



47ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia

Salvador, BA – UFBA, 27 a 30 de julho de 2010

*Empreendedorismo e Progresso Científicos na Zootecnia  
Brasileira de Vanguarda*



## **Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais com base em variáveis meteorológicas**

Felipe Tonato<sup>1</sup>, Luis Gustavo Barioni<sup>2</sup>, Carlos Guilherme Silveira Pedreira<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Av. Pádua Dias, no 11, CEP 13418-970 Piracicaba, SP. E-mail: [flipetonato@yahoo.com](mailto:flipetonato@yahoo.com), [cgspedre@esalq.usp.br](mailto:cgspedre@esalq.usp.br)

<sup>(2)</sup>Embrapa Informática Agropecuária, Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo, Caixa Postal 6041-13083-886 - Campinas, SP. E-mail: [barioni@cnptia.embrapa.br](mailto:barioni@cnptia.embrapa.br)

**Resumo:** Objetivou-se modelar uma estrutura de banco de dados, identificar e quantificar atributos condicionantes do acúmulo de forragens no Brasil central e desenvolver modelos estimadores do acúmulo de forragem potencial com base em parâmetros climáticos. Dados de experimentos com cultivares do gênero *Cynodon*, *Panicum* e *Brachiaria* e registros climáticos diários para o local e período experimentais foram cadastrados em um banco de dados relacional. O banco de dados permitiu gerar listagens ordenadas das taxas médias de acúmulo de forragem (TMA), temperatura média (Tmed), máxima (Tmax), mínima (Tmin), radiação global incidente (Rad) e dias do ano (DA) para cada período de crescimento. Realizaram-se regressões lineares simples e múltiplas com variáveis climáticas como regressoras e TMA como variável resposta. O modelo com Tmin como variável independente se destacou com os melhores valores para o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), critério de Akaike (AIC) e critério Bayesiano (BIC), sendo adotado como padrão. Os modelos foram agrupados com o teste de coincidência em B1 (Marandu, Basilisk e Arapoty, TMA=-94.92+8.19Tmin); B2 (Capiporã e Xaraés, TMA=-128.07+10.66Tmin); C1 (Tifton 85 e Estrela, TMA=-84.69+9.06Tmin); C2 (Coastcross, Florico e Florona, TMA=-67.01+7.97Tmin); P1 (Atlas e Mombaça, TMA=-55.22+6.36Tmin) e P2 (Tanzânia e Tobiata, TMA=-29.15+5.93Tmin).

**Palavras-chave:** estacionalidade de produção, orçamento forrageiro, planejamento, sistema de produção.

### **Development of forage accumulation prediction models in tropical pastures based on meteorological variables**

**Abstract:** The objective was to model and implement a database structure for forage growth studies, identify and quantify the attributes constraints of the forage accumulation in central Brazil and develop estimating models of the potential forage accumulation based on climatic parameters. Datasets for *Cynodon*, *Panicum* e *Brachiaria* were used. Sorted lists of the forage mean accumulation rates (TMA), average temperature (Tmed), maximum (Tmax) and minimum (Tmin), global incident radiation (Rad) and day of the year (DA) for each growth period were generated. Simple and multiple linear regressions were made using climatic variables as regressors and TMA as response variable. The model with Tmin as independent variable is highlighted with the best values for the determination coefficient (R<sup>2</sup>), Akaike criterion (AIC) and Bayesian criterion (BIC), being adopted as standard. The models were grouped with the coincidence test as B1 (Marandu, Basilisk and Arapoty, TMA=-94.92+8.19Tmin); B2 (Capiporã and Xaraés, TMA=-128.07+10.66Tmin); C1 (Tifton 85 and Estrela, TMA=-84.69+9.06Tmin); C2 (Coastcross, Florico and Florona, TMA=-67.01+7.97Tmin); P1 (Atlas and Mombaça, TMA=-55.22+6.36Tmin) e P2 (Tanzânia and Tobiata, TMA=-29.15+5.93Tmin).

