

## Relatório de Pós-doutorado em Modelos Estatísticos Aplicados à Interação Planta-animal





ISSN 1982-5390  
Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Pecuária Sul  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos 122**

## **Relatório de Pós-doutorado em Modelos Estatísticos Aplicados à Interação Planta-animal**

Teresa Cristina Moraes Genro

Embrapa Pecuária Sul  
Bagé, RS  
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Pecuária Sul**

BR 153, km 603, Caixa Postal 242

96.401-970 - Bagé - RS

Fone/Fax: 55 53 3240-4650

<http://www.cppsul.embrapa.br>

[sac@cppsul.embrapa.br](mailto:sac@cppsul.embrapa.br)

**Comitê Local de Publicações**

Presidente: Renata Wolf Suñé

Secretária-Executiva: Graciela Olivella Oliveira

Membros: Claudia Cristina Gulias Gomes, Daniel Portella Montardo, Estefanía Damboriarena, Graciela Olivella Oliveira, Jorge Luiz Sant 'Anna dos Santos, Naylor Bastiani Perez, Renata Wolf Suñé, Roberto Cimirro Alves, Viviane de Bem e Canto.

Supervisor editorial: Comitê Local de Publicações

Revisor de texto: Comitê Local de Publicações

Normalização bibliográfica: Graciela Olivella Oliveira

Tratamento de ilustrações: Roberto Cimirro Alves

Editoração eletrônica: Roberto Cimirro Alves

Foto da capa: Emilio Andres Laca

1ª edição online

**Todos os direitos reservados.**

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

**Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Pecuária Sul

---

Genro, Teresa Cristina Moraes

Relatório de pós-doutorado em modelos estatísticos aplicados à interação planta-animal [recurso eletrônico] / Teresa Cristina Moraes Genro. – Dados eletrônicos. – Bagé : Embrapa Pecuária Sul, 2011.

(Documentos / Embrapa Pecuária Sul, ISSN 1982-5390 ; 122)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: <<http://cppsul.embrapa.br/unidade/publicacoes:list/271>>

Título da página Web (acesso em 30 dez. 2011)

1. Relatório técnico. 2. Interação planta-animal. I. Título. II. Série.

CDD 574.5

# **Autores**

**Teresa Cristina Moraes Genro**

Zootecnista, Doutora em Produção Animal  
- ênfase em Interação Planta-Animal,  
Pesquisadora da Embrapa Pecuária Sul,  
Caixa Postal 242, BR 153 Km 603,  
CEP 96401-970 - Bagé, RS – Brasil  
[cristina@cppsul.embrapa.br](mailto:cristina@cppsul.embrapa.br)

# Apresentação

Há muito sabemos que pesquisa e desenvolvimento (P&D) são fundamentais para o avanço socioeconômico e a independência de uma nação. Além da obtenção de produtos e tecnologias através da pesquisa científica propriamente dita, a disseminação dos conhecimentos gerados possibilita que os resultados desta atividade cheguem mais rapidamente aos beneficiários do processo, ou seja, produtores, técnicos, estudantes e população no geral interessada nas novas tecnologias agropecuárias.

Em se tratando de uma empresa pública, como a Embrapa, a transferência das tecnologias geradas em P&D faz parte da própria essência desta instituição. Dessa forma, a Embrapa Pecuária Sul utiliza as publicações da Série Embrapa como uma das ferramentas estratégicas formais de transferências das tecnologias, direcionadas às cadeias produtivas da carne bovina e ovina, do leite e da lã para a região sul do Brasil.

A presente publicação é mais um exemplo deste esforço institucional. Nesta obra é relatado um trabalho de pesquisa realizado em colaboração com a Universidade da Califórnia-Davis (EUA) em ecologia do pastejo, com foco na modelagem e métodos estatísticos das relações existentes entre animal e planta em ambiente pastoril complexo e em pecuária de precisão. O avanço de ferramentas de modelagem, como esta, aponta para um avanço metodológico no que se refere à precisão de avaliações de composição de dieta de ruminantes em ambientes heterogêneos, como a pastagem nativa.

Assim, mais do que cumprir com nossa missão institucional, a Embrapa está trabalhando para a efetiva disponibilização de tecnologias e recomendações que possam contribuir para uma pecuária mais sustentável e diferenciada nos campos sul-brasileiros. Esperamos que esta obra seja bem apreciada pelos leitores e que possa colaborar com a evolução da ciência e da tecnologia aplicada na agropecuária do sul do Brasil.

*Alexandre Costa Varella*  
Chefe-Geral

# Sumário

<b>Identificação do Local, Área e Período de Treinamento</b> .....	07
<b>Descrição das Atividades Desenvolvidas e Resultados Obtidos</b> .....	09
Treinamento em Análises Estatísticas.....	09
Modelo para Composição da Dieta de Bovinos.....	11
Modelo de Deslocamento e Seletividade de Bovinos em Pastagem Natural.....	14
Modelo Não Linear para Estimativa de Concentração Máxima de Alcanos.....	17
Acompanhamento de Projeto Dr. Emilio Laca.....	19
Elaboração de Projetos.....	21
Elaboração de Artigos e Resumos.....	22
Capítulos de Livros Publicados.....	22
Trabalhos Publicados em Anais de Eventos (Completo).....	22
Trabalhos Publicados em Anais de Eventos (Resumo).....	22
Trabalhos Publicados em Anais de Eventos (Resumo Expandido).....	22

<b>Considerações Finais</b> .....	24
<b>Referências</b> .....	26



# **Relatório de Pós-doutorado em Modelos Estatísticos Aplicados à Interação Planta-animal**

---

Teresa Cristina Moraes Genro

## **Identificação do Local, Área e Período de Treinamento**

Esse relatório diz respeito ao treinamento de pós-doutorado, realizado no Departamento de Ciência de Plantas, da Universidade da Califórnia, Davis (UCD). A área de treinamento foi em Ecologia do Pastejo com foco em métodos estatísticos que permitam expressar as relações existentes entre animais e plantas em um ambiente pastoril complexo e em pecuária de precisão. O período de treinamento foi de 20/02/2010 a 19/02/2011.

