elaborado pelos autores.

8.9 Considerações finais

As tecnologias tendem a melhorar o desempenho da atividade, seja pelo aumento da produção, da qualidade do produto, diminuição dos custos, agregação de valor ou a combinação dessas alternativas. Consequentemente, as tecnologias devem ser avaliadas em conjunto com as práticas a elas associadas.

Contudo, compete aos pecuaristas selecionar tecnologias viáveis e adaptáveis à conjuntura sistêmica do seu negócio com o propósito de otimizar a produção. Também se faz necessário o gerenciamento econômico da propriedade para maximizar a rentabilidade e minimizar os riscos enfrentados pela atividade. A partir dessas considerações, é possível verificar a complexidade que permeia

a atividade, em decorrência das inúmeras tecnologias de processos e insumos que afetam a produção de bezerros de corte. Por fim, os princípios básicos discutidos neste capítulo foram evidenciados para melhor compreender as tecnologias que impactam na produção de bezerros e as perspectivas tecnológicas relacionadas com a pecuária de precisão.

Termografia infravermelha como ferramenta para a pecuária de precisão

CONCEPTA MARGARET McMANUS PIMENTEL
CANDICE BERGMANN GARCIA E SILVA TANURE
VANESSA PERIPOLLI
LUIZA DE SOUZA SEIXAS MELO
VIVIAN FISCHER
ALEXANDRE MOSSATE GABBI
SILVIO RENATO OLIVEIRA MENEGASSI
MARCELO TEMPEL STUMPF

Métodos invasivos normalmente são utilizados para aferir ou mensurar os parâmetros fisiológicos ou metabólicos (coleta de sangue, mensuração da temperatura retal, frequências cardíaca e respiratória), podendo gerar resultados pouco confiáveis devido a respostas ansiogênicas decorrentes do próprio procedimento, dificultando assim a inter-

pretação dos resultados. Esses métodos também podem demandar muito tempo e recursos.

Como todos os objetos na Terra geram calor radiante na parte infravermelha do espectro da luz, os corpos com temperaturas acima do zero absoluto emitem radiação, formando um espectro eletromagnético que pode ser absorvido por outros corpos próximos (ROBERTO et al., 2014). Desta forma, com o uso de equipamentos de termografia digital (câmera termográfica), é possível detectar esse tipo de radiação, sendo até mesmo possível monitorar as mínimas variações de temperatura (KNÍŽKOVÁ et al., 2007).

O uso da técnica do infravermelho é um método não invasivo de sensoriamento remoto já utilizado na aferição de alterações do fluxo sanguíneo por meio da detecção de pequenas mudanças na temperatura corporal (NÄÄS et al., 2014; ROBERTO et al., 2014). Desta forma, essa tecnologia pode ser um instrumento útil como indicador de estresse em geral, uma vez que os métodos convencionais são limitados. Entretanto, devem ser evitadas imagens obtidas sob a luz solar, em corpos expostos diretamente ao vento e em superfícies com sujidades (KNÍŽKOVÁ et al., 2007).

A emissividade do objeto, a reflectância da temperatura em forma de ondas infravermelhas, a distância entre os objetos e a câmera e a umidade relativa do ar são parâmetros determinantes para a precisão de mensuração de temperatura por parte do aparato fotográfico (KNÍŽKOVÁ et al., 2007). As propriedades da técnica do infravermelho têm sido amplamente utilizadas em humanos, mas recentemente esse método alcançou o nicho da produção animal. Inicialmente, foi utilizado para determinar diagnósticos frente a determinadas enfermidades ou mesmo reações a qualquer

tratamento utilizado que interfira no produto-emissão de calor na parte observada. Assim, qualquer variável que interfira na produção de calor, como a inflamação, é transmitida por meio dos capilares mais próximos à pele e são dissipados em forma de ondas infravermelhas (BERRY et al., 2003).

Cada região captada do animal emite uma radiação infravermelha diferente, sendo interpretada como uma cor de acordo com uma escala de tonalidades. As imagens obtidas permitem a observação direta da distribuição de temperatura em uma superfície (KNÍŽKOVÁ et al., 2007), além de auxiliar na compreensão da termorregulação em razão das mudanças na temperatura superficial e o impacto das condições ambientais sobre o bem-estar animal (KOTRBA et al., 2007). Essas temperaturas mensuradas são digitalizadas e processadas por computador, sendo exibidas na forma de mapas que proporcionam uma detalhada análise do campo de temperatura. Pelo fato de a radiação ser uma fonte de emissão de temperatura da superfície do objeto, pode-se utilizar a câmera para calcular esta temperatura (KNÍŽKOVÁ et al., 2007).

O uso da termografia infravermelha possui numerosas aplicações não só na indústria, mas também em humanos e medicina veterinária, principalmente para efeitos de diagnóstico (SCHAEFER et al., 2012; MARTINS et al., 2013). A grande vantagem do método é o fato de não ser necessário contato físico com a superfície monitorada, permitindo assim a leitura à distância da distribuição de temperatura (SPEAKMAN; WARD, 1998). Considerando que os animais reagem diferentemente ao ambiente em que estão expostos, essa tecnologia pode auxiliar também na identificação de animais e de raças mais adaptadas ao calor na mesma condição de criação.

Os principais usos da termografia infravermelha na produção animal serão descritos a seguir.

9.1 Tolerância ao calor

A tolerância ao calor é normalmente medida sobre o meio ambiente ou no animal e pode causar uma série de alterações que influenciam no crescimento e na reprodução (MCMANUS et al., 2011a). Os principais fatores ambientais que interferem na produção animal são a temperatura, a umidade, a radiação solar e a velocidade do vento (HULME, 2005). De fato, nas regiões de clima tropical, caracterizadas por altos níveis de radiação solar e temperatura, o estresse térmico é um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento dos animais não adaptados.

Vários índices para tolerância ao calor foram desenvolvidos ao longo dos anos (MCMANUS et al., 2011a). O índice de temperatura e umidade, por exemplo, tem sido amplamente utilizado como um indicador de estresse térmico na pecuária (SOUZA et al., 2010). Entretanto, o problema com esses índices é que eles não levam em consideração os efeitos cumulativos do calor, do arrefecimento natural, ou ambos.

Além desses fatores ambientais, a resposta animal ao estresse térmico depende da raça, do tamanho corporal, da produção e do grau de exposição ao agente estressor, sendo composta por três fases: o reconhecimento da ameaça à homeostase ou ao bem-estar, a resposta de estresse e as consequências do estresse (NARDONE; RONCHI; LACETERA, 2006).

A resposta do animal ao estresse por calor é medida por variações na temperatura corporal, frequência res-

piratória e frequência cardíaca, bem como pela taxa de transpiração. Tais respostas resultam em mudanças nos parâmetros sanguíneos e aumentam consideravelmente as perdas de água e íons em ruminantes (BEEDE; COLLIER, 1986), promovendo aumento no plasma e no volume extracelular.

O estresse térmico também leva à ativação dos mecanismos de dissipação de calor para o ambiente, perda de calor e redução da produção de calor metabólico (SILANIKOVE, 2000). A temperatura corporal e a frequência respiratória foram descritos como indicadores confiáveis de carga térmica (BROWN-BRANDL et al., 2006), mas são difíceis de mensurar em condições à campo com um grande número de animais. A elaboração e utilização de escores para ofegação (BROWN-BRANDL et al., 2006) e a utilização da técnica de infravermelho (STEWART et al., (STEWART et al., 2005); (MONTANHOLI et al., 2008)) têm sido propostos como medidas alternativas.

Ribeiro et al. ((RIBEIRO et al., 2008)) citaram que os animais utilizam a vasodilatação periférica, ou seja, o aumento do fluxo sanguíneo para a superfície corporal, como um processo para a manutenção da homeotermia, ocasionando aumento na temperatura da superfície animal. Esta vasodilatação facilita a troca de calor do animal com o meio ambiente por processos sensíveis, e a eficácia da vasodilatação periférica depende do gradiente térmico entre a temperatura ambiente e do corpo do animal (MC-CUTCHEON; GEOR, 2008).

Cunningham (2008) também relatou que, em condições de estresse pelo calor, a transferência circulatória de calor para a pele pode ser aumentada por meio da dilatação das arteríolas dos leitos vasculares cutâneos e por meio da abertura das anastomoses arteriovenosas nos membros,

orelhas e focinho, permitindo aumento do fluxo sanguíneo periférico e facilitando a perda de calor para o ambiente a partir da pele. O mesmo autor ainda afirmou que, nas condições de estresse pelo frio, o fluxo sanguíneo dos membros retorna para o centro do corpo através das veias profundas que acompanham as artérias; com isso, o calor é transferido por troca em contracorrente, do sangue arterial aquecido para o sangue venoso, mais frio, e, desse modo, retorna para o centro do corpo.

A temperatura na superfície da pele é geralmente inferior à temperatura corporal por causa da dissipação de calor metabólico através do isolamento subcutâneo do corpo. A pelagem apresenta uma resistência térmica adicional entre a superfície da pele e a camada de pelos, cuja temperatura radia no sentido da câmara. Esta camada pode ser considerada como uma superfície em que o animal troca energia com o ambiente, e a temperatura nessa superfície resulta do equilíbrio entre os fluxos de radiação, convecção e condução de calor através do revestimento. Desta forma são importantes a coloração da pelagem e da pele no bloqueio da penetração ultravioleta intensa dos trópicos. A combinação de pelagem clara com a pele escura é a alternativa mais desejável, entretanto, ovinos com pelagem escura apresentam a pele mais pigmentada. No geral, em bovinos, animais com pelagem clara apresentam a pele mais escura (MCMANUS et al., 2011b), exceto na raça holandesa em que a cor da pele acompanha a cor da pelagem.

As temperaturas de regiões específicas do animal, tais como globo ocular, pescoço, focinho, costado, garupa, flanco, ventre, coxa, canela, úbere e casco, que forem obtidas com o uso da termografia infravermelha, têm sido utilizadas como preditoras de parâmetros fisiológicos e de

estresse em animais de produção (MONTANHOLI et al., 2008; SOERENSEN et al., (SOERENSEN et al., 2014); WESCHENFELDER et al., (WESCHENFELDER et al., 2014)). Em bovinos leiteiros, Stewart et al. ((STEWART et al., 2005)) validaram a temperatura ocular, através da técnica do infravermelho, como uma variável para mensuração de estresse.

9.2 Metabolismo e nutrição

A temperatura da superfície do corpo é determinada pelo metabolismo, circulação sanguínea e troca de calor entre a pele e o ambiente. Logo, é possível obter uma imagem que represente a temperatura superficial do animal (SOUZA; SOUZA; CEZAR, 2008).

De acordo com Stelletta et al. ((STELLETTA et al., 2012)), a regulação da circulação sanguínea na pele é o principal mecanismo para controlar a preservação ou a dispersão da temperatura central durante os fenômenos fisiológicos como a digestão. A função neural termoregulatória simpática da pele regula a atividade vasomotora dentro das arteríolas e capilares dérmicos. Variações em qualquer desses parâmetros podem induzir alteração da temperatura ou fluxo de sangue na superfície da pele. Por conseguinte, essas alterações podem refletir o estado fisiológico e patológico do animal. Os mesmos autores descrevem que as alterações fisiológicas são devidas à primeira fase da digestão e que a mesma pode ser investigada através da digitalização termográfica.

O gás metano é produzido no animal a partir da digestão da matéria orgânica por microrganismos em condições anaeróbicas (BARKER; BUSWELL, 1956). Várias técnicas

para medir a produção e a emissão de metano pelos ruminantes têm sido propostas, todavia essas avaliações necessitam da contenção e uso de técnicas invasivas com equipamentos caros e de alto custo operacional.

Ferramenta mais simples do que as metodologias convencionais para medição de calor e produção de metano, a termografia infravermelha pode ser aplicada na previsão de produção e emissão do gás, já que este é um fenômeno que gera calor (BAOWEI et al., 2007; MONTANHOLI et al., 2008).

Estudos sobre metabolismo energético têm demonstrado que o bovino é mais eficiente tanto quanto menor for a perda de calor (BULLE et al., 2007) e a produção de metano (HEGARTY et al., 2007), portanto, animais mais eficientes tem menor temperatura na superfície corporal que os animais menos eficientes.

Montanholi et al. (2009) relataram que a extremidade dos membros posteriores e a temperatura da face foram os locais do corpo mais indicados para avaliar indiretamente a eficiência alimentar em bovinos. Ao desenvolver outros estudos avaliando o melhor tempo ao longo do ciclo circadiano e o número adequado de termogramas ao longo do tempo, os mesmos autores atestaram a possibilidade de aumento da previsibilidade de eficiência alimentar com uso da termografia infravermelha, o que pode resultar na aplicação desta tecnologia na seleção de bovinos de corte mais eficientes. Essa avaliação indireta da eficiência alimentar seria mais barata e com menor limitação de predição quando comparada à medida de consumo de ração.

Na avicultura, essa técnica tem sido aplicada em incubação, pois a temperatura em torno do ovo é de fundamental importância para o desenvolvimento do embrião. Além disso, pequenos desvios na temperatura ótima (37,5

a 37,8°C) irão conduzir a mudanças no período de incubação, uma vez que a taxa metabólica do embrião está diretamente relacionada à temperatura, podendo afetar o percentual de eclosão (BRECHT et al., 2005). Também na produção de frangos a termografia tem sido utilizada para identificar a atividade metabólica e diminuição do consumo de ração por meio da mensuração da temperatura superficial dos animais (FERREIRA et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2014). Malheiros et al. (2000) encontraram que o peso corporal diminuiu em aves mantidas a 20°C e que a perda de calor por radiação foi nove vezes maior do que em aves mantidas a 35°C aos 7 dias de idade.

Em suínos, Loughmiller et al. (2005) utilizaram 80 animais para determinar as relações entre o consumo da dieta e a média da temperatura da superfície corporal. O estudo indicou que o uso da termografia pode detectar alterações na temperatura média corporal dos suínos causadas por mudanças na ingestão ou nível de energia. Stewart et al. (2005) afirmaram que os efeitos das condições climáticas, ritmos circadianos e ultradianos, hora da alimentação, ordenha e ruminações devem ser considerados em investigações para a validação do método da termografia, pois interferem diretamente na produção de hormônios e posteriores respostas fisiológicas em decorrência dessa produção.

9.3 Ectoparasitas

Além do estresse térmico, outro entrave na produção animal nos trópicos é a infestação parasitária. Os ectoparasitas podem ser considerados limitadores de produtividade em bovinos, sejam eles de corte ou de leite. A mosca do chifre (*Haematobia irritans*) é um díptero hematófago que se

concentra nas partes do animal que ficam fora do alcance da cabeça e da cauda, exibindo preferência por animais de raças europeias, mestiços e animais de pelagem escura ou com manchas escuras; preferem animais machos inteiros, tendo sua atividade relacionada com a concentração de testosterona no animal (CHRISTENSEN; DOBSON, 1979). Os carrapatos são parasitas externos, artrópodes, que se alimentam do sangue do hospedeiro e podem ser transmissores de agentes infecciosos, principalmente *Anaplasma* e *Babesia*, responsáveis pela tristeza parasitária bovina.

Os prejuízos econômicos por infestações com esses parasitas se dão principalmente pela perda de volume sanguíneo do hospedeiro, pelo estresse provocado pelo ato de sucção, pela transmissão de doenças e diminuição da qualidade do couro. Honer; Gomes (1990) calcularam que um animal com uma infestação média anual de 500 moscas perde cerca de 40 kg de peso vivo, o que poderia ocasionar uma perda total de carne de 1,4 milhões de toneladas/ano na região central do Brasil, se todos os animais estivessem parasitados pela mosca. Garcia et al. (2001) observaram que um animal com uma infestação de 500 moscas/dia perde cerca de 2,6 litros de sangue/ano.

Como nos ectoparasitas a temperatura é regulada pelo ambiente, quando esses estão na superfície do animal a sua imagem térmica se destaca do corpo mais quente do hospedeiro. Portanto, a termografia infravermelha pode ser utilizada como uma valiosa ferramenta na contagem destes parasitas, independentemente da cor do pelo do animal. Fotografias termográficas, aliadas a um software com contagem automática de pontos contrastados, já foram utilizadas com precisão na determinação do grau de infestação de moscas do chifre em bovinos (CORTIVO et

al., 2014).

9.4 Dor e doenças

A dor é uma experiência sensorial e emocional desagradável relacionada à lesão tissular (TEIXEIRA, 2001). A ativação do sistema nervoso simpático altera a frequência cardíaca, o diâmetro das pupilas, fluxo sanguíneo periférico com liberação dos corticosteróides e podem ser monitoradas para obter informações em animais com dor (MOLONY; KENT, 1997).

Processos inflamatórios sem inchaço pronunciado podem resultar em aumentos detectáveis da temperatura superficial (HOVINEN; PYÖRÄLÄ, 2011). A circulação e a perfusão sanguínea ditam o padrão térmico, base da interpretação termográfica. Tecidos enfermos possuem circulação alterada, sendo que um dos sinais da inflamação é o calor que decorre da vasodilatação local, contudo, o fluxo sanguíneo pode estar diminuído devido à dor local, edema, trombose vascular ou infarto do tecido, formando no termograma uma área com diminuição da temperatura contornada por emissões térmicas aumentadas, provavelmente como resultado de desvio vascular (CRIVELLARO; JUNIOR, 2007).

A termografia infravermelha é um método eficiente que mostra as mudanças fisiológicas, portanto, é útil para diagnósticos e avaliações da dor (NAHM, 2013). Usando a termografia, (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN; STOOKEY; WELFORD, 1997) detectaram resposta inflamatória prolongada em bovinos marcados com ferro quente em comparação com os animais de marca de congelamento, o que indica mais desconforto associado com a marca de

ferro quente.

De acordo com Stewart et al. (2008), o uso da radiação infravermelha para avaliar a variação da temperatura da superfície do olho de bezerros é eficiente como indicador de dor causada pela castração com ausência de anestésico. Após o procedimento cirúrgico verificou-se aumento da temperatura do olho, a qual reduziu em seguida. Essa resposta fisiológica é decorrente da ativação parassimpática, responsável pela vasodilatação e aumento da temperatura do olho pelo maior fluxo de sangue nos capilares, seguido por um aumento do tônus simpático responsável pela diminuição da temperatura.

Indicadores de sensibilidade ou dor crônica em novilhas foram avaliados por meio de parâmetros comportamentais e termográficos. Eicher et al. (2006) observaram que a temperatura da cauda foi maior e apresentou maiores variações em animais caudectomizados caracterizando maior sensibilidade a dor quando comparados com animais não caudectomizados.

A técnica do infravermelho também foi utilizada como um método de detecção precoce para identificar animais inoculados com o vírus da Diarreia Viral Bovina. Schaefer et al. (2004) concluíram que houve mudanças significativas na temperatura do olho por vários dias a uma semana antes do aparecimento de outros sinais clínicos da infecção, sugerindo que essa técnica pode ser utilizada no desenvolvimento de um índice de predição precoce da doença.

A temperatura dos cascos de vacas infectadas com o vírus da febre aftosa foi pesquisada por Rainwater-Lovett et al. (2009). As imagens termográficas mostraram um aumento acentuado na temperatura do casco em animais que sofrem dessa doença, antes mesmo de aparecerem os sintomas clínicos. Mudanças constantes da temperatura dos

cascos de caprinos também foram avaliadas por D'Alterio et al. (2011), que sugeriram que o uso da câmera infravermelha pode ser efetivo para constatar alterações na circulação sanguínea periférica.

