

I SIMPÓSIO DE

# Investigação em produção animal

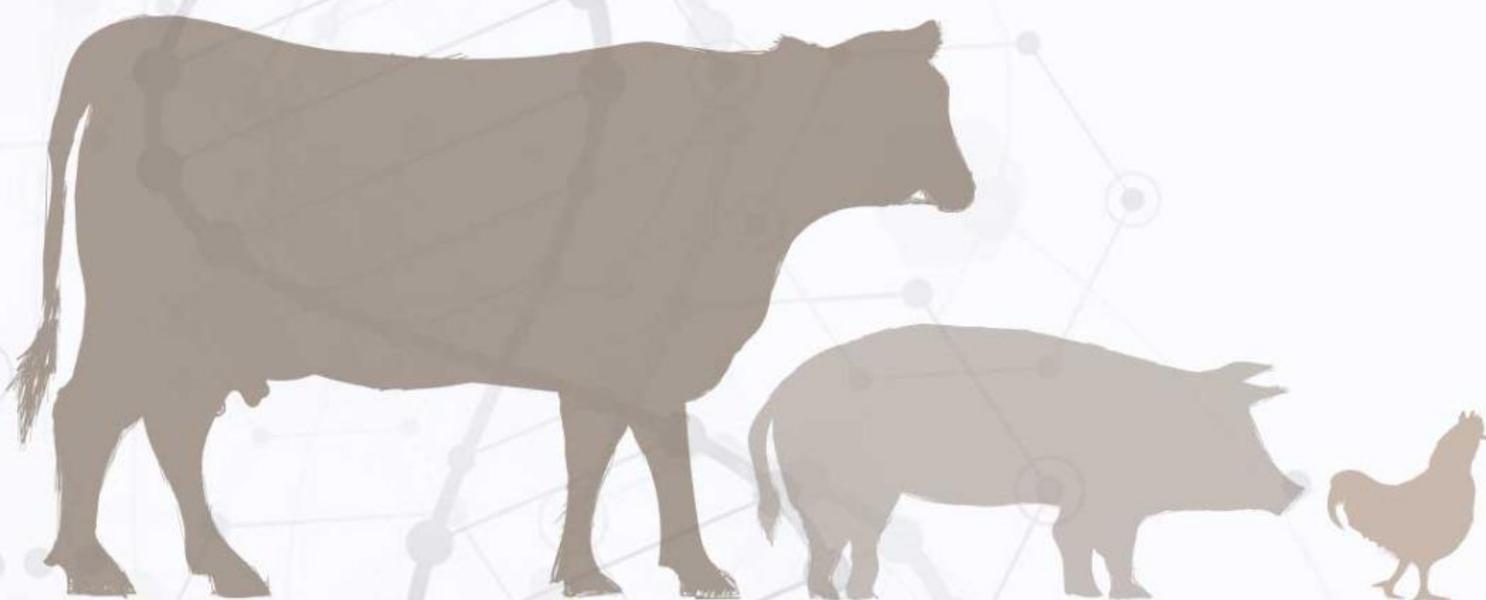
ORGANIZADORES:

Tiago Antonio Del Valle

Pamela Itajara Otto

Luciana Pötter

Eduardo Bohrer de Azevedo



## PATROCINADORES E APOIADORES



**ORGANIZADORES:**

Tiago Antonio Del Valle  
Pamela Itajara Otto  
Luciana Pötter  
Eduardo Bohrer de Azevedo

I SIMPÓSIO DE

# Investigação em produção animal

Canoas  
**2023**



## **I Simpósio de Investigação em Produção Animal (SIPRA)**

© 2023 Mérida Publishers

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0>

### **Organizadores**

Tiago Antonio Del Valle

Pamela Itajara Otto

Luciana Pötter

Eduardo Bohrer de Azevedo

### **Adaptação da capa e desenho gráfico**

Luis Miguel Guzmán



Canoas - RS - Brasil

[contact@meridapublishers.com](mailto:contact@meridapublishers.com)

[www.meridapublishers.com](http://www.meridapublishers.com)

Todos os direitos autorais pertencem a Mérida Publishers. A reprodução total ou parcial dos trabalhos publicados, é permitida desde que sejam atribuídos créditos aos autores.



#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P953 I Simpósio de Investigação em Produção Animal [livro eletrônico] / Organizadores Tiago Antonio Del Valle... [et al.]. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-84548-19-0

1. Zootecnia. 2. Produção animal – Congressos. I. Valle, Tiago Antonio Del. II. Otto, Pamela Itajara. III. Pötter, Luciana. IV. Azevedo, Eduardo Bohrer de.

CDD 636.088

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

## Prefácio

O Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (PPGZ-UFSM) localiza-se na região Central do Rio Grande do Sul. Devido a heterogeneidade encontrada em nossas regiões de abrangência, a agricultura e pecuária apresentam uma ampla variabilidade de sistemas de produção, moldados para produzir em condições climáticas desafiadoras, solos diversos e características culturais únicas, além de contrastes notáveis na estrutura fundiária e condição econômica.

Com o objetivo de contribuir para que todas essas nuances sejam reconhecidas como impulsionadoras do desenvolvimento regional, o PPGZ-UFSM vem atuando desde 1974 no desenvolvimento de pesquisas e na formação de profissionais. Nossa missão é capacitar pessoas a analisar e propor soluções técnico-científicas que sejam socialmente responsáveis, ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis, levando em consideração as características distintas de nossa região de atuação.

O programa de PPGZ-UFSM conta atualmente com 18 docentes que desenvolvem suas atividades em diferentes áreas da produção animal. Apesar de sediado no Centro de Ciências Rurais (CCR) da UFSM- Campus Sede, hoje o PPGZ-UFSM conta com quatro docentes pertencentes a outras unidades da Instituição (Centro de Ciências da Saúde e do campus de Palmeira das Missões). Além do crescimento para outras unidades, o estabelecimento de novos laboratórios e o crescimento do quadro docente do CCR-UFSM torna um desafio o entendimento das atividades desenvolvidas por cada um dos grupos de pesquisa. Assim, há uma necessidade de melhorar a identificação dos principais atributos de cada grupo por parte de potenciais discentes.

Nos últimos anos, o PPGZ-UFSM tem dedicado esforços significativos para aprimorar o seu processo de autoavaliação. Mais do que simplesmente apresentar relatórios e pareceres que permitam se autoavaliar, consideramos importante que docentes e discentes se conheçam e tenham boa interação. A proposta de estabelecimento do Simpósio de Investigação em Produção Animal (SIPRA) é promover a integração entre os membros do PPGZ-UFSM e divulgar as ações desenvolvidas internamente. Ao longo dos dez capítulos que compõem

esta publicação os leitores terão a oportunidade de conhecer e de se familiarizar com trabalhos realizados pelos grupos de pesquisa que compõem o nosso Programa.

## **Comissão organizadora**

Tiago Antonio Del Valle

Pamela Itajara Otto

Luciana Pottër

Eduardo Bohrer de Azevedo

Mauro Alves da Cunha

Silvio Teixeira da Costa

Tiago João Tonin

Dinah Pereira Abbott Rodrigues

Maria Eduarda Hamerski

Eliana Bordin Dutra

Louise Belmonte Faverzani

Silvia Mendes da Silva

## Índice

### **CAPÍTULO 1 ..... 10**

#### **Alternativas atuais para uma nutrição livre de antibióticos promotores de crescimento para frangos de corte**

Catarina Stefanello, Guilherme L. de Godoy, Yuri K. Dalmoro

### **CAPÍTULO 2 ..... 26**

#### **Pampa Corte: Modelo para predição de consumo e desempenho de ruminantes em pastejo**

Aline Rodrigues Silva, Claudio Antonio Pozo, Vicente Pires da Silveira, Gilberto Vilmar Kozloski

### **CAPÍTULO 3 ..... 35**

#### **Aproveitamento de subprodutos agroindustriais na alimentação de ovinos**

Sérgio Carvalho, Diúlia Zeolin Galvani, Viviana Reboledo da Costa, William Soares Teixeira, Bernardo da Trindade Gallarreta, Mônica Feksa Rasson

### **CAPÍTULO 4 ..... 57**

#### **Seleção e melhoramento genético de bovinos de corte para características reprodutivas**

Thaise Pinto De Melo, Andreia Kaspary Zwirtes, Louise Belmonte Faverzani, Delvan Alves Silva, Roberto Carvalheiro, Lucia Galvão Albuquerque

### **CAPÍTULO 5 ..... 72**

#### **Pesquisas em forragicultura no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (UFSM): história e legado para ações futuras**

Luciana Pötter, Fernando Luiz Ferreira de Quadros, Dinah Pereira Abbott Rodrigues, Eduarda Proença de Oliveira, Bruna Fernandes Machado, Fernando Forster Furquim, Lauan Machado Quinhones, Fabielly de Jesus Depra Santos, Eliana Bordin Dutra, Juliana Medianeira Machado, Eduardo Bohrer de Azevedo

**CAPÍTULO 6 ..... 95**

**Aplicações da genômica na produção animal**

Pamela Itajara Otto, Diego Ortunio Rosa Gobo, Daniele Oliveira, Marcelo José Böck, Arielly Oliveira Garcia, Mateus Guimarães Dos Santos, Thatiana Maitê Otto, Renata de Fátima Bretanha Rocha, Marcos Vinicius Gualberto Barbosa da Silva, Darlene dos Santos Daltro, Renata Negri, Sabrina Kluska, Karine Assis Costa

**CAPÍTULO 7 ..... 113**

**Descrição e aplicação de um modelo matemático para estimar o fluxo global de nutrientes na suinocultura**

Vladimir de Oliveira, Marcos Speroni Ceron, Bruno Neutzling Fraga, Daniela Regina Klein

**CAPÍTULO 8 ..... 125**

**Efeito do manejo sobre a produção e qualidade de forrageiras conservadas e avaliação das perdas fermentativas em silagens**

Julio Viégas, Francine Basso Facco, Monique Evelyn de Lima Antunes, Paola de Oliveira Selau, Tiago Antonio Del Valle

**CAPÍTULO 9 ..... 139**

**Ciência, tecnologia e inovação voltadas à produção otimizada de peixe**

Silvio Teixeira da Costa, Mauro Alves Cunha, Bernardo Baldisserotto, Rafael Lazzari, Leila Picolli da Silva, Naglezi Lovato

**CAPÍTULO 10 ..... 147**

**Bovinocultura de corte na Pós-Graduação da UFSM – retrospectiva e futuro**

Ricardo Zambarda Vaz, Dari Celestino Alves Filho, Joziane Michelin Cocco, Gabriella Lopes Antunes dos Santos, Rodrigo Soares Volpato

---

## Alternativas atuais para uma nutrição livre de antibióticos promotores de crescimento para frangos de corte

Catarina Stefanello, Guilherme L. de Godoy, Yuri K. Dalmoro

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c1>

### Resumo

Aditivos zootécnicos que apresentam propriedades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias e imunoestimulantes têm sido cada vez mais utilizados na avicultura comercial para melhorar ou manter o desempenho produtivo das aves, melhorar a saúde intestinal dos lotes na presença de desafios entéricos e possibilitar a redução dos custos de produção. As alternativas atuais para uma nutrição de frangos de corte livres de antibióticos promotores de crescimento devem apresentar aplicabilidade prática na indústria de aves e resultados satisfatórios em promover crescimento, melhorar o aproveitamento de nutrientes e beneficiar a saúde intestinal das aves. Os principais aditivos que atendem estas características são probióticos, ácidos orgânicos, óleos essenciais e extratos vegetais. As informações geradas através das pesquisas realizadas nesta área permitem ampliar conhecimentos, registrar e avaliar novas alternativas para o mercado, melhorando ainda mais a qualidade dos alimentos e a eficiência produtiva da avicultura.

### 1. Introdução

A proibição global da utilização de antibióticos como promotores de crescimento (APC) na produção de aves é uma realidade e tem impulsionado o aumento da utilização de substâncias naturais como aditivos alimentares. Na produção de aves sem APC, os aditivos naturais para rações com efeitos positivos comprovados na saúde intestinal dos frangos de corte podem desempenhar um papel fundamental na melhoria do desempenho produtivo, especialmente quando combinados com práticas complementares de biossegurança (MCKNIGHT et al., 2019).

Vários aditivos tem sido avaliados como alternativas para melhorar a saúde intestinal, as funções imunológicas e o desempenho produtivo das aves; no entanto, os resultados são variáveis pois dependem do tipo de aditivo, do nível de inclusão, dos ingredientes presentes nas rações, bem como de desafios ambientais, das fases e dos sistemas de produção (CHOI & KIM, 2020). Aditivos alimentares a base de plantas são uma alternativa comum para melhorar a saúde intestinal das aves como, por exemplo, os taninos e demais extratos vegetais. Probióticos, ácidos orgânicos e óleos essenciais têm sido muito recomendados para produções de frangos de corte quando há desafio entérico nos lotes comerciais de aves, visto que estes aditivos possuem funções antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias e imunoestimulantes já comprovadas. Mais recentemente, tem sido avaliado o potencial de uso de farinhas de insetos como ingredientes funcionais para aves, atuando de forma semelhante quando utilizadas em baixas inclusões nas rações. A seguir são descritas as principais alternativas atuais para uma nutrição de frangos de corte livres de APCs que incluem resultados de pesquisas realizadas no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

## **2. Aditivos naturais para uso em nutrição de aves**

### **2.1. Taninos**

A demanda por aditivos alimentares à base de plantas tem crescido na produção de aves, pois os APCs que eram utilizados para prevenir infecções bacterianas e, posteriormente, promover o crescimento estão sendo gradativamente removidos da produção avícola (PHILLIPS, 2007). Na produção de frangos de corte sem APC, extratos vegetais têm sido uma alternativa visto que as propriedades aromáticas e medicinais das plantas são estudadas desde a antiguidade, e esse conhecimento aumentou a utilização de vegetais como aditivos na produção animal, principalmente devido às suas propriedades antimicrobianas naturais. Os taninos são o quarto constituinte mais abundante das plantas e fazem parte da composição de folhas, madeira, cascas de frutos, sementes e cascas, sendo caracterizados como compostos fenólicos solúveis em água e de alto peso molecular. Já foi relatado que a deposição de taninos

nas plantas aumenta como uma resposta defensiva a predadores, patógenos e radiação (FRAGA-CORRAL et al., 2020).

A *Acacia mearnsii* é uma árvore de médio porte, nativa do sudeste da Austrália que apresenta rápida adaptação às diversas condições ambientais e possui alta produtividade. Esta espécie foi introduzida em diferentes regiões do mundo e, atualmente, é plantada principalmente no Brasil e na África do Sul para exportação de cavacos e produção de taninos em escala internacional. A maioria dos taninos presentes na *A. mearnsii* são taninos condensados, que são definidos como flavonoides poliméricos que consistem em unidades de flavano-3-óis (fisetinidol, robinetinidol, catequina e galocatequina) ou unidades de flavano-3,4-diois (leucoantocianinas).

A utilização de baixas quantidades de taninos nas dietas de aves tem demonstrado efeitos positivos na saúde intestinal, na microbiota intestinal e na qualidade da cama, bem como na qualidade da carne e no desempenho produtivo de frangos devido as suas funções antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias e imunoestimulantes (HUANG et al., 2018; CHOI & KIM, 2020). Por outro lado, grandes quantidades de taninos podem reduzir o consumo de ração e o desempenho devido as suas propriedades adstringentes, o que os caracteriza como antinutrientes (HIDAYAT et al., 2021). A maioria das publicações que exploram a suplementação de taninos foi conduzida em animais ruminantes. No entanto, ao contrário dos ruminantes, o modo de ação dos taninos nos frangos de corte não é claro e os resultados ainda são inconsistentes.

Estudos recentes com aves revelaram que se os taninos forem utilizados com cautela, podem ser benéficos para o desempenho produtivo e a saúde intestinal (HUANG et al., 2018). Porém a diferença entre a quantidade de tanino que pode ser benéfica e o excesso que pode ser prejudicial é pequena. Por isso, os autores deste capítulo conduziram um estudo para avaliar os efeitos de níveis crescentes de tanino de *A. mearnsii* (0, 300, 500, 700 e 900 mg/kg) em rações para frangos de corte desafiados experimentalmente com vacina para coccidiose e *Clostridium perfringens*. Foram avaliados parâmetros de desempenho produtivo, pododermatite, umidade da cama e digestibilidade ileal, bem como a

permeabilidade intestinal, morfometria jejunal e oxidação lipídica da carne dos frangos (GODOY, 2023).

A suplementação crescente de taninos para frangos resultou em aumento quadrático ( $P < 0,05$ ) do ganho de peso de 1 a 43 dias de idade, em que a máxima resposta foi obtida com 310 mg/kg, bem como a melhor conversão alimentar foi observada com 444 mg/kg de tanino. A suplementação de tanino nas rações reduziu a permeabilidade intestinal aos 21 dias de idade, com melhor resposta obtida com 466 mg/kg ( $P < 0,05$ ). As respostas ótimas de digestibilidade proteica e energética foram obtidas com 374 e 294 mg/kg, respectivamente ( $P < 0,05$ ). Não foram observados efeitos do tanino na bioquímica sérica, profundidade das criptas do íleo, pH da cama, rendimento de carcaça e oxidação lipídica da carne congelada até 60 dias de armazenamento. No entanto, níveis crescentes de suplementação de tanino levaram a uma diminuição linear ( $P < 0,05$ ) na umidade da cama e na oxidação lipídica da carne de 90 a 180 dias de armazenamento. Em conclusão, os baixos níveis de taninos da *Acacia mearnsii* melhoraram ganho de peso, conversão alimentar, digestibilidade dos nutrientes e a permeabilidade intestinal em frangos de corte submetidos a um desafio intestinal (GODOY, 2023).

## 2.2. Biomassa de plantas

Saponinas e polifenóis provenientes de plantas também têm sido uma alternativa comum para produções de aves livres de APC, apresentando efeitos positivos na saúde intestinal dos frangos e melhoria do ganho de peso corporal e da eficiência alimentar, especialmente quando combinados a práticas complementares de manejo e biossegurança. A utilização de aditivos à base de extratos vegetais em dietas para frangos de corte aumentou nos últimos anos também devido à possibilidade de reduzir custos de produção, ao mesmo tempo em que se melhora o desempenho produtivo dos animais (RIGHI et al., 2021).

Em um cenário de preços elevados de insumos e ingredientes, aliado ao maior controle dos aditivos utilizados nas dietas animais, as biomassas naturais que contém compostos bioativos, saponinas e polifenóis, têm sido cada vez mais utilizadas como aditivos em rações para frangos de corte, com aumento

crescente dos estudos para utilização na produção de poedeiras, matrizes de corte, perus e suínos. Esses compostos naturais possuem propriedades semelhantes às exercidas pelos taninos, as quais são funções antimicrobianas, imunomoduladoras e promotoras da saúde (CHEEKE et al., 2006) sem acumular resíduos na carne ou nos ovos e sem necessidade de intervalo de segurança.

O extrato obtido do processamento da casca da Quillaja saponaria, uma árvore nativa do Chile e que apresenta saponinas com estrutura di e triterpenoide, tem gerado efeitos positivos na prevenção da infecção por microrganismos na parede celular, melhorando a integridade da membrana e apresentando atividades antibacterianas quando utilizado em rações para aves (FLECK et al., 2019). Esse extrato também é conhecido por conter compostos polifenólicos, como ácido piscídico, vanílico e p-cumárico, que possuem propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes (MAIER et al., 2015), as quais ainda precisam ser mais estudadas. Já o extrato de Yucca é um aditivo obtido após o processamento da madeira da Yucca schidigera, uma planta nativa do deserto do sudoeste dos Estados Unidos e do México, e é uma fonte de compostos polifenólicos, como o resveratrol e a yuccaol (ALAGAWANY et al., 2016).

A combinação de Quillaja e Yucca em um aditivo contendo polifenóis e saponinas de uma mistura patenteada de Q. saponaria e biomassa de Y. schidigera tem sido amplamente utilizada em dietas animais nos Estados Unidos, Ásia-Pacífico e América do Sul há mais de 20 anos. O uso deste aditivo em dietas para frangos de corte tem resultado em aumento do ganho de peso corporal e melhor conversão alimentar, que foram acompanhadas do aumento da digestibilidade ileal da matéria seca, energia e nitrogênio, bem como uma maior altura das vilosidades e melhor permeabilidade intestinal (BAFUNDO et al., 2021a). Adicionalmente, foi relatado anteriormente que as propriedades da Q. saponaria e da Y. schidigera reduzem os efeitos negativos da enterite necrótica em frangos de corte, com efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios (BAFUNDO et al., 2020; BAFUNDO et al., 2021a; BAFUNDO et al., 2021b) e diminuindo a excreção de amônia e umidade da excretas e da cama aviária dos lotes de aves (JOHNSTON et al., 1981; AYOUB et al., 2019). Portanto, os produtos provenientes destas plantas têm sido recomendados para

complementar os métodos anticoccidianos para frangos de corte em condições de desafio intestinal (BAFUNDO et al., 2020).

Em estudo conduzido para avaliar os efeitos da combinação da biomassa de *Q. saponaria* e da *Y. schidigera* em dietas para frangos de corte (250 mg/kg de ração) sobre o desempenho produtivo, rendimento de carcaça, digestibilidade dos nutrientes, permeabilidade intestinal e as medidas morfométricas de jejuno, os autores deste material (STEFANELLO et al., 2022) observaram que o aditivo alimentar de saponinas e polifenóis da Quillaja e Yucca aumentou a altura das vilosidades jejunais e a digestibilidade ileal da matéria seca, nitrogênio e energia em frangos de corte, resultando em melhor conversão alimentar. Esse aditivo também reduziu a permeabilidade intestinal, o que foi associado a uma melhor integridade intestinal em frangos não desafiados até os 43 dias de idade.

### **2.3. Probióticos**

A suplementação de probióticos em dietas para frangos de corte também tem sido cada vez mais recomendada para substituir APCs ou na presença de desafios intestinais que possam causar disbiose. Vários fatores podem afetar a resposta dos probióticos na produção de frangos de corte, resultando em diferentes respostas, como por exemplo, os probióticos podem ser suplementados em rações para frangos de corte em combinação com outros aditivos (DE OLIVEIRA et al., 2019), também podem ser avaliados em rações com diferentes níveis nutricionais, ou utilizados em dietas à base de ingredientes vegetais ou animais (GHARIB-NASERI et al., 2020; GHARIB-NASERI et al., 2021). Respostas distintas à suplementação de probióticos também foram observadas dependendo da presença e intensidade dos desafios intestinais e estresses ambientais (DE OLIVEIRA et al., 2019; GHARIB-NASERI et al., 2021).

Existem diversos microrganismos e cepas que podem ser utilizados para a produção de aditivos probióticos para uso na nutrição animal. A eficácia dos probióticos para aves depende também das espécies microbianas e da dose suplementada (GHARIB-NASERI et al., 2020). A cepa *Bacillus velezensis* CECT 5940 foi selecionada entre centenas de *Bacillus* spp. isolados com base em triagem rigorosa quanto à estabilidade ao calor, viabilidade nas condições do

trato gastrointestinal (TGI) de frangos de corte e seu potencial para expressão e germinação de metabólitos secundários (ELSHAGHABEE et al., 2017). Dessa forma, a suplementação de *B. velezensis* 5940 em dietas para frangos de corte tem resultado em aumento da atividade das enzimas digestivas (MURUGESAN et al., 2014), o que foi associado a melhorias na digestibilidade dos nutrientes (LEI et al., 2015) e no desempenho produtivo (LEI et al., 2015; GHARIB-NASERI et al., 2021). O melhor desempenho de frangos alimentados com dietas com *B. velezensis* 5940 também foi atribuído à manutenção da integridade intestinal, à modulação da microbiota intestinal (GHARIB-NASERI et al., 2020) e à melhor capacidade antioxidante, bem como ao aumento da expressão de genes de junção estreita (GHARIB-NASERI et al., 2021) e modulação de respostas imunes (GADDE et al., 2017).