A Universidade da Califórnia, Davis (UC Davis, UCD), é uma instituição pública de ensino e de pesquisa, criada em 1905, e localizada em Davis, Califórnia, EUA. Sendo um dos 10 campi do sistema universitário da Universidade da Califórnia, a UCD está localizada no coração do Vale Central, perto da capital do estado, Sacramento, e de San Francisco. Abrangendo mais de 2.100 ha, o campus da UCD é o maior dentro da Universidade da Califórnia. UC Davis é classificada como uma das 10 melhores universidades públicas do país, e se classifica constantemente entre as melhores universidades do mundo. A universidade tem diversos programas de pós-graduação classificados entre os 10 melhores dos

EUA. Entre eles estão os programas em economia agrícola, entomologia, biologia evolutiva, biologia vegetal e ecologia. Além disso, o Conselho Nacional de Pesquisa Americano (NRC) tem colocado mais de um terço dos programas de pós-graduação da UC Davis como destaques de seus respectivos campos.

O campus foi originalmente estabelecido como uma universidade rural, a extensão agrícola da UC Berkeley e o segundo campus da Universidade de Califórnia. Enquanto patrimônio agrícola, a UC Davis continua forte e ao longo do século passado o campus se expandiu ao incluir programas de pós-graduação e profissionalizantes em medicina (que inclui a UC Davis Medical Center), direito, medicina veterinária, educação, enfermagem e gestão de negócios, além de 90 programas de pesquisa oferecidos pelo Programa de Pós-Graduação da UC Davis.

Em 2010, a UC Davis ficou em quinto lugar no país com relação ao número de estudantes internacionais que nela estudam.

O Departamento de Ciência da Planta foi criado em 2004, quando os departamentos de Agronomia e Pastagem Natural, Pomologia, Hortaliças e Horticultura Ambiental foram fundidos em um. Nesse departamento foi onde meu treinamento foi realizado.

Particpei no projeto de pesquisa em andamento do PhD. Emilio Laca, que estuda o impacto do pastoreio sobre serviços ambientais fornecidos pelo ecossistema pastagens naturalizadas, localizado no centro de pesquisa e extensão da UC, em Hopland, CA.

O Centro de Pesquisa e Extensão de Hopland (HREC) (Figura 1) é o principal centro de pesquisa da Universidade da Califórnia na área de agricultura e recursos naturais, na região da Costa Norte. A diversidade dos solos, as comunidades vegetais e animais e as montanhas tornam o HREC representante de muitas partes da pastagem natural da Costa, no noroeste da Califórnia. Ele é um dos nove Centros de Pesquisa e Extensão operado pela Unidade de Agricultura e de Recursos Naturais da

Universidade da Califórnia. Quatro tipos de vegetação: pasto, floresta-pasto, floresta densa e chaparral são encontrados nesse centro, incluindo mais de 600 espécies de plantas. O centro abrange atualmente 2.168,31 hectares, e conserva muito bem a fauna e a flora da região, além de ser um lugar com uma bela paisagem. O período de treinamento em Hopland foi de março a junho de 2010.

Entre setembro e dezembro de 2010, tive a oportunidade de acompanhar a disciplina PLS 206 Sistemas e Modelagem multivariada, ministrada pelo prof. Emilio Laca.

Para o desenvolvimento do meu trabalho, foi-me disponibilizada uma escrivaninha e um computador Mac, com processador Core 2 Duo. A estrutura de bibliotecas físicas e virtuais da UCD facilitou o acesso às publicações e referências bibliográficas. Também tive livre acesso ao material de escritório e cópias reprográficas.

## **Descrição das Atividades Desenvolvidas e Resultados Obtidos**

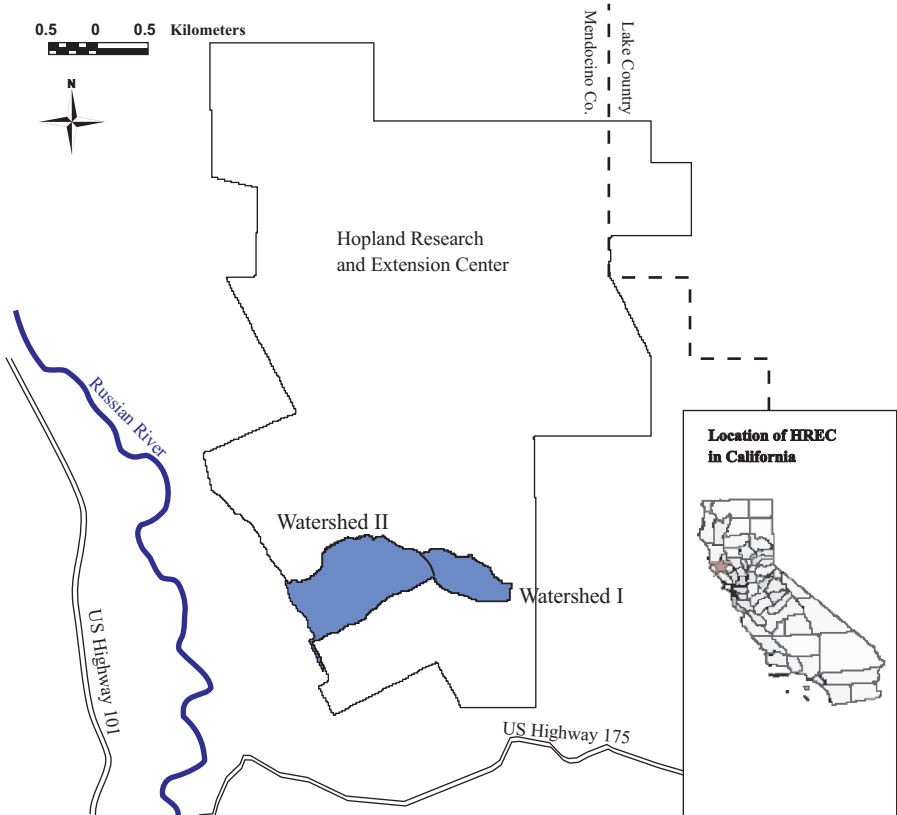
### **Treinamento em Análises Estatísticas**

A partir de março de 2011, conheci e comecei o treinamento no uso dos programas estatísticos que seriam usados nos trabalhos de modelagem estatística, o R e JMP (SAS).