**Keywords:** seasonal production, forage budgeting, planning, production system

### **Introdução**

O planejamento e o controle do forrageamento a partir de previsões na quantidade e qualidade da forragem produzida pode contribuir para aumentar a produtividade dos sistemas pecuários, proporcionando uma base mais segura para analisar a viabilidade, retornos econômicos e riscos existentes. O ajuste do suprimento à demanda de alimentos se configura em um dos pontos fundamentais para o sucesso do sistema de produção, mas a determinação da capacidade de produção das plantas



47ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia

Salvador, BA – UFBA, 27 a 30 de julho de 2010

*Empreendedorismo e Progresso Científicos na Zootecnia  
Brasileira de Vanguarda*



forrageiras tem se configurado em um dos maiores desafios ao desenvolvimento de sistemas integrados de planejamento e apoio à tomada de decisão em sistemas pastoris em ambiente de clima tropical. Assim sendo, o desenvolvimento de modelos preditores de produção e taxa de acúmulo de forragem assumem grande importância na tentativa de identificar uma ferramenta adequada para a definição de estratégias de manejo da produção das pastagens. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de atributos condicionantes (fotoperíodo, temperatura e radiação global) no acúmulo de forragens nas condições do Brasil central e desenvolver modelos estimadores do acúmulo de forragem potencial com base em parâmetros meteorológicos.

### **Material e Métodos**

Os conjuntos de dados dos experimentos de Tonato (2003), Rodrigues (2004), Moreno (2004), e Lara (2007) foram usados para o estabelecimento do banco de dados e geração dos modelos. Os dados foram migrados de planilhas, onde originalmente se armazenaram os dados para um banco de dados relacional, modelado para os objetivos do estudo, de forma a permitir que os atributos dos diferentes experimentos fossem listados e combinados em consultas contendo as taxas médias de acúmulo de forragem (TMA) e as variáveis meteorológicas como temperatura média (Tmed), máxima (Tmax) e mínima (Tmin), radiação global incidente (Rad) e não meteorológicas como dias do ano (DA), para cada período de crescimento. Para calcular os valores das variáveis estudadas, procedeu-se à somatória dos valores diários de cada variável no período de crescimento das forrageiras, gerando valores acumulados das variáveis para cada período em cada local. Após a realização das consultas foram feitas análises exploratórias empregando o software estatístico SAS, de forma a verificar a conformidade dos dados com as premissas das análises estatísticas. A adequação dos modelos sugeridos foi avaliada pela análise dos coeficientes de correlação parcial para verificação da existência de multicolinearidade. A normalidade dos resíduos foi analisada segundo metodologia constante no PROC UNIVARIATE do SAS (Littel et al., 2006), assim como a heterocedasticidade dos dados. A geração dos modelos foi feita com os conjuntos de dados após a eliminação dos dados discrepantes. Os modelos foram selecionados de acordo com a análise exploratória, empregando o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e duas estatísticas paramétricas, os critérios de informação de Akaike (AIC) e o Bayesiano (BIC). Em razão da existência de problemas de heterocedasticidade das variâncias em relação às temperaturas, utilizou-se o ajuste de parâmetros por meio do Método dos Mínimos Quadrados Ponderados (MQP) em detrimento das transformações dos dados. Para a ponderação utilizou-se o inverso do quadrado da temperatura de forma a adequar-se às premissas estatísticas do modelo de regressão linear. Os modelos foram parametrizados utilizando-se o PROC REG do SAS (Littel et al., 2006). Os modelos desenvolvidos foram comparados pela metodologia de testes de coincidência e paralelismo implementados no PROC REG do SAS (Littel et al., 2006). A partir da identificação dos materiais com respostas semelhantes por meio do teste de coincidência, regressões usando os conjuntos de dados combinados para os cultivares identificados como coincidentes foram gerados e o modelo resultante atribuído ao respectivo grupo de cultivares.