Como os frangos de corte são vulneráveis a diversos estressores que afetam o TGI, a maioria das pesquisas que avaliaram probióticos foram conduzidas sob desafios intestinais experimentais, visando substituir APCs. No entanto, faltam dados que avaliem o efeito de *B. velezensis* 5940 em frangos alimentados com diferentes níveis nutricionais, fontes de fibra ou ingredientes vegetais alternativos. Estes podem ser fatores importantes a serem abordados porque os fatores antinutricionais presentes nos ingredientes também podem ser estressores para o TGI, resultando no aumento da viscosidade da digesta, afetando a motilidade intestinal e a população de microrganismos (ADEDOKUN & OLOJEDE, 2018). Devido aos já mencionados benefícios esperados do uso de probióticos em dietas para aves, há necessidade de compreender melhor a relação entre probióticos e ingredientes alternativos.

Portanto, foi conduzido um experimento na UFSM para avaliar os efeitos de ingredientes alternativos da dieta (farelo de arroz desengordurado ou centeio) em interação com o probiótico *B. velezensis* CECT 5940 no desempenho produtivo, utilização de nutrientes, integridade intestinal e modulação da microbiota de frangos de corte até os 35 dias de idade (dados do autor, ainda não publicados). Concluiu-se que a avaliação de probióticos em dietas formuladas com ingredientes alternativos é necessária para atualizar as respostas em dietas livres de APC. Frangos alimentados com dietas formuladas com centeio como fonte de fibra tiveram melhor ganho de peso corporal e

conversão alimentar. Os resultados deste estudo também confirmaram que o probiótico *B. velezensis* CECT 5940 melhorou o desempenho produtivo, a digestibilidade dos nutrientes e a integridade intestinal de frangos alimentados com dietas milho-soja formuladas com centeio ou farelo de arroz desengordurado. Essas descobertas também estão associadas a uma maturação precoce da microbiota cecal em frangos de corte, que é impulsionada principalmente pela idade e, em seguida, pelos ingredientes da ração e pelos probióticos.

Em outro estudo, avaliando *Bacillus subtilis* contendo cepas BS-009, BS-020 e BS-024, observou-se que este probiótico em comparação a um APC foi eficiente em aumentar a diversidade da microbiota fecal de frangos de corte, sendo considerado um substituto aceitável para APC comumente usados em condições de disbiose intestinal (DE SOUZA et al., 2022).

#### **2.4. Ácidos orgânicos e óleos essenciais**

A saúde intestinal de frangos de corte tem sido relacionada a diversos fatores como o equilíbrio da microbiota, a presença de patógenos entéricos, o excesso de nutrientes não digeridos no TGI, a qualidade da água, os manejos e a biossegurança. Perturbações no TGI podem afetar as funções digestivas, de absorção, metabólicas e imunológicas das aves (SVIHUS, 2014). Portanto, desafios que acontecem na homeostase intestinal podem resultar em perdas econômicas, principalmente devido ao menor desempenho zootécnico e aos custos de intervenção através de tratamentos sanitários necessários (LEE et al., 2011).

Aditivos naturais com o objetivo de melhorar a saúde intestinal estão disponíveis comercialmente e embora o modo de ação de muitos deles ainda não tenha sido completamente elucidado, estudos anteriores demonstraram que podem modular a microbiota intestinal. Entre as alternativas atuais, os ácidos orgânicos (AO) e os óleos essenciais (OE) também têm sido amplamente utilizados para frangos de corte em diversos países (ZHAI et al., 2018). A maioria dos estudos utilizando ácidos orgânicos e óleos essenciais suplementados em

rações para frangos de corte relataram melhoria no desempenho produtivo e na eficiência alimentar (LIU et al., 2017).

Os ácidos orgânicos são encontrados naturalmente no trato intestinal dos animais, sendo originários da fermentação microbiana. Eles também estão distribuídos em tecidos animais e vegetais. Uma das características destes ácidos é que eles não se dissociam completamente em água e estão relacionados com a inibição do crescimento bacteriano no TGI dos animais (KHAN & IQBAL, 2016). As misturas de óleos essenciais contêm compostos fitoquímicos que possuem propriedades antimicrobianas seletivas, atuando contra a proliferação de *C. perfringens* e auxiliando no controle da infecção por coccídeos, reduzindo a enterite necrótica (GUO et al., 2004). Portanto, a combinação de AO e OE é de grande interesse porque pode resultar em um efeito sinérgico ou aditivo na saúde intestinal e no desempenho produtivo, conforme observado em estudos anteriores (LIU et al., 2017).

A modulação da microbiota intestinal pode ser o principal modo de ação ligado aos efeitos sinérgicos de uma mistura de AO e OE. A grande propriedade de hidrofobicidade dos OE aumenta a permeabilidade da membrana de bactérias, o que pode facilitar o influxo de AO para o citoplasma. Na sua forma não dissociada, os AO têm a capacidade de reduzir o pH interno e perturbar o metabolismo bacteriano e, dessa forma, atuar como antimicrobiano natural.

Embora existam vários estudos mostrando os efeitos separadamente de AO e de OE na saúde intestinal e no desempenho produtivo de frangos de corte, a composição dos produtos em termos de tipo e quantidade de compostos ativos, forma de oferta e estabilidade térmica podem ser razões para os resultados variáveis encontrados na literatura. Dessa forma, os autores do presente capítulo realizaram um estudo para avaliar os efeitos de uma mistura de ácidos orgânicos e óleos essenciais revestidos sobre o desempenho produtivo, a digestibilidade dos nutrientes e a saúde intestinal de frangos de corte submetidos a um desafio intestinal, comparando-a com um APC (STEFANELLO et al., 2020).

A utilização de AO + OE (300 mg/kg de ração) apresentou respostas melhores ou semelhantes ao APC na neutralização dos efeitos negativos causados pelo modelo experimental de desafio. Este aditivo contendo os AO fumárico, sórbico, málico e cítrico e os OE timol, vanilina e eugenol resultou em

melhor desempenho produtivo de frangos de corte 1 a 42 dias de idade, e melhor permeabilidade intestinal e expressão de genes relacionados com a absorção de nutrientes aos 21 dias de idade. Nossas descobertas ajudaram a aumentar o conhecimento sobre o modo de ação de uma mistura comercial contendo ácidos orgânicos e óleos essenciais para frangos de corte submetidos a um desafio intestinal, ao mesmo tempo em que investigamos a sua eficácia para programas livres de APC (STEFANELLO et al., 2020).

## **2.5. Quitina, ácido láurico e peptídeos antimicrobianos provenientes de insetos**

Diferentes fontes de proteína de origem vegetal e animal têm sido utilizadas em dietas para aves e uma crescente tendência de utilização de produtos provenientes da produção de insetos é observada atualmente (JÓZEFIAK et al., 2016). A maioria dos estudos tem sido realizada para avaliar tipos e formas de insetos, e também para elucidar a inclusão ideal de farinha de insetos como ingrediente proteico. Entretanto, o uso de farinha ou óleo de larvas de insetos não se limita apenas à composição nutricional de seus produtos, mas se estende aos efeitos funcionais na saúde animal. Recentemente, as propriedades funcionais e antimicrobianas de farinhas e óleos obtidos de larvas de insetos estão sendo mais estudadas.

Existem vários insetos de interesse econômico na produção animal em que a *Hermetia illucens* (HI; mosca soldado negro) e *Tenebrio molitor* (TM; larva da farinha) são os principais insetos que podem atingir escala de produção industrial. As farinhas produzidas a partir desses insetos contêm altos níveis de proteína e quantidades suficientes de gorduras insaturadas, vitaminas, fibras e minerais (JÓZEFIAK et al., 2016). Além disso, *H. illucens* e *T. molitor* na forma de farinha ou óleo são considerados ingredientes alimentares adequados para frangos de corte, pois são bem aceitos por aves com base no seu comportamento natural (VAN HUIS & OONINCX, 2017).

A alimentação das aves com produtos provenientes de insetos também tem sido considerada sustentável porque os insetos podem ser facilmente criados em uma ampla variedade de fluxos de resíduos biológicos

(KIEROŃCZYK et al., 2020), usando menos terra e água em comparação com as outras fontes de ingredientes proteicos e energéticos (VAN HUIS & OONINCX, 2017). Os sistemas de produção animal baseados na redução de resíduos e poluição também se tornaram prioritários, indicando que é necessária uma maior eficiência na utilização de matérias-primas. No entanto, a variabilidade na composição dos nutrientes, a pequena escala de produção e disponibilidade dos ingredientes, e o elevado custo são os principais desafios para a cadeia avícola quando se pretende utilizar produtos à base de insetos.

Mais atenção tem sido dada à precisão da nutrição e da saúde animal com o objetivo de melhorar a eficiência da produção avícola, e por isso as larvas de *H. illucens* e *T. molitor* têm sido intensamente estudadas para fornecer informações mais precisas sobre seus perfis de nutrientes para frangos de corte. Recentemente, houve um crescente interesse em compreender melhor quais compostos presentes nas larvas de insetos que podem apresentar propriedades funcionais, prebióticas ou antibióticas e antimicrobianas, relatadas como benéficas para a imunidade e a saúde intestinal dos frangos de corte (KOUTSOS et al., 2022). Neste contexto, a quitina do exoesqueleto dos insetos, o perfil de ácidos graxos com altos níveis de ácido láurico e os mecanismos de defesa fornecidos por peptídeos antimicrobianos (JÓZEFIAK & ENGBERG, 2017) podem rotular a farinha e o óleo de insetos também como aditivos funcionais na produção animal. No entanto, ainda não existem informações sobre as propriedades antimicrobianas de farinhas e óleos de insetos para frangos de corte, e há informações limitadas avaliando a inclusão de pequenas quantidades de farinha de insetos nas rações e os seus efeitos sobre a saúde intestinal das aves.

Para isso, os autores deste capítulo realizaram uma revisão sistemática para estudar o impacto de produtos provenientes de *H. illucens* e *T. molitor* nos parâmetros de saúde de frangos de corte, e uma metanálise foi realizada para avaliar os efeitos no desempenho produtivo das aves. Foi obtido um banco de dados a partir de uma seleção de publicações entre os anos de 2016 e 2023 onde foram observados resultados positivos das farinhas das larvas de *H. illucens* e *T. molitor* na saúde intestinal dos frangos, especialmente na modulação da microbiota intestinal, nas respostas imunológicas e nas

propriedades antimicrobianas. A redução de bactérias patogênicas e o aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta também foram características da inclusão de insetos nas dietas para os frangos. O ganho médio diário foi maior nos frangos alimentados com farinha de *T. molitor* em comparação com a farinha de *H. illucens* ( $p = 0,002$ ). Baixas inclusões de farinha nas dietas de frangos de corte não resultaram em efeitos negativos sobre o desempenho produtivo, enquanto que o óleo de inseto pode substituir totalmente o óleo de soja sem impactos negativos para a produção. Para melhor compreender o mecanismo que afeta a microbiota, estudos futuros devem ser realizados com foco nos níveis de inclusão de farinhas de larvas de insetos e nos diferentes desafios intestinais que podem ser encontrados nos sistemas de produção.

Diante dessa necessidade de se avaliar inclusões menores de farinha de insetos para frangos de corte quando há desafio entérico presente, os autores do presente material conduziram um estudo avaliando os efeitos da inclusão de farinha das larvas de *H. illucens* (5%) para frangos de corte desafiados com *C. perfringens* e vacina para coccidiose até os 40 dias de idade. Foi observado que frangos de corte que receberam a farinha de *H. illucens* recuperaram seu ganho de peso, conversão alimentar e a saúde intestinal, demonstrando o potencial das propriedades antimicrobianas e antioxidantes deste produto.

### **3. Considerações finais**

Aditivos contendo taninos, saponinas e polifenóis provenientes de plantas, probióticos e ácidos orgânicos em combinação com óleos essenciais têm se mostrado eficazes em melhorar parâmetros de desempenho produtivo e de saúde intestinal de frangos de corte, principalmente na presença de desafios entéricos. Resultados semelhantes ou superiores foram observados quando esses aditivos foram comparados com APCs.

Os estudos desenvolvidos na UFSM são inovadores e possuem relevância nacional e internacional, trazendo resultados inéditos quanto à utilização em maior escala de taninos com definição de níveis ideais para frangos de corte; avaliações de saponinas e polifenóis na realidade de produção do Brasil e também o uso de probióticos em dietas contendo ingredientes alternativos, o

que também é uma inovação. Estas pesquisas apresentam análises robustas que buscam melhor explicar os efeitos dos aditivos sobre o desempenho de frangos de corte em sistemas livres de APCs. Os componentes da farinha de larvas de insetos como quitina e ácido láurico também se mostraram eficientes, apresentando propriedades funcionais, antimicrobianas e antioxidantes. Ainda são necessárias mais informações sobre o modo de ação dos princípios ativos presentes nesses aditivos e avaliações em diferentes modelos de desafios sanitários que simulem a realidade da produção brasileira.

#### 4. Referências bibliográficas

- ADEDOKUN, S. A.; O. C. OLOJEDE. Optimizing gastrointestinal integrity in poultry: the role of nutrients and feed additives. **Frontiers in Veterinary Science Vet.**, v.5, p.348. 2018.
- ALAGAWANY, M., et al. Productive performance, egg quality, blood constituents, immune functions, and antioxidant parameters in laying hens fed diets with different levels of *Yucca schidigera* extract. **Environmental Science and Pollution Research**, v.23, n.7, p.6774-6782. 2016.
- AYOUB, M. M., et al. Effects of liquid yucca supplementation on nitrogen excretion, intestinal bacteria, biochemical and performance parameters in broilers. **Animals**, v.9, n.12, p.1097. 2019.
- BAFUNDO, K. W., et al. Concurrent use of saponins and live coccidiosis vaccines: the influence of a quillaja and yucca combination on anticoccidial effects and performance results of coccidia-vaccinated broilers. **Poultry Science**, v.100, n.3, p.100905. 2021a.
- BAFUNDO, K. W., et al. The effects of a combination of *Quillaja saponaria* and *Yucca schidigera* on *Eimeria* spp. in broiler chickens. **Avian Dis**, v.64, n.3, p.300-304. 2020.
- BAFUNDO, K. W., et al. The combination of quillaja and yucca saponins in broilers: effects on performance, nutrient digestibility and ileal morphometrics. **British Poultry Science**, v.62, n.4, p.589-595. 2021b.
- CHEEKE, P. R., et al. Anti-inflammatory and anti-arthritis effects of yucca schidigera: A review. **Journal of Inflammation**, v.3, n.1, p.6. 2006.
- CHOI, J.; W. K. KIM. Dietary application of tannins as a potential mitigation strategy for current challenges in poultry production: a review. **Animals (Basel)**, v.10, n.12. 2020.
- DE OLIVEIRA, M. J. K., et al. *Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940 alone or in combination with antibiotic growth promoters improves performance in broilers under enteric pathogen challenge. **Poultry Science**, v.98, n.10, p.4391-4400. 2019.

- DE SOUZA, O. F., et al. Development and evaluation of a commercial direct-fed microbial (Zymospore®) on the fecal microbiome and growth performance of broiler chickens under experimental challenge conditions. **Animals (Basel)**, v.12, n.11. 2022.
- ELSHAGHABEE, F. M. F., et al. *Bacillus* as potential probiotics: status, concerns, and future perspectives. **Frontiers in Microbiology**, v.8. 2017.
- FLECK, J. D., et al. Saponins from *Quillaja saponaria* and *Quillaja brasiliensis*: particular chemical characteristics and biological activities. **Molecules**, v.24, n.1. 2019.
- FRAGA-CORRAL, M., et al. Technological application of tannin-based extracts. **Molecules**, v.25, n.3, p.614. 2020.
- GADDE, U., et al. The effects of direct-fed microbial supplementation, as an alternative to antibiotics, on growth performance, intestinal immune status, and epithelial barrier gene expression in broiler chickens. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, v.9, n.4, p.397-405. 2017.
- GHARIB-NASERI, K., et al. Modulations of genes related to gut integrity, apoptosis, and immunity underlie the beneficial effects of *Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940 in broilers fed diets with different protein levels in a necrotic enteritis challenge model. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.11, n.1, p.104. 2020.
- GHARIB-NASERI, K., et al. *Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940 improves performance and gut function in broilers fed different levels of protein and/or under necrotic enteritis challenge. **Animal Nutrition**, v.7, n.1, p.185-197. 2021.
- GODOY, G. L. D. **Suplementação de tanino de *Acacia mearnsii* em rações para frangos de corte**. Animal Science, Federal University of Santa Maria, <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/29254>, 2023. 55 p.
- GUO, F. C., et al. Effects of mushroom and herb polysaccharides, as alternatives for an antibiotic, on the cecal microbial ecosystem in broiler chickens. **Poultry Science**, v.83, n.2, p.175-82. 2004.
- HIDAYAT, C., et al. Effect of dietary tannins on the performance, lymphoid organ weight, and amino acid ileal digestibility of broiler chickens: A meta-analysis. **Veterinary World**, v.14, n.6, p.1405-1411. 2021.
- HUANG, Q., et al. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. **Animal Nutrition**, v.4, n.2, p.137-150. 2018.
- JOHNSTON, N. L., et al. Evaluation of yucca saponin on broiler performance and ammonia suppression. **Poultry Science**, v.60, n.10, p.2289-2292. 1981.

- JÓZEFIAK, A.; R. M. ENGBERG. Insect proteins as a potential source of antimicrobial peptides in livestock production. A review. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v.26, n.2, p.87-99. 2017.
- JÓZEFIAK, D., et al. Insects – A natural nutrient source for poultry – a review. **Annals of Animal Science**, v.16, n.2, p.297-313. 2016.
- KHAN, S. H.; J. IQBAL. Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. **Journal of Applied Animal Research**, v.44, n.1, p.359-369. 2016.
- KIEROŃCZYK, B., et al. From waste to sustainable feed material: the effect of oil on the growth performance, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract morphometry of broiler chickens. **Annals of Animal Science**, v.20, n.1, p.157-177. 2020.
- KOUTSOS, E., et al. Immunomodulatory potential of black soldier fly larvae: applications beyond nutrition in animal feeding programs. **Translational Animal Science**, v.6, n.3, p.txac084. 2022.
- LEE, K. W., et al. Avian necrotic enteritis: experimental models, host immunity, pathogenesis, risk factors, and vaccine development. **Poultry Science**, v.90, n.7, p.1381-90. 2011. Disponível em:
- LEI, X., et al. Effect of *Bacillus amyloliquefaciens*-based direct-fed microbial on performance, nutrient utilization, intestinal morphology and cecal microflora in broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.28, n.2, p.239-46. 2015.
- LIU, Y., et al. Effects of a protected inclusion of organic acids and essential oils as antibiotic growth promoter alternative on growth performance, intestinal morphology and gut microflora in broilers. **Animal Science Journal**, v.88, n.9, p.1414-1424. 2017.
- MAIER, C., et al. Phenolic constituents in commercial aqueous Quillaja (*Quillaja saponaria* Molina) wood extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.63, n.6, p.1756-62. 2015.
- MCKNIGHT, L. L., et al. A blend of fatty acids, organic acids, and phytochemicals induced changes in intestinal morphology and inflammatory gene expression in coccidiosis-vaccinated broiler chickens. **Poultry Science**, v.98, n.10, p.4901-4908. 2019.
- MURUGESAN, G. R., et al. Effects of direct-fed microbial supplementation on broiler performance, intestinal nutrient transport and integrity under experimental conditions with increased microbial challenge. **British Poultry Science**, v.55, n.1, p.89-97. 2014.
- PHILLIPS, I. Withdrawal of growth-promoting antibiotics in Europe and its effects in relation to human health. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v.30, n.2, p.101-7. 2007.

- RIGHI, F., et al. Plant feed additives as natural alternatives to the use of synthetic antioxidant vitamins on poultry performances, health, and oxidative status: a review of the literature in the last 20 years. **Antioxidants**, v.10, n.5, p.659. 2021.
- STEFANELLO, C., et al. Effects of a proprietary blend of Quillaja and Yucca on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal measurements of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.31, n.2. 2022.
- STEFANELLO, C., et al. Protected blend of organic acids and essential oils improves growth performance, nutrient digestibility, and intestinal health of broiler chickens undergoing an intestinal challenge. **Frontiers in Veterinary Science**, v.6. 2020.
- SVIHUS, B. Function of the digestive system. **Journal of Applied Poultry Research**, v.23, n.2, p.306-314. 2014.
- VAN HUIS, A.; D. G. A. B. OONINCX. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.37, n.5, p.43. 2017.
- ZHAI, H., et al. Potential of essential oils for poultry and pigs. **Animal Nutrition**, v.4, n.2, p.179-186. 2018.

## **Autores**

Catarina Stefanello, Guilherme L. de Godoy, Yuri K. Dalmoro

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.

---

## Pampa Corte: Modelo para predição de consumo e desempenho de ruminantes em pastejo

Aline Rodrigues Silva, Claudio Antonio Pozo, Vicente Pires da Silveira, Gilberto Vilmar Kozloski

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c2>

### Resumo

O desempenho de ruminantes em pastejo depende da capacidade de ingerir, voluntariamente, uma dieta que atenda às necessidades nutricionais de manutenção, crescimento e reprodução. Portanto, estimar o consumo é de grande importância para um diagnóstico nutricional de ruminantes a pasto. Contudo, mensurar o consumo de bovinos a pasto é uma tarefa bastante complexa, pois o processo de colheita de forragem pelo animal é influenciado por diversos fatores e suas inter-relações. Ao longo dos anos, diversos métodos de mensuração e modelos de predição foram desenvolvidos para estimar tanto o consumo quanto o desempenho de ruminantes a pasto, porém muitos apresentam limitações que tendem a se acentuar quando os animais se alimentam em pastagens heterogêneas, como dos campos naturais do sul do Brasil. O modelo Pampa Corte simula o consumo e ganho de peso de bovinos e ovinos de corte mantidos a pasto utilizando modelos mecânicos e dinâmicos que utilizam como dados de entrada (input) informações dos animais, da pastagem e do clima. Este modelo já foi testado e validado utilizando dados de experimentos com bovinos e ovinos em crescimento e, atualmente, está sendo avaliado para predição de consumo por vacas de corte prenhes e lactantes mantidas em campos naturais do Bioma Pampa. Adicionalmente, algumas metodologias alternativas estão sendo avaliadas na perspectiva de obter valores de atributos da pastagem utilizadas como input no modelo.

### 1. Introduction

Mensurar o consumo e a digestibilidade do alimento ingerido por animais em pastejo permite fazer ajustes para otimizar a ingestão de nutrientes, melhorando o desempenho dos animais. Limitações no consumo podem impedir que as exigências nutricionais sejam supridas (AZEVEDO et al., 2010), afetando

a performance do animal. Assim, o consumo de matéria seca e a qualidade da dieta são fatores determinantes para o desempenho animal. Entretanto, estimar o consumo de ruminantes a pasto é uma tarefa bastante complexa, pois o processo de colheita de forragem pelo animal é influenciado por diversos fatores. Esses fatores estão associados ao animal, ao pasto, ao ambiente e às suas interações (CARVALHO et al., 2007).

A necessidade de estimar a ingestão de ruminantes sob condições de pastejo levou ao desenvolvimento de uma variedade de técnicas de medição e modelos de predição. Entre as técnicas estão aquelas que utilizam indicadores externos como cromo e n-alcanos, e modelos como NRC e CNCPS, entre outros. Contudo, não há uma metodologia ou modelo padrão para estimar consumo, pois muitas metodologias tem limitações que inviabilizam seu uso em determinadas situações ou requerem análises mais complexas. Além disso, muitos modelos de predição foram desenvolvidos em situações diferentes daquelas enfrentadas pelos animais em condições brasileiras. Os entraves tendem a se acentuar quando os animais se alimentam em pastagens heterogêneas como as pastagens nativas do RS, devido às variações na composição dessas forragens e a seleção da dieta pelo animal.