**R** é uma linguagem e um ambiente de desenvolvimento integrado para cálculos estatísticos e gráficos e foi criada por Ross Ihaka e por Robert Gentleman no departamento de Estatística da Universidade de Auckland, Nova Zelândia. Esse programa foi e vem sendo desenvolvido por um esforço colaborativo de pessoas em vários locais do mundo (R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING, 2011).

R é também altamente expansível com o uso dos pacotes, que são bibliotecas para funções específicas ou áreas de estudo específicas.

Um conjunto de pacotes é incluído com a instalação de R, com muitos outros pacotes disponíveis na rede de distribuição do R (em inglês CRAN).



**Figura 1.** Mapa do Centro de Pesquisa e Extensão de Hopland (HREC).

Fonte: Brooks e Merenlender, 1998.

É importante salientar que, além de ser uma excelente ferramenta para análises estatísticas, o programa é livre, ou seja, é adquirido por um simples download na internet, sem qualquer custo para o usuário.

De setembro a dezembro de 2010, acompanhei o curso "Sistemas e Modelagem Multivariada", ministrado pelo Dr. Emilio Laca para os

estudantes de Pós-Graduação da UCDavis. Durante dez semanas, foram abordados os seguintes temas:

- a) Regressão linear: - Simulação paramétrica  
- Heterogeneidade de inclinação  
- Formulação e teste de hipóteses
- b) Regressão linear múltipla
- c) Análise de componentes principais (PCA) e regressão por componentes principais (PCR)
- d) Regressão não-linear
- e) Análise da variância multivariada
- f) Regressão logística

## **Modelo para Composição da Dieta de Bovinos**

Um dos pontos principais desse treinamento foi o estudo de um modelo estatístico para a análise da composição da dieta de ruminantes em pastejo.

Como o conceito do uso de marcadores de ceras das plantas presentes na massa fecal para fazer estimativas de composição quantitativa da dieta é relativamente novo, os protocolos matemáticos e estatísticos utilizados para análise dos dados têm limitado o seu uso potencial. Há potencial para uma utilização mais eficaz dos marcadores disponíveis, usando métodos estatísticos mais adequados a esse tipo de dados. Na maioria dos trabalhos, usa-se o método de minimização de quadrados para análise dos dados. Nessa minimização não é levado em conta qualquer variação no componente na composição do marcador, o efeito dessa variação sobre a qualidade da estimativa da composição da dieta resultante não é conhecida. Tentativas estão sendo feitas para desenvolver modelos estatísticos que irão fornecer detalhes de intervalos de confiança das estimativas de composição resultante da mistura de espécies de plantas conhecidas e a variabilidade dentro e entre espécies forrageiras no marcador.

A principal justificativa para trabalhar nesse modelo foi porque os trabalhos nessa área, até o presente momento, possuem limitações na predição da composição da dieta de herbívoros mantidos em pastejo em pastagens com flora tão diversa como a pastagem natural. As principais limitações são o grande número de espécies e a heterogeneidade de distribuição dessas plantas presentes em pastagem natural. Os modelos de cálculo da composição da dieta disponíveis permitem a discriminação de, no máximo, dez espécies forrageiras.

A nossa proposta foi usar o banco de dados de minha Tese de Doutorado e realizar os cálculos de composição da dieta desse material. O banco de dados era composto de amostras de um experimento conduzido na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS. Foram utilizadas pastagens de três gramíneas: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Penisetum purpureum* cv. Cameroon. A área experimental, de 9,0 ha, foi dividida em 16 piquetes de 750 m<sup>2</sup> cada, com 2 repetições, para cada gramínea utilizada no experimento. O sistema de pastejo foi rotativo com um período de descanso do piquete de 30 dias e com um tempo de ocupação do mesmo de dois dias. Os animais experimentais foram bovinos de corte, machos castrados, da raça Nelore, com idade média de 18 meses e peso vivo ao redor de 296 kg. As avaliações de consumo e estratos da forragem foram feitas em 3 épocas: 19-23/08/97(MEIO DA SECA); 16-27/11/97(INÍCIO DAS ÁGUAS) e 24/03-4/04/98(FIM DAS ÁGUAS). As estimativas de consumo foram obtidas usando péletes de 200 mg do alcão dotriacontano (C<sub>32</sub>), para determinação da produção fecal total. Os animais foram dosados durante 12 dias, duas vezes ao dia, às 4:30 h e 16:30 h. A partir do 8º dia do início de cada período de avaliação, foram coletadas amostras de fezes, diretamente do reto dos animais, durante 5 dias. Para determinação da digestibilidade foi utilizado o alcão triacontano (C<sub>33</sub>) como indicador interno.

A amostragem dos estratos das pastagens foi realizada com armações de aço quadrado de 1m<sup>2</sup> montados em intervalos de 20 cm de altura até a camada superior da forragem, a partir do nível do solo. De cima para

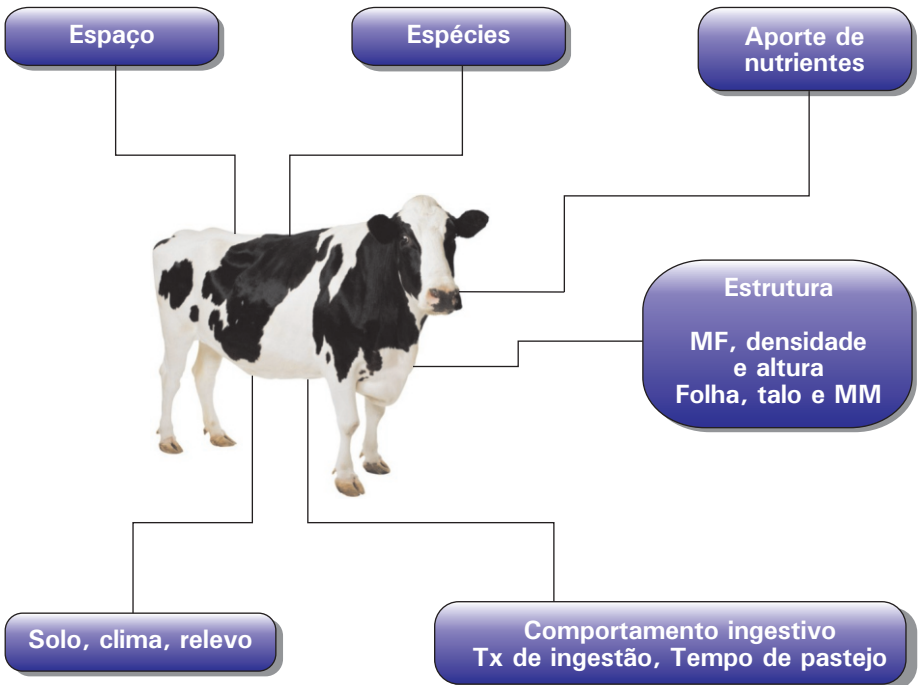
baixo as camadas de forragem foram cortadas a cada 20 cm até o nível do solo. Cada estrato foi separado à mão em dois componentes: tronco + bainha e lâmina foliar. Em seguida, o material foi secado em estufa a uma temperatura de 60 ° C e solo usando uma peneira de malha 40. Concentrações de N-alcanos foram determinadas dentro da faixa de corrente gasosas entre C27 e C35, seguindo a técnica desenvolvida por Mayes et al. (1986).