A termografia também pode ser utilizada em outras situações patológicas, como, por exemplo, afecções dos membros locomotores, aferição de temperaturas orbitais para detecção precoce de enfermidades em bezerros (SCHAEFER et al., 2007) ou presença de dor em bovinos (STEWART et al., 2008) e ovinos (STUBSJØEN et al., 2009) e identificação de suínos infectados com *Actinobacillus pleuropneumonia* (LOUGHMILLER et al., 2005).

9.5 Laminite

As altas taxas de prevalência e incidência de claudicação, especialmente em animais confinados, requerem medidas eficazes de tratamento e controle, para minimizar as perdas da produção de leite, a queda dos índices reprodutivos e zootécnicos, os descartes prematuros e a morte de animais. No entanto, a literatura é escassa e frequentemente contraditória no detalhamento de protocolos de tratamento e controle da doença (FERREIRA et al., 2004). A laminite é um processo inflamatório das lâminas do cório, de etiologia complexa e patogênese incerta, associado a distúrbios da microcirculação e que leva a disrupção da função derme/epiderme e a má formação da camada córnea (FERREIRA et al., 2004).

A termografia é útil para o diagnóstico precoce de laminite, uma vez que detecta o calor nas regiões lesadas da pata antes que as lesões sejam perceptíveis durante o exame físico de rotina. Oferece um meio não invasivo de

avaliar o suprimento de sangue a uma parte lesada, sendo um meio confiável para avaliar o fluxo sanguíneo (TURNER, 1991). Alsaad et al. (2015) verificaram que essa é uma ferramenta promissora de diagnóstico para rastrear laminite em vacas leiteiras através da medição na diferença de temperatura entre patas saudáveis e patas afetadas. Nikkhah et al. (2005) realizaram mensurações infravermelhas nos cascos de vacas leiteiras e as relacionaram com anormalidades visuais de laminite, concluindo que aferir a temperatura pela técnica no início da lactação pode ser útil no monitoramento dos cascos.

A prevenção pode ajudar os produtores a selecionar e tratar bovinos afetados mais rapidamente em um estágio inicial da doença, melhorando o bem-estar animal e reduzindo as perdas. Todavia se faz necessário complementar a técnica infravermelha com métodos tradicionais de diagnóstico.

9.6 Ordenha e Mastite

No momento da ordenha, a compressão dos tetos pode causar alterações mecânicas e circulatórias nos tecidos da parede (ZECCONI et al., 2000). Tais alterações podem conduzir a traumatização patológica como a congestão, edema, fissuras e o endurecimento na membrana da mucosa. Nesse sentido, a termografia infravermelha é uma ferramenta de diagnóstico para avaliar a função do úbere e pode ser considerada como um método útil na avaliação indireta e não invasiva da condição dos tetos e úbere

Foi observado que vacas com maior produção de leite possuíam úberes com temperaturas superficiais superiores, tanto antes quanto após a ordenha, em comparação às

vacas de menor produção leiteira (PAULRUD et al., 2005). Isso sugere que o uso da técnica infravermelha tem seu valor como ferramenta de análise para avaliar a funcionalidade do úbere, relacionando as temperaturas superficiais com a quantidade de produção de leite.

A termografia também tem sido utilizada para detecção de inflamações da glândula mamária. Kunc et al. (2007) afirmaram que um úbere com mastite tem sua temperatura elevada antes mesmo dos sintomas clínicos aparecerem. Também Pezeshki et al. (2011) relataram um aumento de 2 a 3°C na temperatura superficial do úbere, em estudo inoculando *Escherichia coli* em diferentes porções do úbere de vacas leiteiras.

A triagem de mastite subclínica através da medição da temperatura superficial do úbere possui alta capacidade preditiva de diagnóstico semelhante ao California Mastitis Test – CMT. No entanto, a confiabilidade da análise da temperatura superficial por termografia entre vacas com características corporais e fisiológicas distintas entre si, e que vivem em diferentes condições ambientais, deve ser determinada em cada caso (POLAT et al., 2010).

Comercialmente foi desenvolvido um sistema de monitoramento automático da mastite para vacas leiteiras utilizando câmeras termográficas (AgriCam CaDDi Mastitis®¹) que apresenta como benefício a detecção da mastite de 2 a 3 dias antes do aparecimento dos sinais clínicos. Esse sistema possui também um dispositivo de alarme que sinaliza ao produtor quando é detectado um aumento de temperatura no úbere.

Em ovelhas e cabras a termografia também tem sido utilizada na medição da temperatura superficial e detecção de

¹ AgriCam

mastite. Caruolo et al. (1989) estudaram a relação entre as temperaturas internas e superficiais da glândula mamária e a temperatura do leite em cabras. Os autores utilizaram a radiação infravermelha para medir a temperatura da superfície do úbere e tetos e encontraram um aumento da temperatura após a ordenha mecânica.

Em ovinos a termografia também tem sido utilizada para a detecção de mastite. De fato, estudo realizado observou maior temperatura do úbere no grupo de animais com mastite subclínica. Assim, o uso da termografia na detecção de mastite apresenta-se como uma técnica viável para o controle subclínico desta doença (MARTINS et al., 2013).

9.7 Reprodução do Macho

A temperatura superficial do escroto reflete as temperaturas do testículo e do epidídimo (PUROHIT et al., 1985). Entretanto, vários fatores contribuem para a regulação da temperatura testicular. No escroto, as estruturas que desempenham funções mais relevantes no processo termorregulatório estão representadas pela pele e pela túnica Dartos (BANKS, 1991; NUNES, 2005).

O fluxo sanguíneo no escroto também contribui para a termorregulação, pois pode variar dentro de limites bastante amplos em função de aumento da temperatura ambiental, facilitando a perda de calor por radiação (BRITO et al., 2004). A íntima relação entre artérias e veias testiculares proporciona um eficiente mecanismo de contracorrente de perda de calor, através do qual o sangue arterial que chega aos testículos cede calor ao sangue venoso (ALMEIDA et al., 2003). Segundo Hafez & Hafez (2003),

esse mecanismo de contracorrente é tão eficiente que faz com que o sangue das artérias testiculares em carneiros sofra uma queda de aproximadamente 4°C do canal inguinal interno até a superfície dos testículos. O aumento na temperatura testicular provoca alterações na espermatogênese, seja por exposição de todo o animal ou apenas dos testículos, o que leva a diminuição da concentração espermática, motilidade e porcentagem de espermatozoides com morfologia normal (SETCHELL, 1998), bem como diminuição da capacidade fecundante (ZHU et al., 2004).

A termografia infravermelha tem sido utilizada para avaliar a termorregulação entre escroto e testículos, fornecendo uma imagem das emissões de infravermelho (energia emitida pelo calor irradiado) com uma precisão de 0,10°C (PUROHIT et al., 1985). Muitos aspectos fisiológicos e patológicos da função testicular relacionados à temperatura têm sido explicados pelo uso da técnica da termografia infravermelha (KASTELIC; COOK; COULTER, 1997).

Pesquisas têm demonstrado que a temperatura da superfície do escroto está altamente correlacionada com a temperatura interna dos testículos. Assim sendo, a termo regulação testicular é fielmente informada por meio dos mapas termográficos (PUROHIT et al., 1985; LUNSTRA; COULTER, 1997).

De acordo com Lunstra; Coulter (1997), touros com padrões de temperatura escrotais anormais apresentam temperatura da superfície escrotal mais alta com baixas taxas de prenhez quando usados em monta natural, em comparação com touros que apresentam padrões normais de temperatura escrotal. Esses touros com termorregulação escrotal alterada apresentaram problemas na qualidade seminal, principalmente espermatozoides com gota proximal e menor porcentagem de espermatozoides com morfolo-

gia normal de cabeça e com morfologia normal de cauda, quando comparado com touros com termo regulação normal.

Menegassi et al. (2015), ao utilizarem termografia infravermelha, avaliaram os efeitos sazonais do ambiente sobre a qualidade do sêmen em touros Braford em ambiente sub tropical. Concluíram que a técnica pode ser utilizada para avaliar a temperatura ocular, bem como, para avaliar o gradiente de temperatura escrotal e suas consequências sobre os aspectos físicos e quantitativos, mas não os morfológicos/qualitativos dos espermatozoides.

Em touros, também tem sido utilizada para diagnosticar inflamação testicular e doença degenerativa, uma vez que o testículo comprometido apresenta temperatura superior de 2,5 a 3°C quando comparado ao testículo normal contralateral (PUROHIT et al., 1985).

A aferição do calor irradiado pela bolsa escrotal utilizando termógrafo digital de infravermelho em ovinos foi uma ferramenta eficiente na caracterização da temperatura superficial escrotal nas regiões testicular e da cauda epididimária (NETO; RODELLO; BICUDO, 2011).

Cruz Júnior (2011) submeteu carneiros de seis raças (Santa Inês, Bergamascia, Dorper, Texel, Ile de France e Hampshire Down) à insulação escrotal por duas semanas. Foi observado que logo após a retirada das bolsas térmicas ocorreu degeneração escrotal e diminuição do calor irradiado pelo escroto em todas as raças, diferindo dos valores de pré-insulação, mensurados com o auxílio da termografia infravermelha. Nesse testículo degenerado não ocorreu um gradiente térmico de temperatura entre o topo e o fundo, característico do testículo normal.

Também foi observada diminuição da temperatura superficial em carneiros submetidos à torção testicular uni-

lateral quando comparada aos testículos normais, com a diferença de 1,7°C entre os mesmos (CAPRARO et al., 2008).

9.8 Reprodução da Fêmea

A medição das alterações de temperatura no corpo e vagina têm sido estudados em bovinos (OSAWA et al., 2004) e suínos (SIMÕES et al., 2014) para determinar a relação entre esses valores e a ovulação. O edema da vulva e colo do útero é o sinal mais marcante do estro, provocado pelo aumento do fluxo de sangue que aumenta a pressão capilar local (SENGER, 1999).

Vermelhidão e inchaço vulvar estão relacionados com o aumento dos estrógenos circulantes durante a fase folicular e que estimulam o fluxo sanguíneo nos órgãos genitais (LANGENDIJK et al., 2000). Nessa fase, há um aumento significativo no número de receptores de estrógeno no útero e cérvix da fêmea, sendo mais elevada durante o estro. Após o aumento do pico pré-ovulatório de hormônio luteinizante, as concentrações de estradiol no plasma começam a diminuir e atingem níveis basais durante momentos antes da ovulação e, assim, ocorre redução concomitante no avermelhamento vulvar (WIEL et al., 1981).

Scolari et al. (2009) estudaram as variações de temperatura da pele da vulva de fêmeas suínas Yorkshire-Landrace durante o período pré-ovulatório com o uso de termografia infravermelha digital. Os autores concluíram que a técnica é promissora quanto à predição da ovulação.

Sobre a detecção do cio em vacas, o uso do infravermelho pode melhorar a taxa de concepção em casos de estro silencioso ou normal, desde que a temperatura aumente

significativamente três dias antes da ovulação (OSAWA et al., 2004). Em estudo realizado com vacas Holandesas na Austrália foi observado que uma redução na temperatura da vulva e focinho 48 horas antes da ovulação pode estar relacionada com a regressão do corpo lúteo, enquanto que um aumento da temperatura 24 horas antes da ovulação coincide com o momento do estro. Assim, a mensuração da temperatura superficial pode ser uma boa ferramenta pra detectar estro em vacas e pode fornecer uma estimativa do momento da ovulação (TALUKDER et al., 2014).

9.9 Qualidade de carne

A indústria de alimentos tem investigado o uso de tecnologias inovadoras para a qualidade dos alimentos. A imagem térmica apresenta inúmeras aplicabilidades na garantia da segurança e controle da qualidade alimentar (GOWEN et al., 2010). Essa técnica mostrou ser uma ferramenta útil no controle de qualidade da carne em plantas de abate e tem sido utilizada para detectar aumento de temperatura em suínos em resposta ao manejo pré-abate. Weschenfelder et al. (2014) observaram correlação negativa entre a temperatura ocular e qualidade da carne, indicando que quanto maior a temperatura do músculo antes do abate, mais rápida será a acidificação da carne imediatamente post-mortem.

Schaefer et al. (2001) utilizaram imagens termográficas para constatar que o estresse dos bovinos momentos antes e após o transporte aumenta a incidência de carnes PSE (pálida, mole e exsudativa) e DFD (dura, firme e seca). Para suínos, também foi observada relação entre estresse e qualidade da carne, como descrito por Lawrence et al.

(2004), os quais verificaram que uma maior temperatura superficial resultou em carcaças com a cor do músculo mais clara e com maior perda de água.

A termografia infravermelha também pode ser utilizada para estimar a quantidade de gordura. Nanni Costa et al. (2007) observaram maior temperatura em presuntos com menor cobertura de gordura e sugeriram que uma menor insulação térmica, devido à pouca quantidade de tecido adiposo subcutâneo, pode ser responsável por um aumento da temperatura.

9.10 Outros usos

A termografia infravermelha também tem sido utilizada como método de diagnóstico não invasivo para medir mudanças fisiológicas ou patológicas na temperatura da pele, resultantes da administração de fármacos e procedimentos cirúrgicos.

Para a medicina esportiva equina, a termografia tem sido utilizada na prática da clínica, sendo útil na prevenção, diagnóstico e prognóstico de patologias nos pés e nas pernas e tratamento da claudicação (EDDY et al., 2001; HOLMES et al., 2003; LEVET et al., (LEVET et al., 2009)). Além disso, a termografia pode ser utilizada para detectar fraudes como “gingering” em avaliação de cavalos (TURNER; SCOGGINS, 1985), detectar local de injeções (HOOGMOED; SNYDER, 2002) e acessar dor em cavalos (FONSECA et al., 2006).

Eddy et al. (2001) utilizaram a termografia e a cintilografia para avaliar qual método de diagnóstico seria capaz de detectar o local da injúria na claudicação. No total foram utilizados 64 cavalos apresentando problemas

de locomoção, sendo que 15 desses animais foram avaliados por meio da ultrassonografia, 20 animais por cintilografia e 29 submetidos ao exame radiológico. Constatou-se que em 62,5% dos casos a técnica do infravermelho possibilitou a detecção do local afetado, colaborando para que o exame de diagnóstico por imagem fosse aplicado com sucesso.

Em ratos, esta ferramenta foi utilizada para detectar mudanças na temperatura cutânea em resposta ao medo condicionado. Verificou-se que quando o animal retornou ao ambiente seguro, a maior parte do calor acumulado durante o medo foi dissipado através da cauda (VIANNA; CARRIVE, 2005).

A termografia também foi utilizada como indicador de estado emocional. Estudo com o objetivo de descrever os efeitos na temperatura da crista de galinhas poedeiras decorrente da antecipação e consumo de recompensa palatável observou diminuição da temperatura dessa em resposta à recompensa (MOE et al., 2012).

9.11 Conclusões

A avaliação da temperatura na superfície do animal é um importante indicador para estimar com precisão o estado fisiológico dos animais frente ao estresse, fertilidade, bem estar, metabolismo e saúde. O uso da técnica da termografia infravermelha na produção animal é inovadora, de baixo custo, rápida, eficaz e fornece informações importantes sem necessidade de contato físico com os animais.

Visão sistêmica na pecuária de precisão aplicada à bovinocultura de corte

THAÍS BASSO AMARAL

VALERY GOND

ANNELISE TRAN

PEDRO PAULO PIRES

A globalização resultou num aumento da comercialização internacional de animais e de seus subprodutos. Porém, as doenças infecciosas têm sido identificadas como uma das maiores barreiras para a expansão deste comércio. Considerando a febre aftosa como uma doença transfronteiriça altamente contagiosa que possui profundo impacto social e econômico, encontrar alternativas para erradicá-la é um grande desafio para boa parte dos países em desenvolvimento.

No Brasil, houve muitos avanços no processo de erra-

dicação da febre aftosa desde a implantação do Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa (PNEFA) em 1988 (ABASTECIMENTO, 2013). Segundo a Organização Mundial de Saúde Animal (OIE), o Brasil atualmente possui o status de livre de Febre Aftosa para 60% do território nacional, onde está localizado cerca de 90% do rebanho bovino (AFTOSA, 2013).

O principal desafio que o Brasil, por ser um dos maiores produtores e exportadores mundiais de carne enfrenta, é manter e expandir a área livre de febre aftosa, principalmente porque outros países da América do Sul ainda são endêmicos ou apresentam surtos esporádicos da doença. A região estudada, antiga zona de alta vigilância, recuperou o status de livre de febre aftosa com vacinação em 2011, o que foi considerado um grande avanço. Porém, isso pode implicar em uma diminuição de recursos das atividades de vigilância. Neste contexto, identificar as regiões com maior risco potencial torna-se imprescindível.

Pelos motivos citados acima, a elaboração de uma plataforma para a análise de risco da ocorrência da febre aftosa que possa ser adotada pelos órgãos competentes tanto do Brasil, como de países vizinhos pode contribuir para o avanço no combate e erradicação da doença no Brasil.

Desta forma, neste capítulo serão apresentadas e discutidas algumas geotecnologias e suas aplicações para a avaliação do risco da ocorrência de febre aftosa no contexto da fronteira do Brasil com o Paraguai levando em consideração os aspectos geográficos associados às informações dos sistemas de produção existentes na região.

10.1 Sistemas de informações e análise multicritérios de decisão (SIG – MCDA)

Nos últimos anos, a expansão das áreas urbanas, o aumento do trânsito das pessoas, do comércio de bens e de animais, mudanças em sistemas agrícolas e climáticas e falhas nos serviços de vigilância sanitária fizeram com que tanto seres humanos quanto os animais ficassem mais expostos a doenças consideradas exóticas em seus países de origem, como por exemplo, a recente pandemia da gripe H1N1. Por estes motivos, o sistema de informações geográficas (SIG), o sensoriamento remoto (SR), os sistemas de posicionamento geográfico (GPS) e a estatística espacial assumiram um novo papel nos estudos epidemiológicos.

Estas tecnologias vêm sendo desenvolvidas muito rapidamente, os instrumentos e softwares estão cada vez mais amigáveis. Além disso, o acesso imediato aos dados e aplicações foi facilitado por meio da internet. Um exemplo claro seria o Google Earth, que não existia há 10 anos, no entanto, atualmente esta ferramenta é amplamente utilizada tanto por cientistas quanto por leigos (BERGQUIST; RINALDI, 2010).

Já Sanson (1993) destacou a crescente importância do SIG em ciência veterinária, principalmente quando envolve doenças epidemiologicamente complexas, onde há necessidade de monitorar rapidamente doenças altamente contagiosas que possam cruzar fronteiras internacionais, e quando há a necessidade de lidar com as doenças politicamente sensíveis, onde é essencial a comunicação rápida e precisa.

No caso da febre aftosa, o SIG fornece a dimensão espacial aos dados relacionados às fazendas e à epidemiologia. Áreas infectadas e propriedades que estão em situação

de risco podem ser rapidamente identificadas. Além disso, a capacidade de modelar a propagação do vírus e testar várias opções de controle acrescenta realismo necessário, e a gama de mapas gerados facilita a assimilação dos resultados. Finalmente o SIG fornece um conjunto de ferramentas de apoio à gestão de recursos humanos e outros recursos (SANSON, 1993).