A utilização de modelos de simulação permite planejar um sistema de alimentação animal eficiente, através da predição do consumo voluntário e desempenho dos animais em situações e condições específicas (REBOLLO-MORALES et al., 2021). O uso dessa ferramenta visa garantir que as exigências nutricionais sejam atendidas e reduz o tempo e o custo existente em experimentações a campo. Azevêdo et al. (2016) relataram que no Brasil, o modelo de predição do NRC (1986, 2000) foi, por muito tempo, o mais utilizado para bovinos de corte. Porém, os mesmos autores destacaram que as condições em que esse sistema foi desenvolvido não refletem aquelas encontradas nos métodos de produção de bovinos brasileiros. Dessa forma, Silveira (2002) desenvolveu o Pampa Corte para que pudesse ser utilizado em simulações com ruminantes em condições brasileiras de pastejo e validado nas pastagens nativas e heterogêneas do Rio Grande do Sul, considerando as peculiaridades desse sistema. Desde seu desenvolvimento o modelo Pampa Corte foi avaliado como ferramenta para predizer o consumo e a produção de ruminantes em esquemas de alimentação diversos. Sendo assim, o objetivo desta revisão é

apresentar os principais resultados das pesquisas sobre o modelo Pampa Corte, e quais são os principais projetos em andamento sobre o uso desta ferramenta de diagnóstico nutricional.

## **2. Modelo Pampa Corte**

O Pampa Corte é um modelo mecanicista e dinâmico que, por meio do uso de equações diferenciais integrais, objetiva simular o desenvolvimento corporal de bovinos e ovinos de corte. Portanto, considera os processos intermediários que predizem o consumo e o desempenho dos animais em estudo, descrevendo o comportamento dessas variáveis ao longo do período de tempo que está sendo avaliado. Inicialmente desenvolvido para bovinos de corte, o sistema foi validado para bovinos consumindo pastagens nativas e heterogêneas do Rio Grande do Sul, pertencentes ao bioma Pampa (TREVISAN et al., 2009), e posteriormente adaptado para ovinos de corte (SILVEIRA et al., 2012).

O modelo considera dois submodelos ao simular o desempenho animal individual. No primeiro, são simuladas a ingestão e a digestão do alimento e, a predição das produções diárias da quantidade de energia e proteína metabólica disponível para a produção. No segundo submodelo considera-se estas produções para predizer as mudanças de peso vivo do animal (TREVISAN et al., 2009). De acordo com Silveira (2002), os submodelos de ingestão e digestão estão baseados no modelo descrito por Herrero (1997), o qual tem como base os modelos de Illius & Gordon (1991) e Sniffen et al. (1992).

O modelo leva em consideração a capacidade máxima do rúmen, definindo a ingestão diária do alimento pelo animal como a soma das refeições individuais ocorridas ao longo de 24 horas. Assim, com base em Illius e Gordon (1991), a refeição ocorre quando o conteúdo de matéria seca do rúmen é menor que 70% da capacidade. O meio de obtenção do conteúdo de matéria seca (MS) do rúmen e as variáveis associadas com os processos de digestão do Pampa Corte, baseados em Illius & Gordon (1991) e Herrero (1997), consideram somente restrições físicas ao consumo. Segundo Silveira (2002), como a meta principal do modelo é simular desempenho animal em um sistema em que a dieta é composta, principalmente, por forragem e com baixa proporção de

concentrado, a tendência é que a digestibilidade da MS esteja abaixo do ponto de restrição metabólica. Posteriormente, com a finalidade de incorporar a restrição metabólica no consumo foi incluído no modelo este efeito conforme Silveira et al. (2011).

Na simulação de sistemas em pastejo, fatores ambientais e efeitos da oferta de alimentos também devem ser considerados, pois exercerem grande influência no desempenho animal (SILVEIRA, 2002). O modelo simula aumentos de consumo de 1% para cada 3°C quando a temperatura é menor do que 15 °C e, em dias chuvosos, o consumo é reduzido em 1% para cada grau abaixo de 15 °C. É utilizado no modelo a aproximação da relação entre disponibilidade (abaixo de 1200 kg/MS) e consumo adotada pelo NRC (1996).

O modelo de produção, que simula os processos de crescimento e engorda em bovinos de corte, foi desenvolvido considerando modelos e dados do ARC (1980), AFRC (1993), CSIRO (1990) e NRC (1996). O mesmo leva em conta diferentes níveis de energia e proteína para simular condições de animais em regime de pastejo, a que os animais podem ser submetidos diariamente, durante o crescimento e a engorda (SILVEIRA et al., 2002). Para avaliar a qual nível alimentar o animal é submetido, o modelo de produção calcula a quantidade de energia e proteína metabólica diária necessária para manutenção do mesmo. Para isso, considerando o peso vivo do animal, segundo o AFRC (1993).

Para a entrada de dados no modelo são necessárias informações dos animais como: grupo genético, sexo, idade e peso inicial. O ganho médio diário e peso final são exigidos para verificação dos dados reais com os simulados (TREVISAN et al., 2009). Em relação à pastagem é preciso dados da qualidade e quantidade da dieta, as quais consistem em: espécie, manejo dos animais (início e período de utilização), fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB), degradabilidade da PB e FDN, considerando a taxa de passagem de 5% por hora (SILVEIRA et al., 2011). Os mesmos dados devem ser considerados no caso de suplementação dos animais. Informações diárias do clima do local também precisam ser informadas, como: temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação total.

O modelo foi desenvolvido e validado (SILVEIRA, 2002), em princípio, simulando o ganho de peso de 12 machos castrados mestiços Hereford x Nelore, suplementados em campo nativo. Foram feitas três simulações para comparar

os dados reais com os dados simulados pelo modelo. A primeira simulação não considerou a capacidade seletiva dos animais e os valores de qualidade da dieta. As outras simulações consideraram a capacidade de seleção do animal durante o pastejo, incrementando a qualidade da dieta numa percentagem de 5% e 10% acima dos valores laboratoriais. Os resultados simulados pelo Pampa Corte apresentaram boa performance na simulação do ganho de peso dos bovinos, com respostas mais ajustadas aos dados reais nas simulações que consideraram a seletividade animal.

Trevisan et al. (2009), ao avaliarem a confiabilidade do modelo Pampa Corte na predição de desempenho de bovinos de corte, alimentados com diferentes forrageiras em sistemas de pastejo na realidade dos sistemas de produção de animais no Rio Grande do Sul, compararam os valores preditos pelo modelo com dados disponíveis na literatura. Os autores verificaram coeficientes de correlação acima de 90% entre os dados reais e os simulados, mostrando que o modelo é eficiente em produzir respostas de desempenho animal em sistemas de pastejo.

Com a finalidade de demonstrar a performance do modelo em situações distintas dos sistemas de produção de animais no Rio Grande do Sul, o Pampa Corte foi testado em sistemas de engorda tradicionais (terminação) e alternativos (pastejo) de bovinos de corte na Espanha. Silveira et al. (2011), utilizaram dados de 21 animais inteiros da raça Parda de Montanha. O modelo previu com precisão o ganho de peso vivo dos animais a partir de sistemas de pastejo e terminação convencional, com estimativas menos precisas quando as mudanças no manejo dos animais envolvem modificações fisiológicas.

Silveira et al. (2012) adaptaram o Pampa Corte para simular o crescimento de ovinos. De acordo com os autores, o modelo para ovinos utiliza a mesma estrutura do modelo Pampa Corte original, sendo que o segundo submodelo simula o crescimento animal baseado nas equações do AFRC (1993) e CSIRO (2007). Ao avaliarem o modelo, utilizaram dois conjuntos de dados de experimentos com engorda de cordeiros, conduzidos no Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Zaragoza, Espanha.

O primeiro conjunto de dados era composto de cordeiros da raça Aragonesa, mantidos em confinamento, recebendo concentrado comercial e palha de cevada *ad libitum*, e abatidos ao atingirem 22 kg. O segundo conjunto

de dados era formado por cordeiros da raça Churra Tensina, mantidos e alimentados conforme os cordeiros Arogonesa. Os resultados simulados pelo modelo se ajustaram aos comparados com os dados experimentais, mostrando alta precisão ( $R^2=0,87$ ), principalmente até o início do abate daqueles animais que atingiram o peso alvo. Entretanto, um grupo de animais não atingiu o peso de abate no período esperado, devido a problemas sanitários, e foram abatidos tardiamente, apresentando menor precisão entre os dados reais e os simulados ( $R^2=0,70$ ). Desse modo, os autores recomendaram que fatores relacionados à saúde dos animais deveriam ser incluídos no modelo, pois afetam o peso dos animais e não são considerados no Pampa Corte.

Rebollo-Morales et al. (2021) adaptaram o modelo ao crescimento de ovinos, em condições tropicais mexicanas, para simular o efeito da inclusão de *Leucaena* (20 e 40%) em um sistema silvipastoril baseado em capim Guiné. A validação do modelo foi feita com dados de um experimento anterior sobre crescimento de cordeiros confinados alimentados com ração total mista. Os resultados mostraram um coeficiente de determinação ( $R^2=0,94$ ) entre os valores observados e estimados de crescimento. O modelo ainda apresentou bons resultados para o crescimento de cordeiros em sistemas silvipastoris, tanto para sistemas silvipastoris extensivos com 20% de *Leucaena* quanto para sistemas silvipastoris intensivos com até 40% de inclusão de *Leucaena*.

Em estudo desenvolvido por Pozo et al. (2023), foi avaliada a adequação do modelo Pampa Corte, associado à técnica *in vitro* gases, para predição de consumo e digestibilidade de MS por ovinos alimentados com forrageiras tropicais. A adequação do Pampa Corte na predição do consumo de MS também foi comparada ao NRC (2007). A predição do consumo de MS pelo Pampa Corte foi adequada mostrou melhor desempenho que o NRC (2007), resultando em maiores valores de coeficiente de correlação de concordância (CCC) (0,95 vs. 0,68) e  $R^2$  (0,92 vs. 0,74) do que pelo NRC. Os valores observados de digestibilidade da MS e os previstos pelo modelo, embora linearmente relacionados, apresentaram baixo CCC, com o modelo subestimando a digestibilidade da MS.

Atualmente, pesquisa em desenvolvimento no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal da Universidade Federal de Santa Maria, avalia o emprego do modelo Pampa Corte, através de conjunto de dados, para prever

o consumo de forragem por vacas de corte, prenhas e lactantes, sob pastejo em pastagens nativas do bioma Pampa no Uruguai. Além disso, também está sendo avaliado o consumo e o desempenho por bovinos de corte em crescimento consumindo pastagens nativas do bioma Pampa no Rio Grande do Sul. O conjunto de dados conta com quatro experimentos, dois com vacas e dois com bovinos em crescimento (novilha ou novilhos), em que a metodologia para estimar consumo dos animais foi o indicador cromo (associado à digestibilidade *in situ/in vitro*) ou n-alcano.

Portanto, o objetivo do estudo é avaliar a precisão e exatidão do modelo Pampa Corte, comparando os dados de consumo simulados pelo modelo com aqueles obtidos nas experimentações por meio de indicadores (cromo associado à digestibilidade *in situ/in vitro*, n-alcacos e nitrogênio fecal), e dados previstos de desempenho com os reais. No mesmo estudo, ainda objetiva-se utilizar o nitrogênio excretado nas fezes como indicador para estimar o consumo das vacas e comparar as estimativas com os valores obtidos por técnicas convencionais (n-alcacos e cromo associado à digestibilidade *in situ/in vitro*).

Resultados obtidos até o momento demonstram que os dados reais de performance animal estão relacionados linearmente ( $R^2=0.67$ ) com aqueles simulados pelo Pampa Corte, corroborando com os resultados de experimentações anteriores. Agora, o grupo de pesquisa trabalha na avaliação do modelo e da técnica do N fecal para estimar o consumo de vacas de corte em pastejo.

### **3. Considerações finais**

De maneira geral, os resultados demonstram que o modelo Pampa Corte prevê de forma confiável o desempenho e o consumo por ruminantes em pastejo, ou até mesmo em sistemas confinados. Modelos mecanísticos e dinâmicos são mais robustos, e fornecem estimativas mais confiáveis que modelos empíricos e/ou somativos mas, contudo, dependem de dados de entrada (input) cuja obtenção muitas vezes é complexa e/ou de difícil determinação. Especificamente no caso de uso do modelo para predizer consumo e desempenho de animais mantidos em pastagens naturais heterogêneas, existe ainda o desafio científico de estabelecer procedimentos práticos e confiáveis de obtenção de amostras

representativas da forragem ingerida pelos animais, assim como para determinar alguns de seus atributos dinâmicos, especificamente a taxa de degradação ruminal e de passagem de sua fração insolúvel.

#### 4. Referências bibliográficas

AGRICULTURAL FOOD AND RESEARCH COUNCIL – AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351p.

AZEVÊDO, J. A. G. et al. Predição de consumo de matéria seca por bovinos de corte em confinamento. In: VALADARES FILHO, S. de C. et al. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados – BR-CORTE**. 2. ed. Viçosa, MG: Suprema Gráfica e Editora LTDA, 2010. cap.2.

AZEVÊDO, J. A. G. et al. Regulação e predição de consumo de matéria seca. In: VALADARES FILHO, S. de C. et al. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados – BR-CORTE**. 3. ed. Viçosa: UFV, DZO, 2016. cap.2.

CARVALHO, P.C. de F. et al. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.151–170, 2007.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO. **Feeding standards for Australian livestock**. Ruminants. Standing Committee on Agriculture and Resource Management. Melbourne: CSIRO Publishing, 1990. 242p.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Collingwood: CSIRO Publishing, 2007. 270p.

HERRERO, M. **Modelling dairy grazing systems: an integrated approach**. 1997. 360f. Thesis (PhD in Resource Management) – Institute of Ecology and Resource Management, University of Edinburgh.

ILLIUS, A.W.; GORDON, I.J. Prediction of intake and digestion in ruminants by a model of rumen kinetics integrating animal size and plant characteristics. **Journal of Agricultural Science**, v.116, p.145–157, 1991.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6<sup>th</sup> ed. Washington: National Academy Press, 1986. 90p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7<sup>th</sup> ed. Washington: National Academy of Science. 1996. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. Updated 7<sup>th</sup> ed. Washington: National Academy Press. 2000. 244p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Sheep, goats, cervids and new world camelids. Washington: National Academy Press, Washington, 2007. 384p.
- POZO, C.A. et al. Evaluation of the Pampa Corte model for predicting dry matter intake and digestibility by sheep fed tropical forages. **Livestock Science**, v.267, p.105147, 2023.
- REBOLLO-MORALES, A. C. et al. Validation of a Pampa Corte simulation model for hair sheep production in a tropical silvi-pastoral system in Chiapas, Mexico. **Journal of Livestock Science**, v.12, p.246–254, 2021.
- SILVEIRA, V.C.P. Pampa Corte: a model that simulates beef cattle growing and fattening process. **Ciência Rural**, v.32, p.543–552, 2002.
- SILVEIRA, V.C.P. et al. Evaluation of Pampa Corte simulation model in different beef cattle fattening systems in Spain. **Ciência Rural**, v.41, p.497–500, 2011.
- SILVEIRA, V.C.P. et al. Lamb growth simulation through Pampa Corte model adapted to sheep. **Ciência Rural**, v.42, p.2066–2070, 2012.
- SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562–3577, 1992.
- TREVISAN, N.D.B. et al. Desempenho de bovinos simulado pelo modelo Pampa Corte e obtido por experimentação. **Ciência Rural**, v.39, p.173–181, 2009.

## **Autores**

Aline Rodrigues Silva<sup>1</sup>, Claudio Antonio Pozo<sup>2</sup>, Vicente Pires da Silveira<sup>3</sup>, Gilberto Vilmar Kozloski<sup>1</sup>

1. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
2. CIT-Formosa, CONICET; Facultad de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Formosa, Formosa, Argentina.
3. Departamento de Extensão Rural, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.

---

## Aproveitamento de subprodutos agroindustriais na alimentação de ovinos

Sérgio Carvalho, Diúlia Zeolin Galvani, Viviana Reboledo da Costa, William Soares Teixeira, Bernardo da Trindade Gallarreta, Mônica Feksa Rasson

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c3>

### Resumo

Com o atual incremento na produção de carne ovina tem-se utilizado sistemas de produção mais intensivos com vistas ao aumento de produção e atendimento da demanda do consumidor. Contudo, sistemas mais intensivos normalmente tem aumento dos custos de produção relacionados a alimentação dos animais, sendo que o uso de alimentos alternativos, como os subprodutos agroindustriais, tem se intensificado. Sendo assim esse capítulo tem por objetivo avaliar a viabilidade do uso de diferentes subprodutos agroindustriais na alimentação de ovinos. Os resultados se baseiam em experimentos de Dissertação e de Tese desenvolvidos no âmbito do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFSM. São apresentados resultados referentes ao uso de casca de soja, caroço de algodão, resíduo úmido de cervejaria, resíduo de pré-limpeza de soja e de bagaço de azeitona. Em todos os trabalhos foi comprovado que é viável a utilização dos subprodutos agroindústrias. Contudo o uso deve ser racional levando em consideração fatores antinutricionais que podem estar presentes nos diferentes subprodutos. Evidencia-se a necessidade da condução de novos estudos a fim de se obter informações suficientes para subsidiar a tomada de decisão quanto ao uso racional desses subprodutos na alimentação dos animais.

### 1. Introduction

Atualmente a ovinocultura de corte é uma atividade em expansão no Brasil, uma vez que a demanda por carne ovina é crescente e a oferta está abaixo do consumo. Para suprir essa demanda é necessária maior utilização de tecnologia na produção, onde o manejo alimentar adequado é fundamental para que possamos ofertar um produto cárneo mais padronizado ao mercado consumidor, com melhor qualidade e garantindo preços competitivos. Neste

contexto tem se buscado cada vez mais a atualização dos sistemas de produção e alternativas alimentares que maximizem a obtenção de melhores resultados econômicos e eficientes na produção de carne ovina (TEIXEIRA, 2022).

Tendo em vista que a alimentação representa o maior custo na produção de ovinos, como forma de minimizar os custos com a alimentação e maximizar a produção de carne ovina, os subprodutos agroindustriais são passíveis de serem utilizados na alimentação de ruminantes e estão disponíveis geralmente no período de escassez de forragem verde, que ocorre na época fria ou seca do ano (COSTA, 2020). A busca por alternativas de ingredientes oriundos de processos agroindustriais tem se intensificado, sendo que os subprodutos da agroindústria são ingredientes de baixo custo e encontrados facilmente em certas regiões, podendo levar à redução significativa dos custos de alimentação, mantendo o mesmo nível nutricional (BROCHIER, 2007).

Paralelamente, os resíduos gerados nos processos agroindustriais representam perdas econômicas no processo produtivo, caso não recebam destinação adequada, provocando problemas ambientais, em razão da sua carga poluidora. Com isso devemos repensar a destinação desses produtos da agroindústria, pois podemos inseri-los novamente na cadeia produtiva gerando grandes ganhos para a sociedade. Dessa forma é fundamental a realização de estudos para avaliação de resíduos agroindustriais que possam ser utilizados como ingredientes alternativos na nutrição de ruminantes.

Neste contexto, esse capítulo tem por objetivo apresentar os principais resultados obtidos em pesquisas realizadas no âmbito do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFSM, no que diz respeito a utilização de diferentes subprodutos da agroindústria na alimentação de ovinos.

## **2. Desenvolvimento**

O primeiro estudo a ser abordado trata da utilização de casca de soja, um subproduto obtido na indústria de óleo de soja e de produção de biocombustível, e que é produzida em grande quantidade no Brasil. Sabe-se que a casca de soja constitui em torno de 2% do total de grãos de soja produzidos, o que caracteriza o seu elevado volume de produção. Em relação a sua composição química, a casca de soja possui alto teor de fibra em detergente neutro e fibra em

detergente ácido, porém baixa quantidade de lignina (em torno de 2%), o que pode resultar em uma digestibilidade de mais de 90%. Dessa forma, a casca de soja pode ser utilizada como alimento volumoso na dieta de ovinos em substituição a silagem de milho ou de sorgo que tradicionalmente são utilizadas na dieta de cordeiros confinados.

Nesse sentido, Dias (2012) desenvolveu um estudo que teve por objetivo avaliar o efeito de níveis crescentes de substituição da silagem de sorgo por casca de soja sobre o consumo de nutrientes, o ganho de peso e as características de carcaça de cordeiros das raças Texel e Ideal, terminados em sistema de confinamento. O experimento foi conduzido no Laboratório de Ovinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS. Foram utilizados 40 cordeiros machos, não castrados, com 50 dias de idade, confinados em baias individuais, totalmente cobertas, com piso ripado, providas de comedouros e bebedouros individuais.

Os tratamentos foram constituídos por quatro níveis de substituição do alimento volumoso (silagem de sorgo) por casca de soja (% da MS), sendo: Sem substituição (0% Casca de soja); Substituição Parcial (33,5% Casca de soja); Substituição Parcial (66,5% Casca de soja); Substituição Total (100% Casca de soja). Na Tabela 1 é apresentada a proporção dos ingredientes e a composição bromatológica das dietas experimentais. Para se estimar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, utilizou-se o método de coleta total de fezes, durante cinco dias consecutivos.

Os resultados obtidos demonstram que o consumo de matéria seca aumentou linearmente com o aumento de inclusão de casca de soja nas dietas (Tabela 2). Esse resultado pode ser explicado devido à melhoria da palatabilidade, por ocasião da inclusão da casca de soja, e o aumento da taxa de passagem da casca de soja em relação à silagem de sorgo como consequência do menor tamanho de partícula e maior digestibilidade da fração fibrosa do alimento.

Quanto ao coeficiente de digestibilidade aparente, observa-se que essa apresentou comportamento quadrático, onde a máxima digestibilidade da matéria seca é obtida para um nível de substituição da silagem de sorgo por casca de soja de 55,9%, correspondendo a uma digestibilidade aparente da

matéria seca de 79,31%. Da mesma forma, o ganho de peso médio diário foi influenciado de forma quadrática pela inclusão de casca de soja na dieta, sendo que o máximo ganho de peso, correspondendo a 0,306 kg/dia, foi obtido com a substituição de silagem de sorgo por casca de soja ao nível de 56,7%. Quanto a conversão alimentar (CA), verifica-se que essa também foi influenciada de forma quadrática, resultado esse que pode ser relacionado aquele obtido para a variável ganho de peso diário.

Sendo assim, o autor recomenda a substituição de silagem de sorgo por casca de soja numa proporção de 56,7%, o que corresponde ao máximo ganho de peso de cordeiros, quando terminados em confinamento.

**Tabela 1.** Proporção dos ingredientes (%MS) e composição bromatológica das dietas experimentais.

	Nível de casca de soja			
	0	33,5	66,5	100
Proporção dos ingredientes (%MS)				
Silagem de sorgo	50,00	33,25	16,75	0,00
Casca de soja	0,00	16,75	33,25	50,00
Milho quebrado	22,96	25,63	28,27	30,95
Farelo de soja	26,18	23,53	20,92	18,27
Calcário calcítico	0,86	0,84	0,81	0,78
Composição bromatológica (%MS)				
MS	57,29	68,02	78,58	89,31
MO	95,68	95,82	95,95	96,08
PB	17,00	17,00	17,00	17,00
FDN	38,87	38,40	37,94	37,47
NDT	69,99	72,09	74,17	76,28

**Tabela 2.** Consumos médios de matéria seca (CMS), coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA), de acordo com os tratamentos.

	Teor de casca de soja				Equação de regressão <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	P>F
	0	33,5	66,5	100			
CMS (kg/dia)	0,697	0,840	0,889	0,930	$\hat{Y} = 0,72928 + 0,00222CS$	0,41	0,0001
CDMS (%)	70,61	76,61	79,97	73,01	$\hat{Y} = 70,2283 + 0,3225CS - 0,00291CS^2$	0,39	0,0161
GPD (kg)	0,201	0,293	0,299	0,247	$\hat{Y} = 0,2030 + 0,00363CS - 0,000032CS^2$	0,29	0,0010
CA	3,67	2,90	2,95	3,71	$\hat{Y} = 3,6606 - 0,03356CS + 0,00034CS^2$	0,35	0,0001

<sup>1</sup> CS = Nível de substituição do volumoso da dieta por casca de soja.

Outro subproduto testado na terminação de cordeiros em confinamento foi o caroço de algodão, obtido a partir do beneficiamento do algodão, para obtenção da fibra, utilizada pela indústria têxtil, sendo uma semente oleaginosa, utilizada para produção de óleo vegetal e também muito utilizada na alimentação de ruminantes. Esse subproduto foi avaliado por Pilecco (2016), que desenvolveu sua Dissertação de Mestrado com base na avaliação do uso de diferentes proporções de caroço de algodão na dieta de cordeiros terminados em confinamento. Foram utilizados 45 cordeiros, machos não castrados, da raça Ile de France, desmamados com aproximadamente 60 dias de idade e mantidos em baias individuais. Os tratamentos foram constituídos por níveis de inclusão de caroço de algodão na matéria seca (MS) da dieta total (0%; 10%; 20%; 30% ou 40%) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais.