Com os dados acima descritos, foram geradas estimativas da composição da dieta por três métodos. O primeiro foi usando o programa Eat What (DOVE; MOORE, 1995), que trabalha com o método dos quadrados mínimos com restrição para resultados negativos, Outra abordagem foi usar os resultados gerados no Eat What e rodar simulações de Monte Carlo (500.000 vezes) e, por último, criou-se um modelo estatístico bayesiano para análise desses dados, baseado no modelo conceitual apresentado na Figura 2. Nesse modelo, a composição da dieta individual dos animais em pastejo é função direta da taxa diária de ingestão de nutrientes, que depende da dieta selecionada, influenciada pelo comportamento ingestivo. Este, por sua vez, é caracterizado pelos componentes massa (profundidade) do bocado, taxa de bocados, tempo de pastejo e tempo de busca e apreensão. Estas características estão na dependência da *estrutura do pasto*, representada pela distribuição espacial (horizontal e vertical) das diferentes *espécies* que resultam da composição florística, e das *massas de forragem* disponibilizadas por cada local no potreiro.

O modelo está rodando e apto a receber os dados coletados no projeto 02.06.06.011 para estimar composição de dietas usando alcanos, ácidos graxos de cadeia muito longa e álcoois com marcadores em plantas e fezes. Essas análises ainda não foram realizadas, mas estão sendo processadas no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Pecuária Sul.

Os resultados desse modelo foram publicados no XXII Reunión Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), realizado em

Montevideu, em outubro de 2011, e um artigo está sendo elaborado para ser submetido ao *Journal of Animal Science*, EUA.



**Figura 2.** Modelo conceitual abrangendo as variáveis consideradas no modelo estatístico bayesiano para estimativa da composição de dieta de ruminantes em pastejo.

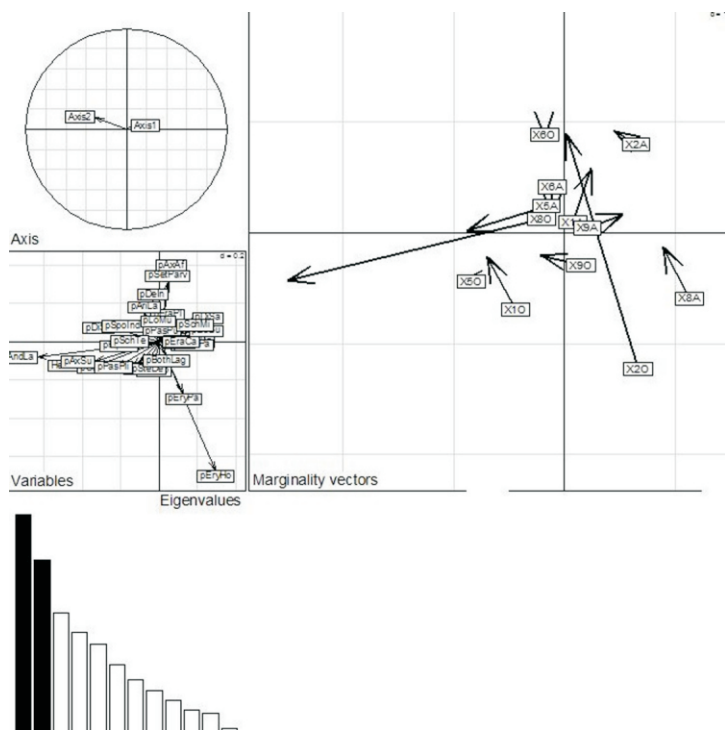
Fonte: Cristina Genro

## Modelo de Deslocamento e Seletividade de Bovinos em Pastagem Natural

Os herbívoros, para se alimentarem, necessitam dedicar uma considerável parte do tempo diário ao pastejo, sendo que esse tempo engloba, além dos processos envolvidos na colheita, um gasto energético importante em deslocamento na procura por alimento na área. A observação desses fatores em ambientes pastoris pode indicar locais preferidos, bem como espécies mais selecionadas, baseando-se



em mapas de composição botânica da área pastoril. Para estudar o deslocamento e a seletividade dos bovinos em pastejo na área, do projeto SEG 02.06.06.011, foi usado o pacote *adehabitat* (CALANGE, 2006) do programa estatístico **R**. O pacote permite sobrepor vários mapas da área como, por exemplo, mapas de relevo, vegetação, sombra, arbustos e aguadas. Depois de sobrepor os mapas com o deslocamento animal, usa-se uma matriz *K-select*, que faz um agrupamento por componentes principais (Figura 3).



**Figura 3.** Resultados da análise *K-select* usando os dados gerados no projeto SEG 02.02.06.011. Os gráficos são (de cima para baixo, da esquerda para a direita): 1) correlações entre os eixos da *K-select analysis*; 2) Escores das variáveis usadas (espécies); 3) autovalores da análise; 4) Vetores de marginalidade não centrados, 5) Escores de disponibilidade recursos (áreas de deslocamento de cada animal); 6) Vetores de marginalidade centrados pelo primeiro eixo da análise.