Os modelos espaciais voltados para o estudo da dispersão da febre aftosa e possíveis avaliações de risco com implementação de medidas de controle vêm sendo cada vez mais utilizados (SANSON et al., 1999; GARNER et al., 2006; RIVAS et al., 2006; CHOWELL et al., 2006; HARVEY et al., 2007; PARHAM et al., 2008). Apesar de haver vários modelos e estudos que utilizam as ferramentas de SIG para modelar epidemias e avaliar medidas de controle, seu uso para a identificação de áreas de risco para febre aftosa em países onde a doença é livre com vacinação ou está em processo de erradicação da doença ainda é incipiente.

Mapas de risco de doença podem ser gerados por análise de decisão multicritério baseada em SIG (SIG - MCDA), que pode ser definida como um processo que transforma e combina dados geográficos (critérios de mapa) e juízos de valor (preferências e incertezas dos tomadores de decisão) para obter informações úteis e apropriadas para a tomada de decisão (BOROUSHAKI; MALCZWESKI, 2010; HONGO et al., 2011). Um dos pontos fortes da SIG-AMCD é a capacidade de incorporar múltiplas perspectivas das partes interessadas, bem como incertezas, subjetividade e informações qualitativas em um explícito e transparente processo de tomada de decisão.

A SIG-AMCD é uma metodologia que vem sendo utilizada na epidemiologia para identificar as áreas de risco para algumas doenças como, por exemplo, doenças transmi-

tidas por vetores, gripe aviária, febre do Vale do Rift, entre outras. A metodologia pode, potencialmente, melhorar os processos de tomada de decisão em grupo, proporcionando um quadro flexível de resolução de problemas, onde os participantes podem explorar; entender, e redefinir o problema de decisão. Neste cenário, a SIG-AMCD para tomada de decisão em grupo agrega julgamentos individuais em uma preferência de grupo de forma que a melhor alternativa possa ser identificada.

Pasi; Yager (2006) propuseram uma abordagem de maioria difusa (fuzzy) para modelar o conceito de opinião majoritária de grupo para problemas de tomada de decisão. Usando um quantificador linguístico, o conceito de maioria difusa pode gerar uma solução grupo que corresponde às preferências da maioria dos tomadores de decisão. O quantificador linguístico guia o processo de agregação dos julgamentos individuais, de tal forma que não há necessidade de ranquear as soluções alternativas individuais.

A análise da distribuição espacial do risco de febre aftosa e sua apresentação visual por meio de mapas permite a concepção de estratégias direcionadas e, portanto mais eficazes de vigilância sanitária. Outro benefício é a possibilidade de conhecer a heterogeneidade espacial nos padrões de risco em fina escala, o que é relevante para as práticas de prevenção e atividades de controle.

10.2 Estudo de caso da plataforma: aplicação da metodologia na região de fronteira do Brasil com Paraguai

A metodologia SIG-AMCD difusa, descrita acima, foi utilizada num estudo de avaliação do risco de introdução da

Febre Aftosa na fronteira do Brasil com o Paraguai.

O Estado de Mato Grosso do Sul possui 1.131 km de fronteira com o Paraguai, que são em sua maior parte sem barreiras naturais. Apenas a Rodovia Internacional, que não é asfaltada, separa os dois países. Ela se estende do Pantanal Sul, no município de Corumbá, até o município de Mundo Novo, no sudeste do Estado, o qual também tem fronteira com o Estado do Paraná. Doze municípios estão localizados na linha de fronteira, e isso corresponde a aproximadamente 30% do território estadual, além de 17% do rebanho bovino de Mato Grosso do Sul.

Em função da importância estratégica desta fronteira em relação ao combate e erradicação da febre aftosa, três municípios que faziam parte da antiga Zona de Alta Vigilância (ZAV) foram escolhidos de forma a representar a heterogeneidade da paisagem existente, bem como os diferentes sistemas de produção que coexistem na região de fronteira. Também foram escolhidos por serem bem distribuídos geograficamente, Mundo Novo no extremo sul do Estado, Ponta Porã, ao centro e Porto Murtinho situado a noroeste do Estado (Figura 38).

O menor município estudado é o de Mundo Novo, que ocupa uma área de 480 km², com cerca de 30 mil cabeças de gado, caracterizado por pequenos agricultores, que desenvolvem principalmente, a pecuária leiteira e a agricultura de subsistência. Mundo Novo foi um dos municípios atingidos pelo último surto de febre aftosa em 2005, onde mais de 10 mil bovinos foram sacrificados.

Ponta Porã é uma região potencialmente agrícola, com uma área de 5,4 mil km², onde coexistem grandes fazendas agrícolas e agricultura familiar com cerca de 3.000 pequenas propriedades.

Porto Murtinho é o maior município com uma área de



Figura 38 – Representação geográfica do Estado do Mato Grosso do Sul, com a localização das áreas de estudo (Porto Murtinho, Ponta Porã e Mundo Novo) e a antiga Zona de Alta Vigilância (ZAV) evidenciada em vermelho.

17,7 mil km², caracterizado principalmente pela pecuária extensiva, com predomínio de fazendas de médio e grande porte e um rebanho de 650 mil bovinos. Possui uma grande área indígena, que ocupa cerca de 30% do município (538 mil hectares), doada pelo Imperador D. Pedro I como prêmio pela sua participação na Guerra do Paraguai. Cerca de 2 mil índios vivem nesta reserva. Para a confecção dos mapas de risco as seguintes fontes de dados foram utilizadas:

- Banco de dados oficial fornecido pelo Ministério da

Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) contendo a relação de propriedades de cada município estudado, número de cabeças e categoria animal existente em cada propriedade, área de pastagem, presença de outras espécies animais, e a geolocalização das propriedades rurais do ano de 2010.

- Banco de dados oficial de movimentação animal (guias de trânsito animal) do ano de 2010 dos três municípios estudados.
- Dados geográficos dos limites entre Mato Grosso do Sul e Paraguai, rodovias, limite dos municípios, obtidos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística ¹.
- Geolocalização dos frigoríficos, leilões e laticínios foram fornecidos pelo MAPA.

Os dados geográficos foram observados e manipulados com a utilização do software ArcGIS (ESRI, Redlands, CA, USA). A metodologia aplicada para a análise multicritério de decisão foi a abordagem de maioria difusa, por meio de uma extensão implementada no ArcGIS 9.2, “MultiCriteria Group Analyst (MCGA) extension”, proposta por Boroushaki; Malczewski (2010).

Os fatores de risco da introdução do vírus da Febre Afetosa foram identificados a partir da literatura e da consulta a especialistas e se basearam no conceito de “vulnerabilidade”, isso é na habilidade do agente viral de entrar em uma fazenda e se espalhar em uma região (Tabela 10.1). Oito especialistas apontaram as suas preferências em relação ao nível de importância de cada fator de risco

¹ <http://www.ibge.com.br>

identificado para a região estudada onde 1 representou um baixo risco e 5 alto risco.

O processo envolveu duas etapas básicas. A primeira foi a criação de uma solução individual (mapa de risco) para cada especialista consultado. A segunda etapa compreendeu a agregação das opiniões dos especialistas em uma única solução de grupo. Para tanto foi utilizado o quantificador linguístico POUCOS. Desta forma, uma fazenda ou uma região foi considerada como de maior risco quando teve a combinação de **poucos** fatores de risco que os especialistas consideraram importantes.

10.3 Resultados e discussão

Os critérios que, segundo os especialistas, mais influenciaram o risco de introdução da FA na região estudada foram a entrada de animais na fazenda e a distância da fronteira (Figura 39). Com relação à variável qualitativa, tipo de propriedade, os especialistas concordaram que o tipo “fazenda” é o que representa menor risco.

A opinião dos especialistas atingiu um bom grau de concordância para a maioria dos critérios estudados. Houve apenas um especialista que de maneira geral divergiu dos demais e utilizou somente valores extremos para expressar sua opinião sobre a percepção de risco, dando valores máximos para os critérios que julgou serem os mais significativos e mínimos para os outros. Como a metodologia leva em consideração a opinião da maioria, este fato não foi considerado um problema.

A distância da fronteira com o Paraguai, de acordo com os especialistas, foi um dos fatores de risco mais significativos. Apesar de o Paraguai possuir o mesmo status sanitário

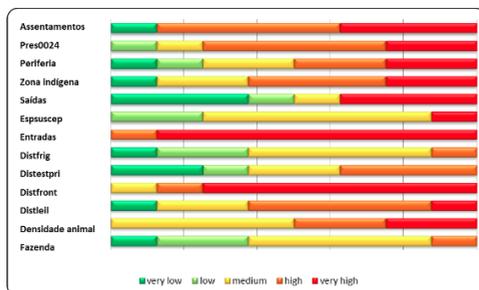


Figura 39 – Proporção do risco por fator segundo a opinião dos especialistas.

que o Brasil, ou seja, livre com vacinação, e idêntico esforço do governo paraguaio para melhorar as condições sanitárias do país, a situação não está totalmente resolvida. No final de 2011, surgiu um foco de febre aftosa na região de San Pedro, demonstrando que ainda há algumas fragilidades no controle e erradicação da febre aftosa, especialmente em algumas áreas isoladas. Um estudo publicado por Garabed et al. (2009), também identificou uma grande diferença entre a opinião dos especialistas e a opinião da Organização Mundial de Saúde Animal (OIE) sobre a probabilidade da presença de febre aftosa no Paraguai, mesmo sendo considerada livre pela OIE.

Para o tipo de propriedade, os especialistas concordaram que "assentamentos" representam maior risco, seguido por "periferia" e "fazendas". Este fato foi constatado, pois nestes estabelecimentos, geralmente o nível de escolaridade é baixo, havendo uma necessidade de maior apoio do governo, além de boa parte destes estar localizado em áreas de fronteira.

A opinião dos especialistas é muito importante neste

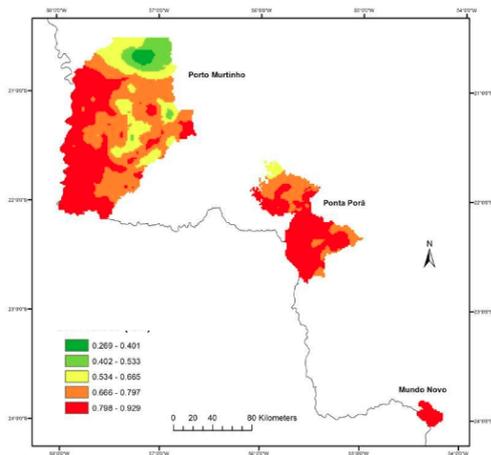


Figura 40 – Mapa de risco para a introdução do vírus da Febre Aftosa nos três municípios estudados

tipo de exercício onde há falta de dados empíricos sobre vários aspectos da doença e da sua transmissão. Vários estudos de FA são baseados na opinião de especialistas: o risco de introdução da FA na Nova Zelândia (FORBES et al., 1994; SANSON et al., 1999); Risco de introdução da FA nos Países Baixos (HORST et al., 1999); Simulação de epidemias nos Estados Unidos (BATES; THURMOND; CARPENTER, 2003), a introdução da FA na Grã-Bretanha através da carne de descaminho (WOOLDRIDGE et al., 2006); análise da situação da FA por país (GARABED et al., 2009).

O mapa de risco resultante do agrupamento da opinião dos especialistas encontra-se na Figura 40. O cenário estudado, POUCOS fatores de risco, é um cenário bastante

sensível, ou seja, uma propriedade será considerada de risco se ela possuir alguns dos indicadores elencados pelos especialistas como sendo importantes para o risco de introdução da FA. Por exemplo, uma propriedade, que se encontra próxima à fronteira e que possua uma grande quantidade de animais jovens e for classificada como assentamento, apresentará um risco elevado.

O mapa mostra uma heterogeneidade espacial entre as zonas estudadas. Eles identificam áreas onde é mais provável o risco de introdução da FA baseado nos fatores de risco estudados. Os valores do risco são apresentados como média ordenada ponderada (OWA). Estes valores variam de 0 (baixa probabilidade) a 1 (alta probabilidade). Porém, estes valores não fornecem um valor absoluto do risco e sim, uma probabilidade relativa, permitindo a caracterização de localizações com risco relativo mais alto ou mais baixo.

Pode-se observar no mapa que a probabilidade de ocorrência de FA é praticamente homogênea na região de Mundo Novo onde toda a região apresentou valores altos de OWA. Para Ponta Porã, somente a porção norte apresentou risco mais baixo. Em Porto Murtinho, pode-se observar que a porção oeste, mais próxima à fronteira apresenta um maior risco de introdução da FA.

O município de Ponta Porã apresentou, em média, os maiores valores de risco (OWA = 0,902) seguido por Mundo Novo (OWA = 0,863) e Porto Murtinho (OWA = 0,809) (P_i 0,05). Em Ponta Porã, 86% dos estabelecimentos são assentamentos. Como este fator de risco foi considerado alto ou muito alto para quase todos os especialistas, o peso deste indicador no valor final de risco é alto. Já em Porto Murtinho, os assentamentos representam 23% dos estabelecimentos sendo esta uma das razões para o menor risco de FA dentre os municípios avaliados.

A abordagem de maioria difusa para SIG-MCDA aplicada neste estudo propõe uma nova plataforma para estudar a probabilidade de introdução da febre aftosa na fronteira entre Brasil e Paraguai, desta forma apoiando as ações de vigilância sanitária na região. Esta é a primeira experiência da aplicação desta metodologia para avaliação de risco de doenças infecciosas dos animais. Como a febre aftosa é uma doença transfronteiriça, os países ou zonas que alcançam status de livre não estão protegidos contra os riscos de um país vizinho infectado. Por esta razão, as regiões fronteiriças brasileiras, não só com o Paraguai, mas também com outros países da América do Sul, em que status sanitário é inferior, são áreas sensíveis onde existe a necessidade de desenvolver e implantar estratégias de erradicação regionais.

No entanto, desenvolver e implantar estratégias comuns entre os países não é uma tarefa fácil. Um dos grandes problemas quando se lida com informações de diferentes países é que o nível e a qualidade da informação são extremamente variáveis. Por esta razão, um modelo de avaliação dos riscos comuns precisa ser tão simples quanto possível, a fim de levar em consideração as informações mais relevantes disponíveis para cada país, de forma a construir uma plataforma onde as informações entre países possam ser comparadas de forma transparente.

O primeiro passo seria estabelecer uma vasta discussão em torno dos indicadores de risco a serem monitorados envolvendo o maior número de especialistas possível dos países envolvidos. O segundo passo seria identificar áreas de pastagem por sensoriamento remoto para servir como base espacial para o modelo de avaliação de risco SIG - MCDA em uma escala regional. Como resultado, seria possível identificar áreas de maior risco de introdução

dentro dos países e entre os países. Como a maioria dos países da América do Sul lida com recursos escassos, é importante concentrar esforços em áreas de risco, desta forma, a detecção da doença / infecção é reforçada no caso de uma reintrodução do agente viral na área.

Como o processo é demorado, pois exige uma participação ativa das partes interessadas, a fim de definir objetivos, critérios, indicadores e computação da opinião dos especialistas, e posterior discussão dos resultados, só é possível durante os períodos de "calma", não sendo uma ferramenta adequada para lidar com períodos de surtos.

Tal como acontece com todos os trabalhos de modelagem, é importante estar ciente das premissas adotadas em relação aos modelos e as fontes potenciais de vieses na interpretação dos resultados dessas análises (STEVENS et al., 2009). Os indicadores de risco aqui estudados foram aqueles que poderiam ser mapeados. Outros fatores de risco, como por exemplo, o movimento de pessoas dentro da fazenda, os embarques ilegais, não foram considerados, pois não poderiam ser espacialmente representados.

Mesmo sabendo das limitações de se trabalhar com modelos de avaliação de risco, especialmente em regiões de fronteira, a metodologia SIG – MCDA difusa demonstrou ter um grande potencial para o estudo de doenças complexas como a febre aftosa, por lidar com a incerteza e complexidade dos diferentes pontos de vista.

O Mapa de risco produzido a partir da aplicação da metodologia proposta neste estudo pode ser utilizado como base para uma discussão entre atores locais. Mapas de risco, associados ao conhecimento local, podem proporcionar uma melhoria da identificação de áreas ou fazendas de risco potencial com representações mais próxima da realidade, ajudando desta forma os tomadores de decisão no combate

e erradicação da febre aftosa.

10.4 Conclusão

O estudo demonstrou que existem alguns bolsões de maior probabilidade de febre aftosa em cada município estudado e sendo particularmente maior na região central do município de Ponta Porã onde há mais de 2.500 assentamentos.

A relação entre a visão digital e a pecuária

VANESSA APARECIDA DE MORAES WEBER

KARLA REJANE DE ANDRADE PORTO

JOÃO VITOR DE ANDRADE PORTO

FABRICIO DE LIMA WEBER

A Inteligência Artificial (IA) é um campo da ciência da computação que busca desenvolver sistemas capazes de realizar tarefas que normalmente exigiriam inteligência humana, como aprendizado, raciocínio e reconhecimento de padrões. Dentro desse campo, o Machine Learning (ML) e o Deep Learning (DL) são subáreas que se concentram na criação de modelos computacionais capazes de aprender com dados e fazer previsões ou tomar decisões. O ML utiliza algoritmos que identificam padrões em grandes volumes de dados e ajustam seus parâmetros para melhorar a precisão de suas respostas, enquanto o DL, uma vertente mais avançada, emprega redes neurais profundas para

reconhecer relações complexas e extrair características automaticamente.

A aplicação da IA no agronegócio é ampla, abrangendo desde o uso de sensores para monitoramento de cultivos e rebanhos até a automação de máquinas agrícolas (MELGAR, 2021). Além disso, a visão computacional, um ramo da IA que permite a interpretação automática de imagens e vídeos, tem sido amplamente utilizada para análise morfológica e estimativa de peso corporal de animais, tornando-se uma ferramenta essencial na pecuária de precisão.

Na indústria é comum o uso de balanças de peso parcial ou total, uma tarefa trabalhosa. E como uma alternativa também são usadas abordagens de pesagem indiretas com base nas medições biométricas e morfométricas, porém realizadas manualmente com fitas e tubos de medição que após transpostas para equações de regressão capazes de correlacionar as medidas com o peso corporal. A quantificação indireta é uma abordagem que proporciona uma precisão de previsão de peso corporal, no entanto são demoradas, exige pessoal treinado e qualificado e a coleta de medidas podem ser estressantes para os animais e tratadores, especialmente quando repetidas diariamente. Na evolução das tecnologias para o campo explorando sensores eletro-ópticos sem contato (por exemplo, 2D, 3D, câmeras infravermelhas), tecnologias de visão computacional (CV) e como ML e DL foram contributivos no proxies biométricos e morfométricos para estimativas de peso corporal (WANG et al., 2021).