Dietas	Proporção de caroço de algodão na dieta				
	0	10	20	30	40
	% MS				
Silagem de milho	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Caroço de algodão	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00
Milho quebrado	32,54	26,02	19,52	12,92	6,55
Farelo de soja	25,00	21,50	18,00	14,60	11,00
Calcário calcítico	1,96	1,92	1,92	1,92	1,95
Sal mineral	0,50	0,56	0,56	0,56	0,50
$\Sigma$	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Composição bromatológica (% MS)				
MS	68,72	69,09	69,48	69,88	70,29
MO	90,51	90,52	90,55	90,58	90,64
PB	17,26	17,41	17,57	17,75	17,87
EE	3,00	4,96	6,92	8,89	10,85
FDN	28,90	32,02	35,14	38,27	41,39
FDA	13,69	16,00	18,30	20,62	22,92
NDT	74,48	74,13	73,80	73,46	73,16
Ca	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
P	0,43	0,45	0,46	0,48	0,50

Os consumos de matéria seca (CMS), proteína bruta (CPB) e de nutrientes digestíveis totais (CNDT), apresentaram comportamento quadrático ( $P \leq 0,05$ ). O máximo consumo de matéria seca foi de 1,147 kg/dia, representado pelo nível de inclusão de caroço de algodão de 21,2% da MS total da dieta. Até

esse nível houve um efeito positivo da inclusão do caroço de algodão, aspecto esse atribuído a preferência por esse alimento. Após este nível o consumo decresceu, pois foi influenciado negativamente por dois fatores de regulação do consumo, o enchimento ruminal e a elevação do teor de extrato etéreo da dieta.

Quanto ao ganho de peso médio diário (GMD) observa-se na Tabela 4 que o mesmo foi influenciado de forma quadrática ( $P \leq 0,05$ ) pela inclusão de caroço de algodão na dieta. A partir da equação de regressão ( $\hat{Y} = 0,25826 + 0,00472CA - 0,00011246CA^2$ ) estima-se que o máximo ganho de peso pode ser obtido com a inclusão de caroço de algodão na proporção de 21% da MS total da dieta. Esse resultado pode ser explicado pelo CMS e, conseqüentemente de PB e de NDT que também apresentaram esse comportamento, com seus pontos de máxima com valores de inclusão de caroço de algodão próximos ao apresentado para o GMD. Da mesma forma, o número de dias (DIAS) que os cordeiros levaram para atingir o peso de abate pré-determinado foi influenciado de forma quadrática ( $P \leq 0,05$ ), resultado esse que é consequência do ganho de peso médio diário obtido nos animais.

O rendimento de carcaça quente (RCQ) e o rendimento de carcaça fria (RCF) diminuíram linearmente à medida que se incrementou o teor de caroço de algodão na dieta dos animais. Sabe-se que o conteúdo do trato gastrointestinal é uma característica que influencia diretamente nos rendimentos de carcaça. Nesse sentido, à medida que se aumentou a inclusão de caroço de algodão na dieta, ocorreu aumento dos teores de fibra (Tabela 3) e, conseqüentemente, redução da taxa de passagem e aumento do tempo de permanência do alimento no trato gastrintestinal dos animais (Tabela 4), aspecto esse que influenciou negativamente sobre o RCQ e RCF que foram obtidos. Essa afirmativa é embasada pelo aumento linear ( $P < 0,0001$ ) do conteúdo gastrintestinal observado e pelos altos coeficientes de correlação obtidos entre RCQ e conteúdo do trato gastrointestinal (CTGIT) ( $r = -0,70$ ;  $P \leq 0,0001$ ) e RCF e CTGIT ( $r = -0,73$ ;  $P \leq 0,0001$ ). Baseado no resultado obtido, a autora recomendou a inclusão do teor de 21% de caroço de algodão na dieta de cordeiros confinados em fase de terminação.

**Tabela 4.** Consumos médios, em kg/dia, de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), carboidratos totais (CCHT), carboidratos não fibrosos (CCNF) e de nutrientes digestíveis totais (CNDT), em função das proporções de caroço de algodão das dietas experimentais.

	% de caroço de algodão					ER	CV	P>F
	0	10	20	30	40			
CMS	1,015	1,145	1,146	1,093	1,065	1	11,9	0,0280
CPB	0,162	0,186	0,187	0,180	0,172	2	11,2	0,0058
CNDT	0,674	0,757	0,750	0,717	0,681	3	9,5	0,0035
PVI (kg)	19,87	20,38	20,54	19,37	19,29	$\bar{Y} = 19,88$	17,5	0,5585
PVA (kg)	34,43	34,22	34,74	34,87	34,48	$\bar{Y} = 34,56$	2,5	0,4579
GMD (kg)	0,260	0,295	0,294	0,316	0,261	4	17,9	0,0130
CA	4,00	3,91	3,94	3,66	4,13	$\bar{Y} = 3,93$	15,9	0,3144
DIAS	56,50	50,39	46,00	50,05	60,38	5	27,1	0,0289
PCQ (kg)	16,10	16,25	15,55	16,00	15,45	$\bar{Y} = 15,87$	5,9	0,1299
PCF (kg)	15,49	15,67	15,07	15,35	14,84	$\bar{Y} = 15,28$	5,9	0,1020
RCQ (%)	46,73	46,73	44,77	45,86	44,83	6	4,2	0,0275
RCF (%)	44,96	45,04	43,37	44,01	43,06	7	4,1	0,0149
EGOR (mm)	1,32	1,84	1,68	1,74	1,37	8	32,9	0,0226
CGITOT (%)	14,30	14,37	16,60	17,55	18,21	9	13,5	<0,0001

1.  $\hat{Y} = 1,03084 + 0,01102CA - 0,00026CA^2$ ,  $R^2 = 0,11$ ; 2.  $\hat{Y} = 0,16389 + 0,00222CA - 0,00005CA^2$ ,  $R^2 = 0,18$ ; 3.  $\hat{Y} = 0,68358 + 0,00728CA - 0,00019CA^2$ ,  $R^2 = 0,19$ ; 4.  $\hat{Y} = 0,25826 + 0,00472CA - 0,00011246CA^2$ ,  $R^2 = 0,14$ ; 5.  $\hat{Y} = 57,07487 - 1,10139CA + 0,02940CA^2$ ,  $R^2 = 0,12$ ; 6.  $\hat{Y} = 46,72089 - 0,04674CA$ ,  $R^2 = 0,11$ ; 7.  $\hat{Y} = 45,05511 - 0,04834CA$ ,  $R^2 = 0,13$ ; 8.  $\hat{Y} = 1,36765 + 0,04419CA - 0,00110CA^2$ ,  $R^2 = 0,12$ ; 9.  $\hat{Y} = 13,98690 + 0,11075CA$ ,  $R^2 = 0,34$ ;

Outro subproduto da agroindústria de interesse é o resíduo úmido de cervejaria (RUC), o qual vem sendo testado na alimentação de ovinos. Esse vem se destacando por ser produzido em grande volume e, além disso, não apresentar problemas com a sazonalidade de sua produção como outros subprodutos que podem ser utilizados. Como ingrediente de rações, o resíduo pode ser considerado suplemento proteico de valor médio (23 a 30% de proteína bruta), sendo boa parte de sua fração proteica insolúvel e de baixa degradabilidade, constituindo-se como fonte de proteína *by-pass*, passando pela

degradação ruminal e sendo absorvida diretamente no intestino delgado (TEIXEIRA, 2018).

Sendo assim, Brochier (2007) em sua Dissertação de Mestrado avaliou o uso do RUC em substituição ao alimento concentrado na alimentação de cordeiros confinados em fase de terminação. Foram utilizados 25 cordeiros, machos, não-castrados, da raça Texel, oriundos de parto simples, desmamados aos  $69 \pm 30$  dias de idade em média, distribuídos aleatoriamente em cinco tratamentos. Foram testados cinco níveis de substituição do alimento concentrado por resíduo úmido de cervejaria, sendo 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Utilizou-se uma dieta composta de feno de Tifton-85 e mistura concentrada em uma relação volumoso:concentrado de 40:60, com base na matéria seca (MS) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais em termos de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), Cálcio (Ca) e Fósforo (P).

	Nível de resíduo				
	0	25	50	75	100
Proporção dos ingredientes (%MS)					
Feno de Tifton-85	40	40	40	40	40
Milho desintegrado	30,42	22,71	15,01	7,31	-----
Farelo de soja	28,62	21,39	14,16	6,93	-----
Resíduo de cervejaria	-----	15,00	30,00	45,00	59,33
Calcário calcítico	0,96	0,90	0,83	0,76	0,67
Composição química das dietas (%MS)					
MS	84,15	74,34	64,52	54,70	45,32
PB	17,52	17,52	17,52	17,52	17,52
FDN	29,42	36,11	42,80	49,49	54,63
NDT	71,08	67,75	64,43	61,11	57,96
Ca	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
P	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40

O consumo de matéria seca (kg/dia), foi influenciado significativamente ( $P \leq 0,05$ ) pelo nível de substituição do alimento concentrado por resíduo úmido de cervejaria, sendo que o mesmo apresentou comportamento quadrático (Tabela 6). O máximo consumo de matéria seca, estimado a partir da equação de regressão, foi obtido para o nível de substituição do alimento concentrado por resíduo úmido de cervejaria de 31,1%, correspondendo a um consumo de 0,654 kg/dia. O aumento da proporção de resíduo úmido de cervejaria na dieta acima de 31,1% proporcionou redução do consumo, o que pode ser explicado pelo aumento do teor de fibra em detergente neutro (FDN) nas dietas, promovendo regulação física do consumo.

Quanto ao ganho de peso diário, observa-se que o mesmo diminuiu linearmente ( $P \leq 0,1$ ) com o aumento do nível de substituição do alimento concentrado por resíduo úmido de cervejaria. A redução verificada no ganho de peso diário pode ser explicada pela redução no aporte energético das dietas que ocorreu com a elevação do nível de substituição do concentrado por resíduo úmido de cervejaria, e pela redução no consumo de matéria seca e, conseqüentemente, de energia e proteína.

O aumento do nível de substituição do alimento concentrado por resíduo úmido de cervejaria promoveu efeito linear decrescente ( $P \leq 0,01$ ) sobre os rendimentos de carcaça quente e fria, o que pode ser explicado pela característica da dieta, pois a elevação do teor de resíduo úmido de cervejaria em substituição ao alimento concentrado promoveu aumento no teor de FDN das mesmas, o que leva a maior quantidade de conteúdo gastrointestinal no momento do abate e, conseqüentemente, pior rendimento de carcaça.

A autora concluiu que a substituição do alimento concentrado por resíduo úmido de cervejaria acima de 31,1%, promove regulação física do consumo de matéria seca, em kg por dia, devido ao aumento da concentração de fibra em detergente neutro nas dietas, o que leva à redução linear do ganho de peso dos animais.

**Tabela 6.** Valores médios para consumo de matéria seca (CMS), peso vivo inicial (PI), peso vivo final (PF), ganho de peso diário (GMD), conversão alimentar (CA), rendimento carcaça quente (RCQ) e rendimento carcaça fria (RCF), em função dos níveis de substituição do alimento concentrado por resíduo de cervejaria.

Itens	Nível de resíduo					Equação de Regressão	CV (%)
	0	25	50	75	100		
CMS (kg/dia)	0,631	0,648	0,642	0,610	0,528	1	11,95
PI (kg)	16,16	16,77	15,82	15,82	14,66	$\hat{Y} = 15,81$	23,27
PF (kg)	28,00	28,20	26,80	28,48	22,12	$\hat{Y} = 26,66$	20,71
GMD (kg/dia)	0,153	0,148	0,142	0,164	0,097	2	26,92
RCQ (%)	47,77	48,46	46,06	44,05	41,57	3	6,84
RCF (%)	46,49	46,58	44,64	42,79	40,26	4	6,89

1.  $\hat{Y} = 0,62886 + 0,00161^{**}RES - 0,0000259^{**}RES^2$ ,  $R^2 = 0,26$ ; 2.  $\hat{Y} = 0,16085 - 0,00039047^{*}RES$ ,  $R^2 = 0,13$ . 3.  $\hat{Y} = 48,84574 - 0,06628^{***}RES$ ,  $R^2 = 0,39$ ; 4.  $\hat{Y} = 47,47071 - 0,065667^{***}RES$ ,  $R^2 = 0,39$ .

\*, \*\* e \*\*\*, significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Devido ao elevado teor de fibra do RUC, Frasson (2015) desenvolveu sua dissertação com o objetivo de avaliar o efeito de níveis crescentes de substituição da silagem de sorgo por resíduo úmido de cervejaria (RUC), como alimento volumoso na alimentação de cordeiros terminados em confinamento. Foram utilizados 24 cordeiros, machos não castrados, da raça Suffolk, oriundos de parto simples e mantidos em baias individuais. Os tratamentos foram constituídos por quatro níveis de substituição de silagem de sorgo por RUC sendo: 0; 33,5; 66,5 ou 100% de substituição. Utilizou-se uma relação volumoso:concentrado de 50:50, com base na matéria seca. O concentrado era constituído por milho desintegrado, farelo de soja e mistura mineral. (Tabela 7).

**Tabela 7.** Proporção dos ingredientes (%MS) e composição bromatológica das dietas experimentais.

	Teor de resíduo de cervejaria			
	0%	33%	66%	100%
Proporção dos ingredientes (%MS)				
Silagem de sorgo	50,00	33,25	16,75	0,00
Resíduo de cervejaria	0,00	16,75	33,25	50,00
Milho quebrado	18,40	26,21	33,91	41,66
Farelo de soja	28,10	20,31	12,63	4,85
Calcário calcítico	1,50	1,83	2,12	2,44
Fosfato bicálcico	1,00	0,65	0,34	0,05
Sal comum	1,00	1,00	1,00	1,00
Composição bromatológica (%MS)				
MS	60,76	59,95	59,16	58,36
PB	18,81	18,81	18,81	18,81
FDN	38,92	37,45	36,00	34,52
FDA	23,19	19,97	16,80	13,58
NDT	67,58	69,53	71,45	73,36
Ca	0,98	0,98	0,98	0,98
P	0,49	0,49	0,49	0,49

Ao se avaliar os consumos de MS, expressos em kg/dia, %PV e em g/kg de PV<sup>0,75</sup>, verifica-se que os mesmos não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pela proporção de substituição da silagem de sorgo por resíduo úmido de cervejaria (RUC), sendo obtido valor médio de 4,12% do PV (Tabela 8). Verifica-se na Tabela 7 que a dieta do nível máximo de substituição da silagem de sorgo por

RUC apresentava um teor de FDN total de 34,52%, e o teor de matéria seca de 58,36%, portanto com característica bromatológica adequada para que não ocorresse redução do consumo, seja por regulação física, ou por excesso de umidade. Além disso, foi observado que o RUC utilizado apresenta excelente palatabilidade, inclusive sendo preferido pelos animais em relação à silagem utilizada e, dessa forma, também contribuindo para manutenção do consumo, independentemente do nível de substituição.

O ganho de peso diário aumentou linearmente ( $P \leq 0,05$ ) com a elevação do nível de utilização de resíduo úmido de cervejaria em substituição a silagem de sorgo como alimento volumoso da dieta (Tabela 8). Uma vez que os consumos de matéria seca, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais foram semelhantes entre os tratamentos, a melhora do ganho de peso pode ser explicada pelas diferenças na composição da fração fibrosa dos alimentos e das dietas experimentais. O RUC apresenta uma menor concentração de celulose, maior de hemicelulose e semelhante de lignina em comparação com a silagem de sorgo. Portanto, à medida que se aumentou o nível de substituição da silagem de sorgo pelo RUC, a dieta consumida pelos animais passou a ter menor proporção de FDA (Tabela 7), o que pode ter influenciado na digestibilidade da dieta consumida pelos animais, determinando melhor aproveitamento do alimento e melhoria no ganho de peso dos cordeiros.

A conversão alimentar (CA) melhorou linearmente ( $P \leq 0,05$ ) com a elevação do nível de utilização de resíduo úmido de cervejaria na dieta, sendo esse resultado um efeito direto do aumento do ganho de peso dos animais uma vez que não foi verificada diferença quanto ao consumo de matéria seca.

Conclui-se que a substituição de silagem de sorgo por resíduo úmido de cervejaria como alimento volumoso na terminação de cordeiros em confinamento, quando se utiliza uma relação volumoso:concentrado de 50:50, não altera o consumo de matéria seca dos animais, promove melhoria do ganho de peso e da conversão alimentar.

**Tabela 8.** Valores médios para os consumos de matéria seca (CMS), peso vivo inicial (PVI), peso vivo o abate (PVA), ganho de peso médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA), de acordo com os tratamentos.

	Teor de resíduo de cervejaria				Equação de regressão <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	Pr>F
	0	33	66	100			
CMS							
(kg/dia)	1,30	1,43	1,38	1,37	$\bar{Y} = 1,371$	-----	0,7449
CMS (%							
PV)	4,06	4,25	4,01	4,13	$\bar{Y} = 4,12$	-----	0,9842
CMS		102,2					
(g/kgPV <sup>0,75</sup> )	96,33	1	96,92	99,07	$\bar{Y} = 98,63$	-----	0,9068
PVI (kg)	24,68	25,85	25,04	25,65	$\bar{Y} = 25,31$	-----	0,7827
PVA (kg)	39,33	40,50	42,20	38,97	$\bar{Y} = 40,25$	-----	0,9467
GMD (kg)	0,258	0,330	0,373	0,363	$\hat{Y} = 0,22741+0,00107RC$	0,20	0,0500
CA	5,07	4,47	3,87	3,98	$\hat{Y} = 4,92692-0,01161RC$	0,31	0,0111

<sup>1</sup> RC = Nível de substituição do volumoso da dieta por resíduo de cervejaria.

A partir desse estudo em que se comprovou a eficácia do uso de RUC como alimento volumoso na dieta de cordeiros, Teixeira (2018), testou diferentes proporções de RUC como fonte de volumoso na terminação de cordeiros em confinamento. Foram utilizados 32 cordeiros machos, não castrados, oriundos de um cruzamento alternado contínuo entre as raças Texel e Ile de France, desmamados aos 50 dias de idade. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e oito repetições em cada.

Os tratamentos foram constituídos por diferentes níveis de volumoso, sendo resíduo úmido de cervejaria (RUC) como fonte exclusiva de volumoso da dieta (31%, 44%, 57% ou 70%), com base na matéria seca (Tabela 9).

**Tabela 9.** Proporção dos ingredientes (%MS) e composição bromatológica das dietas experimentais.

	Teor de resíduo de cervejaria			
	31%	44%	57%	70%
Proporção dos ingredientes (%MS)				
Resíduo de cervejaria	31,00	44,00	57,00	70,00
Milho quebrado	51,84	42,14	32,37	22,61
Farelo de soja	14,03	10,53	7,05	3,57
Calcário calcítico	2,13	2,33	2,58	2,82
Sal	1,00	1,00	1,00	1,00
Composição bromatológica (%MS)				
MS	68,44	60,20	51,97	43,74
MO	93,12	92,50	91,83	91,18
PB	18,81	18,81	18,81	18,81
FDN	26,94	33,76	40,58	47,40
FDA	8,73	11,27	13,80	16,34
NDT	77,16	74,44	71,68	68,92
Ca	0,86	0,94	1,04	1,14
P	0,43	0,47	0,52	0,57

O consumo de MS apresentou comportamento quadrático ( $P \leq 0,05$ ) aumentando até o ponto de máxima de 1,54 kg/dia para o nível de 49,2% de RUC como volumoso da dieta. A partir desse ponto, o consumo diminuiu como consequência do aumento do teor de FDN da dieta (Tabela 10) e, dessa forma, sendo influenciado pelo mecanismo de regulação física. Outro aspecto a ser discutido é o teor de umidade, sendo que dietas com menos de 50% de MS pode limitar o consumo voluntário dos animais. Sendo assim, as dietas com maior nível de RUC como alimento volumoso tem o teor de umidade aumentado, onde o nível 57% de RUC está no limite, apresentando 51,97% de MS e a dieta de 70% de RUC, abaixo do recomendado, com 43,74% de MS, auxiliando assim no consumo expresso de forma quadrática.

O ganho de peso diário foi influenciado de forma quadrática ( $P \leq 0,05$ ) com o aumento de resíduo úmido de cervejaria como fonte de volumoso da dieta (Tabela 10), de maneira que acompanhou a ordem e resultados dos consumos de matéria seca. No presente trabalho o GMD obteve seu ponto de máxima ao nível de 46,9% de RUC como volumoso da dieta com 0,375 g de GMD.

**Tabela 10.** Valores médios para consumo de matéria seca (CMS), peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), ganho de peso médio diário (GMD), conformação (CON) e escore de condição corporal (ECC) dos cordeiros, de acordo com os diferentes níveis de resíduo úmido de cervejaria como alimento volumoso da dieta.

	Teor de resíduo de cervejaria				Equação de regressão <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	Pr>F
	31	44	57	70			
CMS					$\bar{Y}=0,8156+0,0295RC-$		
(kg/dia)	1,40	1,47	1,39	1,22	$0,0003RC^2$	0,31	0,0265
PVI (kg)	21,60	23,29	21,30	20,29	$\bar{Y}=21,622$	-----	0,2774
PVA (kg)	34,96	34,55	34,51	34,28	$\bar{Y}=34,574$	-----	0,1296
GMD					$\bar{Y}=0,0561+0,0136RC-$		
(kg)	0,338	0,370	0,360	0,294	$0,0011RC^2$	0,30	0,0108
CA	3,87	4,08	3,89	4,27	$\bar{Y}=4,03$	-----	0,3127
CON (1-							
5) <sup>2</sup>	3,18	3,25	3,00	2,93	$\bar{Y}=3,09$	-----	0,1613
ECC (1-							
5) <sup>3</sup>	3,62	3,41	3,41	3,28	$\bar{Y}=3,43$	-----	0,3361

<sup>1</sup> RC = Teor de resíduo de cervejaria como alimento volumoso.

<sup>2</sup> Conformação: 1 = muito pobre – 5 = excelente

<sup>3</sup> Escore de condição corporal: 1 = muito pobre – 5 = excelente

Deve-se destacar a similaridade ( $P>0,05$ ) obtida para a conversão alimentar, indicando que, independentemente do nível de utilização do RUC como alimento volumoso os animais foram eficientes de maneira similar na conversão da matéria seca e de nutrientes ingeridos em ganho de peso vivo. O valor médio obtido de 4,03:1 é considerado satisfatório e se encontra próximo aquele normalmente obtido para cordeiros dessa categoria e terminados em sistema de confinamento.

Outro resultado importante a ser enfatizado é o escore de condição corporal dos cordeiros no momento de abate, o qual não foi influenciado significativamente ( $P>0,05$ ) pelo nível de RUC da dieta. Isso demonstra que todos os níveis RUC foram eficientes em relação ao grau de acabamento dos animais, sendo que o valor médio de 3,43 está próximo do recomendado para o abate.

Com base nos resultados obtidos nesse estudo, concluiu-se que o máximo ganho de peso é obtido quando se utiliza 46,9% de resíduo úmido de cervejaria como fonte de volumoso na dieta, podendo-se recomendar esse nível para a terminação de cordeiros em sistema de confinamento.