### **Resultados e Discussão**

A análise de correlação entre as variáveis climáticas mostrou que para todos os conjuntos de dados as variáveis climáticas eram altamente e positivamente correlacionadas, indicando que o regressões simples e múltiplas apresentariam acurácia semelhante, já que a inclusão de mais de uma variável no modelo, aumentaria sua complexidade, mas agregaria pouco em sua precisão. Dentre os parâmetros climáticos avaliados como variável independente nos modelos, a Tmin apresentou a melhor capacidade estimadora, presente no modelo de melhor capacidade estimadora mais frequentemente (62,3% das vezes), seguida de Rad (56,3%) e DA (43,7%). Em função da maior representatividade da Tmin nos modelos e da alta correlação existente entre as diversas variáveis meteorológicas, optou-se por desenvolver modelos simples cuja variável independente é a Tmin. Com base na Tmin foram gerados primeiramente modelos para cada um dos três gêneros. Esses modelos foram então testados quanto à coincidência (semelhança entre si), revelando-se altamente significativos ( $P= 0,0001$ ) na comparação entre os gêneros, o que indica a pertinência de se ter modelos diferentes para cada um dos gêneros. Em função dessa diferenciação entre os gêneros foram feitas novas regressões, desta vez para cada cultivar dentro de gênero. O teste de coincidência desses modelos revelou semelhanças entre diversos cultivares,



possibilitando o agrupamento do gênero *Cynodon* em dois grupos diferentes, C1 (Tifton 85 e Estrela) e C2 (Coastcross, Florico e Florona), do gênero *Panicum* também em dois diferentes grupos, P1 (Atlas e Mombaça) e P2 (Tanzânia e Tobiatã) e *Brachiaria* em dois grupos distintos B1 (Marandú, Basilisk e Arapoty) e B2 (Capiporã e Xaraés). Para o efetivo agrupamento dos cultivares foram desenvolvidas novas regressões combinando os dados dos cultivares pertencentes, de forma a gerar uma regressão única para cada grupo (Tabela 1).

Tabela 1. Intercepto e coeficiente angular, com respectivos erros padrão, e equações de regressão para os diferentes agrupamentos de cultivares.

Grupo	intercepto		coeficiente angular		equação
	valor	erro padrão	valor	Erro padrão	
B1	-94,92	8,97	8,19	0,59	TMA=-94,92+8,19Tmin
B2	-128,07	10,32	10,66	0,68	TMA=-128,07+10,66Tmin
C1	-84,69	3,52	9,06	0,27	TMA=-84,69+9,06Tmin
C2	-67,01	2,87	7,97	0,22	TMA=-67,01+7,97Tmin
P1	-55,22	8,65	6,36	0,60	TMA=-55,22+6,36Tmin
P2	-29,15	11,51	5,93	0,78	TMA=-29,15+5,93Tmin

Dentre os modelos, os desenvolvidos para *Cynodon* apresentaram os melhores ajustes,  $R^2$  na faixa de 60 a 70% para ambas as regressões. Os modelos desenvolvidos para *Brachiaria* apresentaram ajustes inferiores ao dos *Cynodons*, com  $R^2$  ao redor de 55 a 60%. Para o gênero *Panicum* os modelos apresentaram um ajuste pobre, com  $R^2$  inferior a 40%, o que faz com que sua aplicação deva ser feita de forma bastante cautelosa.

### Conclusões

Os modelos de forma geral são eficientes para estimar o acúmulo de forragem potencial com base na temperatura mínima, mas com capacidade estimadora diferente para cada cultivar, em função das características do conjunto de dados usado no desenvolvimento dos modelos. A pequena abrangência geográfica dos conjuntos de dados analisados limita a aplicação prática dos modelos em larga escala.

### Literatura citada

- LARA, M.A.S. **Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* spp. às variações estacionais da temperatura do ar e do fotoperíodo.** 2007. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, et al. **Sas for Mixed Models.** 2.ed.SAS Institute Inc., 2006. 813 p.
- MORENO, L.S.B. **Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas.** 2004. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- RODRIGUES, D.C. **Produção de forragem de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. e modelagem de respostas produtivas em função de variáveis climáticas.** 2004, 94p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- TONATO, F. **Determinação de parâmetros produtivos e qualitativos de *Cynodon* spp, em função de variáveis climáticas.** 2003. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo, Piracicaba.