O Machine Learning e Deep Learning são dois subcampos que se concentram na criação de modelos preditivos a partir de dados, e têm sido amplamente utilizados em vários estudos de ciência pecuária para previsão do peso

corporal de bovinos e suínos, porém é incomum que ML e DL sejam aplicados ao mesmo problema. Em geral o ML é referido para modelagem baseada em dados e algoritmos de regressão linear, árvores de decisão, redes neurais artificiais (RNAs) e árvores aleatórias para gerar modelos preditivos. Enquanto, o DL é um subcampo mais avançado da IA que utiliza redes neurais profundas para fazer previsões, pois conseguem atuar sobre interações mais complexas entre os dados de entrada e a variável alvo, tornando-os ideais para resolver problemas mais desafiadores. Os algoritmos de ML têm sido usados para prever o peso corporal com base em fatores como idade, sexo e medidas morfométricas, e os algoritmos DL têm sido bem-sucedidos tanto para previsões diretas baseadas na relação entre o peso corporal e outros parâmetros fisiológicos, como consumo de ração ou taxa de crescimento (TULPAN, 2023).

11.1 Peso de bovinos

A pesagem precisa de bovinos é um fator essencial para a gestão eficiente da pecuária, influenciando diretamente decisões sobre alimentação, crescimento, desempenho reprodutivo e momento ideal para o abate. Métodos convencionais de pesagem, como o uso de balanças mecânicas ou eletrônicas, apresentam desafios operacionais, incluindo alto custo, necessidade de infraestrutura específica e o estresse causado aos animais durante o manejo. Diante desse cenário, soluções baseadas em visão computacional e inteligência artificial têm se destacado como alternativas promissoras, permitindo estimar o peso de bovinos por meio da análise de imagens digitais. Técnicas como redes neurais convolucionais (CNNs), segmentação semântica e

aprendizado profundo (DL) têm sido aplicadas para extrair informações biométricas e morfométricas de imagens RGB ou 3D, possibilitando a predição do peso com alta precisão e reduzindo a necessidade de contato físico com os animais.

Ao usar um modelo para previsão do peso vivo de bovinos tendo base imagens, avaliando as formas de projeções planas e de regressão por aprendizado profundo a partir de um conjunto de dados reais, o sistema mostrou precisão de 91,6% o que confirma uma potencial aplicabilidade para a pecuária. Foi observado ainda que a imagem RGB de alta resolução apresenta um resultado de detecção para área alvo mais confiável do que o resultado da detecção de nuvem de pontos 3D. A execução da tarefa utilizou o modelo de detecção YOLOv4, onde foi detectada as várias regiões e os diferentes tamanhos em imagem 2D, que serviu de treinamento para detectar áreas da cabeça, coxa e corpo dos bovinos, e assim de forma única identificar a estrutura individual de cada animal (RUCHAY et al., 2022).

Ao normalizar os dados de informações das poses, essa ação ajuda os algoritmos de aprendizado de máquina para previsões de reconhecimento de objetos mais precisos. Caso utilize uma nuvem de pontos, é proposto aplicar um algoritmo de detecção rápida de simetria bilateral para uma Análise de Componentes Principais (PCA, do inglês Principal Component Analysis) que detecta a simetria inicial e busca pela simetria de diferentes planos que passam pelo centro de gravidade em relação ao plano de simetria inicial, chegando enfim ao plano de simetria ideal definido pela métrica de Hausdorff modificada com a inclusão de coeficientes encontrados do plano e a base cartesiana de seu próprio subespaço, alinhada paralelamente ao plano normalizado OXZ. Na sequência, Ruchay et al. (2022) aponta como ferramenta para estruturação de modelos

de previsão na visão computacional a partir de imagens 2D o uso de Rede Neural Convolutacional (CNN) em conjunto com biblioteca popular, e cita a Keras. Seguindo afirma, essa aplicação foi conduzida num experimento a partir de um conjunto de dados que foi dividido aleatoriamente em subconjuntos com 70% para treinamento e 30% para teste, dos quais 20% dos dados do subconjunto de treinamento para validação da aprendizagem profunda foi direcionado para otimização dos parâmetros, chegando ao conjunto de hiperparâmetros ideais que foram aplicados na GridSearchCV, que é uma técnica de otimização de hiperparâmetros usada em ML para encontrar a melhor combinação de parâmetros para um modelo preditivo.

Medir o peso durante o crescimento do gado é essencial para determinar os níveis de desenvolvimento fisiológico e a oferta de alimentação adequada (WEBER et al., 2020). Ao ser aplicado modelos de previsões numa população em crescimento, tem como base os princípios bayesianos de inferência e estimativa de verossimilhança, que incluem como parâmetros matemáticos de regressão ponderada, processo gaussiano de regressão e a construção de um painel de processo gaussiano. A regressão gaussiana é o modelo de probabilidade estatística concebido como mais eficiente. Enquanto o modelo de regressão ponderada é usado quando existe heterocedasticidade, ou seja, quando no uso do modelo de regressão comum a variância dos erros apresentam discrepância (NA et al., 2023).

Muito além dos conceitos, a importância da predição de peso atende a dois propósitos, primeiro gerando uma estimativa pontual e em segundo a estimativa intervalar. A vantagem da estimativa pontual é obter dados que serão aplicados para estimar parâmetros posteriores, por exemplo a moda (estimativa posterior máxima) e o valor esperado

(estimativa de erro quadrático médio mínimo).

Outra importância do ganho de peso se deve ao fato que a composição corporal de animais de criação para consumo alimentar se refere aos quantitativos de musculatura e gordura, sofrendo influência dos fatores genéticos, nutricionais, sanitários e ambientais. É um dos principais indicadores para determinar o estágio de desenvolvimento, desempenho do animal, e na previsão do tempo para o abate e também aplicam ao gado leiteiro. Averiguando alcançar a automação para definir a composição corporal, foi implementado o monitoramento por aprendizado profundo supervisionado de visão computacional com imagens de vídeo da parte posterior do corpo dos animais (garupa), e empregou a Faster R-CNN para as tarefas conjuntas de localização e previsão da classificação, recorrendo para aprendizagem da rede o uso da função de perda o treinamento, e modelos do repositório de código Model Zoo com parâmetros de rede pré-treinados no conjunto de dados COCO (Common Objects in Context) (NAGY et al., 2023).

Confirmando com os resultados relatados por Guvenoglu et al. (2023), que adotou a captura de imagem para estimar o peso dos bovinos, e por meio da segmentação semântica uma técnica conhecida e empregada para estimar o peso do gado. Aplicando o Mask R-CN os cálculos de previsão foram estabelecidos pela distância dos animais em relação ao plano da câmera, e pelas áreas cobertas pelos mesmos. Os resultados revelaram que o uso de imagens de alta resolução e da segmentação semântica aplicadas para conjunto de animais por área, os pesos dos animais vivos podem ser previstos com sucesso.

Contudo, para trabalhar com conjunto de dados de imagem na pecuária para escolha do algoritmo é necessário

fazer a retificação das imagens; além disso o treino da rede neural pode levar muito tempo e a rede pode não ter sucesso suficiente, assim a normalização dos dados para acelerar o tempo de treinamento, sugerindo então utilizar a técnica de normalização do escore Z. E para garantir que o conjunto de teste seja grande o suficiente para refinar os modelos, os procedimentos devem ser repetidos ao menos cinco vezes por lote e os resultados foram calculados para produzir uma única estimativa nos achados de Hou et al. (HOU et al., 2023), aplicada para segmentação das imagens 2D a PointNet, PointNet++ e PointCNN, não obstante o aprendizado profundo sendo capaz de detectar ou reconhecer ignorando a diversidade de formas ou contornos de superfícies curvas quando for gado de corte mestiço.

Estudando bezerros distribuídos em grupos amostrais por meio de uma arquitetura desenvolvida em modelos CNN com blocos convolucionais, foi realizada a predição e detecção de doenças respiratória e diarréicas no período de desmame. A partir de dados de comedouros automáticos de leite (AMF), indiretamente também serviu para avaliar o ganho de peso uma vez que os grupos amostrais em alojamento coletivo. O modelo produziu sensibilidade e especificidade de 83 e 71%, respectivamente (para bezerros alimentados ad libitum), e 82 e 87%, respectivamente (para bezerros com alimentação restrita) (GHAFARI et al., 2022).

A cada dia se torna mais usual os estudos que buscam trabalhar com códigos-fonte livre e possibilitar seus usos em aplicações variadas, como uma forma de promover a ciência aberta. Contribuindo nessa linha de pesquisa, Bi et al. (2023) realizou pesquisas experimentais para prever o peso corporal de vacas partindo de medições múltiplas de imagens de vídeo. Os dados foram analisados nas aborda-

gens de aprendizagem profunda de limiar e Mask R-CNN, e por meio dos modelos de regressão chegar a previsão do peso corporal em acordo com as dimensões corporais a segmentação do corpo do animal foi direcionada pela traseira ou parte posterior anatômica, aplicando o limiar único, limiar adaptativo e máscara R-CNN. A organização permitiu que a informação fosse passada diretamente de um estágio para outro, sem a necessidade de camadas intermediárias, e evitou problemas de gradiente de fuga, melhorando a previsão e a convergência.

Todo sistema de modelos de aprendizagem profunda precisa transpor problemas comuns de campo para estimar o peso corporal do gado, como a presença de cercas e fundos lotados, sem considerar também a captura de vista lateral e frontal para extrair características morfológicas e anatômicas de cada animal. Uma alternativa foi apontada ao aplicar o Mask-RCNN e a dados COCO, onde a área e a largura observada foram calculadas automaticamente para todos os quadros das imagens frontal dos animais, e após obtida a média que foi usada para informações de regressão subsequente dos modelos descritos como a regressão de vetores de suporte (SVR) com kernel de função de base radial (RBF) e regressão de árvore aleatória (RF) (LIU; REIBMAN; BOERMAN, 2023).

11.2 Peso de porcos

A medição precisa do peso corporal de suínos é fundamental para otimizar o manejo nutricional, monitorar o crescimento e prever o ponto ideal para comercialização, garantindo maior eficiência produtiva. Métodos tradicionais, como balanças convencionais, podem ser imprecisos devido

ao comportamento inquieto dos suínos e ao estresse gerado durante o processo de pesagem. Nesse contexto, abordagens baseadas em visão computacional surgem como alternativas inovadoras, permitindo a estimativa do peso corporal de forma não invasiva. Modelos baseados em aprendizado de máquina (ML) e aprendizado profundo (DL) têm sido empregados para analisar imagens 3D e identificar características morfológicas relevantes, como largura do torso e altura, reduzindo a necessidade de medições manuais e aumentando a eficiência da suinocultura de precisão.

Atendendo a esse desafio, o ponto de partida foi desenvolver um sistema de visão computacional (CVS) para predição de peso corporal vivo, profundidade muscular (DM) e gordura dorsal (GC) a partir de imagens 3D de vista superior de suínos em terminação, e poder comparar a capacidade preditiva de diferentes abordagens, como regressão linear múltipla tradicional, mínimos quadrados parciais e técnicas de aprendizado de máquina, incluindo redes elásticas, redes neurais artificiais e aprendizado profundo (FERNANDES et al., 2020).

Sem dúvidas, o peso vivo (PV) dos suínos é uma característica fundamental para monitorar o ganho diário, o estado nutricional e o desempenho de saúde e para previsão do peso comercializável. Ao usar um método sem contato direto com vista a minimizar o estresse durante as medidas das dimensões físicas do animal é o ideal para estimativa de PV. Mesmo ciente dessa necessidade a indústria de processamento de suínos está atrasada no planejamento de estratégias de aquisição devido às dificuldades na estimativa do crescimento dos suínos. Para sanar essa defasagem as ferramentas de aprendizado de máquina são aplicadas para a resolução de tais questões, embora nível de precisão das técnicas automatizadas para suinocultura a pesagem

pode sofrer restrições devido aos movimentos contínuos dos suínos, baixas alturas de teto e baixa intensidade de iluminação que restringem a imagem adequada (BHOJ et al., 2022).

Os processos que envolvem a aquisição da imagem de porcos passam por várias etapas de processamento, e de acordo com Bhoj et al. (2022) para medição de peso vivo de suínos inclui etapas de pré-processamento, filtragem, extração de recursos das imagens obtidas por pares de câmeras lateral e superior de cada porco para medir a largura de torso próximo ao coração e quadril, e a altura.

Apesar do importância do ganho de peso, a garantia a sanidade é primordial na indústria, e mais uma vez a tecnologia dos sistemas de precisão vem contribuindo para compor uma estrutura de análise epidêmica no monitoramento do risco de surtos, em destaque da doença infecciosa viral PRRS (Síndrome Reprodutiva e Respiratória em Suínos). O sistema pode prever o surto de PRRS e capturar a dinâmica espaço-temporal de transmissão da infecção tanto intra fazenda como na dinâmica de transmissão extensiva a rede de transporte para a indústria. Partindo de um modelo generativo profundo fatorizado hierárquico houve uma aproximação dos dados dimensionais elevados entre pesos baixos dependentes do tempo e a capacidade na progressão da propagação do vírus (SHAMSABARDEH; AZARI; MARTÍNEZ-LOPEZ, 2021).

Ainda que os algoritmos ML e DL tenham sido utilizados com sucesso para fazer previsões de peso de suínos, algoritmos de ML têm sido mais usados para prever o peso corporal com base em fatores como idade, sexo e medidas morfométricas. Por outro lado, Tulpan (2023) afirmam que os algoritmos DL têm sido bem-sucedidos tanto para previsões diretas baseadas na relação entre o peso corporal

e como de outros parâmetros fisiológicos, consumo de ração ou taxa de crescimento, sendo uma tecnologia assistiva para organização e segmentação de animais.

11.3 Considerações finais

As variações nas técnicas de aprendizado relativo à mensuração do peso de bovinos e suínos quase sempre são referidas como modelagem baseada em dados, onde a ML utiliza algoritmos como regressão linear, árvores de decisão, redes neurais artificiais e árvores aleatórias para criar modelos preditivos a partir dos dados disponíveis. Esses modelos são fundamentais para permitir que previsões sejam feitas com base em novos dados de entrada, facilitando o processo de tomada de decisão e aprimorando a precisão nas estimativas.

Ao passo que o DL é um subcampo mais avançado da IA, que se diferencia por empregar redes neurais profundas, compostas por várias camadas de processamento, para realizar previsões ainda mais sofisticadas. As redes neurais profundas do DL são particularmente eficazes em lidar com grandes volumes de dados e em identificar padrões complexos que algoritmos mais simples, como os da ML tradicional, podem não captar com a mesma eficácia.

Referências

ABASTECIMENTO, B. M. da Agricultura e. *Brasil avança para obter status internacional de país livre de febre aftosa*. 2013. (<http://www.agricultura.gov.br/animal/noticias/2013/03/brasil-avanca-para-obter-status-internacional-de-pais-livre-de-febre-aftosa>). Acesso em 10/07/2013. 256

ABASTECIMENTO, B. M. da Agricultura e do. *Portaria nº 304, de 22 de abril de 1996. Estabelece a temperatura máxima para o fornecimento de carnes e miúdos de bovinos, suínos e bubalinos*. Brasília: [s.n.], 1996. 71, 83

ABASTECIMENTO, B. M. da Agricultura e do. *Portaria nº 46, de 10/02/98. Institui o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) nas indústrias de produtos de origem animal sob o regime do Serviço de Inspeção (SIF)*. Brasília: [s.n.], 1998. 95

ABIA. *O mercado food service*. 2009. Acesso em: 28 abril 2009. Disponível em: (<http://www.abia.org.br/cfs2009/te-las/food-service.asp>). 87

ABIEC. *Brazilian beef profile 2012*. 2013. Available from: <http://www.abiec.com.br/3-pecuaria.asp>. Access in: February 20, 2013. 209

ABREU, U. G. P.; CEZAR, I. M.; TORRES, R. A. Análise bioeconômica da introdução de período de monta em sistemas de produção de rebanhos de cria na região do Brasil central. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1198–1206, 2003. 221

ADUSEI, I.; KYAMAKYA, K.; ERBAS, F. Location-based services: advances and challenges. In: *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*. [S.l.: s.n.], 2004. p. 1–7. 43, 44

AFTOSA, P. C. P. americano de F. *Laboratorio de Referencia de OIE y FAO para Fiebre Aftosa y Estomatitis Vesicular*. 2013. http://new.paho.org/panaftosa/index.php?option=com_content&task=view&id=139&Itemid=235). Acesso em 21/03/2014. 256

AGRICULTURA, P. e. A. Brasil. Ministério da. *Instrução normativa nº 65, de 16 de dezembro de 2009. Altera a denominação do serviço de rastreabilidade da cadeia produtiva de bovinos e bubalinos - SISBOV, que passa a chamar-se Sistema de Identificação e Certificação de Bovinos e Bubalinos - SISBOV*. Brasília: [s.n.], 2009. 85

AGRICULTURA, P. e. A. Brasil. Ministério da. *Lei nº 12.097, de 24 de novembro de 2009. Dispõe sobre o conceito e a aplicação de rastreabilidade na cadeia produtiva das carnes de bovinos e de búfalos*. Brasília: [s.n.], 2009. 84, 85

AGRICULTURA, P. e. A. MAPA Ministério da. *Programa nacional de controle e erradicação da brucelose e da tuberculose animal*. Brasília: MAPA/SDA/DSA, 2006. 188 p. 224

- AGRICULTURA, P. e. A. MAPA Ministério da. *Agronegócio Brasileiro em números. Pecuária - evolução da produção 1960-2010*. 2011. (<http://www.agricultura.gov.br>). Acessado em: November 10, 2013. 209
- AGUIAR, A. P. A. O resíduo sustenta o pasto adubado. In: *Anualpec 2011*. São Paulo: FNP, 2011. p. 169–172. 215
- ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, Rome, v. 56, p. 15, 1998. 163
- ALMEIDA, A. K. et al. Circunferência escrotal e medidas corporais em carneiros santa inês de várias idades. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, Belo Horizonte, v. 27, n. 2, p. 197–199, 2003. 248
- ALMEIDA, R. *Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento*. 181 p. Tese (Doutorado) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, Brasil, 2005. 169, 185
- ALSAAOD, M. et al. The role of infrared thermography as a non-invasive tool for the detection of lameness in cattle. *Sensors*, v. 15, n. 6, p. 14513–14525, 2015. 246
- ALVAREZ, J.; NUTHALL, P. L. Adoption of computer based information systems: the case of dairy farmers in canterbury, nz and florida, uruguay. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 50, n. 1, p. 48–60, 2006. 155
- ALZAHAL, O. et al. The use of a radio telemetric ruminal bolus to detect body temperature changes in lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 94, n. 7, p. 3568–3574, 2011. 206
- ALZAHAL, O. et al. The use of telemetric system to continuously monitor ruminal temperature and to

predict ruminal pH in cattle. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 92, n. 11, p. 5697–5701, 2009. 206

AMER, P. R. et al. A economic comparison of beef cattle genotypes for feedlot traits at their optimal slaughter end point. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 74, n. 1, p. 7–14, 1994. 181

AMYOT, E.; HURNIK, J. F. Diurnal patterns of oestrous behavior of dairy cows housed in a free stall. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 67, n. 3, p. 605–614, 1987. 197

ANIMAUX), I. I. E. des. *Projet à Grande Echelle: Stratégie pour l'identification électronique des animaux à grande échelle*. 1996. SaVeTech Unit, ISIS Institute, JRC, Ispra - DG Agri /G.4., Version 5.2. 58 p. 52

AOKI, M.; KIMURA, K.; SUZUKI, O. Predicting time of parturition from changing vaginal temperature measured by data-logging apparatus in beef cows with twin fetuses. *Animal Reproduction Science*, v. 86, n. 1, p. 1–12, 2005. 195