O resíduo de pré-limpeza de soja (RPLS) é outro subproduto da agroindústria com potencial de utilização na alimentação de ovinos. A geração desse resíduo representa 1% do total de soja produzida, o que caracteriza o grande volume gerado e a grande disponibilidade desse resíduo para utilização na alimentação animal. Para avaliar a sua utilização, Costa (2020) testou diferentes níveis de RPLS em substituição da silagem de sorgo (% da MS) na terminação de cordeiros em confinamento, sendo: 0%, 33,5%, 66,5%, ou 100% de substituição (Tabela 11). Foram utilizados 32 cordeiros, machos, não castrados, cruzado Texel x Ile de France, desmamados aos 60 dias de idade

**Tabela 11.** Proporção dos ingredientes (%MS) e composição bromatológica das dietas experimentais.

	Teor de resíduo de PLS			
	0	33,5	66,5	100
	Proporção dos ingredientes (%MS)			
Silagem de sorgo	45,00	29,93	15,08	0,00
Resíduo de PLS	0,00	15,08	29,93	45,00
Milho quebrado	25,45	27,05	28,55	30,07
Farelo de soja	28,31	26,87	25,46	24,03
Calcário calcítico	1,24	1,08	0,99	0,90
	Composição bromatológica (%MS)			
MS	64,3	72,29	80,18	88,19
PB	18,81	18,81	18,81	18,81
FDN	34,9	35,09	35,27	35,45
FDA	18,66	19,45	20,22	21,01
Ca	0,66	0,62	0,60	0,58
P	0,33	0,31	0,30	0,29

O comportamento quadrático observado para o consumo de matéria seca (Tabela 12) pode ser explicado pelo aspecto de que o RPLS continha o teor de lignina um pouco superior à silagem de sorgo, o que possivelmente limitou o consumo à medida que aumentava o nível de resíduo, pois esta fração ao ser

indigestível por ruminantes, possivelmente aumentou o enchimento ruminal fazendo com que o consumo fosse limitado fisicamente.

Quanto as variáveis relacionadas ao desempenho e as características de carcaça observa-se que essas não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pelo teor de RPLS utilizado nas dietas, apresentando valores satisfatórios e de acordo com o esperado para a categoria animal avaliada. Sendo assim, pode-se recomendar a substituição total de silagem de sorgo por resíduo de pré-limpeza de soja como alimento volumoso na dieta de cordeiros confinados quando se utiliza uma relação volumoso:concentrado de 45:55, em base de matéria seca.

**Tabela 12.** Valores médios para consumo de matéria seca (CMS), peso vivo inicial (PVI), peso vivo ao abate (PVA), ganho de peso médio diário (GMD), peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF) e espessura de gordura subcutânea (EGOR), de acordo com os tratamentos.

	Teor de resíduo de RPLS <sup>1</sup>				ER	CV (%)	P>F
	0	33,5	66,5	100			
CMS (kg/dia)	1,030	1,274	1,230	1,063	1	16,81	0,0062
PVI (kg)	20,36	21,55	21,69	23,30	$\bar{Y}=21,72$	16,11	0,1300
PVA (kg)	33,64	33,26	32,88	33,12	$\bar{Y}=33,22$	2,17	0,0943
GMD (kg/dia)	0,241	0,323	0,298	0,307	$\bar{Y}=0,292$	21,82	0,1013
PCQ (kg)	16,41	16,17	16,19	16,55	$\bar{Y}=16,33$	3,77	0,1849
PCF (kg)	15,99	15,72	15,7	16,14	$\bar{Y}=15,90$	3,86	0,1402
RCQ (%)	48,77	48,62	49,28	49,97	$\bar{Y}=49,16$	3,25	0,1183
RCF (%)	47,53	47,26	47,94	48,73	$\bar{Y}=47,87$	3,29	0,1138
EGOR (mm)	1,69	2,09	2,05	1,88	$\bar{Y}=1,92$	35,61	0,2562

<sup>1</sup> RPLS = Nível de substituição do volumoso da dieta por resíduo de pré-limpeza de soja.  $1 - \hat{Y} = 1,03840 + 0,00941RPLS - 0,000093RPLS^2$   $R^2=0,24$ .

Um outro produto avaliado foi o bagaço de azeitona (BA), um subproduto da produção de azeite de oliva cuja produção tem aumentado muito nos últimos anos na região Sul do Brasil. O uso do bagaço de azeitona na alimentação animal é interessante pois pode reduzir os custos com a alimentação dos animais, por se tratar de um subproduto, e este destino diminui custos para

agroindústria, que teria que fazer o tratamento deste material antes de descartar no meio ambiente. É importante destacar que o uso de bagaço de azeitona pode proporcionar melhorias nutritivas na qualidade da carne de cordeiros, onde sua utilização na dieta desses animais induz considerável mudança no perfil de ácidos graxos, incluindo diminuição de ácidos graxos saturados, aumento do conteúdo de ácidos graxos insaturados e melhoria na relação ômega6:ômega3.

Teixeira (2022), em seu experimento de doutorado, testou a inclusão de níveis crescentes de bagaço de azeitona (BA) em substituição a silagem de milho (SM) como alimento volumoso na dieta de cordeiros em confinamento. Foram utilizados 35 cordeiros machos, não castrados, cruzas Texel x Ile de France, desmamados aos  $50 \pm 5$  dias de idade, mantidos em baias individuais. Os tratamentos foram constituídos por cinco níveis de substituição de SM por BA, sendo eles 0%, 15%, 30%, 45% e 60%, com base na matéria seca (MS). Utilizou-se uma relação volumoso: concentrado de 50:50, em base da MS. O concentrado foi constituído por milho desintegrado, farelo de soja, calcário calcítico e sal comum (Tabela 13).

Ao se avaliar o consumo de matéria seca (Tabela 14), verifica-se que o mesmo foi ajustado de forma linear decrescente ( $P \leq 0,05$ ) pelos níveis de substituição de silagem de milho por bagaço de azeitona na dieta, resultado esse relacionado a elevação do teor de extrato etéreo das dietas. Já o ganho de peso diário variou de forma linear decrescente ( $P \leq 0,05$ ) com o aumento de bagaço de azeitona na dieta (Tabela 4), de maneira que acompanhou a ordem e resultados dos consumos de MS

Em relação ao perfil lipídico da carne dos cordeiros, a principal diferença observada foi na concentração dos ácidos graxos desejáveis (AGD), os quais são obtidos pela soma dos ácidos graxos monoinsaturados (AGM), poli-insaturados (AGP) e ácido esteárico (C18:0)). Verifica-se na Tabela 14 que estes aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ) de acordo com a substituição do volumoso por BA nas dietas experimentais, mostrando assim o potencial produtivo de melhoria da qualidade da carne dos cordeiros.

**Tabela 13.** Proporção dos ingredientes (%MS) e composição bromatológica das dietas experimentais.

	Níveis de substituição de SM por BA				
	0%	15%	30%	45%	60%
Proporção dos ingredientes na dieta total (%MS)					
Silagem de Milho	50,00	42,50	35	27,50	20
Bagaço de Azeitona	-	7,50	15	22,50	30
Milho Moído	19,85	20,11	20,36	20,63	20,89
Farelo de Soja	28,13	27,82	27,51	27,20	26,89
Calcário Calcítico	1,02	1,07	1,13	1,17	1,22
Sal comum	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Composição bromatológica (%MS)					
MS	59,4	59,6	59,9	60,2	60,4
FDN	26,8	27,7	28,5	29,3	30,1
FDA	13,4	14,6	15,9	17,1	18,4
NDT	68,8	71,3	73,8	76,3	78,7
PB	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8
EE	2,29	4,02	5,73	7,49	9,23
Ca	0,60	0,66	0,72	0,78	0,84
P	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42

**Tabela 14.** Valores médios para consumo, desempenho e perfil lipídico da carne dos cordeiros, de acordo com os diferentes níveis de inclusão de bagaço de azeitona no volumoso da dieta.

Item	Taxa de substituição de SM por BA <sup>1</sup> , %					EPM <sup>2</sup>	Probabilidades <sup>3</sup>				
	0	15	30	45	60		Trat.	L	Q	C	Des.
CMS (kg/d)	1,32	1,26	1,23	1,02	0,98	0,025	<0,01	<0,01	0,50	0,43	0,25
GMD (kg/d)	0,33	0,33	0,32	0,26	0,26	0,010	0,08	<0,01	0,67	0,40	0,51
AGS	44,7	44,7	43,0	45,2	44,6	0,410	0,49	0,89	0,44	0,69	0,11
AGMI	39,2	39,4	39,2	37,6	39,1	0,343	0,43	0,40	0,66	0,14	0,39
AGP	7,89	8,06	8,95	8,98	8,52	0,360	0,81	0,39	0,49	0,64	0,78
AGI	47,1	47,5	48,1	46,5	47,6	0,274	0,44	0,94	0,72	0,24	0,15
AGI:AGS	1,05	1,06	1,12	1,03	1,07	0,016	0,42	0,94	0,47	0,48	0,10
n3	0,69	0,70	0,72	0,69	0,66	0,031	0,99	0,74	0,66	0,99	0,91
n6	6,68	6,87	7,70	7,85	7,48	0,327	0,73	0,27	0,51	0,62	0,81
n6:n3	9,52	9,83	10,75	11,6	11,2	0,222	0,02	<0,01	0,39	0,20	0,85
AGD	65,4	65,3	65,5	66,1	67,0	0,233	0,14	0,02	0,23	0,94	0,95

CMS = consumo de matéria seca; GMD = ganho de peso médio diário; AGS = ácidos graxos saturado; AGMI = ácidos graxos monoinsaturado; AGP = ácidos graxos poli-insaturados; AGI = ácidos graxos insaturados; AGI:AGS = razão dos ácidos insaturados/saturados; n3 = ácidos graxos ômega3; n6 = ácidos graxos ômega6; AGD = ácidos graxos desejáveis;

<sup>1</sup> BA = Teor de Bagaço de Azeitona no alimento volumoso.

<sup>2</sup>EPM = Erro padrão da média

<sup>3</sup>Probabilidades: Efeito do tratamento (Trat); Linear (L); Quadrático (Q); Cúbico (C); Desvio da Cúbica (Des).

### 3. Considerações finais

Comprovou-se nos estudos desenvolvidos que é viável a utilização de subprodutos agroindústrias na alimentação de ovinos. Contudo, é importante que se tenha conhecimento das características nutricionais do produto que será utilizado, principalmente em relação aos aspectos antinutricionais, de forma que não prejudique o consumo, o desempenho e as características da carcaça e da carne produzida. Sendo assim, mais estudos devem ser conduzidos a fim de se obter informações suficientes para subsidiar a tomada de decisão quanto ao uso racional desses subprodutos na alimentação dos animais.

### 4. Referências bibliográficas

- BROCHIER, M.A. **Aproveitamento do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros confinados em fase de terminação.** 2007. 88f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Curso de Pós-graduação em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale.
- COSTA, V.R. **Resíduo de pré-limpeza de soja como alimento volumoso na terminação de cordeiros em confinamento.** 2020. 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- DIAS, F.D. **Substituição do alimento volumoso por casaca de soja na alimentação de cordeiros das raças Texel e Ideal em confinamento.** 2012. 82f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- FRASSON, F.D. **Resíduo úmido de cervejaria em substituição ao alimento volumoso na terminação de cordeiros em confinamento.** 2015. 85f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- PILECCO, V.M. **Uso de caroço de algodão na terminação de cordeiros em confinamento.** 2016. 67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- TEIXEIRA, W.S. **Terminação de cordeiros em confinamento com resíduo úmido de cervejaria como fonte de volumoso.** 2018. 79f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- TEIXEIRA, W.S. **Bagaço de azeitona na terminação de cordeiros em confinamento.** 2022. 66f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

## **Autores**

Sérgio Carvalho, Diúlia Zeolin Galvani, Viviana Reboledo da Costa, William Soares Teixeira, Bernardo da Trindade Gallarreta, Mônica Feksa Rasson

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

---

## Seleção e melhoramento genético de bovinos de corte para características reprodutivas

Thaise Pinto De Melo, Andreia Kaspary Zwirtes, Louise Belmonte Faverzani, Delvan Alves Silva, Roberto Carvalheiro, Lucia Galvão Albuquerque

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c4>

### Resumo

As características reprodutivas estão intimamente associadas com o sucesso dos sistemas de produção de bovinos de corte, pois animais sexualmente precoces produzem maior número de filhos ao longo de sua vida produtiva, trazendo mais lucros à atividade. Assim, programas de melhoramento genético têm incluído características reprodutivas como critério de seleção e descarte de animais. Em geral estas características apresentam baixa herdabilidade, são altamente influenciadas pelas condições ambientais e são complexas, isto é, controladas por vários genes de pequeno efeito. Assim, é importante que fatores ambientais sejam apropriadamente incluídos nos modelos de avaliação genética, a fim reduzir erros estimados no modelo e classificar os animais corretamente. Além do correto ajuste dos modelos de avaliação genética, compreender quais genes desempenham papel chave na expressão dos fenótipos, auxilia na seleção de animais com genética superior. Com o advento da genômica os caracteres reprodutivos foram especialmente beneficiados, diminuindo consideravelmente o intervalo de gerações para a seleção destas características. Ainda na fase embrionária o material biológico pode ser coletado e os animais terem o seu mérito genético computado, reduzindo anos de testes de progênie e diminuindo os custos com programas de melhoramento. Apesar dos avanços do melhoramento genético nas últimas décadas, parte deste conhecimento ainda está distante da realidade dos produtores. Assim, iniciativas que disseminem o conhecimento produzido nas universidades e institutos de pesquisa ao produtor, técnicos e profissionais da área devem ser mais frequentes, assim como o projeto de extensão Genepec – UFSM, garantindo que o conhecimento chegue, a uma linguagem acessível a quem precisa.

### 1. Introduction

O Brasil apresenta atualmente um dos maiores rebanhos bovinos comerciais, com um total de 193,78 milhões de cabeças. Está atualmente na

segunda posição no ranking mundial, ficando atrás da Índia, que detêm 306,7 milhões de bovinos e é o maior exportador mundial de carne bovina. Do total produzido em 2022, foram consumidas no mercado interno 72% (7,5 milhões/t) e destinadas à exportação 28% (2,8 milhões/t) (USDA, 2023), tendo um aumento de 5,28% na quantidade de bovinos abatidos, em comparação com 2021.

De acordo com o relatório publicado pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC, 2023), dentre o valor total obtido com o faturamento das exportações, cerca de 47,55% (US\$ 158,87 bilhões) foram oriundos do agronegócio e US\$ 12,96 bilhões foi advindo da comercialização de carne bovina ao mercado externo, ou seja, isso corresponde a 8,16% do total exportado pelo agronegócio em 2022.

A produção global de carne bovina para o ano de 2023 está prevista em 59,1 milhões de toneladas, conforme dados do United States Department of Agriculture (USDA, 2023), com um incremento na produção de 1%, na qual é motivada pelos elevados preços de comercialização no mercado mundial. Assim, espera-se que o Brasil aumente em 2% a quantidade de bovinos abatidos em 2023, ultrapassando 10,350 milhões de toneladas (equivalente ao peso da carcaça) que foram produzidos durante 2022.

Apesar do Brasil possuir grande potencial de expansão de produção de carne, o seu sistema de produção ainda é ineficiente, comparado a outros países. Um exemplo, é os Estados Unidos: neste país a taxa de abate é de cerca de 35% em relação ao tamanho populacional bovino, enquanto que no Brasil, este valor é de apenas 23%. Assim, o custo relativo de criação e abate de animais para produzir um quilograma de carne é maior no Brasil que nos Estados Unidos (DAY e NOGUEIRA, 2013).

São muitos os fatores que contribuem para esta baixa eficiência, dentre eles podemos citar, a idade de abate, o sistema de manejo e alimentação e a baixa eficiência reprodutiva dos rebanhos (DAY e NOGUEIRA, 2013). Em regiões com condições ambientais muito adversas como no nordeste do Brasil, a idade ao primeiro parto das vacas pode chegar aos 5 anos de idade (LÔBO, 1998).

Ao longo das últimas décadas, programas de melhoramento genético nacional têm desenvolvido métodos estatísticos adequados para avaliação genética de animais sob seleção, o que tem corroborado com os índices de produtividade. O maior desafio no melhoramento genético é a identificação dos genótipos superiores e a disseminação dos mesmos de forma rápida a fim de garantir o maior e mais rápido retorno econômico ao produtor. Assim, tornou-se possível, a multiplicação mais rápida de animais superiores geneticamente a partir da aplicação das biotécnicas de reprodução e recentemente, aliadas à seleção genômica.

Com a seleção tradicional, os registros fenotípicos de um indivíduo e de seus parentes são quantificados para a obtenção dos valores genéticos preditos. Já com a informação genômica, é possível obter um ganho genético mais rápido do que o alcançado com métodos tradicionais de seleção (COSTA, 2019). Além da redução do tempo, os valores genéticos dos animais são mais acurados, isto é, apresentam maior confiabilidade quando a informação genômica é adicionada à informação de pedigree tradicional.

O conhecimento sobre melhoramento genético produzido nas universidades precisa ser mais discutido e popularizado entre produtores e técnicos agropecuários que lidam diretamente com os animais à campo, mesmo entre os estudantes das áreas das agrárias existe certa dificuldade quanto a esta temática. De modo que muitas práticas realizadas nas propriedades são feitas empiricamente, sem embasamento técnico-teórico. Assim, estratégias que levem este conteúdo de forma acessível a técnicos, produtores e sociedade de um modo geral, devem ser desenvolvidas.

## **2. Avaliação genética de bovinos de corte para características reprodutivas**

O Brasil possui um rebanho bovino constituído por uma ampla diversificação de raças, em especial, as raças originárias da Índia, pertencentes a espécie *Bos taurus indicus* (Zebu), que constitui o principal grupamento genético de bovinos. Esta subespécie foi inserida no Brasil durante os séculos XVIII e XIX, quando os portugueses trouxeram alguns exemplares de

reprodutores bovinos Zebuínos, como fonte de alimento e trabalho (OLIVEIRA; MAGNABOSCO; BORGES, 2002).

Neste sentido, dentre os animais zebuínos, a raça Nelore é a mais disseminada atualmente no território nacional, com cerca de 80% do rebanho bovino do Brasil, consistindo de animais Nelore ou suas cruzas (ABIEC, 2018). O motivo da alta disseminação da raça foi a sua potencial adaptabilidade ao ambiente tropical, com satisfatória capacidade de produção em condições de escassez de recursos hídricos, forragem de baixa qualidade, longos períodos de estiagem e vazio forrageiro e alta resistência contra endo e ectoparasitas (MARQUES, 2018).

Ao longo das últimas décadas, programas de melhoramento genético têm incluído as características reprodutivas como critério de seleção e descarte de animais (YOKOO; MAGNABOSCO; ALBUQUERQUE, 2012). Animais mais precoces sexualmente produzem bezerros mais cedo, trazendo retorno econômico ao produtor mais rapidamente, além disso, animais sexualmente eficientes, ou seja, que apresentam sucesso em reconceber geram mais produtos ao longo de sua vida produtiva o que aumenta também sua longevidade no rebanho (CAMPOS et al., 2005). As raças zebuínas foram historicamente conhecidas pela sua baixa eficiência reprodutiva em relação a raças taurinas (*Bos taurus taurus*), atingindo a puberdade e produzindo o primeiro produto mais tardiamente que as raças europeias. Alguns autores (NOGUEIRA et al., 2004) associam esta baixa eficiência reprodutiva com fatores nutricionais e de manejo inadequados, no entanto, aspectos genéticos também estão envolvidos.

Desde 1936 a Associação Brasileira de Criadores Zebu (ABCZ, 2023) é responsável por reunir mais de 16 milhões de registros genealógicos de animais das raças zebuínas. A ABCZ coordena o Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos (PMGZ), realizando avaliações genéticas em larga escala para bovinos zebuínos em todo o território nacional. Conforme as últimas estimativas divulgadas no segundo trimestre de 2023 pela ABCZ, para a avaliação genética da raça Nelore, o banco de dados continha 18.265.916 registros válidos relacionados a uma população de 14.365.207 animais nascidos entre 1991 e 2022. O PMGZ contém 13.028.512 registros associadas a características de crescimento, 1.944.106 informações de idade ao primeiro parto, 1.037.503 dados de habilidade de permanência no rebanho (STAY), 321.433 registros de

perímetro escrotal ao ano, como também, 582.883 registros de perímetro escrotal medido ao sobreano.

Ao considerar os aspectos de índices reprodutivos da raça Nelore no Brasil, conforme o sistema integrado de avaliação genética, ao longo dos últimos anos a idade ao primeiro parto (IPP) e percentual de sucesso da STAY, em média está em 1.166 (39 meses) para IPP e 34,32% para STAY, respectivamente. O perímetro escrotal medido aos 365 (PE365) e ao sobreano (PE450), em média, apresenta 21,25 cm e 24,96 cm respectivamente. Estes índices mostram que apesar dos avanços obtidos para estas características nas últimas décadas, ainda há progressos a serem alcançados para melhorar a eficiência reprodutiva no país.

Características relacionadas com precocidade sexual e longevidade apresentam em geral baixa herdabilidade, pois são altamente influenciadas pelo ambiente (nutrição, manejo, sanidade) e possuem vários genes de pequeno efeito controlando a expressão destas características. Este fator tem impacto negativo sobre o ganho genético e a seleção, porém, não significa que progressos genéticos não possam ser alcançados. Estudos mostram que estas características dispõem de variação genética para seleção, apresentando as seguintes herdabilidades (direta): IPP (0,11), STAY (0,12), PE365 (0,35) e PE450 (0,34) (PMGZ, 2022). Assim, de acordo com as tendências genéticas e endogamia apresentada no banco de dados do PMGZ, a idade ao primeiro parto, stayability e perímetro escrotal vêm apresentando uma evolução genética consistente para a média da raça Nelore.

A idade ao primeiro parto (IPP), é comumente utilizada como critério de seleção em especial por ser uma característica de fácil mensuração. A IPP está associada a idade à puberdade dos animais, aos custos de produção e marca o início da vida produtiva das fêmeas (NÚÑEZ-DOMINGUEZ et al., 1991, PEROTTO et al., 2006). A redução da IPP representa para o produtor um retorno econômico mais rápido, um aumento da quantidade de peso vivo por hectare (PÖTTER et al., 1998) e um maior número de fêmeas em idade reprodutiva. Além disso, a obtenção da IPP não demanda custos adicionais ao produtor.

O perímetro escrotal (PE) tem se mostrado uma excelente indicadora da idade a puberdade em touros, sendo com frequência utilizada como critério de seleção em bovinos. Esta é uma característica avaliada nos machos, e apresenta

elevada correlação genética com características relacionadas à qualidade do sêmen (KNIGHTS et al., 1984), e a idade à puberdade de machos e fêmeas (MARTIN et al., 1992; e MOSER et al., 1996) e características de crescimento (LÔBO et al., 1994; BERGMANN et al., 1996). Além disso, o PE é uma variável de fácil mensuração e baixo custo, obtida através de uma fita métrica apropriada que circunda firmemente a parte anatômica mais larga da bolsa escrotal do animal, sem comprimir os testículos.

As características de longevidade de um rebanho são igualmente importantes para um sistema produtivo. Tendo em vista, que a habilidade de permanência no rebanho é um elemento que está associado a fatores produtivos, reprodutivos, nutricionais e econômicos. Animais pouco produtivos, prolíficos ou ineficientes em termos nutricionais trarão menor rentabilidade ao produtor e, por consequência, serão descartados mais cedo do rebanho, o que reduz a sua longevidade (VAN ARENDONK, 1986).

Outra característica capaz de avaliar a longevidade das fêmeas no rebanho é o número de partos/fêmeas até uma certa idade. Alguns autores têm utilizado diferentes idades como parâmetro para avaliar a eficiência reprodutiva e a habilidade de permanência das matrizes no rebanho (NEVES et al., 2012; KLUSKA et al., 2018; RAMOS et al., 2019). Em situações que envolvem o número de partos aos 53 meses de idade (NP53), existe a vantagem de se utilizar em detrimento da habilidade de permanência no rebanho, sendo possível ser medida mais cedo na vida do animal e ter a vantagem de considerar na avaliação desde fêmeas que nunca emprenharam (tardias) até aquelas que tiveram consecutivos sucessos em reconceber (super precoces) (NEVES et al., 2012).

### **3. Modelos de avaliação genética para características reprodutivas em bovinos de corte**

Nos modelos de avaliação genética, os fatores ambientais que influenciam as características são em geral incluídos como efeitos fixos, nos grupos de contemporâneos (GCs). Os GCs incluem informações relativas ao ambiente no qual os animais viveram, ou seja, incluem os fatores ambientais que estes animais tinham em comum, como por exemplo, a fazenda, o ano ou estação de nascimento, ou grupos de manejo, etc. Existem diferentes definições

de grupos de contemporâneos que variam de acordo com a espécie, raça dos animais, sistema de manejo, característica avaliada, etc.