Fonte: Cristina Genro e Emilio Andres Laca.

Com esse pacote é possível conhecer a área de deslocamento de cada animal (home range, Figura 3, gráfico 4) e, no caso desses dados, usou-se mapas das espécies presentes na área, massa de forragem, altura e tempo de pastejo, em duas estações do ano: outono e primavera de 2008. Foi possível conhecer as espécies mais selecionadas e as rejeitadas, como pode ser observado na Figura 3 e relatado a seguir.

Os tratamentos estudados foram: pastagem natural (PN), pastagem natural melhorada por fertilização (PNA), e pastagem natural melhorada por fertilização mais introdução de espécies hibernais exóticas (PNM), em duas estações: outono e primavera de 2008. Um "valor forrageiro" para cada sítio em cada estação foi calculado pela ponderação da palatabilidade relativa de cada espécie com a sua frequência relativa (ROSENGURT, 1946). Uma escala não métrica multidimensional com quatro eixos de ordenação foi aplicado sobre as 29 espécies. O tempo de pastejo foi avaliado pela observação visual, a cada 10 minutos, do amanhecer ao crepúsculo, durante dois dias consecutivos em cada mês. A seletividade para cada sítio de pastejo foi calculada como proposto por Putfarken et al. (2008).

Houve uma interação significativa entre estação e tratamento na seletividade ( $P = 0,004$ ). No tratamento PNA, a seletividade foi menor no outono (0,43-0,34). A Seletividade foi inversamente relacionada com o primeiro eixo de ordenação da Figura 3, gráfico 6, em abril e diretamente relacionada com o quarto eixo em outubro ( $P < 0,05$ ). O primeiro eixo, em abril, representou um gradiente de aumento para a seleção do *Paspalum notatum* (coeficiente de correlação linear ( $r$ ) = 0,65, número de observações ( $n$ ) = 43) e diminuição da seleção do *Axonopus affinis* ( $r = -0,79$ ,  $n = 43$ ), enquanto o quarto eixo, em outubro, foi um gradiente de *Paspalum notatum* ( $r = -0,56$ ) e *Axonopus affinis* ( $r = 0,46$ ), indicando que os animais selecionaram locais com mais *Axonopus affinis* e com menos *Paspalum notatum*. *Axonopus affinis* parece ser uma espécie altamente selecionada ou associada a sítios de pastejo com características desejáveis para novilhas de corte.

Os resultados desse modelo foram publicados no **9<sup>th</sup> International Rangeland Congress**, realizado em Rosário, Província de Santa Fé, Argentina, em março de 2011.

## **Modelo Não Linear para Estimativa de Concentração Máxima de Alcanos**

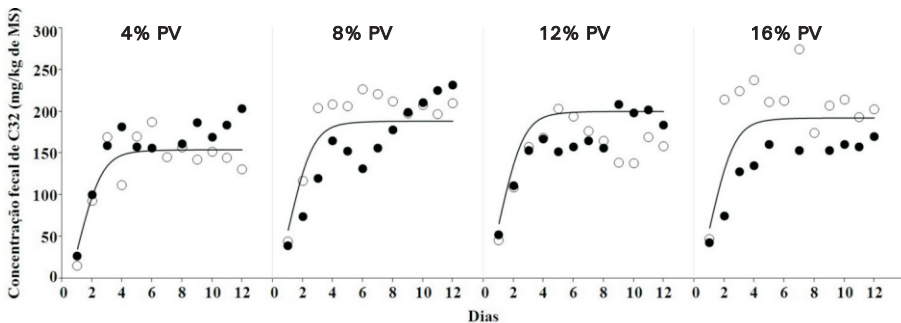
Para estimar o consumo a partir da técnica de alcanos, são usados 12 dias de dosificação diária, de preferência duas vezes ao dia, do indicador externo ( $C_{32}$ ) e, a partir do sétimo dia, coleta de fezes diária, duas vezes ao dia, resultando em seis dias de coleta. Esse período longo de avaliação (12 dias) acarreta estresse aos animais, excesso de trabalho e estresse às pessoas que estão conduzindo a avaliação, além de ficar bastante oneroso, devido ao custo do  $C_{32}$  (dotriacontano) usado como indicador externo. Por isso, outro objetivo desse treinamento foi estudar qual o período da administração oral de alcanos até o momento para iniciar a coleta *per rectum* de fezes. Para isso, foram utilizados dados da área experimental de pastagem natural pertencente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizado em Eldorado do Sul, região da Depressão Central, Brasil.

Os tratamentos foram constituídos por níveis diários de oferta de forragem (kg de matéria seca para cada 100 kg de peso vivo, ou % PV) para bovinos de corte, assim definidos: 4, 8, 12 e 16% PV. Os níveis de oferta de forragem na área experimental estão empregados desde 1986, e são mantidos utilizando-se a técnica de pastejo contínuo com taxa de lotação variável.

Durante o verão, sorteou-se um dos três animais por unidade experimental (UE;  $n = 8$ ) para avaliar a excreção fecal diária do marcador externo utilizado ( $C_{32}$ ). Estes tiveram suas fezes coletadas desde a primeira dosagem do indicador (primeiro até o último dia de avaliação - 12<sup>o</sup> dia). A concentração diária de  $C_{32}$  nas fezes desses animais foi utilizada na construção de modelo para verificar quantos dias eram necessários para atingir 95% da concentração máxima de  $C_{32}$  nas fezes, descrito a seguir.

O efeito da oferta de forragem sobre o número de dias necessários para o  $C_{32}$  dosado atingir 95% da concentração máxima nas fezes foi analisado por meio de um modelo assintótico de regressão não linear, usando auto correlação entre dias (cor ARMA), (PINHEIRO; BATES, 2000). As análises foram conduzidas utilizando o pacote “nlme” do software estatístico R+ v.2.11.1 (R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING, 2011). O modelo utilizado para descrever as excreções de  $C_{32}$  foi:  $Y(x) = \phi_1 + (\phi_2 - \phi_1)\exp[-\exp(\phi_3)x]$ ; onde:  $x$  = dias;  $Y$  = concentração de  $C_{32}$  nas fezes, mg/kg de MS;  $\phi_1$  = assíntota com  $x \rightarrow \infty$ , ou seja, 95% da concentração máxima de  $C_{32}$ ;  $\phi_2 = Y(0)$ ; concentração mínima de  $C_{32}$ ;  $\phi_3$  = logaritmo da taxa constante. Foi realizada análise de variância dos valores médios por tratamento para  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  e  $\phi_3$ .