ARAÚJO, H. S. et al. Avaliação preliminar das estimativas do modelo internada para o ganho de peso de bovinos em confinamento. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Belém, PA: UFRA, 2011. v. 48, p. 80–81. 170, 171

ARRUDA, R. P. et al. Avaliação de sêmen congelado de bovinos. provas lenta e rápida de termo resistência: efeitos sobre a fertilidade. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 131–137, 1992. 222

ASSOCON. *Associação Nacional dos Confinadores*. 2011. Disponível em: www.assocon.com.br. Acesso em: 23 ago. 2011. 184

AZEVEDO, P. F.; BANKUTI, F. I. Na clandestinidade: o mercado informal de carne bovina. In: *Anais do Congresso Internacional de Economia e Gestão de Redes Agroalimentares*. Ribeirão Preto: [s.n.], 2001. Acesso em: 24 jul. 2009. Disponível em: (<http://www.fearp.usp.br/engna/resumos/AzevedoFurquim.pdf>). 83

BANKS, W. J. *Histologia veterinária aplicada*. São Paulo: Manole, 1991. 546–564 p. 248

BAOWEI, W. et al. Theoretical study of reaction paths and transition states on conversion methane into c2 hydrocarbons through plasma. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, China, v. 15, n. 1, p. 44–50, 2007. 240

BARBOSA, F. A. et al. Economic efficiency and productivity of life cycle beef cattle production systems in the south of bahia. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 62, n. 3, p. 677–685, 2010. 216

BARBOSA, L. et al. *As tendências da alimentação*. FIESP; ITAL, 2010. Acesso em: 20 dez. 2010. Disponível em: (<http://www.brasilfoodtrends.com.br/>). 73, 88, 215

BARCELLOS, J. O. J. Manejo integrado: um conceito para aumentar a produtividade dos sistemas de produção de bovinos de corte. In: LOBATO, J. F. P.; BARCELLOS, J. O. J.; KESSLER, A. M. (Ed.). *Produção de bovinos de corte*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999. p. 287–313. 221

BARCELLOS, J. O. J. *Gestão da propriedade rural de pecuária*. Porto Alegre: Instituto Universal de Marketing em Agribusiness, 2011. 67 p. 210, 214, 215, 221, 223, 229, 230

- BARCELLOS, J. O. J. et al. Manejo nutricional da novilha até o primeiro acasalamento. In: *Simpósio de Reprodução de Bovinos*, 2. Porto Alegre: [s.n.], 2003. p. 4-27. [222](#)
- BARCELLOS, J. O. J.; OAIGEN, R. P.; CHRISTOFARI, L. F. Um enfoque sistêmico da disponibilidade técnico-científica para a cria bovina. In: *Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos*, 13. Canoas: Ulbra, 2008. p. 5-26. [212](#), [213](#)
- BARCELLOS, J. O. J.; OIAGEN, R. P.; CHRISTOFARI, L. F. Gestão de tecnologias aplicadas na produção de carne bovina: pecuária de cria. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, v. 1, n. 1, p. 23-32, 2007. [220](#)
- BARCELLOS, J. O. J. et al. El futuro de la ganadería de carne delante la crisis alimentária en el mundo. In: *Congreso Venezolano de Producción e Industria*, 14. Maracaibo: CVPI, 2008. p. 61-76. [217](#), [228](#)
- BARCELLOS, J. O. J. et al. A bovinocultura de corte frente à agriculturização no sul do brasil. In: *Ciclo de Atualização em Medicina Veterinária*, 11. Lages: AMEV-UDESC, 2004. p. 13-30. [227](#)
- BARCELLOS, M. D. *Processo decisório de compra de carne bovina na cidade de Porto Alegre*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, 169f. [73](#), [74](#), [76](#)
- BARES RESTAURANTES, L. e. S. Associação Brasileira de. *Gastos com refeições fora do lar devem chegar a 30% em 2012*. 2009. Acesso em: 09 Jul. 2009. Disponível em: <http://www.abrasel.com.br/index.php/atualidade/item/5522/>. [70](#)

BARIONI, L. G. *Embrapa Invernada 1.0*. 2011. Hiperlink (<http://www.invernada.cnptia.embrapa.br/>) (Acessado em 17/2/2014). 161

BARIONI, L. G. et al. Using computer models to assist planning beef production: experiences in brazil. *Revista Argentina de Producción Animal*, v. 32, n. 1, p. 77–86, 2012. 161

BARIONI, L. G. et al. *Formulação de dietas de custo mínimo da matéria seca para bovinos de corte em planilha eletrônica*. [S.l.], 2003. 7 p. 169

BARIONI, L. G.; TEDESCHI, L. O.; LANNA, D. P. D. Using a combined linear and non-linear optimization algorithms to maximize net return in feedlots. In: *International Congress of Modelling and Simulation*. Waikato/NZ: [s.n.], 1999. v. 3, p. 807–812. 169

BARKER, H. A.; BUSWELL, A. M. Biological formation of methane. *Industrial and Engineering Chemistry*, v. 48, n. 9, p. 1438–1442, 1956. 239

BARREIROS, T. R. R.; BLASCHI, W.; BORSATO, E. A. Comparison the pregnancy rates between bovine recipients with cavitory or compact corpus luteum after cloprostenol or fixed time embryo transfer. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 27, n. 4, p. 657–664, 2006. 222

BARRENA, R.; SÁNCHEZ, M. Consumption frequency and degree of abstraction: A study using the laddering technique on beef consumers. *Food Quality and Preference*, v. 20, p. 144–155, 2009. 73

BARUSELLI, P. S. et al. Taxa de concepção de diferentes protocolos de inseminação artificial em tempo fixo em vacas bos taurus taurus x bos taurus indicus durante o período pós-parto. In: *Simpósio Internacional de*

Reprodução Animal, 5. Huerta Grande: SIRA, 2003. p. 367–380. [222](#)

BATES, T.; THURMOND, M.; CARPENTER, T. Description of an epidemic simulation model for use in evaluating strategies to control an outbreak of foot-and-mouth disease. *American Journal of Veterinary Research*, v. 64, n. 2, p. 195–204, 2003. [265](#)

BECKER, C.; DURR, F. On location models for ubiquitous computing. *Personal and Ubiquitous Computing*, Springer, v. 9, n. 1, p. 20–31, 2005. [43](#)

BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during heat stress. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 62, n. 2, p. 543–550, 1986. [237](#)

BELLOWS, R. A. et al. Occurrence of neonatal and postnatal mortality in range beef cattle. ii. factors contributing to calf death. *Theriogenology*, Los Altos, v. 87, n. 5, p. 573–586, 1987. [195](#)

BERCKMANS, D. Precision livestock farming (plf). *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 62, n. 1, p. 1–1, 2008. [211](#)

BERGLUND, B.; PHILIPSSON, J.; DANELL, O. External signs of preparation for calving and course of parturition in swedish dairy cattle breeds. *Animal Reproduction Science*, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 61–79, 1987. [195](#)

BERGQUIST, R.; RINALDI, R. Health research based on geospatial tools: a timely approach in a changing environment. *Journal of Helminthology*, v. 84, n. 1, p. 1–11, 2010. Epub 2009. [257](#)

BERRY, R. J. et al. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v. 83, n. 4, p. 687–693, 2003. [235](#)

BHOJ, S. et al. Image processing strategies for pig liveweight measurement: Updates and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 193, p. 106693, 2022. [279](#)

BINDON, B. M.; JONES, N. M. Cattle supply, production systems and markets for australian beef. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 41, n. 7, p. 861–877, 2001. [70](#)

BLACKBURN, S. Electronic id in the beef industry. In: *50th Annual Florida Beef Cattle Short Course Proceedings*. Gainesville: University of Florida, Animal Science Department, 2001. p. 65. [61](#)

BLASCO, A.; PILES, M.; VARONA, L. A bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits. *Genetic Selection Evolution*, v. 35, n. 1, p. 21–41, 2003. [185](#)

BLIGH, J.; HEAL, J. W. The use of radio-telemetry in the study of animal physiology. *Proceedings of the Nutrition Society*, Cambridge, v. 33, n. 2, p. 173–181, 1974. [203](#), [204](#)

BOEHM, B. A spiral model of software development and enhancement. *IEEE Computer*, v. 21, n. 5, p. 61–72, 1988. [128](#)

BOROUSHAKI, S.; MALCZEWSKI, J. Using fuzzy majority approach for gis-based multicriteria group

decision-making. *Computers & Geosciences*, v. 36, n. 3, p. 302–312, 2010. [258](#), [262](#)

BOUSQUET, D. et al. In vitro embryo production in the cow: an effective alternative to the conventional embryo production approach. *Theriogenology*, Stoneham, v. 51, n. 1, p. 59–70, 1999. [223](#)

BOYD, J. S.; OMRAN, S. N.; AYLIFFE, T. R. Evaluation of real time b-mode ultrasound scanning for detecting early pregnancy in cows. *Veterinary Record*, London, v. 127, n. 14, p. 350–352, 1990. [223](#)

BRASIL, M. d. A. e. d. A. *Portaria nº 612, de 05 de outubro de 1989. Sistema nacional de tipificação de carcaças bovinas*. Brasília: [s.n.], 1989. Diário Oficial da União. [83](#)

BRASIL, M. d. A. e. d. A. *Portaria nº 46, de 10/02/98. Institui o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) nas indústrias de produtos de origem animal sob o regime do Serviço de Inspeção (SIF)*. Brasília: [s.n.], 1998. Diário Oficial da União. [83](#)

BRASIL, M. d. S. *Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 210 p. [81](#), [88](#), [89](#), [90](#), [96](#)

BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. e. A. *Instrução Normativa nº 1, de 09/01/2002. Institui o sistema brasileiro de identificação e certificação de origem bovina e bubalina (SISBOV)*. Brasília: [s.n.], 2002. Diário Oficial da União. [84](#)

BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. e. A. *Projeções do Agronegócio – Mundial e Brasil – 2006/07 a 2017/18*. 2008. Disponível em:

<http://www.agricultura.gov.br>). Acesso em: 24 de agosto de 2009. 70, 72

BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. e. A. *Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável, alimentos seguros*. Brasília: MAPA/ACS, 2009. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. 74, 75, 81, 82, 88

BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. e. A.; AMBIENTE, M. do M.; EMPREGO, M. do Trabalho e. *Portaria Interministerial nº 36, de 25 de janeiro de 2011. Institui o Programa Nacional de Fomento às Boas Práticas Agropecuárias - PRÓ-BPA*. Brasília: [s.n.], 2011. Diário Oficial da União. 75

BRASIL SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE, M. d. S. *Doenças Transmitidas por Alimentos – Aspectos Epidemiológicos*. 2010. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar_texto.cfm?idtxt=31760). Acesso em: 20 jan. 2011. 76

BRECHT, A. V. et al. Quantification of the heat exchange of chicken eggs. *Poultry Science*, Champaign, v. 84, n. 3, p. 353–361, 2005. 241

BRISOLA, M. V.; CASTRO, A. M. G. O consumidor de carne bovina do distrito federal – quanto paga e que atributos de valor o fariam pagar mais. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 23, n. 1, p. 95–125, jan./abr 2006. 73, 74

BRITO, L. F. C. et al. Testicular thermoregulation in bos indicus, crossbred and bos taurus bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production.

Theriogenology, Stoneham, v. 61, n. 2-3, p. 511–528, 2004. 248

BROWN-BRANDL, T. M. et al. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livestock Science*, Lincoln, v. 105, n. 1, p. 19–26, 2006. 237

BROWN-BRANDT, T. M. et al. A new telemetry system for measuring core body temperature in livestock and poultry. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 19, n. 5, p. 583–589, 2003. 202, 203

BROWN, M. S. et al. Effect of degree of corn processing on urinary nitrogen composition, serum metabolite, and insulin profiles, and performance by finishing steers. *Journal of Animal Science*, v. 78, n. 9, p. 2464–2474, 2000. 176

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. *Cadeia produtiva da carne bovina*. Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007. 85 p. (Agronegócios 8). 75, 78

BULLE, F. C. P. C. et al. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 85, n. 4, p. 928–936, 2007. 240

BUNGENSTAB, D. J. *Environmental impacts of beef production in central Brazil: the effect of intensification on area appropriation*. 191 p. Tese (Doutorado) — Humboldt Universität zu Berlin, Berlin, 2004. Tese de Doutorado, Concentração em Ciências Agrárias. 124

BURFEIND, O. et al. Validity of prepartum changes in vaginal and rectal temperature to predict calving in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 94, n. 10, p. 5053–5061, 2011. 202

BUSCHMANN, F. et al. *Pattern-oriented software architecture - a system of patterns*. [S.l.]: Wiley & Sons, 1996. 476 p. 127

CAETANO, M. *Estudos das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados*. 76 p. Dissertação (Mestrado) — Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, SP, 2008. 174

CAPRARO, G. A. et al. Testicular cooling associated with testicular torsion and its detection by infrared thermography: an experimental study in sheep. *The Journal of Urology*, v. 180, n. 6, p. 2688–2693, 2008. 251

CARDOSO, E. E.; LIMA, E. C. N. Z. *Reuniões técnicas sobre couros e peles*. Campo Grande, 2002. 114 p. 59

CARNES, A. A. B. das Indústrias Exportadoras de. *Perfil da pecuária brasileira*. 2011. Hiperlink http://www.abiec.com.br/download/fluxo_por.pdf (acesso em 08/06/2014). 161

CARROMEU, C. *Linha de Produtos de Software no Processo de Geração de Sistemas Web de Apoio a Gestão de Fomento de Projetos*. 100 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Campo Grande, MS, 2007. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação. 122, 126

C. Carromeu, J. G. Costa, N. Q. Paula e P. H. N. Biscola. *Pandora-Alumnus*. 2012. Patente: Programa de Computador, Número do registro: 14227-5, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. 123

CARROMEU, C. et al. Component-based architecture for e-gov web systems development. In: *17th IEEE International Conference and Workshops on Engineering of Computer-Based Systems*. Oxford: [s.n.], 2010. 121

C. Carromeu, N. Q. Paula e P. H. N. Biscola. *Pandora-Core*. 2012. Patente: Programa de Computador, Número do registro: 14226-3, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. 123

CARUOLO, E. V.; JARMAN, R. F.; DICKEY, D. A. Milk temperature in the claw piece of the milking machine and mammary surface temperature are predictors of internal mammary temperature in goats. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A*, v. 37, n. 1, p. 61–67, 1989. 248

CARVALHO, P. C. F. et al. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multifuncionalidade das pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 38, n. Supl. Especial, p. 109–122, 2009. 219

CASTRO, S. R. S. et al. Effects of vermifuges and bio stimulants on beef cattle performance under pasture supplementation in Pará state. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v. 10, n. 2, p. 527–537, 2009. 224

CAVALIERI, J. et al. Characteristics of oestrus measured using visual observation and radiotelemetry. *Animal Reproduction Science*, v. 76, n. 1-2, p. 1–12, 2003. 196, 200

CEOLIN, A. C. et al. Sistemas de informação sob a perspectiva de custos na gestão da pecuária de corte gaúcha. *Custos e Agronegócio Online*, v. 4, n. Ed. Esp. Maio, p. 62–84, 2013. 154, 155

CERDÓTES, L. et al. Performance of cows of four genetic groups submitted to different feeding managements,

weaned at 42 or 63 day. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 585–596, 2004. [220](#)

CEZAR, I. M. Modelo bioeconômico de produção de gado de corte. i. descrição do modelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 17, n. 6, p. 941–949, 1982. [151](#)

CEZAR, I. M. et al. *Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2005. 40 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 151). [215](#)

CHANNON, A. F.; ROWE, J. B.; HERD, R. M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 44, n. 5, p. 469–474, 2004. [176](#)

CHASTEK, G. Object technology and product lines. In: *OOPSLA '97: ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications (Addendum)*. Atlanta, Georgia, USA: ACM Press, 1997. [128](#)

CHEESMAN, J.; DANIELS, J. *UML Components: A Simple Process for Specifying Component-Based Software*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2001. 176 p. [121](#)

CHOWELL, G. et al. The role of spatial mixing in the spread of foot-and-mouth disease. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 73, n. 4, p. 297–314, 2006. [258](#)

CHRISTENSEN, C. M.; DOBSON, R. C. Effects of testosterone propionate on the sebaceous glands and subsequent attractiveness of angus bulls and steers to horn flies, *haematobia irritans* (diptera: Muscidae).

Journal of the Kansas Entomological Society, v. 52, p. 386–391, 1979. [242](#)

CHRISTOFARI, L. F. et al. Tendency in the commercialization of calves in rio grande do sul related to your genetic characteristics. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 171–176, 2008. [227](#)

CHRISTOFARI, L. F. et al. Manejo da comercialização em leilões e seus efeitos no preço de bezerros de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 196–203, 2009. [227](#)

CLEAVELAND, J. C. Building application generators. *IEEE Software*, v. 5, n. 4, p. 25–33, 1988. [132](#)

CLIMENI, B. S. O.; PICCININ, A. A implantação de iatf juntamente da ia como mecanismos alternativos para o manejo reprodutivo de bovinos. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, Garça, v. 6, n. 10, p. 1–6, 2008. [222](#)

COLE, N. A. Intake control systems. In: *Symposium: Feed Intake by Feedlot Cattle*. Oklahoma State University, Oklahoma: [s.n.], 1995. p. 156–161. Hiperlink http://www.beefextension.com/proceedings/feed_intake95/feed_intake95.21.pdf (Acessado em 14/06/14). [178](#)

COLEMAN, S. W.; HOLLOWAY, J. W.; STUTH, J. W. Monitoring the nutrition of grazing cattle with near-infrared analysis of feces. In: *International Grassland Congress*. Nice, France: [s.n.], 1989. v. 16, p. 881–882. [173](#), [174](#)

CONSUMIDOR, I. de Defesa do. *Idec pede criação de sistema de rastreabilidade da carne bovina ao governo federal*. 2009. Acesso em: 20 set. 2009. Disponível em: <http://www.idec.org.br/emacao.asp?id=1977>. [85](#)

COOPER-PRADO, M. J. et al. Relationship of ruminal temperature with parturition and estrus of beef cows. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 89, n. 4, p. 1020–1027, 2011. [192](#), [202](#), [203](#)

COPLIEN, J. O. Software design patterns: Common questions and answers. In: *The Patterns Handbook: Techniques, Strategies, and Applications*. New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1998. p. 311–319. [127](#)

CORTE, E. G. de. *Curso conhecendo a carne que você consome, 1. Qualidade da carne bovina*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1999. 25 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 77). [77](#), [91](#), [92](#)

CORTE, E. G. de. *Boas práticas agropecuárias - bovinos de corte*. 2. ed.. ed. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2010. 67 p. 1. impr. [74](#), [86](#), [91](#), [95](#), [97](#)

CORTIVO, P. D. et al. Morphological growth curves of naturalized swine in brazil. In: *Anais da 51ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Sergipe: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2014. 1 CD-ROM. [243](#)

COSTA, F. P.; CORRÊA, E. S.; FEIJÓ, G. L. D. *Controlpec 1.0: controle financeiro simplificado para a fazenda de pecuária de corte*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. 33 p. (EMBRAPA – CNPGC. Folhetos). [146](#), [148](#), [229](#), [230](#)

COSTA, L. N. et al. The use of thermography on the slaughter-line for the assessment of pork and raw ham quality. *Italian Journal of Animal Science*, Bologna, v. 6, p. 704–706, 2007. Suppl. 1. [253](#)

CRIVELLARO, R. S.; JUNIOR, W. T. *Sugestões da aplicação da termografia infravermelha na ciência forense*.