Os modelos de avaliação genética para características reprodutivas em geral utilizam o modelo animal, incluindo o valor genético aditivo dos animais como efeito aleatório e os grupos de contemporâneos como efeitos fixos. Estes têm concatenado informação de grupos de contemporâneo com características ao desmame do primeiro produto, por exemplo. SENA et al. (2013), avaliando parâmetros genéticos para a IPP, utilizaram como GC as informações de fazenda, estação de nascimento e lote de manejo aos 550 dias de idade. Em um estudo realizado por DIAS et al. (2004), foi estimado componentes genéticos para a IPP e compararam os resultados utilizando diferentes definições de GCs, encontrando pequenas variações na estimação da herdabilidade entre os diferentes grupos. SILVA et al. (2017) também avaliaram o impacto de diferentes definições de GC na resposta a seleção para o peso ao desmame em bovinos Nelore e concluíram que os melhores resultados foram obtidos ao utilizar 2,5, 3,0 e 3,5 desvios-padrão para remoção de outliers e um tamanho mínimo de 15 animais por GC.

A correta definição dos modelos de avaliação genética é imprescindível, para obtenção de valores genéticos acurados e confiáveis, além de auxiliar na correta classificação e seleção dos animais.

#### **4. Detecção de genes candidatos para a seleção de características reprodutivas**

A seleção de bovinos para características reprodutivas é desafiadora devido a estas características serem em geral de baixa herdabilidade, altamente influenciadas pelo ambiente e complexas, isto é, controladas por muitos pares de genes de pequeno efeito. Estas características também são expressas como resultado de uma orquestra de hormônios atuando sinergicamente em diferentes fases da vida dos animais.

Assim, na era pré-genômica os marcadores moleculares utilizados para avaliar estas características eram de certo modo limitados, pois não cobriam todo o genoma e apresentavam baixo grau de polimorfismo. Além disso, algumas metodologias eram dispendiosas e pouco eficientes para aplicação em grandes

populações. Marcadores do tipo microssatélites foram bastante utilizados na década de 90, até o início dos anos 2000 para a detecção de QTLs (*Quantitative Trait Loci*) associados com características reprodutivas em bovinos (ASHWELL et al., 2004). Estes marcadores são polimórficos e bem distribuídos no genoma, porém apresentam custo elevado, o que dificulta seu uso em larga escala para uma boa cobertura do genoma e um grande número de indivíduos, capturando apenas as regiões de maior efeito. Este fator limitou o uso destes marcadores na pecuária, assim, um pequeno número de QTLs puderam ser detectados com o uso de microssatélites em bovinos (GARRICK, 2011).

Nas últimas décadas, com o advento da era genômica, surgiram os painéis de marcadores SNP, com milhares de marcadores cobrindo todo o genoma (MEUWISSEN et al., 2001). Os SNPs são abundantes e bem distribuídos no genoma de todas as espécies de interesse econômico, sendo atualmente o marcador mais utilizado para a seleção genômica em larga escala. Os preços da genotipagem vêm decrescendo substancialmente nas últimas décadas, tornando a tecnologia acessível a muitos produtores. Há atualmente painéis de SNPs comerciais genotipados para características e raças específicas e serviços de genotipagem personalizados para genes específicos, como a Beta Caseína. Alguns painéis também têm incluído SNPs associados a características relacionadas com a precocidade sexual em bovinos.

Além da seleção genômica para diversas características reprodutivas (HUTCHISON et al., 2017, COSTA et al., 2019), a genômica também possibilitou a aplicação dos estudos de associação genômica ampla (GWAS) para estas características, a fim de identificar regiões genômicas associadas com características como IPP, PE, reconcepção de primíparas, entre outras (COSTA et al., 2015, IRANO et al., 2016, MELO et al., 2017).

Além da genômica, outras ômicas surgiram como ferramentas para auxiliar na compreensão dos mecanismos de regulação gênica dos caracteres complexos. A transcriptômica, por exemplo, consiste na análise das moléculas de RNA transcritos, e tem por objetivo principal determinar quais genes são expressos sob determinadas condições específicas. Já a proteômica, busca compreender quais proteínas são sintetizadas, sob certas situações. E a metabolômica, estuda todos os conjuntos de metabólitos (produtos finais de interações complexas) produzidos em uma célula.

As ômicas vêm sendo utilizadas para investigar diversos fenômenos relacionados com o sucesso reprodutivo em bovinos. Estudos de transcriptômica confirmaram que alterações nas dietas de fêmeas pré-puberes causou alteração na regulação do eixo hipolâmico relacionado com a expressão de genes chave associados ao início da puberdade (SANCHÉZ et al., 2021). COEN et al. (2023) também relacionaram a dieta em idades jovens com alterações no padrão de expressão gênica relacionada com o crescimento testicular em touros jovens, integrando estudos de transcriptômica e proteômica. Já FUNESHIMA et al. (2021) utilizaram estudos de metabolômica para investigar a produção de metabólitos relacionados com falhas na concepção de fêmeas bovinas. Os autores encontraram um metabolito relacionado com processos imunológicos e reconhecimento fetal sendo produzido em maiores níveis no plasma sanguíneo das fêmeas que apresentaram dificuldade em conceber.

Uma abordagem multi-ômica, é uma excelente ferramenta para a detecção de QTLs e pode ser utilizada para a seleção de animais sexualmente precoces, bem como para outras características reprodutivas de interesse. Com as ômicas um grande volume de dados vem sendo produzido e o grande desafio na atual era, conhecida como era “*big data*”, é conseguir armazenar, processar, integrar e interpretar todo o volume de informações gerado, traduzindo-o em eficiência e lucro ao produtor.

## **5. Disseminação de conhecimento sobre melhoramento genético animal a sociedade**

O melhoramento genético é um instrumento de grande importância para a produção animal, uma ferramenta na qual permite os criadores aumentarem a eficiência na produção e a lucratividade (CARDOSO, 2009). Tendo em vista, que a criação de animais geneticamente superiores permite o uso mais eficiente dos recursos disponíveis, pois promove a melhoria permanente dos rebanhos e plantéis por meio de diferentes estratégias, sendo a seleção a mais comum. Assim, para atingir o objetivo, inúmeras características de interesse econômico necessitam ser monitoradas, tendo em vista, que os melhores níveis de produtividade são obtidos onde existe uma sintonia com a ambiente/sistema de

produção favorável, o que permite que os animais possam expressar todo seu potencial genético (ROSA et al., 2013).

A aplicação prática do conhecimento teórico de melhoramento genético a fim de promover a seleção de animais geneticamente superiores não é uma tarefa simples, e requer, portanto, o auxílio de profissionais capacitados na área. Conhecimentos computacionais, estatísticos e biológicos são requeridos no processo. Além disso, atualmente há muita informação disponível e de forma relativamente acessível nos veículos virtuais. Apesar da facilidade de acesso, muitas destas informações, em especial na área do melhoramento genético animal, não são de fontes seguras ou quando o são, encontram-se em uma linguagem técnica de alto nível, com acessibilidade restrita a um grupo seleto de pessoas especialistas da área.

Aliado a isso, o melhoramento genético é um tema ainda pouco discutido e compreendido por discentes, produtores e técnicos agropecuários que lidam diretamente com os animais à campo. De modo que muitas práticas realizadas nas propriedades são feitas empiricamente, sem um embasamento técnico-teórico, assim como a seleção de animais reprodutores e sistemas de cruzamentos nas mais diversas espécies de interesse zootécnico. Tal conhecimento é geralmente negligenciado ou aplicado de forma empírica pelo fato de os produtores não compreenderem seu papel e importância na produção animal.

A partir dessa lacuna existente nos meios de produção animal, instituições públicas desenvolvem projetos de extensão a fim de alavancar a popularização do conhecimento na área do melhoramento genético, tendo em vista, que um dos principais compromissos das instituições públicas de educação do país é contribuir com o progresso da sociedade. Assim, iniciativas que trabalham em prol da disseminação do conhecimento precisam ser incentivadas e fortalecidas, bem como parcerias com outras instituições que apresentam o mesmo objetivo.

Dessa forma, inúmeros projetos de extensão rural tem sido criados, com o intuito de criar ligações entre os resultados de pesquisa com a adoção de conhecimentos e tecnologias por produtores rurais (ALVES et al., 2016). Como por exemplo o grupo de melhoramento genético, criado em 2011 pelo Centro de Educação Superior do Oeste (UDESC), que teve por objetivo principal debater

sobre assuntos relacionados ao melhoramento animal e estabelecer na prática a campo os conhecimentos teóricos obtidos pelos discente durante as disciplinas. Outro projeto criado em uma instituição pública de ensino foi o grupo de estudos de melhoramento genético animal da Amazônia (MeGA), que inicialmente objetivou fornecer subsídios para a própria instituição, na Universidade Federal Rural da Amazônia, como também, para associações de criadores e empresas públicas e privadas que trabalham no segmento com o aumento da eficiência do processo produtivo por meio do melhoramento.

Neste contexto, em 2022 foi criado o GenePec, projeto de extensão do departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, que tem por intuito, popularizar conhecimento da área do melhoramento animal a estudantes, técnicos e produtores através de ciclos de palestras e divulgação de materiais de informação técnico-científica no formato on-line, via vídeos em mídias sociais e podcast para o público geral interessado na área do melhoramento genético animal. O GenePec vem criando uma interação positiva entre o meio acadêmico e o meio rural, com troca mútua de experiências.

Assim, o GenePec vem utilizando de ferramentas que maximizem a disseminação do conhecimento na área do melhoramento animal de forma simples e aplicada, que são de grande importância para promover aumento na produtividade. Percebe-se que há uma lacuna enorme entre Universidade e produtores. A experiência do Genepec mostra que os produtores querem ser ouvidos, que suas demandas em geral são bem mais simples que as elevadas pesquisas de ponta conduzidas nas universidades e que seu conhecimento é em geral muito limitado, o que demonstra a importância da formação em especial dos técnicos e profissionais que prestam atendimento a estes produtores.

## **6. Considerações finais**

A correta modelagem dos efeitos fixos nos modelos de avaliação genética garantem que efeitos ambientais que afetam caracteres reprodutivos sejam considerados apropriadamente nos modelos, estimando valores genéticos com elevada acurácia e classificando corretamente os animais candidatos à seleção. Outras ferramentas que vêm auxiliando no aumento da acurácia e redução do

intervalo de gerações são os estudos genômicos e outras ômicas. Estes estudos têm auxiliado na compreensão da arquitetura genética de características complexas, como as reprodutivas. Apesar dos avanços que vêm ocorrendo na área do melhoramento genético nos últimos anos, boa parte deste conhecimento ainda não transpôs os limites das instituições de ensino e pesquisa. Ações de extensão que visem integrar meio acadêmico e meio rural com esforços na transmissão do conhecimento são, portanto, necessárias.

## 7. Referências bibliográficas

- ABCZ. Associação Brasileira de Criadores Zebu. Disponível em: <<https://www.abcz.org.br/>>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- ABIEC. **Rebanho bovino Brasileiro**. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. 2018. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/3rebanho.asp>>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- ABIEC. **Beef Report: Perfil da Pecuária no Brasil, 2023**. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Disponível em: <<https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023-capitulo-01/>>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- ALVES, R. E. et al. **Extensão rural: seu problema não é a comunicação**. In: Ipea. Agricultura, Transformação Produtiva e Sustentabilidade. 2016, p.65-86.
- ASHWELL, MS et al. Detecção de loci de características quantitativas que afetam a produção de leite, saúde e características reprodutivas em bovinos Holandeses. **Revista de ciência láctea**, v.87, n.2, pág.468-475, 2004.
- BERGMANN, J.A.G., et al. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.48, p.69-78, 1996.
- CAMPOS, W. E. et al. **Manejo reprodutivo em gado de corte**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados: 2005. 54 p. (Embrapa. Documentos, 134). Online. Disponível em: <[https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC2009/27469/1/doc\\_134.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC2009/27469/1/doc_134.pdf)>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- CARDOSO, F. F. **Ferramentas e estratégias para o melhoramento genético de bovinos de corte**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2009. Online. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/657470>>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- COEN, S. et al. Early life nutrition affects the molecular ontogeny of testicular development in the young bull calf. **Scientific Reports**, 2023.

- COSTA, R. B. et al. Genome-wide association study of reproductive traits in Nelore heifers using Bayesian inference. **Genetics Selection Evolution**, 2015.
- COSTA, R. B. et al. Prediction of Genomic Breeding Values for Reproductive Traits in Nelore. **Teriogenologia**, 2019.
- COSTA, R. M. **Uso de informação genômica para estimação de Parâmetros genéticos para características de Crescimento e carcaça em bovinos nelore**. 2019. 61f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- DAY, M. L.; NOGUEIRA, G. P. **Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production**. *Animal Frontiers*, v.3, n.4, p.6-11, 2013.
- DIAS, L. T. et al. Estimativas de herdabilidade para idade ao primeiro parto de novilhas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.97-102, 2004.
- FUNESHIMA, N. et al. Metabolomic profiles of plasma and uterine luminal fluids from healthy and repeat breeder Holstein cows. **BMC Veterinary Research**, 2021.
- GARRICK, D. J. **A natureza, escopo e impacto da previsão genômica em bovinos de corte nos Estados Unidos**. *Evolução da Seleção Genética*, v. 43, n. 1, pág. 1-11, 2011.
- HUTCHISON, J. L. et al. Genomic evaluation of age at first calving. **Dairy Science Association**, 2017.
- KLUSKA, S. et al. Estimation of genetic parameters for probability of calving up to 39 months of age, stayability and scrotal circumference in Nelore cattle. **Livestock Research for Rural Development**. v.30, n.82. 2018.
- KNIGHTS, S. A. et al. Estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic correlations among growth and reproductive traits in yearling Angus bulls. **Journal of Animal Science**, v.58, n.4, p.887-93, 1984.
- IRANO, N. et al. Genome-Wide Association Study for Indicator Traits of Sexual Precocity in Nelore Cattle. **Plosone**, 2016.
- LÔBO, R. B. et al. Bivariate animal model analysis of growth weights and scrotal circumference of Nelore cattle in Brazil. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, Guelph, Canada, 1994. p.199-202.
- LÔBO, R. N. B. Genetic parameters for reproductive traits of zebu cows in the semi-arid region of Brazil. **Livestock Production Science**, v.55, n.3, p.245-248, 1998.
- MARQUES, E. G. **Evolução fenotípica da raça nelore na associação**

- brasileira dos criadores de zebu.** 2018. 69f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa.
- MARTIN, L. C. et al. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.4006-4017, 1992.
- MEUWISSEN, T. H. E.; HAYES, B. J.; GODDARD, M. E. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. **Genetics**, v.157, n.4, p.1819-1829, 2001.
- MELO, T. P et al. Genome-wide association study provides strong evidence of genes affecting the reproductive performance of Nelore beef cows. **Plos one**, 2017.
- MOSER, D. W. et al. Effects of selection for scrotal circumference in Limousin bulls on reproductive and growth traits of progeny. **Journal of Animal Science**, v.74, n.4 p.2052-2057, 1996.
- NEVES, H. H. R. et al. Genetic parameters for an alternative criterion to improve productive longevity of Nelore cows. **Journal of Animal Science**, v.90, n.12, p.4209-4216, 2012.
- NOGUEIRA, G. P. **Puberty in south american bos indicus (Zebu) cattle.** **Animal Reproduction Science**, v.82, p.361-372, 2004.
- NUÑEZ-DOMINGUEZ, R. et al. Lifetime production of beef heifers calving first at two vs. three years of age. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3467-3479, 1991.
- OLIVEIRA, J. H. F.; MAGNABOSCO, C. U.; BORGES, A. M. S. M. **Nelore : Base Genética e Evolução Seletiva no Brasil.** Brasília: Embrapa Cerrados, 2002. Online. Available from: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/566499/1/doc49.pdf>>. Acesso em: Ago. 20, 2023.
- PEROTTO, D. et al. Estudos de características reprodutivas de animais da raça Canchim, criados a pasto, no estado do Paraná, Brasil. **Archives of Veterinary Science**, v.11, n.2, p.1-6, 2006.
- PMGZ. **Sistema Integrado de Avaliação Genética.** Available from: <https://www.abczstat.com.br/comunicacoes/sumario/default.aspx?acesso=publico>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- PÖTTER, L. et al. Produtividade de um modelo de produção para novilhas de corte primíparas aos dois, três e quatro anos de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 613-619, 1998.
- RAMOS, P. V.B. et al. Genomic evaluation for novel stayability traits in Nelore cattle. **Reproduction in Domestic Animals**, v.55, n.3, p. 266-273, 2019.
- ROSA, A. N. *et al.* **Melhoramento genético aplicado em gado de corte.**

- Brasília: Embrapa Gado de Corte, 2013. 257p.
- SÁNCHEZ, J. M. et al. A high plane of nutrition during early life alters the hypothalamic transcriptome of heifer calves. **Scientific Reports**, 2021.
- SENA, J. S. S. et al. Parâmetros genéticos, tendências e resposta à seleção de características produtivas da raça Nelore na Amazônia Legal. **Atas de Saúde Ambiental**, v.1, n.1, p.1-13, 2013.
- SILVA, D. A. et al. Grupos contemporâneos na avaliação genética de bovinos Nelore utilizando inferência Bayesiana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 643-651, 2017.
- USDA. United states department of agriculture foreign agricultural service. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade**. Online. Available from: <<https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- VAN ARENDONK, J. A. M. Studies on the replacement policies in dairy cattle. IV. Influence of seasonal variation in performance and prices. **Livestock Production Science**, v. 14, n. 1, p. 15-28, 1986.
- YOKOO, M. J.; MAGNABOSCO, C. U.; ALBUQUERQUE, L. G. Características reprodutivas e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.91-100, 2012.

## **Autores**

Thaise Pinto De Melo<sup>1</sup>, Andreia Kasparly Zwirtes<sup>1</sup>, Louise Belmonte Faverzani<sup>1</sup>, Delvan Alves Silva<sup>2</sup>, Roberto Carvalheiro<sup>3</sup>, Lucia Galvão Albuquerque<sup>4</sup>

1. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.
2. Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG, Brasil.
3. The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO, Canberra, Australia.
4. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.

## CAPÍTULO 5

---

### **Pesquisas em forragicultura no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (UFSM): história e legado para ações futuras**

Luciana Pötter, Fernando Luiz Ferreira de Quadros, Dinah Pereira Abbott Rodrigues, Eduarda Proença de Oliveira, Bruna Fernandes Machado, Fernando Forster Furquim, Lauan Machado Quinhones, Fabielly de Jesus Depra Santos, Eliana Bordin Dutra, Juliana Medianeira Machado, Eduardo Bohrer de Azevedo

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c5>

#### **Resumo**

As pesquisas na linha de forragicultura do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) iniciaram juntamente com as primeiras atividades do PPGZ, no início da década de 1970. O objetivo do presente capítulo foi de realizar um resgate histórico às vésperas da marca de 50 anos de atividades, além de reflexões de ações atuais e futuras. Grande diversidade de assuntos e hipóteses foram abordados, e aqui são separados por estudos em pastagens naturais, exóticas (hibernais e estivais) e suplementação. Produziu-se um total de 100 dissertações de mestrado e 26 teses de doutorado, as quais foram conduzidas principalmente pelos Professores Ismar Barreto, Glênio Santos, Eduardo Moojen, Fernando Quadros, Marta Rocha e Luciana Pötter, além de outros professores que atuaram eventualmente com pesquisas nessa área. Aqui são citados superficialmente os trabalhos conduzidos, sem a intenção de aprofundar os resultados obtidos, que então devem ser buscados nas publicações específicas geradas. O legado construído ao longo de décadas está servindo como motivador e balizador para futuras ações científicas da linha de pesquisa em forragicultura.

#### **1. Histórico da linha de pesquisa em forragicultura no PPGZ**

O início das atividades de pesquisa do PPGZ da UFSM, relacionadas ao tema de forragicultura, ocorreram no início da década de 1970. Os primeiros orientadores foram professores da área de solos, sendo eles Prof. Dr. João Kaminki e Prof. Dr. Luis Severo Mugica Mutti. As pesquisas iniciais referiam-se à qualidade da pastagem natural e as duas primeiras dissertações foram defendidas no ano de 1976. Dando continuidade ao tema de pastagem natural e

também ampliando as pesquisas para o tema de pastagens cultivadas, o programa incorporou como orientador o Prof. Dr. Ismar Leal Barreto e Prof. Dr. Glênio Lopes dos Santos, com dissertações defendidas sob orientação deles em 1979.

Em 1981 defende a dissertação o primeiro orientado do Prof. Dr. Eduardo Londero Moojen. Posteriormente, o Prof. Dr. Fernando Luiz Ferreira de Quadros e a Profa. Dra. Marta Gomes da Rocha ingressam no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de forragicultura, tendo seus primeiros orientados defendido no ano de 1993. A área de plantas forrageiras também contou com a colaboração do Prof. Dr. José Henrique Souza da Silva, tendo orientado a partir do ano de 2005 e da Profa. Dra. Alice Battistin orientando de 1995 até 2002. Os professores Marta e Fernando, quando retornaram dos seus respectivos doutorados, criaram seus laboratórios específicos dentro da área de forragicultura, dando origem ao LEPAN (Laboratório de Ecologia de Pastagens Naturais) e ao Pastos & Suplementos, voltado para área de pastagens cultivadas. O doutorado teve início no ano de 2004, com as primeiras teses defendidas em 2008. Atualmente a linha de pesquisa que abrange os estudos em forragicultura está identificada como “Conservação e Avaliação de Germoplasma de Forrageiras” e conta com dois orientadores, Profa. Dra. Luciana Pötter e Prof. Dr. Eduardo Bohrer de Azevedo.

## **2. Pesquisas em pastagens naturais**

As pesquisas desenvolvidas pelo PPGZ-UFSM, na área de pastagens naturais, enquadram-se como pesquisas básicas ou aplicadas e tiveram início, há cerca de 47 anos. Destacam-se as contribuições dos professores Ismar Barreto (em memória), Glênio Santos, Eduardo Moojen (em memória), Fernando Quadros (em memória) e Marta Rocha pela dedicação na condução das pesquisas e na formação de recursos humanos. Os estudos vêm sendo desenvolvidos em áreas pertencentes ao Departamento de Zootecnia e, através de parcerias (e.g., Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Bagé/RS; Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (ex-Fepagro) – São Gabriel/RS; Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – Uruguai e em propriedades rurais particulares).

O presente tópico tem o propósito de situar os leitores através de uma linha do tempo sobre o foco das pesquisas realizadas na área de pastagens naturais, sendo compiladas informações a respeito do tema e os principais resultados de pesquisas. Destaca-se que, ao longo de quase 50 anos, foram produzidas 40 dissertações de mestrado e 9 teses de doutorado. As primeiras dissertações na temática foram defendidas no ano de 1976 sob a orientação dos Profs. João Kaminski e Luis Mutti. No ano de 1979, sob orientação do Dr. Ismar Leal Barreto e autoria de Pedro dos Santos Peres, houve o registro da dissertação intitulada “Intensidade do preparo do solo no estabelecimento de forragens tropicais em pastagem natural”. Na década de 1980, foram realizados estudos com a introdução de espécies forrageiras estivais em áreas de pastagens naturais, avaliação da composição botânica e práticas de manejo envolvendo frequências de cortes, além de níveis de adubação nitrogenada.

Entre 1994 e 1995, o manejo de fogo em campos naturais foi o ponto de partida dos trabalhos desenvolvidos pelo Laboratório de Ecologia de Pastagens Naturais (LEPAN), onde Damé et al. (1996) e Damé et al. (1997) reportaram a inexistência de efeitos deletérios na mesofauna do solo em áreas queimadas; ausência de variação na temperatura do solo em áreas queimadas comparadas a áreas somente pastejadas; e maiores valores de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica em áreas manejadas com fogo e pastejo. A temática voltou a ser pesquisada em 2020, quando foi estabelecido experimento comparando os efeitos de queima e roçada na composição botânica, que ainda se encontra em desenvolvimento.