A evolução diária da concentração do alcano dosado  $C_{32}$  nas fezes e o ajuste da função não linear para cada nível de oferta de forragem realizado no verão é apresentado na Figura 4.



**Figura 4.** Evolução diária na concentração do alcano dosado  $C_{32}$  em amostras de fezes coletadas *per rectum* em novilhas mantidas em uma pastagem natural manejada com níveis de oferta de forragem (% PV). Blocos: ● = 1, ○ = 2. Erro padrão da média (e.m.p.) = 5,804

Fonte: Júlio Trindade.

O número de dias necessários de dosificação para alcançar os 95% da concentração máxima não foi afetado pelo nível de oferta de forragem ( $P > 0,05$ ). O valor médio encontrado para atingir essa concentração foi de 3,8 dias. Os valores estimados de concentração do  $C_{32}$  a partir do

modelo não linear em cada nível de oferta de forragem encontram-se apresentados na Tabela 5. A concentração máxima ( $\phi_1$ ) de  $C_{32}$  nas fezes foi afetada pela oferta de forragem, com valores maiores registrados para as ofertas de 12 e 16% PV relativamente às ofertas de 8 e 4% PV, nessa ordem.

Conclui-se que um período mínimo de quatro dias é suficiente para obter uma concentração máxima do marcador externo  $C_{32}$  nas fezes de bovinos de corte, independente da oferta de forragem.

O artigo sobre esse modelo já está pronto e vai ser encaminhado para o periódico *Rangeland Ecology and Management*.

**Tabela 1.** Média e intervalo de confiança de 95% dos parâmetros do modelo não linear  $Y(x) = \phi_1 + (\phi_2 - \phi_1) \exp[-\exp(\phi_3)x]$  que descrevem a evolução diária da excreção fecal de  $C_{32}$  (mg/kg de MS) em cada nível de oferta de forragem.

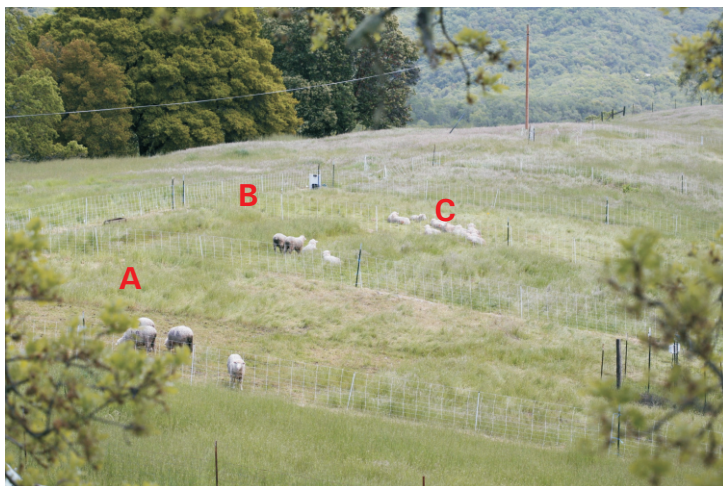
Oferta de forragem	Intervalo de confiança (IC = 95%)			e.p.m.	Valor t	Valor P
	Menor	Média	Maior			
	95% da concentração máxima de $C_{32}$ ( $\phi_1$ )					
4% PV	134,5	154,4 C	174,3	4,98	-5,945786	<0,0001
8% PV	168,9	188,7 B	208,5	4,16	3,937763	0,0002
12% PV	180,1	200,4 A	220,8	9,49	19,382248	<0,0001
16% PV	172,6	192,6 A	212,5	3,78	1,240174	0,2185
	Concentração mínima de $C_{32}$ ( $\phi_2$ )					
Valor médio	-330,9	-199,7	-68,4	68,18	-2,928365	0,0044
	Logaritmo da taxa constante ( $\phi_3$ )					
Valor médio	-0,379	-0,024	0,331	0,18	-0,129533	0,8973

## Acompanhamento de Projeto Dr. Emilio Laca

Paralelamente, auxiliei no projeto de pesquisa em andamento do PhD. Emilio Laca, que estuda o impacto do pastoreio sobre serviços ambientais fornecidos pelo ecossistema pastagens naturalizadas, localizado no centro de pesquisa e extensão da UC, em Hopland, CA.

A interação trófica entre ruminantes e pastagens é um processo fundamental que molda paisagens e modula a função do ecossistema e da produtividade. Pastejo seletivo pode estruturar as comunidades de plantas e, portanto, o controle da seletividade pode ser usado para o

gerenciamento de ecossistemas. A hipótese desse projeto é que a seletividade do trevo por ovinos pode ser modulada, alterando o grau de disposição entre as gramíneas e o trevo. Os tratamentos se basearam em diferentes disposições do trevo vesiculoso (*Trifolium subterraneum*): A) em retângulos, B) em faixas e C) sobressemeado na pastagem nativa. Foram construídas parcelas de pastagens de 34 x 17 m e sua vegetação modificada pela semeadura de trevo subterrâneo, usando herbicidas para plantas de folha larga e para gramíneas. Criaram-se quatro retângulos de 8,5 x 17 m ou dezessete faixas de 2 x 17 m, dominado por bandas de pasto ou trevo (Figura 5). As parcelas de pastagens foram pastejadas na primavera de 2010 (março a junho) com quatro ovelhas durante 12 dias (intensidade de pastejo baixa) ou 12 ovelhas durante quatro dias (intensidade de pastejo alta). Medimos a massa de forragem antes e após o pastejo, a atividade observada (pastejo, ruminação, descanso ou outras) e a localização (gramíneas ou trevo), do nascer ao pôr do sol. A seletividade foi determinada como a razão entre o tempo pastejando trevo e o tempo total de pastejo, dividido pelo número de ovelhas na parcela.