2007. Instituto-Geral de Perícias - Departamento de Criminalística – RGS. 243

CRUVINEL, P. E.; ASSAD, E. D. *Estudo do mercado brasileiro de software para o agronegócio: cenários, prospecção e oportunidades*. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 31–147 p. 156, 158

CUNNINGHAM, J. G. *Tratado de Fisiologia Veterinária*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 579 p. 237

CÓCARO, H.; BRITO, M. J.; LOPES, M. A. Avaliação do uso de softwares para gerenciamento de rebanhos bovinos leiteiros: um estudo de caso no sul de minas gerais. *Revista de Negócios*, Blumenau, v. 10, n. 1, p. 47–60, 2005. 155

D'ALTERIO, G. et al. Circadian rhythm of foot temperature assessed using infrared thermography in sheep. *Czech Journal of Animal Science*, v. 56, n. 7, p. 293–300, 2011. 245

DEFRA. *Family Food 2005–06. A Report on the Expenditure & Food Survey*. London: The Stationery Office, 2007. 73

DEFRA. *Family Food 2008. A report on the 2008 Family Food Module of the Living Costs and Food Survey*. London: The Stationery Office, 2010. 2010a. 73

DEFRA. *Family Food 2009. A report on the 2009 Family Food Module of the Living Costs and Food Survey*. London: The Stationery Office, 2010. 2010b. 73

DIAS, L. T.; FARO, L. L.; ALBUQUERQUE, L. G. Efeito da idade de exposição de novilhas à reprodução sobre estimativas de herdabilidade da idade ao primeiro parto em bovinos nelore. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 56, n. 3, p. 370–373, 2004. 222

DIEGO, A. C. P. et al. The use of infrared thermography as a non-invasive method for fever detection in sheep infected with bluetongue virus. *The Veterinary Journal*, v. 198, n. 1, p. 182–186, 2013. [225](#)

DILL, M. D. et al. Intensificação com equilíbrio: desafios da produção sustentável de alimentos. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 6, n. 2, p. 247–260, 2013. [209](#)

DISKIN, M. G.; SREENAN, J. M. Expression and detection of oestrus in cattle. *Reproduction Nutrition Development*, Les Ulis Cedex, v. 40, n. 5, p. 481–491, 2000. [190](#), [192](#)

EDDY, A. L.; HOOGMOED, L. M. V.; SNYDER, J. R. The role of thermography in the management of equine lameness. *The Veterinary Journal*, London, v. 162, n. 3, p. 172–181, 2001. [253](#)

EFRON, B.; TIBSHIRANI, R. J. *An Introduction to the Bootstrap*. Boca Raton: Chapman & Hall, 1993. 430 p. [185](#)

EICHER, S. D. et al. Behavioural and physiological indicators of sensitivity or chronic pain following tail docking. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 89, n. 8, p. 3047–3051, 2006. [244](#)

EL-OSTA, H. S.; MOREHART, M. J. Technology adoption and its impact on production performance of dairy operations. *Review of Agricultural Economics*, San Diego, v. 22, n. 2, p. 477–498, 2000. [189](#)

Embrapa. *Avaliação de condição corporal do rebanho ganha tecnologia simples e barata*. 2014. [\(<https://www.embrapa.br>\)](https://www.embrapa.br). Acessado em: 14/01/2015. [218](#), [220](#)

ENVIRONMENT, W. C. on; DEVELOPMENT. *Our Common Future*. [S.l.]: Oxford University Press, 1987. 96

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para se estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 21, n. 4, p. 691–702, 1992. 176

EUGSTER, P. T. et al. The many faces of publish/subscribe. *ACM Computing Surveys*, v. 35, n. 2, p. 114–131, 2003. 41

FAO. *FAO's Strategy for a Food Chain Approach to Food Safety and Quality: A framework document for the development of future strategic direction*. 2003. Disponível em: (<http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/006/Y8350e.htm>). Acesso em: 29 jul. 2009. 80

FAPRI. *World Agricultural Outlook - World Meat*. 2009. Disponível em: (<http://www.fapri.iastate.edu/outlook/2009/text/15WorldMeat.pdf>). Acesso em: 14 set. 2009. 70

FAPRI. *World Agricultural Outlook - World Meat*. 2010. Disponível em: (<http://www.fapri.iastate.edu/outlook/2010/text/16Meat.pdf>). Acesso em: 14 fev. 2011. 71

FAYAD, M. E.; SCHMIDT, D. C.; JOHNSON, R. E. *Building Application Frameworks: Object-Oriented Foundations of Framework Design*. New York, NY, USA: Wiley, 1999. 127

FELICÍO, P. E. Sistemas de qualidade assegurada na cadeia de carne bovina: a experiência brasileira. In: *Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, 1. Anais...* Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos/Centro de Tecnologia de Carnes, 2001. p. 342–355. 70

FELICÍO, P. E.; CARVALHO-ROCHA, J. C. M.; SHIBUYA, C. M. Parcerias verticais de carne bovina e serviços de alimentação. *Higiene Alimentar*, v. 13, n. 63, p. 9–14, 1999. 70, 87

FERNANDES, A. F. A. et al. Comparison of data analytics strategies in computer vision systems to predict pig body composition traits from 3d images. *Journal of Animal Science*, v. 98, n. 8, p. skaa250, 2020. 278

FERRAZ, J. B. S. *As características normalmente avaliadas em manuais de touros*. 2000. (<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/melhoramento-genetico/as-caracteristicas-usualmente-avaliadas-nos-sumarios-de-touros-4734/>). Acesso em: 20 fev. 2012. 224

FERREIRA, L. C. L. et al. Avaliação da eficiência de quatro métodos para identificação de bovinos. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 41. *A produção animal e a segurança alimentar: anais dos simpósios e dos resumos*. Campo Grande, MS: [s.n.], 2004. p. 4. 58, 245

FERREIRA, V. M. O. S. et al. Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic heat loss of chicks fed with different energy densities. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, v. 13, n. 2, p. 113–118, 2011. 241

FERRIS, C. P. et al. Comparison of a calan gate and a conventional feed barrier system for dairy cows: feed intake and cow behavior. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, v. 45, n. 2, p. 149–156, 2006. 178

FIELD, T. *Priorities First: identifying management priorities in the commercial cow-calf business*. Colorado: American Angus Association, 2006. 32 p. 214

FIELDING, R. T. *Architectural styles and the design of networked-based software architectures*. Tese (Doutorado) — Department of Information and Computer Science, University of California, Irvine, 2000. 49

FIRK, R. et al. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, v. 75, n. 3, p. 219–232, 2002. 190, 191, 192, 197, 198, 199, 200, 201, 202

FONSECA, B. P. A. et al. Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 26, n. 11, p. 507–516, 2006. 253

FOOD, W. D. of; NUTRITION. *Guidelines for strengthening a National Food Safety programme*. Geneva: [s.n.], 1996. 78

FORBES, R.; SANSON, R.; MORRIS, R. Application of subjective methods to the determination of the likelihood and consequences of the entry of foot-and-mouth disease into new zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, v. 42, n. 3, p. 81–88, 1994. 265

FOX, D. G. et al. *The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion: CNCPS V. 5.0*. Cornell University, Ithaca, NY, 2003. 235 p. 169

FRANCE, J. et al. A model of nutrient utilization and body composition in beef cattle. *Animal Production*, v. 44, n. 3, p. 371–385, 1987. 185

GAMMA, E. et al. *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1995. 431 p. 127

GARABED, R. G. et al. Use of expert opinion for animal disease decisions: An example of foot-and-mouth disease status designation. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 92, n. 1-2, p. 20–30, 2009. 264, 265

GARCIA, C. A. et al. Dinâmica poblacional de haematobia irritans em um hato de bovinos de soto la marina, tamaulipas, México. *Veterinaria Mexico*, v. 32, n. 2, p. 149–152, 2001. 242

GARNER, M. G.; HESS, G. D.; YANG, X. An integrated modelling approach to assess the risk of wind-borne spread of foot-and-mouth disease virus from infected premises. *Environmental Modeling & Assessment*, v. 11, n. 3, p. 195–207, 2006. 258

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, I. I. Precision agriculture and food security. *Science*, v. 327, n. 5967, p. 828–831, 2010. 209

GEERS, R. et al. *Electronic identification, monitoring and tracking of animals*. Belgium: Catholic University of Leuven, 1997. 156 p. CAB International. 60

GENRO, T. C. Intensidade do uso do campo natural e suas repercussões na produção de bovinos de corte. In: *Seminário de Pecuária de Corte*. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2009. v. 6, p. 15–21. 174

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. *Higiene e vigilância sanitária de alimentos*. São Paulo: Varela, 2001. 629 p. 76

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. *Higiene e vigilância sanitária de alimentos*. 3ª ed.. ed. São Paulo: Varela, 2008. 1032 p. 87

GHAFFARI, M. H. et al. Deep convolutional neural networks for the detection of diarrhea and respiratory

disease in preweaning dairy calves using data from automated milk feeders. *Journal of Dairy Science*, v. 105, n. 12, p. 9882–9895, 2022. [276](#)

GIMENES, I. M. S.; HUZITA, E. H. M. *Component-Based Development: Concepts and Techniques*. [S.l.]: Ciência Moderna Publisher, 2005. [121](#)

GIMENES, I. M. S.; TRAVASSOS, G. H. O enfoque de linha de produto para desenvolvimento de software. In: *Evento Integrante do XXII Congresso da SBC - SBC2002. Anais da XXI Jornada de Atualização em Informática*. [S.l.]: Sociedade Brasileira de Computação, 2002. p. 36. [128](#)

GOEDSEELS, V. et al. A concept for animal monitoring and identification. *Agrarinformatik*, v. 20, n. 1, p. 63–66, 1990. [60](#)

GOMAA, H. *Designing Software Product Lines with UML*. Redwood City, CA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2005. 49 p. [128](#)

GOMES, C. C. G.; CARDOSO, F. F.; ROSO, V. M. *Método de obtenção qualificada de fenótipos visando à avaliação de genótipos bovinos resistentes ao carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus**. Bagé, 2010. 5 p. (EMBRAPA – CPPSUL. Comunicado Técnico, 75). [224](#)

GORMLEY, F. J. et al. A 17-year review of foodborne outbreaks: describing the continuing decline in england and wales (1992–2008). *Epidemiology and Infection*, v. 1, p. 1–12, 2010. [76](#)

GOTTSCHALL, C. S. *Produção e manejo de ruminantes: bovinos de corte*. Canoas: Ed. Ulbra, 2007. 458 p. [221](#)

GOTTSCHALL, C. S. et al. Reproductive disorders and reconception of beef cows according to of mating age.

Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 60, n. 2, p. 414–418, 2008. 222

GOWEN, A. A. et al. Applications of thermal imaging in food quality and safety assessment. *Trends in Food Science & Technology*, Cambridge, v. 21, n. 4, p. 190–200, 2010. 252

GRISI, L. et al. Impacto econômico das principais ectoparasitoses em bovinos no brasil. *A Hora Veterinária*, v. 21, n. 125, p. 8–10, 2002. 59

GUIMARÃES, P. H. S.; MADALENA, F. E.; CEZAR, I. M. Simulação dos efeitos dos preços de produtos e insumos na avaliação econômica de três sistemas alternativos de bovinocultura de cria. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 57, n. suppl. 2, p. 227–230, 2005. 152

GUVENOGLU, E. Determination of the live weight of farm animals with deep learning and semantic segmentation techniques. *Applied Sciences*, v. 13, n. 12, p. 6944, 2023. 275

HAFEZ, E. S. E.; HAFEZ, B. *Reprodução animal*. São Paulo: Manole, 2003. 530 p. 248

HANSEN, L. L. et al. Electronic identification and monitoring of behavioral, physiological and performance criteria as aid to control future pig and cattle production and secure animal welfare. In: *Proceedings of automation in dairying, IMAG*. Wageningen: [s.n.], 1983. p. 20–30. 60

HARVEY, N. et al. The north american animal disease spread model: A simulation model to assist decision making in evaluating animal disease incursions. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 82, n. 3-4, p. 176–197, 2007. 258

HEGARTY, R. S. et al. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 85, n. 6, p. 1479–1487, 2007. [240](#)

HERSOM, M.; THRIFT, T.; YELICH, J. *The impact of production technologies used in the beef cattle industry*. 2011. AN272, series of the Animal Sciences Department, UF/IFAS Extension. 5p., accessed in March, 2014. [188](#)

HOCH, T.; AGABRIEL, J. A mechanistic dynamic model to estimate beef cattle growth and body composition: 1. model description. *Agricultural Systems*, v. 81, n. 1, p. 1–15, 2004. [185](#)

HOFFMANN, B. M. *Parametrização e validação de um modelo de estimativas das exigências e do desempenho de gado de corte*. 181 p. Dissertação (Mestrado) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, Brasil, 2007. [170](#)

HONER, M. R.; GOMES, A. *Combate aos quatro principais parasitos de gado de corte*. Campo Grande, 1990. 60 p. [242](#)

HONGO, V. et al. Spatially explicit multi-criteria decision analysis for managing vector-borne diseases. *International Journal of Health Geographics*, v. 10, p. 70, 2011. [258](#)

HOOGMOED, L. M. V.; SNYDER, J. R. Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. *Veterinary Journal*, London, v. 164, n. 2, p. 129–141, 2002. [253](#)

HORST, H. et al. Monte carlo simulation of virus introduction into the netherlands. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 41, n. 2-3, p. 209–229, 1999. [265](#)

HOU, Z. et al. Body weight estimation of beef cattle with 3d deep learning model: Pointnet. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 213, p. 108184, 2023. [276](#)

HOVINEN, M.; PYÖRÄLÄ, S. Invited review: udder health of dairy cows in automatic milking. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 94, n. 2, p. 547–562, February 2011. [243](#)

HRISTOV, A. N. et al. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. a review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*, v. 91, n. 11, p. 5045–5069, 2013. [171](#)

HUANG, Y.; GARCIA-MOLINA, H. Publish/subscribe in a mobile environment. *Wireless Networks*, v. 10, n. 6, p. 643–652, 2004. [41](#)

HULME, P. E. Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat. *Journal of Applied Ecology*, London, v. 45, n. 5, p. 784–794, 2005. [236](#)

HURNIK, J. F.; KING, G. J.; ROBERTSON, H. A. Estrous and related behavior in postpartum holstein cows. *Applied Animal Ethology*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, v. 2, p. 55–68, 1975. [197](#)

IBGE. *Pesquisa de orçamentos familiares 2002-2003: primeiros resultados: Brasil e grandes regiões*. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Índices de Preços, 2004. 276 p. [72](#), [86](#)

IBGE. *Censo agropecuário 2006*. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. [155](#)

IBGE. *Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009. Aquisição alimentar domiciliar per capita: Brasil e grandes*

regiões. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Índices de Preços, 2010. 282 p. 72, 86

(IBGE), I. B. de Geografia e E. *Produção da pecuária municipal 2011*. Rio de Janeiro, Brasil: [s.n.], 2012. <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: November 05, 2013. 209

JOHNSON, R. E. *How to design frameworks*. 1993. Tutorial Notes, Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages and Applications (OOPSLA'93). 131

JOHNSON, R. E.; FOOTE, B. Designing reusable classes. *Journal of Object Oriented Programming*, v. 1, n. 2, p. 22–35, 1988. 130

JOHNSON, R. J. et al. Factors affecting adoption of recommended management practices in stocker cattle production. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Georgia, v. 42, n. 1, p. 15–30, 2010. 216, 218

JORGE, D. M. A.; MACHADO, J. G. C. F. Análise de softwares de gestão da pecuária de corte. In: *Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*. Campo Grande: SOBER, 2010. p. 1–20. 155

JR., E. A. S. *Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos*. 6. ed. São Paulo: Varela, 2005. 623 p. 76, 87

JR., G. B. M.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in brazil. *Agricultural Systems*, v. 110, p. 173–177, 2012. 209

JUNIOR, A. A. B. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1925–1933, 2009. 188

JÚNIOR, J. B. G. C. *Predição e comportamento do parto em bovinos da raça holandesa*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, RS, 2014. 149 f. [196](#)

JúNIOR, C. A. C. *Tolerância ao calor em ovinos adultos criados no Distrito Federal*. 58 p. Tese (Tese (Doutorado em Ciências Animais)) — Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2011. [250](#)

KANG, K. C. et al. *Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study*. Pittsburgh: [s.n.], 1990. 141 p. [124](#)

KASTELIC, J. P.; COOK, R. B.; COULTER, G. H. Contribution of the scrotum, testes, and testicular artery to scrotal/testicular thermoregulation in bulls at two ambient temperatures. *Animal Reproduction Science*, Amsterdam, v. 45, n. 4, p. 255–261, 1997. [249](#)

KASTELIC, J. P.; THUNDATHIL, J. C. Bull bse and semen analysis for predicting bull fertility. *Clinical Theriogenology*, v. 4, p. 277–287, 2012. [225](#)

KAWASUE, K. et al. Three-dimensional shape measurement system for black cattle using kinect sensor. *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, v. 7, n. 4, p. 222–230, 2013. [184](#)

KAY, R. D.; EDWARDS, W. M.; DUFFY, P. A. *Farm Management*. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2008. 468 p. [156](#), [157](#)

KEMPEN, L. V. Infrared technology in animal production. *World's Poultry Science Journal*, v. 57, n. 1, p. 29–48, 2001. [172](#)

- KHANAL, A. R.; GILLESPIE, J.; MACDONALD, J. Adoption of technology, management practices, and production systems in us milk production. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 93, n. 12, p. 6012–6022, 2010. [188](#)
- KNÍŽKOVÁ, I. et al. Applications of infrared thermography in animal production. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu*, v. 22, n. 3, p. 329–336, 2007. [234](#), [235](#)
- KOS, T.; GRGIC, M.; KITAROVIC, J. Location technologies for mobile networks. In: *Systems, Signals and Image Processing, 2007 and 6th EURASIP Conference focused on Speech and Image Processing, Multimedia Communications and Services; 14th International Workshop on*. Zagreb University: [s.n.], 2007. p. 319–322. [43](#)
- KOTRBA, R. et al. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, Oxford, v. 32, n. 6, p. 355–359, 2007. [235](#)
- KUNC, P. et al. Infrared thermography as a tool to study the milking process: a review. *Agricultura Tropica et Subtropica*, v. 40, n. 1, p. 29–32, 2007. [247](#)
- LAMMOGLIA, M. A. et al. Body temperature and endocrine interactions before and after calving in beef cow. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 75, n. 9, p. 2526–2534, 1997. [195](#), [202](#)
- LAMPERT, V. N.; JÚNIOR, A. G. S.; MÂNCIO, A. B. O processo de negócio e as alternativas de decisão na fase de cria da pecuária de corte. In: *Anais do 45º SOBER*. Londrina: SOBER, 2007. p. 17. [214](#)