Entre os anos de 1995 e 2008, foram desenvolvidos estudos, principalmente, em duas temáticas: sobressemeadura de espécies hibernais e uso de herbicidas. Com o intuito de reduzir a sazonalidade de produção dos campos naturais do RS durante o período de outono/inverno e otimizar a performance animal, Coelho Filho & Quadros (1995) compararam consórcios de aveia (*Avena strigosa* Scherb.) + azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) + ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e aveia + azevém + trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi.) no desempenho de bezerras e na análise econômica não sendo observadas diferenças nas variáveis de desempenho animal entre os tratamentos, porém o consórcio com trevo vesiculoso apresentou melhor relação

custo/benefício. Resposta similar foi encontrada por Brum et al. (2008), que utilizaram ovinos manejados em pastagem natural melhorada com introdução de espécies hibernais, pastagem natural com pastoreio rotativo, e pastagem natural com pastoreio contínuo, e não observaram diferenças no desempenho animal entre os tratamentos.

Estudos avaliando o efeito da aplicação de um herbicida isolado (paraquat) ou a associação de produtos (glifosato, diuron + paraquat e paraquat) em áreas de campo nativo sobressemeadas com aveia e azevém demonstraram que o uso isolado de paraquat não interferiu na produção de forragem nem nos indicadores de qualidade forrageira (SCHLICK & MOOJEN, 2000), diferindo de Carvalho et al. (2002) que, utilizando (glifosato, diuron + paraquat e paraquat) observaram aumento da produção forrageira das espécies hibernais sobressemeadas. Martins et al. (2011) concluíram que o uso de glifosato permite o estabelecimento de espécies hibernais, porém não deve ser recomendado por modificar a composição botânica da pastagem natural, favorecendo espécies invasoras de menor valor nutricional. Tal resultado difere de Farias et al. (2013), cujos resultados mostraram que o uso de herbicidas é eficaz para o controle do alecrim-do-campo (*Vernonanthura nudiflora* (Less.) H. Rob.), mesmo em baixas concentrações de herbicidas com efeito por 356 dias após aplicação e preservando as espécies de melhor qualidade forrageira.

Já no período de 2008 a 2012, para o melhor entendimento acerca do funcionamento das comunidades vegetais campestres, foram realizados estudos com atributos morfológicos (atributos foliares) das principais espécies de gramíneas nativas do bioma Pampa. A partir disso, foi possível classificar as espécies de acordo com a estratégia de captura e uso de recursos, e Quadros et al. (2008) obtiveram consistência suficiente para formação de grupos estáveis de gramíneas nativas a partir da área foliar específica (AFE) e teor de matéria seca (TMS) foliar das espécies analisadas. Essas informações serviram como suporte para estudos sobre morfogênese das gramíneas nativas em diferentes cenários, onde Machado et al. (2013), analisando o efeito da adubação nitrogenada, observaram maiores taxas de alongação foliar em gramíneas de captura e conservação de recursos quando adubadas. Por outro lado, Santos et al. (2014), analisando dois intervalos de pastoreio baseados nas somas térmicas

(375 e 750 graus-dia), observaram somente o efeito da sazonalidade (primavera, verão) como fator de variação das características morfogênicas das plantas analisadas. Analisando os efeitos de fogo e pastejo na digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica e o teor de proteína bruta de gramíneas nativas, bem como sua relação com a AFE e o TMS, Santos et al. (2013) concluíram que o pastejo aumentou, principalmente, os teores de proteína bruta, enquanto o fogo promoveu maior digestibilidade, sendo este o indicador de valor nutritivo mais consistente com a tipologia funcional proposta por Quadros et al. (2008).

A partir de 2012 até meados de 2023, os estudos passaram a enfatizar os efeitos de diferentes manejos de pastoreio, baseados nas somas térmicas (375 e 750 graus-dia; GD) dos tipos funcionais, na dinâmica da vegetação, no comportamento e desempenho animal. Nos estudos de comportamento ingestivo animal, Barbieri et al. (2015) e Kuinchtner et al. (2021a) não observaram diferenças entre os tratamentos de somas térmicas. O uso da metodologia desses estudos foi otimizado por Jochims et al. (2020), que identificaram o período entre 06:00 e 00:00 como representativos das 24 horas de atividades dos animais. O desempenho animal não diferiu entre as somas térmicas (KUINCHTNER et al., 2018; KUINCHTNER et al., 2021b), e mostrou que ambas as somas térmicas podem ser utilizadas para manter a viabilidade dos sistemas de produção pecuária quando combinadas com suplementação durante o inverno (período de escassez forrageira no bioma Pampa). Marin et al. (2022) observaram maiores ganhos de peso por área e taxa de lotação na soma térmica 252 GD quando comparada à soma 404 GD, porém a estrutura da vegetação não variou entre os tratamentos.

### **3. Pesquisas em pastagens cultivadas hibernais**

Os estudos com forrageiras de clima temperado no PPGZ-UFSM iniciaram em 1979, por Campos (1979), avaliando o rendimento e qualidade da forragem, do grão e da palha de aveia (*Avena strigosa* Scherb.). Alvin (1981) conduziu trabalho visando avaliar os efeitos de doses de nitrogênio e leguminosas, frequências e diferimentos aos cortes sobre o rendimento e qualidade do azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) e reprodução de sementes. Na sequência, Bauer (1982) avaliou o diferimento e intervalos entre

cortes na produção de forragem e sementes de uma mistura de forrageiras temperadas e Rocha (1982) avaliou diferimentos e intervalos entre cortes na produção de forragens de uma mistura de estação fria e na produção de sementes do *Trifolium vesiculosum* Savi cv. Yuchi.

Gomes (1992) objetivou avaliar na estação fria quanti-qualitativa sete gramíneas de estação quente. Avançando, Dorow (1993) estudou o desempenho de terneiros desmamados precocemente e submetidos a diferentes sistemas de alimentação. Com ovinos, Genro (1993), avaliou pastagens de azevém ou azevém/trevo vesiculoso sob diferentes métodos de preparo do solo. Enquanto Muehlmann (1993) conduziu estudo avaliando o desempenho de terns desmamadas precocemente, quando submetidas a diferentes tipos de pastagens tropicais no pós-desmame. Quintero (1994) objetivou avaliar o efeito de épocas de diferimento ao corte na produção de forragens, sementes e componentes da produção de sementes de trevo vesiculoso. Enquanto com cordeiros, objetivando avaliar a produção animal em pastagem de azevém consorciada com trevo branco (*Trifolium repens* L.) submetida a níveis de resíduos de forragem, foi estudo conduzido por Canto (1994).

Coelho Filho (1995) avaliou a produção animal em misturas forrageiras de estação fria sobressemeadas em uma pastagem natural. Na sequência, Cavalheiro (1997) avaliou a sobressemeadura de aveia preta mais azevém em campo natural e sem o uso de herbicidas e Lesama (1997) a produção animal em gramíneas de estação fria com fertilização nitrogenada ou associadas com leguminosa, com ou sem fertilização nitrogenada. Schlick (1999) conduziu estudo com o objetivo de avaliar a sobressemeadura de aveia e azevém em pastagem nativa com e sem o uso de paraquat. Com o objetivo de avaliar a dinâmica da vegetação e do crescimento de *Lolium multiflorum* Lam. e *Paspalum urvillei* Steud., em área de várzea, sob pastejo, Pigatto (2001) conduziu seu trabalho de mestrado.

Gonçalves (2002), pesquisou acerca da morfogênese de azevém sob pastejo em sistemas intensivos de utilização. Com cordeiras, Roman (2006), avaliou as características produtivas de pastagem de azevém com diferentes massas de forragem sob pastejo contínuo. Confortin (2009), Glienke (2009) e Camargo (2012), estudaram as características do processo de ingestão de

forragem por cordeiras em azevém nos estádios fenológicos vegetativo, pré-florescimento e florescimento, por meio de testes de pastejo e da técnica da dupla pesagem, e no azevém, conduziram pesquisas acerca da morfogênese e estrutura desta espécie.

Ademais, trabalhando com cordeiras, Graminho (2014) e Rosa (2015), avaliaram a dinâmica de perfilhamento em azevém e ingestão de forragem dos animais, sob diferentes ofertas de forragem (6; 8 e 12 kg de MS/100 kg PC). Em pastagem de azevém exclusiva ou em consórcio com trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) ou ervilhaca (*Vicia sativa* L.), Vicente (2017), sob pastejo contínuo por bezerras, avaliou os parâmetros comportamentais dos animais e também os processos de ingestão de forragem. Ongaratto (2018), testou, em 2016 e 2017, simultaneamente, diferentes intervalos de corte, medidos em graus-dia em azevém consorciado com trevo vermelho, sobressemeado em Tifton 85, o efeito nas características estruturais e morfogênicas do azevém. Em área contígua a essa, Bergoli (2020), também com as mesmas forrageiras, porém, em pastejo por cordeiras, avaliou nos anos de 2016 e 2017, a dinâmica do perfilhamento e a taxa de ingestão instantânea de forragem, sob diferentes períodos de descanso.

Durante o ano de 2017, o experimento foi conduzido por Dotto (2019), a qual mensurou a dinâmica de perfilhamento do azevém, no decorrer dos ciclos de pastejo. Sichonany (2017), no mesmo período, realizou uma análise conjunta de dados provenientes de oito estudos realizados no Laboratório Pastos & Suplementos, a fim de caracterizar o comportamento ingestivo, padrões de deslocamento, uso de estações alimentares e a dinâmica de refeições de novilhas de corte. Durante o ano de 2021, o experimento foi conduzido por Oliveira (2023), com o objetivo de avaliar as características morfogênicas e estruturais de cultivares diploide e tetraploide de azevém, consorciado com trevo vermelho e cornichão (*Lotus corniculatus* L.), sob lotação contínua. No mesmo ano, também foi avaliado o desempenho e produção de forragem por Fernandes (2023).

#### 4. Pesquisas em pastagens cultivadas estivais

As espécies forrageiras C4, que incluem gêneros como *Panicum* (*Megathyrsus*), *Setaria*, *Pennisetum*, *Brachiaria* (*Urochloa*), *Cynodon* e *Sorghum*, são protagonistas no cenário da pecuária brasileira e nas pesquisas acadêmicas e experimentos científicos realizados pelo PPGZ-UFSM desde a década de 1970. O primeiro trabalho científico referente a pastagens de clima tropical, foi com o gênero *Panicum maximum* Jacq. cultivar Gatton (GUTERRES, 1979), sob orientação do Professor Glênio Santos. A pesquisa a campo avaliou a influência da altura de corte e estádios de crescimento sobre a produção de matéria seca, reservas de glicídios e nitrogênio total da espécie.

Na sequência, Cecato (1981) e Santana (1981), também sob orientação do Prof. Glênio, trabalharam com o gênero *Setaria anceps* Stapf. cultivar Kazungula com enfoque na relação existente entre doses de nitrogênio e intervalos de cortes sobre a produção e qualidade dessa espécie. No mesmo ano, sob orientação do Professor Ismar Barreto, Alberto (1981) gerou dados sobre o efeito de leguminosas nos gêneros *Panicum maximum* e *Panicum coloratum*. Já Winter (1983), também sob orientação do Prof. Ismar, avaliou o comportamento de espécies forrageiras de estação quente quando estabelecidas em pastagem natural sob efeito de diferentes intensidades de preparo do solo. Ainda em 1985, Prof. Glênio permanecia concentrando as pesquisas na área do gênero *Panicum*, como por exemplo a frequência de cortes e níveis de nitrogênio no *Panicum maximum* (WINTER, 1985).

Já na década de 90, o Prof. Glênio ampliou a pesquisa sobre espécies perenes estivais e avaliou, quanti-qualitativamente, o potencial dessas espécies na estação fria (GOMES, 1992). Três anos depois, o Professor Fernando Quadros e Niederauer (1993), trabalharam com o gênero *Pennisetum purpureum*, avaliando características morfológicas e fisiológicas de várias cultivares de capim-elefante sob pastejo. A partir de então, o Professor Eduardo Moojen, concentrou experimentações a campo com cultivares de capim-elefante, sob pastejo com vacas leiteiras (DIEFENBACH, 1994; KESSLER, 1995) e milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), avaliando o efeito de doses de nitrogênio sobre a dinâmica da espécie forrageira (HERINGER, 1995).

Nos primeiros anos da década de 2000, o Prof. Fernando avançou na técnica de morfogênese em pastos de milho em sistemas intensivos de utilização (GONÇALVES, 2002) e a Professora Marta Rocha trabalhou com milho, avaliando além da estrutura da pastagem, o comportamento ingestivo e consumo voluntário de forragem de novilhas de corte (MONTAGNER, 2004). Posteriormente, o Prof. Fernando gerou informações sobre capim-elefante e tifton 85 (*Cynodon* spp.) em sistemas de produção de leite a pasto no noroeste do Rio Grande do Sul (MAIXNER, 2006).

A linha de pesquisa em comportamento ingestivo de novilhas de corte permaneceu com a Profa. Marta e a continuidade dos estudos foi em pastagens de milho e papuã (*Urochloa plantaginea* (Link) Hitch) (COSTA, 2011). No mesmo ano, Profa. Marta teve sua primeira orientação de doutorado na linha de pesquisa de pastagens estivas. Souza (2011) trabalhou com utilização de milho e papuã na recria de novilhas de corte. Dois anos depois, o Professor José Henrique Silva prosseguiu na linha de pesquisa de comportamento ingestivo em pastagens de coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) e papuã (OLIVEIRA NETO, 2011). Por conseguinte, Profa. Marta trabalhou com uma análise conjunta de dados provenientes de experimentos realizados no Laboratório Pastos & Suplementos (UFSM), que envolveram a recria de novilhas de corte em pastagens de milho, papuã e coast-cross (GLIENKE, 2012).

A partir de 2014, trabalhos com papuã foram frequentemente conduzidos. A Professora Luciana Pötter coordenou a avaliação de produção de forragem, estrutura do dossel, taxa de lotação, ganho de peso por área e o valor nutritivo da forragem aparentemente consumida por bezerras de corte em pastos de papuã sob adubação nitrogenada (SALVADOR, 2014). Já a Profa. Marta trabalhou com fluxos de biomassa, padrões de desfolha e dinâmica do perfilhamento em pastagem de papuã submetida a adubação nitrogenada (HUNDERTMARCK, 2015; BERGOLI, 2016). Em 2018, a Profa. Luciana, avaliou a eficiência de uso do nitrogênio em papuã por meio de informações sobre características da pastagem, morfogênese, fluxos de biomassa, eficiência de utilização e balanço líquido das lâminas foliares (SALVADOR, 2014). Na linha de pesquisa de espécies estivas, a partir de 2020 até então, Prof. Luciana concentrou os estudos em avaliações de morfogênese e dinâmica do

perfilhamento de tifton 85 sob irrigação e nos padrões de desfolha em pastagens de milheto, papuã e sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) (SEVERO, 2020; MONFARDINI, 2022; RODRIGUES, 2022).

## 5. Pesquisas em suplementação

Uma vez conhecendo corretamente os princípios básicos de manejo de pastagens, o uso de suplementos pode ser uma ferramenta de potencialização da produção. O primeiro trabalho avaliando suplementos foi conduzido no ano de 2000, quando iniciou essa linha de pesquisa no PPGZ-UFSM, inicialmente conduzida pela Profa. Marta Rocha, com uso de grão de sorgo para bovinos em pastejo de aveia e azevém (ROCHA et al., 2003). Nessa sequência foram testados outros tipos e níveis de suplementos na recria de fêmeas bovinas de corte em pastagens hibernais. Frizzo (2001) trabalhou com níveis de farelo de arroz e polpa cítrica (0,7 e 1,4% do peso corporal (PC)). Pilau (2003) utilizou farelo de trigo em níveis que variaram de 0,5 a 1,5% PC e também grão de sorgo, na proporção de 0,7% do PC. Santos (2003) testou casca de soja e grão de milho moído, ambos na proporção de 0,9% do PC. O farelo de trigo voltou a ser testado por Freitas (2004) trabalhando com níveis fixos, crescentes e decrescentes em função do ciclo da pastagem.

Suplemento balanceado foi utilizado por Macari (2005), em níveis que variaram de 0,3 a 0,9% do PC e Roso (2007), que utilizou o nível fixo de 1% do PC comparando azevém estreme ou consorciado com leguminosa. Rosa et al. (2010) usaram suplemento balanceado e testaram frequências de suplementação (cinco ou sete dias na semana). A gordura extrusada foi testada como suplemento por Roso et al. (2011) nos níveis de 0,15 e 0,3% do PC e também por Rosa (2011), comparando-a ao grão de milho moído. Oliveira (2012) testou diferentes formas de processamento do milho (laminado ou inteiro). O farelo de arroz foi testado por Fonseca Neto (2013), Biscaíno (2013) e Eloy (2013) de forma isolada ou associado com monensina sódica. Alves (2014), Stivanin (2014) e Hampel (2014) trabalharam com grãos de milho inteiro e aveia, enquanto Gai (2015) avaliou grão de milho moído associado à glicerina.

O farelo de arroz voltou a ser testado, na proporção de 0,5 e 1,0% do PC mas em pastoreio rotacionado (AMARAL NETO, 2016). Também em pastoreio rotacionado, Amaral Neto (2020) testou suplemento balanceado (0,5% do PC). Comparando métodos de pastoreio e a presença de suplemento, Vicente (2022) testou grão de milho inteiro. A prática de fornecer suplementos de autoconsumo foi testada por Domingues (2022) e Rosa (2022). Ainda em pastagens hibernais foram testados diferentes tipos de sal mineral, com adição de ionóforo, por Pötter et al. (2009) e com adição de energia por Rosa (2022). Pötter (2008) e Martini (2019) sumarizaram os efeitos dos suplementos em pastagens hibernais por meio da meta-análise e verificaram melhora no desempenho animal, no ganho de peso por área e na taxa de lotação. Da mesma forma, os suplementos foram testados em pastagens hibernais para ovinos. Farinatti (2001) testou grão de milho e farelo de soja na proporção de 1% do PC para ovelhas com cria. Bremm (2007) e Elejalde (2007) trabalharam com níveis crescentes de ração comercial e Stivanin et al. (2014) utilizaram diferentes tipos de suplemento (grão de milho, farelo de arroz e arroz em casca) em pastejo rotacionado por cordeiras.

Em pastagens tropicais também foram testados suplementos, iniciando com ração comercial em milheto, na proporção de 1% do PC (GLIENKE, 2012). Sichonany (2012) testou a adição de grão de aveia inteiro, em diferentes frequências de suplementação, sob pastejo contínuo de papuã. Salvador et al. (2014) testaram farelo de arroz integral em papuã, assim como Negrini (2016) e Severo (2016), que testaram níveis de farelo de arroz em pastejo rotacionado. Também foram testados suplementos minerais, seguindo a mesma linha das pastagens hibernais. Oliveira Neto (2011) testou proteinado energético em diferentes níveis, assim como Rosa (2018), que testou o proteinado energético, sal comum e sal com adição de ionóforo. Posteriormente, Rosa (2022) testou um suplemento mineral energético em milheto. Os resultados de suplementação em pastagens estivais estão sendo tabulados e fazem parte da tese de doutorado de Martini (ainda não finalizada), mostrando resultados semelhantes aos obtidos em pastagem hiberna, com incrementos no desempenho individual, por unidade de área e na taxa de lotação. Em ovinos, sob pastejo de milheto, foram testados níveis de ração, em trabalhos conduzidos por Elejalde (2007) e Bremm (2007).

## 6. Pesquisas atuais e perspectivas

As pesquisas desenvolvidas ao longo do tempo serviram como diretrizes para manejos de ecossistemas pastoris, abrangendo relações entre os fatores bióticos e abióticos, determinantes na estrutura da vegetação, composição botânica, desempenho animal e viabilidade da atividade pecuária. Além disso, atuaram na formação de profissionais qualificados, proporcionando o contato com diferentes metodologias de análise, incentivando o senso crítico a partir da formulação de novas perguntas sobre a ecologia dos ecossistemas campestres e permitindo o desenvolvimento humano a partir da realização das atividades em grupo.

Atualmente os docentes responsáveis pela linha de pesquisa baseada em forragicultura do PPGZ-UFSM conduzem projetos no Laboratório Pastos & Suplementos, Laboratório de Ecologia de Pastagens Naturais (LEPAN) e Grupo de Estudos em Nutrição de Ruminantes e Equinos (GENUR), além de parcerias com outros departamentos da UFSM e instituições de pesquisa nacionais e internacionais. As ações têm foco no entendimento do melhor uso de plantas forrageiras e suplementação para ruminantes, realizando experimentos em ambiente pastoril em diversas condições e alternativas de espécies de plantas exóticas e nativas. Com base na história construída por quase 50 anos, agora se pretende avançar em hipóteses e metodologias que tenham enfoque em questões atuais na fronteira do conhecimento, buscando melhor compreensão da interação entre os fatores que fazem parte do ambiente pastoril como um todo (solo-planta-animal-atmosfera), e buscando avanços tecnológicos que tenham impacto direto nos sistemas produtivos.

As hipóteses atualmente estudadas estão relacionadas ao uso de insumos (fertilizantes), suplementação, uso de leguminosas, intensificação e sustentabilidade no uso de pastagens nativas do bioma Pampa. As metodologias relativas ao desempenho animal (individual e por área), comportamento ingestivo, dinâmica de crescimento do pasto e morfogênese de plantas forrageiras seguem sendo avaliadas, e agora vem se acrescentando as medidas relativas ao uso dos nutrientes pelos animais por meio das coletas de fezes e urina, bem como as emissões de gases de efeito estufa emitidos pelos animais, solo e plantas.

Atualmente o foco é em pesquisas sobre gases de efeito estufa (GEE), buscando alternativas dentro das espécies forrageiras, insumos, tecnologia de processos e suplementação, capazes de mitigar os GEE, considerando esse um tema de alta relevância científica atualmente. Por esse motivo, no ano de 2023 deu-se início aos estudos da emissão de gases de efeito estufa emitidos pelo solo, plantas e animais ruminantes, em consórcio ou não de leguminosas e ingestão de suplemento. Estão sendo realizadas as coletas de gases de efeito estufa emitidos pelo ecossistema pastoril ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$ ). A hipótese base é de que a inclusão de leguminosas, suplementação e uso de insumos agrícolas adequados auxiliam na mitigação da emissão desses gases, tanto por parte do sistema solo-planta, quanto por parte dos animais.

Outra linha de pesquisa em desenvolvimento compreende a tecnologia de espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) como ferramenta nutricional a ser utilizada em sistemas de produção de ruminantes em pastejo. Através das fezes dos animais é possível monitorar a seletividade de pastejo, as oscilações de qualidade das forrageiras, bem como ingestão e digestibilidade dos nutrientes, dado que as fezes imprimem características da dieta (TOLLESON & SCHAFER, 2014). Amostras de fezes de animais em campo nativo e em pastagens cultivadas já foram coletadas em projetos anteriores, e novas avaliações fecais estão sendo realizadas e assim continuarão sendo coletadas, com o objetivo de tornar o modelo NIRS mais robusto. As análises são realizadas em parceria com o Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL - UFSM), bem como novas parcerias vêm sendo discutidas, com objetivo de avançar para o equipamento NIRS portátil, focando em inovação e tecnologia.

Dessa forma, os professores e alunos da pós-graduação da linha de pesquisa em forragicultura do PPGZ-UFSM, vêm trabalhando com enfoque em sustentabilidade e tecnologia, buscando melhor compreender o sistema produtivo como um todo, bem como desenvolver tecnologias de apoio nutricional, que tenham a capacidade de mitigar GEE. Ademais, nessa mesma linha de sustentabilidade e otimização do sistema produtivo, se tem discutido, para um futuro próximo, desenvolver ações científicas em Sistemas Integrados em Produção Agropecuária (SIPA), pois representa uma área em

desenvolvimento e com grande potencial de estudo, onde a integração de diferentes elos desempenha um papel importante na maximização dos recursos e redução de impactos ambientais, proporcionando um sistema produtivo mais estável em todas suas faces, solo-planta-animal (MORAES et al., 2014).