**Figura 5.** Área experimental e tratamentos utilizados no projeto do Dr. Emilio Laca. A) Retângulos alternados de trevo subterrâneo e pasto nativo; B) Faixas alternadas de pasto nativo e trevo subterrâneo; C) Trevo subterrâneo sobressemeado ao pasto nativo.

Fonte: Emilio Andres Laca.

As ovelhas pastaram mais tempo no trevo do que no pasto nativo, e um maior tempo de pastejo foi encontrado nos retângulos do que nas faixas ( $P = 0,025$ ). Não foi detectada uma diferença significativa ou interação devido ao número de ovelhas, mas o teste possuía baixo poder devido ao tamanho reduzido da amostra. Alterações da massa de forragem também refletiram uma forte preferência por trevo, particularmente nos retângulos. Estes resultados fornecem evidência adicional para a literatura, indicativo de que o padrão de vegetação pode ser utilizado como um fator de gerenciamento para modular interações planta-animal.

Os resultados desse experimento foram publicados no **64th Annual Meeting da Society for Range Management**, realizado em Billings, Montana, em fevereiro de 2011.

## **Elaboração de Projetos**

Durante o ano em que estive em treinamento no exterior, tive a oportunidade de elaborar um projeto componente do MP1, rede PECUS, intitulado Dinâmica de gases de efeito estufa em sistemas de produção pecuária do Bioma Pampa. O projeto foi aprovado e encontra-se em execução (código 01.10.06.001.08.00).

Também participei da equipe dos seguintes projetos aprovados:

- Modelagem das relações planta-animal em ambientes pastoris complexos submetido para Edital nº 28/2010 - Linha 3: Projetos Vinculados a Grupos de Pesquisa, coordenado pelo professor Paulo César de Faccio Carvalho.
- Avaliação da eficiência produtiva de vacas de corte puras e oriundas de cruzamentos envolvendo as raças Angus, Hereford, Caracu e Nelore no sul do Brasil submetido para Edital MCT/CNPq 14/2010 - Universal - Faixa C - De R\$ 50.000,01 a R\$ 150.000,00, coordenado pelo pesquisador Fernando Flores Cardoso.
- Ambientes pastoris para a criação de ovinos em sistema de integração lavoura-pecuária no subtrópico brasileiro submetido para Edital MCT/CNPq/CT-Agronegócio nº 17/2010 - Cadeia Produtiva de Caprinos e Ovinos no Brasil, coordenado pelo professor Paulo César de Faccio Carvalho.

## Elaboração de Artigos e Resumos

Durante o treinamento, foram elaborados e publicados os materiais abaixo citados. Ainda estão em tramitação nos periódicos três artigos que devem ser publicados até o final de 2012.

## Capítulos de Livros Publicados

1. CARVALHO, P. C. de F.; NABINGER, C.; POLI, C. H. e C.; ANGHINONI, I.; GENRO, T. C. M. The foraging process: causes and consequences as a tool to make functional assessments of pastoral ecosystems In: MACHADO, C.; WADE, M.; CARNEIRO DA SILVA, S.; AGNUSDEI, M.; DE FACCIO CARVALHO, P.; MORRIS, S.; BESKOW, W. (Ed.). **An overview of research on pastoral-based systems in the southern part of South America**. 1 ed. Buenos Aires: UNCPBA, 2010. p. 135-151.

## Trabalhos Publicados em Anais de Eventos (Completo)

1. CARVALHO, P. C. de F.; NABINGER, C.; LEMAIRE, G.; GENRO, T. C. M. Challenges and opportunities for livestock production in natural pastures: the case of Brazilian Pampa Biome. In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 9., 2011, Rosario. **Diverse rangelands for a sustainable society**. Rosario: INTA, 2011. p. IX-XV.

## Trabalhos Publicados em Anais de Eventos (Resumo)

1. LACA, E.; GENRO, T. C. M.; BREMM, C.; GENRO NETO, J. S., SCHRIEFER, C. Patch size controls selectivity of sheep grazing grass-clover grasslands. In: ANNUAL MEETING OF THE SOCIETY OF RANGE MANAGEMENT, 64., 2011, Billings. **Transcending borders: landscapes and legends**. Oxford: Oxford Abstracts, 2011. p. 392.

## Trabalhos Publicados em Anais de Eventos (Resumo Expandido)

1. CARBALLO, C.; CLARAMUNT, M.; MOTTA, G.; FABER, A.; SOCA, P.; CHILIBROSTE, P.; GENRO, T. C. M.; BENTANCUR, O.; MATTIAUDA, D. Behavior, intake and milk production of Holstein



- cows grazing perennial pasture under different intensities In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 9., 2011, Rosario. **Diverse rangelands for a sustainable society**. Rosario: INTA, 2011. p. 441.
2. PINTO, C. E.; TRINDADE, J. K.; NEVES, F. P.; GARCIA, E. N.; BONILHA, C. L.; GENRO, T. C. M.; CARVALHO, P. C. de F.; NABINGER, C. Grazing intensities on the vegetation diversity in the pampa biome grassland In: International Rangeland Congress, 9, 2011, Rosario. **Diverse rangelands for a sustainable society**. Rosario: INTA, 2011. p. 63.
  3. GENRO, T. C. M.; GARCIA, E. N.; BONILHA, C. L.; AVILA, M. R.; FEDRIGO, J. K.; LACA, E. Grazing site selection by heifers in improved Pampa grasslands In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 9., Rosario. **Diverse rangelands for a sustainable society**. Rosario: INTA, 2011. p. 667.
  4. TRINDADE, J. K.; CARVALHO, P. C. de F.; NEVES, F. P.; PINTO, C. E.; GENRO, T. C. M.; NABINGER, C.; CADENAZZI, M. Principal components analysis of sward structure and ingestive behaviour of beef cattle managed at levels of herbage allowances in natural pasture. In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 9., 2011, Rosario. **Diverse rangelands for a sustainable society**. Rosario: INTA, 2011. p. 621.
  5. GENRO, T. C. M.; FEDRIGO, J. K.; PINTO, C. E.; NEVES, F. P.; TRINDADE, J. K.; CARVALHO, P. C. de F.; NABINGER, C.; LACA, E. Structural traits in natural grassland grazed by heifers in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 9., 2011, Rosario. **Diverse rangelands for a sustainable society**. Rosario: INTA, 2011. p. 402.
  6. MEZZALIRA, J. C.; CARVALHO, P. C. de F.; AMARAL, M. F.; BREMM, C.; TRINDADE, J. K.; GONÇALVES, E. N.; SILVA, R. S. M.; GENRO, T. C. M. Patterns of sward height reduction in a tropical pasture grazed by dairy cows. In: GRASSLAND SCIENCE IN EUROPE, 25., 2010, Kiel. **Grassland in a changing world: 2010**. Kiel: European Grassland Society, 2010.