- LANDIM-ALVARENGA, F. C. *Parto normal*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2006. 82–96 p. [194](#)
- LANGENDIJK, P. et al. Responsiveness to boar stimuli and change in vulvar reddening in relation to ovulation in weaned sows. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 78, n. 12, p. 3019–3026, 2000. [251](#)
- LANNA, D. P. D. *Estimativa da composição química do corpo vazio de tourinhos Nelore através da gravidade específica da carcaça e da composição de cortes das costelas*. 131 p. Dissertação (Mestrado) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 1988. [185](#)
- LANNA, D. P. D.; TEDESCHI, L. O.; FILHO, J. A. B. Modelos lineares e não-lineares de uso de nutrientes para formulação de dietas de ruminantes. *Scientia Agricola*, v. 56, n. 2, p. 479–488, 1999. [online]. [168](#), [169](#)
- LAWRENCE, A. B.; CONINGTON, J.; SIMM, G. Breeding and animal welfare: practical and theoretical advantages of multi-trait selection. *Animal Welfare*, Washington, v. 13, n. 1, p. 191–196, 2004. [253](#)
- LEFCOURT, A. M. et al. Radiotelemetry system for continuously monitoring temperature in cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 69, n. 1, p. 237–242, 1986. [203](#)
- LEHRER, A. R.; LEWIS, G. S.; AIZIUBU, E. Oestrus detection in cattle: recent developments. *Animal Reproduction Science*, v. 28, n. 1-4, p. 355–361, 1992. [198](#), [199](#)
- LEITE, M. A. L. *Sistemática para estruturação e análise de cadeias produtivas agroindustriais - o caso da cadeia produtiva do leite de Goiás*. 265 p. Dissertação

(Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. 86

LEVET, T. et al. Distal limb cast sores in horses: risk factors and early detection using thermography. *Equine Veterinary Journal*, London, v. 41, n. 1, p. 18–23, 2009. 253

LIU, H.; REIBMAN, A. R.; BOERMAN, J. P. Feature extraction using multi-view video analytics for dairy cattle body weight estimation. *Smart Agricultural Technology*, v. 6, p. 100359, 2023. 277

LOBATO, J. F. P.; JÚNIOR, R. L. D. Z.; NETO, O. A. P. Efeitos das dietas pré e pós-parto na eficiência reprodutiva de vacas primíparas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 857–862, 1998. 216, 218, 220

LOPES, M. A. et al. Efeito da escala de produção na rentabilidade da terminação de bovinos de corte em confinamento. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 1, p. 212–217, 2007. 228, 229

LOUGHMILLER, J. A. et al. An evaluation of differences in mean body surface temperature with infrared thermography in growing pigs fed different dietary energy intake and concentration. *Journal of Applied Animal Research*, Izatnagar, v. 28, n. 2, p. 73–80, 2005. 241, 245

LUNSTRA, D. D.; COULTER, G. H. Relationship between scrotal infrared temperature patterns and natural-mating fertility in beef bulls. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 75, n. 3, p. 767–774, 1997. 249

LYONS, R. K.; STUTH, J. W. Fecal nirs equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. *Rangeland*

Ecology and Management, v. 45, n. 3, p. 238–244, 1992. 173, 174

MACDONALD, J. M. et al. *Profits, costs, and the changing structure of dairy farming*. [S.l.], 2007. 188

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema cerrado: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: *Simpósios - A Produção Animal e o Foco no Agronegócio*. Goiânia: Anais da 42a Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p. 56–84. 175

MACHADO, J. G. C. F. *A adoção da identificação eletrônica de animais na gestão do empreendimento rural: um estudo multicaso na pecuária de corte*. 129 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). 155

MACHADO, J. G. C. F. *Adoção de tecnologia da informação na pecuária de corte*. 216 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). 153

MALHEIROS, R. D.; MORAES, V. M. B.; BRUNO, L. D. G. Environmental temperature and cloacal and surface temperatures of broilers chicks in first week post hatch. *Journal of Applied Poultry Research*, Athens, v. 9, n. 1, p. 111–117, 2000. 241

MARTINS, R. F. S. et al. Mastitis detection in sheep by infrared thermography. *Research in Veterinary Science*, London, v. 94, n. 3, p. 722–724, 2013. 235, 248

MCCUTCHEON, L. J.; GEOR, R. J. Thermoregulation and exercise-associated heat stress. In: HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. (Ed.). *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the*

Athletic Horse. Philadelphia: Elsevier, 2008. p. 382–386.
[237](#)

MCGUIRK, B. J.; FORSYTH, R.; DOBSON, H.
Economic cost of difficult calvings in the united kingdom
dairy herd. *Veterinary Record*, London, v. 161, n. 20, p.
685–687, 2007. [193](#), [195](#)

MCMANUS, C. Termografia infravermelha como
ferramenta para a pecuária de precisão. In: *Anais do
Simpósio Brasileiro de Pecuária de Precisão Aplicado à
Bovinocultura de Corte*. Campo Grande: [s.n.], 2014. p. 23.
[225](#)

MCMANUS, C. et al. Os desafios da produção animal
frente a mudanças climáticas. *Revista Veterinária e
Zootecnia*, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 142–148, 2011.
Suplemento 3. [236](#)

MCMANUS, C. et al. Skin and coat traits in sheep in
brazil and their relation with heat tolerance. *Tropical
Animal Health and Production*, Edinburgh, v. 43, n. 1, p.
121–126, 2011. [238](#)

MEDEIROS, S. R. et al. Eficiência nutricional: chave
para a produção sustentável de carne bovina. In: ROSA,
A. N.; MENEZES, G. R. O. (Ed.). *Melhoramento genético
aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa*.
1. ed. Campo Grande: Embrapa, 2013. p. 61–74. [182](#)

MEE, J. F. Managing the dairy cow at calving time.
*Veterinary Clinics of North America: Food Animal
Practice*, Maryland Heights, v. 20, n. 3, p. 521–546, 2004.
[194](#)

MEE, J. F. Prevalence and risk factors for dystocia in
dairy cattle: A review. *The Veterinary Journal*, London,
v. 176, n. 1, p. 93–101, 2008. [193](#)

MELGAR, M. *Inteligencia artificial aplicada a la agricultura*. 2021. Acesso em: 09/07/24. Disponível em: <http://cengicana.org/files/20210730085600655.pdf>. 271

MELZ, L. J. Custos de produção de gado bovino: revisão sob o enfoque da contabilidade de custos. *Custos e Agronegócio Online*, v. 9, n. 1, p. 119–136, 2013. Acesso em: 13 Jul. 2013, disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v9/Catle.pdf>. 147

MENDES, C. I. C. et al. *Panorama da oferta de software para o agronegócio: empresas e produtos*. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 73–104 p. 144, 145

MENDES, E. D. M. et al. Validation of a system for monitoring feeding behavior in beef cattle. *Journal of Animal Science*, v. 89, n. 9, p. 2904–2910, 2011. 179

MENEGASSI, S. R. O. et al. Scrotal infrared digital thermography as a predictor of seasonal effects on sperm traits in braford bulls. *International Journal of Biometeorology*, v. 59, n. 3, p. 357–364, 2015. 250

MILES, L.; CASWELL, H. Advancing beef safety and quality: Prosafebeef. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, v. 33, n. 2, p. 140–144, 2008. 73

MILLEN, D. D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in brazil. *Journal of Animal Science*, v. 87, n. 10, p. 3427–3439, 2009. 176

MILO, T.; ZUR, T.; VERBIN, E. Boosting topic-based publish-subscribe systems with dynamic clustering. In: *SIGMOD '07: Proceedings of the 2007 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*. New York, NY, USA: ACM, 2007. p. 749–760. 41

(MNRN), N. R. C. *Nutrient requirement of beef cattle*. Washington: National Academy Press, 1996. 242 p. [209](#), [217](#)

MOE, R. O. et al. Peripheral temperature drop in response to anticipation and consumption of a signaled palatable reward in laying hens (*Gallus domesticus*). *Physiology & Behavior*, Cambridge, v. 106, n. 4, p. 527–533, 2012. [254](#)

MOLONY, V.; KENT, J. E. Assessment of acute pain in farm animals using behavioral and physiological measurements. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 75, n. 1, p. 266–272, 1997. [243](#)

MONTANHOLI, Y. R. et al. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). *Journal of Thermal Biology*, Oxford, v. 33, n. 8, p. 468–475, 2008. [237](#), [239](#), [240](#)

MONTANHOLI, Y. R. et al. On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. *Livestock Science*, v. 125, n. 1, p. 22–30, 2009. [240](#)

MUJIBI, F. D. N.; JUNIOR, D. H. C. Genetic parameters for calving ease, gestation length, and birth weight in charolais cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 87, n. 9, p. 2759–2766, 2009. [195](#)

NA, M. H. et al. Comparative analysis of statistical regression models for prediction of live weight of Korean cattle during growth. *Agriculture*, v. 13, n. 10, p. 1895, 2023. [274](#)

- NAAZIE, A.; MAKARECHIAN, M. M.; BERG, R. T. Factors influencing calving difficulty in beef heifers. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 67, n. 12, p. 3243–3249, 1989. [195](#)
- NAGY, S. A. et al. Impact evaluation of score classes and annotation regions in deep learning-based dairy cow body condition prediction. *Animals*, v. 13, n. 2, p. 194, 2023. [275](#)
- NAHM, F. S. Infrared thermography in pain medicine. *The Korean Journal of Pain*, v. 26, n. 3, p. 219–222, 2013. [243](#)
- NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N. Climatic effects on productive traits in livestock. *Veterinary Research Communications*, Amsterdam, v. 30, n. Suppl.1, p. 75–81, 2006. [236](#)
- NASCIMENTO, G. R. et al. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 658–663, 2014. [241](#)
- NEBEL, R. L. et al. Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of ai in cattle. *Animal Reproduction Science*, v. 60–61, p. 713–723, 2000. [191](#), [197](#), [198](#), [200](#), [201](#)
- NETO, C. R.; RODELLO, L.; BICUDO, S. D. Termografia escrotal em ovinos pré-púberes submetidos a estresse térmico. *Veterinária e Zootecnia*, Jaboticabal, v. 18, n. 4, p. 1017–1019, 2011. [250](#)
- NIKKHAH, A. et al. Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 88, n. 8, p. 2749–2753, 2005. [246](#)

NOVAES, A. L. *Comportamento do consumo de carne bovina e hortaliças no Brasil: perfil dos consumidores*. 199 p. Dissertação (Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Multiinstitucional em Agronegócios) — Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2006. [73](#)

(NRC), N. R. C. *Nutrient Requirement of Beef Cattle*. 7th revised. ed. Washington: National Academy Press, 1996. 242 p. [169](#), [185](#)

NUNES, S.; DAVID, G. Uma arquitetura web para serviços web. In: *XATA 2005 - XML: Aplicações e Tecnologias Associadas*. Departamento de Informática, Universidade do Minho: Universidade do Minho, 2005. p. 1–11. [49](#), [248](#)

NääS, I. A.; GARCIA, R. G.; CALDARA, F. R. Infrared thermal image for assessing animal health and welfare. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, Mossoró, v. 2, n. 3, p. 66–72, 2014. [234](#)

OHLMER, B. On-farm computers for farm management in sweden: potentials and problems. *Agricultural Economics*, v. 5, n. 3, p. 279–286, 1991. [155](#)

OIAGEN, R. P. et al. Melhoria organizacional na produção de bezerros de corte a partir dos centros de custos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 3, p. 580–587, 2008. [147](#)

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in brazil. *Animal Feed Science and Technology*, v. 197, n. 1, p. 64–75, 2014. [169](#), [176](#)

OLIVEIRA, R. L. et al. Nutrição e manejo de bovinos de corte na fase de cria. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57–86, 2006. [217](#)

OLSON, K. D. *Economics of Farm Management in a Global Setting*. Danvers: John Wiley & Sons, 2011. 542 p. [141](#)

OLTJEN, J. W.; BYWATER, R. L.; GARRETT, W. N. Development of a dynamic model of beef cattle growth and composition. *Journal of Animal Science*, v. 62, p. 86–97, 1986. [170](#), [185](#)

OSAWA, T. et al. Use of infrared thermography to detect the change in the body surface temperature with estrus in the cow. In: *SFT/ACT Annual Conference & Symposium*. Kentucky: [s.n.], 2004. Proceedings. [251](#), [252](#)

OVERTON, T. R.; RUSSEL, J. B. *The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion: CNCPS V. 5.0*. Cornell University, Ithaca, NY, 2003. 235 p. [182](#)

PALMA, E. S. et al. Plataforma de software de monitoramento da mosca-dos-estábulo. In: *Jornada Científica da Embrapa Gado de Corte*. Campo Grande, MS: [s.n.], 2013. p. 42–43. [125](#)

PALOMBI, C. et al. Evaluation of remote monitoring of parturition in dairy cattle as a new tool for calving management. *BMC Veterinary Research*, London, v. 9, p. 191–200, 2013. [196](#), [203](#)

PANZA, S.; SILVA, C. R. Avaliação das condições de transporte e recebimento de carne bovina resfriada, em supermercados de grande porte na cidade de maringá, pr. *Higiene Alimentar*, v. 21, n. 153, p. 46–52, jul./ago. 2007. [83](#)

PARHAM, P. E.; BRAJENDRA, K. S.; FERGUSON, N. M. Analytic approximation of spatial epidemic models of foot and mouth disease. *Theoretical Population Biology*, v. 73, n. 3, p. 349–368, 2008. 258

PASI, G.; YAGER, R. R. Modeling the concept of majority opinion in group decision-making. *Information Sciences*, v. 176, n. 4, p. 390–414, 2006. 259

PATRANABIS, D. *Introduction to telemetry principles*. 1st. ed. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education, 1999. 1–31 p. 204

PAULRUD, O. et al. Infrared thermography and ultrasonography to indirectly monitor the influence of liner type and overmilking on teat tissue recovery. *Acta Veterinaria Scandinavica*, Copenhagen, v. 46, n. 3, p. 137–147, 2005. 247

PENROSE, E. *The Theory of the Growth of the Firm*. New York: Oxford University Press, 1995. 272 p. 230

PEREIRA, M. A.; VIEIRA, J. S. Práticas e ferramentas gerenciais adotadas por pecuaristas de corte em estados selecionados: reflexões para gestores de p&d e consultores rurais. In: *Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*. Goiânia: SOBER, 2014. p. 17. Disponível em: <http://icongresso.itarget.com.br/tr a/arquivos/ser.4/1/3839.pdf>, Acesso em: 03 Set. 2014. 155

PEREIRA, M. A.; WOODFORD, K. B. Technological profile of brazilian innovative beef farmers: which technologies these farmers adopt, which they don't and reasons for the difference. In: *International Farm Management Association Congress*. Methven, Nova Zelândia: [s.n.], 2011. p. 316–323. 154, 155

PEZESHKI, A. et al. Variation of inflammatory dynamics and mediators in primiparous cows after intramammary challenge with *Escherichia coli*. *Veterinary Research*, v. 42, n. 15, p. 1–10, 2011. [247](#)

PIERUCCI, J. C. et al. Avaliação das estimativas do modelo embrapa invernada para o ganho de peso de bovinos em confinamento. In: *IX Jornada Científica da Embrapa Gado de Corte*. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2013. p. 80–81. [170](#), [171](#)

PIGATTO, C. P.; BARROS, A. R. Qualidade da carne moída bovina resfriada, comercializada em açougues da região de Curitiba. *Higiene Alimentar*, v. 17, n. 108, p. 53–57, mai. 2003. [87](#)

PIRES, E. F. et al. Surtos de toxinfecções alimentares em unidades de alimentação e nutrição. *Higiene Alimentar*, v. 16, n. 101, p. 20–24, 2002. [76](#), [91](#), [92](#)

PIRES, P. P. A tecnologia passa a porteira da fazenda, chega ao pasto ou no curral e identifica o gado no computador. *Gado de Corte Informa*, Campo Grande, MS, v. 13, n. 3, p. 1–2, Setembro 2000. [61](#)

PIÑEDA, N. Recursos humanos: bases para a eficiência dos processos tecnológicos em pecuária de corte. In: *Anais da 5ª Jornada NESPRO*. Porto Alegre: NESPRO, 2010. p. 35–46. [230](#)

POLAT, B. et al. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 93, n. 8, p. 3525–3532, 2010. [247](#)

POTT, A.; POTT, V. J. Flora do pantanal - listagem atual de fanerógamas. In: *Simpósio sobre Recursos*

Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1999. v. 2, p. 297–325. [174](#)

POULIOT, S.; SUMNER, D. A. Traceability, liability, and incentives for food safety and quality. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 90, n. 1, p. 15–27, 2008. [86](#)

PREVOLNIK, M.; CANDEK-POTOKAR, M.; SLKORJANC, D. Ability of nir spectroscopy to predict meat chemical composition and quality - a review. *Czech Journal of Animal Science*, v. 49, p. 500–510, 2004. [173](#)

PRICE, D. M. et al. Using the near-infrared (vis-nir) system to sort various beef “middle and end muscle cuts” into tenderness category. *Journal of Animal Science*, v. 86, n. 2, p. 413–418, 2008. [173](#)

PUROHIT, R. C. et al. Thermography of the bovine scrotum. *American Journal of Veterinary Research*, Chicago, v. 46, n. 11, p. 2388–2392, 1985. [248](#), [249](#), [250](#)

PÖTTER, L.; LOBATO, J. F. P.; NETTO, C. G. A. M. Produtividade de um modelo de produção para novilhas de corte primíparas aos dois, três e quatro anos de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 613–619, 1998. [215](#), [222](#)

RAE, D. O. et al. Assessment of estrus detection by visual observation and electronic detection methods and characterization of factors associated with estrus and pregnancy in beef heifers. *Theriogenology*, Los Altos, v. 51, n. 6, p. 1121–1132, 1999. [192](#)

RAINWATER-LOVETT, K. et al. Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. *The Veterinary Journal*, London, v. 180, n. 3, p. 317–324, 2009. [244](#)

RAMSEY, R. et al. Factors affecting beef cow-herd costs, production, and profits. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, v. 37, n. 1, p. 91–99, 2005. 188

RAO, T. K. S. et al. Heat detection techniques in cattle and buffalo. *Veterinary World*, Gujarat, v. 6, n. 6, p. 363–369, 2013. 190, 192

RAPOSO, T.; ARAÚJO, M. P. N.; FURTUNATO, D. M. N. Avaliação das condições de recebimento de carnes resfriadas e congeladas, em unidade de alimentação e nutrição da cidade de Salvador, ba. *Higiene Alimentar*, v. 22, n. 158, p. 73–78, jan. 2008. 76, 77, 87

REINHER, C.; OAIGEN, R. P.; BARCELOS, J. O. J. Calving histograms and reproductive performance of the beef cows. *Acta Scientiae Veterinariae*, Porto Alegre, v. 34, n. 3, p. 281–287, 2006. 221

RESEARCH, T. I. *Location based services market, 2008-2013*. 2008. The Insight Research Corporation, Durango, CO. Disponível em: <http://www.insight-corp.com/reports/lbs08.asp>, Acesso em: 20/01/2010. 43

RIBEIRO, N. L. et al. Avaliação dos índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de ovinos nativos. *Revista de Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 614–623, 2008. 237

RIVAS, A. L. et al. Human-mediated foot-and-mouth disease epidemic dispersal: Disease and vector clusters. *Journal of Veterinary Medicine*, v. 53, n. 1, p. 1–10, 2006. 258

ROBERTO, J. V. B. et al. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. *Journal of Animal Behavior*

and *Biometeorology*, Mossoró, v. 2, n. 1, p. 11–19, 2014. 234

RODENBURG, J.; LANG, B. Labour costs on ontario dairy farms and their implications for precision technologies. In: *The First North American Conference on Precision Dairy Management*. Woodstock: [s.n.], 2010. Available at: www.precisiondairy2010.com/.../s1rodenburg.pdf, accessed January 20, 2014. 188

RODRIGUES, J. A. *Assistência clínica materna e neonatal às diferentes condições obstétricas em bovinos da raça Holandesa*. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. 94 f. 193, 194

RODRIGUES, R. et al. Viabilidade econômica de um sistema de produção de pecuária bovina sob alta lotação: uso na pesquisa e na pecuária comercial. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 13, n. 1, p. 244–257, 2012. 215

RORIE, R. W.; BILBY, T. R.; LESTER, T. D. Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. *Theriogenology*, Los Altos, v. 57, n. 1, p. 137–148, 2002. 191, 192, 193, 196, 197, 198, 199, 200, 201

RUBIANO, G. A. G. et al. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos superprecoces das raças canchim, nelore e seus mestiços. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 38, n. 12, p. 2490–2498, 2009. 224

RUCHAY, A. et al. Live weight prediction of cattle based on deep regression of rgb-d images. *Agriculture*, v. 12, n. 11, p. 1794, 2022. 273

RUIZ-GARCIA, L. R.; STEINBERGER, G.; ROTHMUND, M. A model and prototype implementation for tracking and tracing agricultural batch products along the food chain. *Food Control*, v. 21, n. 2, p. 112–121, 2010. [82](#)

SALAY, E.; CASWELL, J. A.; ROBERTS, T. Innovation for microbial pathogen control in the supply chain for hamburger patties. In: GOLAN, E. et al. (Ed.). *Food safety innovation in the United States: Economic theory and empirical evidence from the meat industry*. Washington, DC: Economic Research Service (ERS), United Department of Agriculture (USDA), 2004. v. 1, p. 30–36. [82](#)

SANO, E. E.; BARCELOS, A. O.; BEZERA, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the brazilian savanna. *Pasturas Tropicales*, v. 22, n. 1, p. 2–15, 2001. [175](#)

SANS, P.; FONTGUYON, G.; BRIZ, J. Meat safety as a tool of differentiation for retailers. spanish and french examples of meat “supply chain brands”. *International Journal of Retail & Distribution Management*, v. 33, n. 8, p. 618–635, 2005. [73](#)

SANSON, R. L. *The development of a decision support system for an animal disease emergency*. Tese (PhD Thesis) — Massey University, New Zealand, 1993. [257](#), [258](#)

SANSON, R. L.; MORRIS, R. S.; STERN, M. W. Epiman-fmd: a decision support system for managing epidemics of vesicular disease. *Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties*, v. 18, n. 3, p. 593–605, 1999. [258](#), [265](#)

SANTOS, A. P. et al. Revisão: Qualidade da carne de vaca de descarte. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 11, n. 1, p. 35–45, 2008. [228](#)

SANTOS, F. C. C.; VOGEL, F. S. Amitraz and cypermethrin resistance ticks *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in cattle herds located in Rio Grande do Sul from 2005 to 2011. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, Lisboa, v. 111, n. 1, p. 121–124, 2012. [225](#)

SANTOS, G. S. et al. Inteligência artificial aplicada à predição do ponto de abate de bovinos confinados. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Pecuária de Precisão Aplicado à Bovinocultura de Corte*. Campo Grande: [s.n.], 2014. p. 1. [228](#)

SANTOS, S. A. et al. Composição botânica da dieta de bovinos em pastagem nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 4, p. 1648–1662, 2002. [175](#)

SARAIVA, A. M. et al. Resultados do seminário de rastreabilidade da informação em cadeias produtivas do agronegócio. In: *Seminário de Rastreabilidade da Informação em Cadeias Produtivas do Agronegócio*. Escola Politécnica da USP, Cidade Universitária, São Paulo, SP: [s.n.], 2005. [45](#)

SARTWELLE, J. D. *Improving the value of your calf crop: the impact of selected characteristics on calf prices*. Kansas: Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 1996. 12 p. [227](#)

SCHAEFER, A. L. et al. Early detection and prediction of infection using infrared thermography. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v. 84, n. 1, p. 73–80, 2004. [244](#)

SCHAEFER, A. L. et al. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. *Research in Veterinary Science*, London, v. 93, n. 2, p. 928–935, 2012. 235

SCHAEFER, A. L. et al. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. *Research in Veterinary Science*, London, v. 83, n. 3, p. 376–384, 2007. 245

SCHAEFER, A. L. et al. Role of nutrition in reducing antemortem stress and meat quality aberrations. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 79, n. E-supl, p. 91–101, 2001. 252

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; STOOKEY, J. M.; WELFORD, R. Effect of feed delivery fluctuations and feeding time on ruminal acidosis, growth performance, and feeding behaviour of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 75, n. 8, p. 2064–2072, 1997. 243

SCOLARI, S. et al. Determination of the relationship between vulvar skin temperatures and time of ovulation in swine using digital infrared thermography. *Reproduction, Fertility, Development*, v. 22, n. 1, p. 178, 2009. 251

SENGER, P. L. *Pathways to pregnancy and parturition*. Washington: Washington State University, 1999. 251

SETCHELL, B. P. The parkes lecture. heat and the testis. *Journal of Reproduction and Fertility*, Cambridge, v. 114, n. 2, p. 179–194, 1998. 249

SHAMSABARDEH, M.; AZARI, B.; MARTÍNEZ-LOPEZ, B. *Prrs outbreak prediction via deep switching auto-regressive factorization modeling*. 2021. Disponível em: (<https://arxiv.org/abs/2110.03147>). 279

SHIMABUKURO, E. K. *Um gerador de aplicações configurável*. 152 p. Dissertação (Mestrado) — Instituto de Ciências Matemática Computacional da Universidade de São Paulo – ICMC/USP, São Carlos, SP, Brasil, 2006. Dissertação de Mestrado. [131](#)

SHORT, R. E. et al. Breeding heifers at one year of age: biological and economic considerations. In: FIELDS, M. J.; SAND, R. S. (Ed.). *Factors affecting calf crop*. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 55–68. [222](#)

SIEVERS, A. K. et al. Development of an intraruminal device for data sampling and transmission. *Journal of Animal and Feed Sciences*, Jablonna, v. 13, p. 207–210, 2004. [203](#), [204](#)

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v. 67, n. 1-2, p. 1–18, 2000. [237](#)

SILVA, N. L.; FILHO, J. A. A.; SOUSA, F. B. *Manipulação da vegetação da caatinga para produção sustentável de forragem*. Sobral, 2007. 11 p. [174](#)

SILVA, R. C. P. et al. Efeito do ecg e do gnrh em nelore lactantes inseminadas em tempo fixo. *Acta Scientiae Veterinariae*, Porto Alegre, v. 32, p. 221, 2004. [222](#)

SILVA, R. P. *Suporte ao desenvolvimento e uso de frameworks e componentes*. 262 p. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPGC/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2000. Tese de Doutorado. [131](#)

SILVA, T. A. M. et al. Etiologic diagnosis of bovine infectious abortion by pcr. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2563–2570, 2009. [224](#)

SILVA, V.; AMARAL, A. M. P. Segurança alimentar, comércio internacional e segurança sanitária. *Informações Econômicas*, v. 34, n. 6, p. 38–45, 2004. 80

SIMÕES, V. G. et al. Variations in the vulvar temperature of sows during proestrus and estrus as determined by infrared thermography and its relation to ovulation. *Theriogenology*, Stoneham, v. 82, n. 8, p. 1080–1085, 2014. 251

SOERENSEN, D. D. et al. Determining the emissivity of pig skin for accurate infrared thermography. *Computers and Electronics in Agriculture*, New York, v. 109, n. 1, p. 52–58, 2014. 239

SOMMERVILLE, I. *Software Engineering*. 8a. ed. [S.l.]: Addison-Wesley, 2007. 131

SOUZA, B. B.; SOUZA, E. D.; CEZAR, M. F. Temperatura superficial e Índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-Árido nordestino. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 1, p. 275–280, 2008. 215, 239

SOUZA, C. E. A. et al. Reproductive development of santa inês rams during the first year of life: Body and testis growth, testosterone concentrations, sperm parameters, age at puberty and seminal plasma proteins. *Reproduction in Domestic Animals*, Berlin, v. 45, n. 4, p. 644–653, 2010. 236

SOUZA, M. A. *Consumo, digestibilidade e dinâmica ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados e/ou carboidratos*. 56 p. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007. 221

SPEAKMAN, J. R.; WARD, S. Infrared thermography: Principle and applications. *Zoology: analysis of complex systems*, Jena, v. 101, p. 224–232, 1998. 235

STELLETTA, C. et al. Thermographic applications in veterinary medicine. In: PRAKASH, R. V. (Ed.). *Infrared Thermography*. Cap. 6: INTECH Open Access Publisher, 2012. p. 117–140. 239

STEVENS, K. B. et al. *Mapping the likelihood of introduction and spread of highly pathogenic avian influenza virus H5N1 in Africa, Ghana, Ethiopia, Kenya and Nigeria using multicriteria decision modeling*. Washington: [s.n.], 2009. International Food Policy Research Institute. 32p. Available at: (<http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/hpaiwp-africa.pdf>). 268

STEWART, M. et al. Infrared thermography as a non-invasive method for detecting fear-related responses of cattle to handling procedures. *Animal Welfare*, v. 17, n. 4, p. 387–393, 2008. 225, 244, 245

STEWART, M. et al. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare*, Washington, v. 14, n. 4, p. 319–325, 2005. 237, 239, 241

STREYL, D. et al. Establishment of a standard operating procedure for predicting the time of calving in cattle. *Journal of Veterinary Science*, Suwon, v. 12, n. 2, p. 177–185, 2011. 195

STUBSJØEN, S. M. et al. Exploring non-invasive methods to assess pain in sheep. *Physiology & Behavior*, Elmsford, v. 98, n. 5, p. 640–648, 2009. 245

STUTH, J.; JAMA, A.; TOLLESON, D. Direct and indirect means of predicting forage quality through near

infrared reflectance spectroscopy. *Field Crops Research*, v. 84, n. 1, p. 45–56, 2003. 172, 173, 174

SUTHAR, V. S. et al. Endogenous and exogenous progesterone influence body temperature in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 95, n. 5, p. 2381–2389, 2012. 203

TALAMINI, E.; PEDROSO, E. A.; SILVA, A. L. Gestão da cadeia de suprimentos e a segurança do alimento: uma pesquisa exploratória na cadeia exportadora da carne suína. *Gestão e Produção (UFSCar)*, v. 12, n. 1, p. 107–120, 2005. 74, 75, 77, 87

TALUKDER, S. et al. Infrared technology for estrus detection and as a predictor of time of ovulation in dairy cows in a pasture-based system. *Theriogenology*, Stoneham, v. 81, n. 7, p. 925–935, 2014. 252

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; GUIROY, P. J. A decision support system to improve individual cattle management. 1. a mechanistic, dynamic model for growth. *Agricultural Systems*, v. 79, n. 2, p. 171–204, 2004. 185

TEIXEIRA, M. Fisiopatologia da nocicepção e da supressão da dor. *Jornal Brasileiro de Oclusão, ATM e Dor Orofacial*, Curitiba, v. 1, n. 4, p. 329–334, 2001. 243

THERMOGRAM. *Termography in veterinary*. 2015. Disponível em: <http://www.thermogram.it/en/veterinary-thermography.html>. Acessado em 16/01/2015. 225

TOLENTINO, V. R. *Estratégia de garantia da segurança e o abastecimento de carne bovina para restaurantes comerciais no município de Campinas, SP*. 168 p. Tese (Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006. 84

TONATO, F. *Desenvolvimento e avaliação de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais para apoio à tomada de decisão*. Tese (Tese de Doutorado) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Acesso em: 2014-07-16. Disponível em: (<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-05082009-105315/>). 162

TONATO, F. et al. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 5, p. 522–529, 2010. 162

TULPAN, D. Machine and deep learning modelling strategies for body weight prediction of cattle and swine. *Journal of Animal Science*, v. 101, p. 141–142, 2023. 272, 279

TURNER, T. A. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Veterinary Clinics of North America Equine Practice*, Philadelphia, v. 7, n. 2, p. 311–38, 1991. 246

TURNER, T. A.; SCOGGINS, R. D. Thermographic detection of gingering in horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, Wildomar, v. 5, n. 1, p. 8–10, 1985. 253

(USDA/FAS), U. U. S. D. of A. A. S. *Livestock and Poultry: World Markets and Trade. Circular Series*. 2011. Disponível em: (<http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2011/livestock-poultry.pdf>). Acesso em: 10 out. 2011. 71

VALLE, E. R. *Boas práticas agropecuárias bovinos de corte*. 2^a. ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2011. 69 p. 227

- VALLE, E. R.; ANDREOTTI, R.; THIAGO, L. R. L. *Estratégias para aumento da eficiência reprodutiva e produtiva em bovinos de corte*. Campo Grande: EMBRAPA - CNPGC, 1998. 80 p. (Documentos, 81). [223](#), [226](#)
- VELHO, J. P. et al. Disposição dos consumidores porto-alegrenses frente à compra de carne bovina com certificação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 2, p. 399–404, 2009. [81](#)
- VIANA, J. G. A. et al. Perception of producers facing the bovine traceability: comparative study between brazil and chile. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, v. 60, n. 231, p. 825–828, 2011. [226](#)
- VIANNA, D. M. L.; CARRIVE, P. Changes in cutaneous and body temperature during and after conditioned fear to context in the rat. *European Journal of Neuroscience*, v. 21, n. 9, p. 2505–2512, 2005. [254](#)
- WANG, Z. et al. Asas-nanp symposium: Applications of machine learning for livestock body weight prediction from digital images. *Journal of Animal Science*, v. 99, n. 2, p. skab022, 2021. [271](#)
- WATHES, C. M. et al. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 6, n. 4, p. 2–10, 2008. [209](#), [211](#), [213](#)
- WEBER, V. A. M. et al. Prediction of girolando cattle weight by means of body measurements extracted from images. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 49, p. e20190110, 2020. [274](#)

- WEIGEL, K. A. Exploring the role of sexed semen in dairy production systems. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 87, n. 1, p. 120–130, 2004. 222
- WESCHENFELDER, A. V. et al. The use of infra-red thermography for pork quality prediction. *Meat Science*, Barking, v. 96, n. 1, p. 120–125, 2014. 239, 252
- WETTEMANN, R. P. et al. Nutritional and suckling-mediated anovulation in beef cows. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 81, n. 14, p. 48–59, 2003. 217
- WHO. *Global strategy on diet, physical activity and health: List of all documents and publications. Fifty-seventh World Health Assembly*. 2004. A57/9, 17 abr. 81, 89
- WHO. *Consultation to develop a strategy to estimate the global burden of foodborne diseases*. 2006. Food safety. Disponível em: (http://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/fbd_2006.pdf). Acesso em: 20 out. 2010. 77
- WHO. *Food production to consumption*. 2009. Disponível em: (http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/). Acesso em: 03 jul. 2009. 78, 94
- WIEL, D. F. M. Van de et al. Peri-estrus and midluteal time courses of circulating lh, fsh, prolactin, estradiol-17 and progesterone in the domestic pig. *Biology of Reproduction*, Champaign, v. 24, n. 2, p. 223–233, 1981. 251
- WIEMERS, J. F. *National Animal Identification – A Call for Government and Industry Cooperation*. 2000. USDA, APHIS, VS. National Institute for Animal Agriculture, Animal Identification and Information Systems Committee, Corpus Christi, TX. 51

WILLIAMS, C. B.; JENKINS, T. G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. ii. metabolizable energy utilization for gain. *Journal of Animal Science*, v. 81, n. 6, p. 1382–1389, 2003. [185](#)

WILLIAMSON, C. S. et al. Read meat in the diet. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, v. 30, n. 4, p. 323–355, 2005. [73](#)

WILT BANK, J. N. Research needs in beef cattle reproduction. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 31, n. 4, p. 775–762, 1970. [216](#), [221](#)

WOODWARD, S. J. R. Formulae for predicting animals' daily intake of pasture and grazing time from bite weight and composition. *Livestock Production Science*, v. 52, n. 1, p. 1–10, 1997. [165](#)

WOODWARD, S. J. R. et al. Can a mathematical model accurately predict intake of grazing animals? testing the q-graze model. In: *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. [S.l.: s.n.], 2001. v. 61, n. 1, p. 4–7. [165](#)

WOOLDRIDGE, M. et al. Quantitative risk assessment case study: smuggled meats as disease vectors. *Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties*, v. 25, n. 1, p. 105–117, 2006. [265](#)

WRIGHT, I. A. et al. Prediction of calving date in beef cows by real-time ultrasonic scanning. *Veterinary Record*, London, v. 123, n. 9, p. 228–229, 1988. [195](#)

XAVIER, M. N. et al. The genus brucella and clinical manifestations of brucellosis. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2252–2260, 2009. [224](#)

XAVIER, V. G.; JOELE, M. R. S. P. Avaliação das condições higiênico-sanitárias da carne bovina in natura comercializada na cidade de belém, pa. *Higiene Alimentar*, v. 18, n. 125, p. 64–73, out. 2004. [83](#)

ZABORSKI, D. et al. Factors affecting dystocia in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, San Diego, v. 44, n. 3, p. 540–551, 2009. [194](#)

ZECCONI, A. et al. Relationship between teat tissue immune defences and intramammary infection in dairy cows. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, New York, v. 480, p. 287–293, 2000. [246](#)

ZHU, B. et al. Effect of paternal heat stress on the development in vitro of preimplantation embryos in the mouse. *Andrologia*, Berlin, v. 36, n. 6, p. 384–394, 2004. [249](#)

ZINN, R. A. et al. Starch digestion by feedlot cattle: predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. *Journal of Animal Science*, v. 85, n. 7, p. 1727–1730, 2007. [176](#)

ZYLBERSZTJN, D.; FARINA, E. M. M. Q.; SANTOS, R. C. *O Sistema Agroindustrial do Café*. São Paulo: Editora Ortiz, 1993. 277 p. [78](#)

Embrapa

Gado de Corte

Pecuária Digital – Primeira edição do compêndio de trabalhos realizados em Transferência de Informação (TI) pela Embrapa Gado de Corte e pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Este compêndio apresenta os resultados de mais de 15 anos de pesquisas sobre o uso de tecnologias digitais na bovinocultura de corte, destacando avanços e aplicações que vêm transformando o setor.

A incorporação de soluções digitais na produção pecuária tem permitido otimizar o uso de informações coletadas diretamente no campo, tornando as decisões mais precisas e precoces. O desenvolvimento de softwares e hardwares específicos para a produção zootécnica tem sido ampliado para todos os elos da cadeia produtiva da carne bovina, abrangendo áreas como sanidade animal, reprodução, nutrição, melhoramento genético e forrageiro, socioeconomia e gestão financeira.

Nesse contexto, a Pecuária Digital busca integrar conhecimentos e decisões a partir de uma abordagem holística, considerando aspectos biológicos, sociais, econômicos e edafoclimáticos, com o objetivo de impulsionar a eficiência e a sustentabilidade da produção pecuária.