## Considerações Finais

Análise dos dados gerados nos PAs 02 e 03, do projeto SEG 02.06.06.011, e conclusão do modelo estatístico para calcular composição de dietas usando alcanos e álcoois com marcadores em plantas e fezes, não foram passíveis de execução. Este fato ocorreu porque as análises dos indicadores ácidos graxos de cadeia muito longa ( $C_{20}$  a  $C_{34}$ ) e os álcoois primários de cadeia longa ( $C_{20}$  a  $C_{30}$ ), como indicadores complementares de composição da dieta não foram possíveis de serem realizados, devido a dificuldades instrumentais e operacionais. Somente foram analisados os hidrocarbonetos saturados (alcanos  $C_{21}$  a  $C_{37}$ ). Continuamos trabalhando com essas amostras e acreditamos que até o início de 2012 elas estarão prontas e retornaremos, juntamente com o Dr. Emilio Laca, a trabalhar no modelo bayesiano, incluído esse novo banco de dados. Com isso, acreditamos que aumentará a acurácia dos resultados de composição de dieta. Com o uso desse conjunto de marcadores, será possível aumentar para cerca de 30 o número de espécies capazes de serem analisadas na composição da dieta de ruminantes alimentados usando como base forrageira pastagem nativa, melhorando muito a capacidade de distinguirmos a dieta selecionada.

Na volta do treinamento, foi elaborada uma proposta de projeto para o Macro-Programa 2 da Embrapa, incluindo o tema pecuária de precisão e os modelos de deslocamento animal e de composição da dieta desenvolvidos durante esse treinamento de Pós-Doutorado. Fazem parte dessa proposta de projeto várias outras Unidades da Empresa e instituições de ensino, pesquisa e extensão, do Brasil, Estados Unidos, Uruguai e Argentina, com benefício científico mútuo. O título do projeto submetido é "Qualificando a carne bovina produzida em diferentes sistemas alimentares na Região Sul do Brasil: uso e adaptação de ferramentas tecnológicas de ferramentas tecnológicas" e nele foi incluído um plano de ação que usa ferramentas da pecuária de precisão: "Estimar a composição da dieta em ambientes pastoris complexos, relacionando com qualidade da carne". Este plano de ação vai usar ferramentas de pecuária de precisão em conjunto com técnicas disponíveis na área de

interação planta animal e nutrição de herbívoros para determinar a seleção e a composição de dieta de bovinos em pastejo em ambientes pastoris diversos. Os resultados desse plano de ação, principalmente no que se refere à composição do perfil de ácidos graxos presentes na dieta e das espécies forrageiras presentes nessa dieta, serão comparados ao perfil de ácidos graxos provenientes da gordura da carne dos animais, a fim de se obter um indicador de diversidade vegetal que represente a qualidade da carne produzida nesses ambientes.

Este treinamento, portanto, enriqueceu e ampliou meus conhecimentos técnicos na área, o que me permitirá aumentar a abrangência e complexidade de minhas linhas e projetos de pesquisa em interação planta-animal e pecuária de precisão, desenvolvidos na Embrapa Pecuária Sul. Objetivamente, os conhecimentos adquiridos serão úteis no projeto componente do MP1 **Dinâmica de gases de efeito estufa em sistemas de produção pecuária do Bioma Pampa**, em andamento, que tem como principal objetivo a avaliação do potencial de promoção ambiental de sistemas de produção característicos do Bioma Pampa quanto ao sequestro de C no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), sob coordenação da Embrapa Pecuária Sul. Outra linha de pesquisa mais abrangente será a condução do projeto submetido “Qualificando a carne bovina produzida em diferentes sistemas alimentares na Região Sul do Brasil: uso e adaptação de ferramentas tecnológicas”. Nesse último, já podem ser sentidos um dos resultados da capacitação, que foi o aumento da cooperação internacional, com a inclusão da UC Davis na proposta e posterior agregação da Universidad de Mar del Plata e o Inta Balcarce, ambos da Argentina.

Esperamos pelo menos mais duas publicações decorrentes diretamente do trabalho de pós-doutorado, onde a Embrapa fará parte dessa inovação, o que certamente contribuirá para a consolidação da posição de vanguarda da Empresa em tecnologias agropecuárias, dentro das estratégias traçadas pela Embrapa e pelo CPPSul pelos próximos anos, nos seu Plano Diretor da Embrapa (PDE) e o Plano Diretor da Unidade (PDU), respectivamente.

## Referências

CALENGE, C. The package adehabitat for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 197, n. 3-4, p. 516-519, Aug. 2006.

DOVE, H.; MOORE, A. D. Using a least-squares optimisation procedure to estimate diet composition based on the alkanes of plant cuticular wax. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 46, n. 8, p. 1535-1544, 1995.

MAYES, R. W.; LAMB, C. S.; COLGROVE, P. M. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 107, n. 1, p. 161-170, Aug. 1986.

PINHEIRO, J. C.; BATES, D. M. **Mixed-effects models in S and S-PLUS**. New York: Springer, 2000. 528 p.

PUTFARKEN, D.; DENGLER, J.; LEHMANN, S.; HARDTLE, W. Site use of grazing cattle and sheep in a large-scale pasture landscape: A GPS/GIS assessment. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 111, n. 1/2, p. 54-67, May 2008.

R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna, 2011. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

ROSENGURTT, B. **Estudios sobre praderas naturales del Uruguay**. Montevideo: A. B. Ramos, 1946. 473 p.



**Embrapa**

---

**Pecuária Sul**

CGPE 9835

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