## 7. Referências bibliográficas

- ALBERTO, G. **Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* e *Panicum coloratum* sob efeito de leguminosas e doses de nitrogênio.** 1981. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ALVES, M. B. **Desempenho de novilhas de corte para acasalamento aos 14 meses de idade.** 2014. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ALVIN, M.J. **Efeitos de doses de nitrogênio em leguminosas, frequências e diferimentos aos cortes sobre o rendimento e qualidade da forragem do azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) e reprodução de sementes.** 1981. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- AMARAL NETO, L. G. do. **Farelo de Arroz Integral na Recria de Bezerras de Corte em Azevém.** 2016. 62f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- AMARAL NETO, L. G. do. **Sistemas alimentares para a recria de novilhas de corte.** 2020. 47f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- BARBIERI, C. W. et al. Beef heifers grazing behavior and herbage intake in natural grassland under rotational grazing. **Ciência Rural**, v. 45, p. 2056-2062, 2015.
- BAUER, E. **Diferimento e intervalos entre cortes na produção de forragem e sementes de uma mistura de forrageiras temperadas.** 1982. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- BERGOLI, T. L. et al. Tilling dynamics of Alexandergrass pasture under nitrogen fertilization. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, p. 2049-2056, 2019.
- BERGOLI, T.L. **Dinâmica do perfilhamento e taxa de ingestão instantânea de forragem em pastagem de azevém sob diferentes períodos de descanso.** 2020. 66f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

- BISCAÍNO, L. L. **Desempenho de bezerras de corte em pastagem de azevém recebendo farelo de arroz com ou sem monensina**. 2013. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa.
- BREMM, C. **Relação planta-animal em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* lam.) e milho (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) com ovinos sob níveis de suplemento**. 2007. 108f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- BRUM, M. S. et al. Produção animal e estrutura de uma pastagem natural submetida a diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30 (1), p. 9-16, 2008.
- CAMARGO, D.G. **Características do processo de ingestão de forragem por cordeiras em pastagem de azevém nos diferentes estádios fenológicos**. 2012. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- CAMPOS, R.M. **Avaliação do rendimento e qualidade da forragem, grão de palha de aveia (*Avena ssp.*)**. 1979. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- CANTO, M.W. **Produção de cordeiros em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) + trevo branco (*Trifolium repens* L.) submetida a níveis de resíduos de forragem**. 1994. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- CARVALHO, A. T. et al. Sobre-semeadura de aveia preta (*Avena strigosa*) + azevém anual (*Lolium multiflorum*) em campo natural com e sem o uso de herbicidas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 8 (1/2), p. 59-66, 2002.
- CAVALHEIRO, M.J. **Sobressemeadura de aveia (*Avena strigosa*) + azevém (*Lolium multiflorum*) em campo natural e sem o uso de herbicidas**. 1997. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- CECATO, U. et al. Efeito de doses de nitrogênio e alturas de corte sobre a produção, qualidade e reservas de glicídios de *Setaria anceps*. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v. 15, n. 4, p. 367-378, 1985.
- COELHO, R. C. F.; QUADROS, F. L. F. D. Produção animal em misturas forrageiras de estação fria semeadas em uma pastagem natural. **Ciência Rural**, v. 25, p. 289-293, 1995.
- CONFORTIN, A.C.C. **Dinâmica do crescimento de azevém anual submetido a diferentes intensidades de pastejo**. 2009. 98f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

- COSTA, V. G. et al. Comportamento de pastejo e ingestão de forragem por novilhas de corte em pastagens de milho e papuã. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 251-259, 2011.
- DAMÉ, P. R. V. et al. Efeitos da queima seguida de pastejo ou diferimento sobre o resíduo, temperatura do solo e mesofauna de uma pastagem natural. **Ciência Rural**, v. 26, p. 391-396, 1996.
- DAMÉ, P. R. V. et al. Efeitos da queima seguida de pastejo ou diferimento sobre a produção, qualidade, cobertura do solo e sistema radicular de uma pastagem natural. **Ciência Rural**, v. 27, p. 133-137, 1997.
- DIEFENBACH, J. **Avaliação de cultivares de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob pastejo com vacas leiteiras**. 1994. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- DOMINGUES, C. C. **Recria de bezerras de corte em pastagem de azevém submetidas à suplementação**. 2022. 62f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- DOROW, R. **Desempenho de terneiros desmamados precocemente e submetidos a diferentes sistemas de alimentação**. 1993. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- DOTTO, L.R. **Dinâmica do perfilhamento de azevém sob diferentes métodos de pastejo**. 2019. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ELEJALDE, D. A. G. L. R. **Desempenho de cordeiras em pastagens cultivadas de inverno e verão sob níveis de suplemento**. 2007. 80f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ELOY, L. R. **Consumo de forragem por novilhas de corte em pastagem de azevém e recebendo farelo de arroz com e sem ionóforo**. 2013. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- FARIAS, J. G. et al. Aplicação localizada de herbicidas para controle de alecrim-do-campo (*Vernonia nudiflora*) em pastagem natural. In: CONGRESSO DE PASTIZALES NATURALES, **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 22, 2013.
- FARINATTI, L.H.E. **Desenvolvimento e comportamento ingestivo de ovinos em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) recebendo suplementação energética ou protéica**. 2001. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

- FILHO, R.C.C. **Produção animal em misturas forrageiras de estação fria sobressemeadas em uma pastagem natural**. 1995. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- FONSECA NETO, A. M. **Crescimento e desenvolvimento reprodutivo de bezerras de corte para acasalamento aos 14 meses**. 2013. 71f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- FREITAS, F. K. et al. Suplementação energética na recria de fêmeas de corte em pastagem cultivada de inverno: produção animal. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 34, p. 1256–1266, 2004.
- FRIZZO, A. et al. Suplementação energética da recria de bezerras de corte mantidas em pastagem de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 643-652, 2001.
- GAI, G. P. **Recria de bezerras recebendo ou não suplemento energético em pastagem de azevém**. 2015. 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- GENRO, T.C.M. **Avaliação de pastagens de azevém (*L. multiflorum* Lam.) ou azevém/trevo vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi cv. Yuchi) sob diferentes métodos de preparo do solo quando pastejadas por ovinos**. 1993. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- GLIENKE, C. L. **Estudo da recria de novilhas de corte em pastagens cultivadas de verão**. 2012. 143f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- GLIENKE, C.L. **Ecologia do pastejo de cordeiras em pastagem de azevém e trevo vermelho sob intensidades de desfolha**. 2009. 79f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- GOMES, R. K. A. G. **Avaliação quanti-qualitativa na estação fria de sete gramíneas de estação quente**. 1992. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- GONÇALVES, E. N. et al. Morfogênese de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leake) em pastejo com terneiras, recebendo ou não suplementação. **Ciência Rural**, v. 33, p. 1123-1128, 2003.
- GONÇALVES, E.N. **Morfogênese de *Lolium Multiflorum* Lam. e *Pennisetum Americanum* (L.) Leake sob pastejo em sistemas intensivos de utilização**. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

- GRAMINHO, L.A. **Caracterização do processo de desfolhação e da dinâmica de perfilhamento em azevém sob diferentes ofertas de forragem**. 2014. 83f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- GUTERRES, E. P. **Influência da altura de corte e estádios de crescimento sobre a produção de matéria seca, reservas de glicídios e nitrogênio total de *Panicum maximum* Jacq. cultivar Gatton**. 1979. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- HAMPEL, V. S. **Padrões do uso do tempo por bezerras recebendo ou não suplemento em pastagem de azevém**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2014. 77f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- HERINGER, I. **Efeitos de níveis de nitrogênio sobre a dinâmica de uma pastagem de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) sob pastejo**. 1995. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- HUNDERTMARCK, A. P. et al. Biomass flow and defoliation pattern in Alexandergrass fertilized with nitrogen. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 1, p. 143-152, 2017.
- JOCHIMS, F. et al. Timing and duration of observation periods of foraging behavior in natural grasslands. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, p. 519698, 2020.
- KESSLER, J. P. M. C. **Pastejo contínuo em capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com vacas em lactação sob níveis distintos de folha residual**. 1995. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- KUINCHTNER, B. C. et al. Does Rotational Grazing Based on Leaf Expansion Duration Modify Grazing Behavior and Feed Intake of Beef Heifers on Natural Grassland? **Journal of Agricultural Science**, v. 13 (10), p. 85, 2021a.
- KUINCHTNER, B. C. et al. Performance and feed intake of beef heifers on rotational grazing of natural grassland receiving protein and energy supplement in cool season. **Ciência Rural**, v. 48, p. e20170563, 2018.
- KUINCHTNER, B. C. et al. Thermal sum (degrees-days) rest period as a grazing management tool in natural grasslands: Effects on animal performance and forage production. **Environmental and Sustainability indicators**, v. 10, p. 100125, 2021b.
- LESAMA, M.F. **Produção animal em gramíneas de estação fria com fertilização nitrogenada ou associadas com leguminosa, com ou sem fertilização nitrogenada**. 1997. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

- MACARI, S. **Recria de fêmeas de corte para acasalamento aos 18 meses de idade**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- MACHADO, J. M. et al. Morphogenesis of native grasses of Pampa Biome under nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, p. 22-29, 2013.
- MAIXNER, A. R. **Gramíneas forrageiras perenes tropicais em sistemas de produção de leite a pasto no noroeste do Rio Grande do Sul**. 2006. 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- MARIN, L. et al. Does first and last stocking could “fits” Campos grassland structure to improve beef cattle production?. **Ciência Rural**, v. 52, p. e20210531, 2022.
- MARTINI, A. C. **Meta-análise sobre o uso de suplemento energético para novilhas de corte em pastagens de estação fria**. 2019. 56f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- MARTINS, C. E. N. et al. Dinâmica vegetacional em pastagem natural e pastagem sobre-semeada com espécies de estação fria com e sem o uso de herbicida. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, p. 123-129, 2011.
- MONFARDINI, L. et al. Padrões de desfolha do milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) pastejado por bezerras de corte. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. e430111335736-e430111335736, 2022.
- MONTAGNER, D. B. **Estrutura da pastagem, comportamento ingestivo e consumo voluntário de forragem de novilhas de corte em pastagem de milheto (*Pennisetum americanum* (L) Leeke)**. 2004. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- MORAES, A. et al. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, v. 57, p. 4-9, 2014.
- MUEHLMANN, L.D. **Desempenho de terneiras desmamadas precocemente, quando submetidas a diferentes tipos de pastagens no pós-desmame**. 1993. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- NEGRINI, M. **Recria de novilhas recebendo farelo de arroz em pastagem de papuã**. 2016. 65f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- NIEDERAUER, V. **Características morfológicas e fisiológicas de cultivares de capim elefante sob pastejo**. 1993. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

- OLIVEIRA, B. B. P. A. **Uso de grão de milho inteiro ou laminado como suplemento para bezerras de corte em pastejo em azevém.** 2012. 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- OLIVEIRA, E.P. **Características morfogênicas e estruturais de cultivares de azevém.** 2023. 56f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- OLIVEIRA, N. R. A. **Comportamento ingestivo e consumo de forragem por novilhas de corte em sistemas forrageiros de ciclo estival.** 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ONGARATTO, F. **Estrutura do dossel e morfogênese do azevém consorciado com trevo vermelho sob intervalos de corte determinados por soma térmica.** 2018. 71f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- PIGATTO, A.G.S. **Dinâmica da vegetação e do crescimento de *Lolium multiflorum* Lam. e *Paspalum urvillei* Steud., em área de várzea, sob pastejo.** 2001. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- PILAU, A. **Alternativas de utilização de suplementação energética para recria de novilhas de corte em pastagem cultivada de inverno.** 2003. 117f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- PÖTTER, et al. **Desenvolvimento de novilhas de corte sob alternativas de mineralização em pastagem de azevém.** *Ciência Rural*, v. 39, p. 182-187, 2009.
- PÖTTER, L. **Uso de suplementos em pastagem cultivada de inverno para bezerras de corte.** 2008. 129f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- QUADROS, F.L.F. et al. **Consistência dos tipos funcionais formados a partir dos atributos morfológicos: Área foliar específica e teor de matéria seca.** In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO EM FORRAJERAS DEL CONO SUR GRUPO CAMPOS, 22., 2008, Minas. **Anais...** Minas: INIA, 2008, p.27-40.
- QUINTEIRO, S.C. **Efeito de épocas de diferimento ao corte na produção de forragens, sementes e componentes da produção de sementes de trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi cv Yuchi) no segundo ano após o estabelecimento sob uma pastagem de Coastcross-1 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis*).** 1994. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ROCHA, M.G. **Diferimentos e intervalos entre cortes na produção de forragens de uma mistura de estação fria e na produção de sementes**

- do *Trifolium Vesiculosum Savi cv. Yuchi***. 1982. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ROCHA, M.G. et al. (2003). Produção animal e retorno econômico da suplementação em pastagem de aveia e azevém. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33 (3), p. 573-578, 2003.
- RODRIGUES, D. P. A. **Padrões de desfolha em pastagem consorciada de sorgo forrageiro e papuã**. 2022. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ROMAN, J. **Relação planta-animal em diferentes intensidades de pastejo com ovinos em azevém anual (*Lolium multiflorum Lam.*)**. 2006. 79f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ROSA, A.T. N. **Comportamento ingestivo e consumo de forragem por novilhas de corte recebendo suplementos em pastagem de azevém**. 2011. 71f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ROSA, A.T. N. et al. Recria de bezerras de corte em pastagem de azevém sob frequências de suplementação. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2549-2554, 2010.
- ROSA, A.T.N. **Comportamento ingestivo e consumo de forragem por cordeiras em pastagem de azevém sob diferentes ofertas de forragem**. 2015. 92f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ROSA, J. S. **Recria de bezerras em azevém recebendo suplemento sob diferentes formas de fornecimento**. 2022. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria.
- ROSO, D. **Alternativas forrageiras para sistemas de recria de novilhas de corte**. 2011. 99f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- ROSO, D. **Recria de bezerras de corte em alternativas de uso da pastagem de azevém (*Lolium multiflorum Lam.*)**. 2007. 87f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- SALVADOR, P. R. **Adubação nitrogenada em pastagem de papuã**. 2014. 62f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- SANTANA, J. R. **Efeito de parcelamento de nitrogênio e intervalos entre cortes sobre a produção de matéria seca, de proteína bruta e reservas de glicídio de *Setaria anceps* Stapf. cultivar Kazungula**. 1981.

- Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- SANTOS, A. B. D. et al. Morfogênese de gramíneas nativas do Rio Grande do Sul (Brasil) submetidas a pastoreio rotativo durante primavera e verão. **Ciência Rural**, v. 44, p. 97-103, 2014.
- SANTOS, A. B. D. et al. Valor nutritivo de gramíneas nativas do Rio Grande do Sul/Brasil, classificadas segundo uma tipologia funcional, sob queima e pastejo. **Ciência Rural**, v. 43, p. 342-347, 2013.
- SANTOS, D.T. **Avaliação bioeconômica do uso de suplementos energéticos na recria de novilhas de corte em pastagens cultivadas de verão e inverno**. 2003. 104f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- SCHLICK, F. E.; MOOJEN, E. L. Sobre-semeadura de aveia (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) em pastagem nativa com e sem o uso de paraquat. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 6 (2), p. 225-233, 2000.
- SCHLICK, F.E. **Sobre-semeadura de aveia (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) em pastagem nativa com e sem o uso de paraquat**. 1999. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- SEVERO, P. O. **Fluxos de tecidos foliares e padrões de desfolhação em pastagem de papuã sob pastejo de novilhas recebendo níveis de suplemento energético**. 2016. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- SEVERO, P. O. **Morfogênese e dinâmica do perfilhamento de tifton 85 sob irrigação e diferentes frequências de desfolhação**. 2020. 53f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- SICHONANY, M.J.O. **Efeito de frequência de suplementação no comportamento ingestivo, padrão de deslocamento e ingestão de matéria seca por novilhas de corte**. 2012. 73f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- SICHONANY, M.J.O. **Padrões de ingestão e deslocamento de novilhas de corte em pastagens de estação fria**. 2017. 272f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- SOUZA, A. N. M. et al. Comportamento ingestivo de novilhas de corte em pastagem de gramíneas anuais de estação quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1662-1670, 2011.

- STIVANIN, S. C. B. **Fluxos de biomassa e padrões de desfolhação de azevém pastejado por bezerras de corte recebendo ou não suplemento**. 2014. 72f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- TOLLESON, D.R.; SCHAFER, D.W. Application of fecal-near infrared spectroscopy and nutritional balance software to monitor diet quality and body condition in beef cows grazing Arizona rangeland. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 349-358, 2014.
- VICENTE, J. M. **Desempenho de bezerras de corte em azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), sob dois métodos de pastoreio, com ou sem o fornecimento de suplemento energético**. 2022. 48f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- VICENTE, J.M. **Recria de bezerras de corte sob pastejo exclusivo em azevém ou em azevém consorciado com leguminosas**. 2017. 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- WINTER, C. L. **Comportamento de espécies forrageiras de estação quente quando estabelecidas em pastagem natural sob efeito de diferentes intensidades de preparo do solo**. 1983. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- WINTER, V. D. S. P. **Efeito de frequência de corte e níveis de nitrogênio na persistência de *Panicum Maximum***. 1985. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

## **Autores**

Luciana Pötter, Fernando Luiz Ferreira de Quadros\*, Dinah Pereira Abbott Rodrigues, Eduarda Proença de Oliveira, Bruna Fernandes Machado, Fernando Forster Furquim, Lauan Machado Quinhones, Fabielly de Jesus Depra Santos, Eliana Bordin Dutra, Juliana Medianeira Machado, Eduardo Bohrer de Azevedo

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

\* Em memória

---

## Aplicações da genômica na produção animal

Pamela Itajara Otto, Diego Ortunio Rosa Gobo, Daniele Oliveira, Marcelo José Böck, Arielly Oliveira Garcia, Mateus Guimarães Dos Santos, Thatiana Maitê Otto, Renata de Fátima Bretanha Rocha, Marcos Vinicius Gualberto Barbosa da Silva, Darlene dos Santos Daltro, Renata Negri, Sabrina Kluska, Karine Assis Costa

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c6>

### Resumo

A genômica revolucionou a produção animal, desempenhando papel crucial na seleção e criação de animais mais saudáveis, produtivos e sustentáveis. Essa ciência se concentra no estudo do genoma de organismos, fornecendo informações valiosas sobre os genes e suas interações. Uma das suas aplicações mais notáveis, dentro do melhoramento genético animal, é a seleção genômica, que têm permitido a predição dos valores genômicos dos animais de forma mais precisa, permitindo a seleção mais precisa dos animais com alto mérito genético, especialmente quando aplicada a animais jovens e até mesmo embriões. Essa abordagem não apenas aumenta a acurácia da seleção, mas também acelera o progresso genético, resultando em ganhos maiores para a produção animal e a sustentabilidade da indústria agropecuária. Parte destes avanços se deve a melhores estimativas do grau de parentesco e verificação de informações de pedigree, superando limitações da genealogia convencional, a qual poderia resultar em imprecisão na estimativa do valor genético dos animais em razão de erros no pedigree. Além disso, a genômica também tem desempenhado papel fundamental na conservação de raças e na diversidade genética. À medida que as técnicas de sequenciamento de DNA se tornam mais acessíveis, é possível identificar e preservar variações genéticas valiosas em populações animais, reduzindo assim o risco de extinção e a homogeneização genética. Ainda, estudos de mapeamento do genoma desempenham são de importância na pesquisa e identificação de genes candidatos ligados a características economicamente importantes na criação animal. Desta forma, a genômica na produção animal é uma ferramenta poderosa que impulsiona melhorias genéticas e aumentos na eficiência e na qualidade dos produtos e da sustentabilidade.

## 1. Introdução

A genômica na produção animal representa uma revolução significativa na forma de criação, gerenciamento e aplicação do melhoramento genético em diversas espécies de interesse econômico, como bovinos, aves, suínos, ovinos e muitas outras. Nos últimos anos, avanços tecnológicos na área da genômica permitiram o mapeamento e a análise detalhada do DNA dessas espécies, disponibilizando informações valiosas para produtores, criadores e pesquisadores, na busca de maximizar a criação.

As ferramentas moleculares, como campo de estudo, concentram-se na análise abrangente do genoma de um organismo, o conjunto completo de seus genes e sequências de DNA. Na produção animal, estas tecnologias possibilitaram examinar o código genético de animais de forma individual e comparativa, com precisão sem precedentes. Isso abre portas para uma série de aplicações cruciais que beneficiam tanto os produtores quanto os consumidores.

O melhoramento genético animal abrange processos seletivos e de direcionamento dos acasalamentos, com o intuito de aumentar a frequência de alelos com efeitos desejáveis ou de combinações genéticas vantajosas em uma população, visando otimizar a capacidade de produção dos animais de interesse econômico. A evolução da biologia molecular e desenvolvimento de técnicas de sequenciamento do genoma, juntamente com os avanços em biotecnologias reprodutivas possibilitaram a incorporação de informações de marcadores moleculares nos programas de seleção e de acasalamento (VAN TASSELL et al., 2008). Técnicas como seleção genômica, associação genômica, teste de paternidade, cálculo do parentesco e análises da ancestralidade e variabilidade genética das populações têm contribuído significativamente para melhor entendimento da arquitetura genética das diferentes espécies, estimativas mais precisas do valor genético dos animais e, como consequência, uma seleção mais eficaz dos melhores animais, construindo assim, para maiores avanços genéticos e rentabilidade das criações.

Neste capítulo, serão abordados de forma concisa algumas aplicabilidades práticas da genômica na produção animal, compartilhando

resultados de projetos em andamento e delineando as oportunidades de pesquisa que a equipe de trabalho da UFSM está explorando.

## **2. Aplicações da genômica na produção animal**

### **2.1. Seleção genômica**

Dentre diversas pesquisas científicas na área do melhoramento genético, a seleção genômica (SG) se destaca como uma ferramenta de grande aplicabilidade prática e essencial na criação de animais atualmente. Esta é uma metodologia avançada na área de melhoramento genético de plantas e animais que utiliza informações genômicas para aprimorar a eficiência e a precisão da seleção de características desejáveis.

Tradicionalmente os animais eram selecionados com base em valores genéticos (EBVs) estimados com base em informações de pedigree e avaliações fenotípicas diretas. Na bovinocultura, a avaliação genética dos touros, realizada por meio de esquemas de testes de progênie, implementados na maioria dos países desenvolvidos a partir dos anos 50, envolvem a distribuição de sêmen de reprodutores selecionados para rebanhos colaboradores, avaliação e registro de características de interesse econômico em suas progênies (WELLER; EZRA; RON, 2017). Este teste requer um período médio de seis anos para obtenção dos resultados iniciais, além de recursos financeiros e institucionais consideráveis. Tais investimentos englobam não apenas o âmbito institucional, mas também os custos individuais suportados pelos proprietários de touros, incluindo a manutenção desses animais em centrais de inseminação artificial.

Ao integrar técnicas de genômica, zootecnia, estatísticas e bioinformática, a SG revolucionou a maneira como as decisões de seleção são tomadas, permitindo um progresso mais rápido e eficiente no melhoramento animal. A técnica é fundamentada na inclusão estratégica de milhares de marcadores tipo SNP distribuídos por todo o genoma, visando prever os valores genéticos genômicos (GEBVs) de potenciais candidatos à seleção animal (MEUWISSEN; HAYES; GODDARD, 2001).

A seleção genômica oferece muitas vantagens no que diz respeito à melhoria da taxa de ganho genético em programas de melhoramento. Os

principais fatores que contribuem para tal avanço genético mais rápido são o ganho genético anual, a maior acurácia na predição do mérito genético de animais e a significativa diminuição do intervalo de gerações. Além disso, estes ganhos são diretamente relacionados a maior intensidade da seleção, influenciada pelo aumento da população candidata à seleção e menor proporção de animais selecionados, e a utilização de uma matriz de relacionamento com o real parentesco dos animais avaliados (SCHEFERS; WEIGEL, 2012).

A predição genômica contribuiu para uma revolução significativa na criação de animais, e seus benefícios são particularmente evidentes quando aplicados aos animais jovens, que ainda não possuem progênes em produção. Um exemplo notável desse avanço foi observado pela nossa equipe de pesquisa em análises genômicas para peso ao nascimento (PN) e período gestacional (PG) em bovinos da raça Girolando. Os resultados mostram aumento na acurácia de 19 e 25% na predição genômica para PN e PG, respectivamente, em comparação às análises tradicionais. Os benefícios também se estendem aos animais com progênes avaliadas, onde a inclusão das informações moleculares contribuiu com um aumento de 7% na acurácia para PN e 5% para PG. Em uma análise mais ampla, os resultados, embora ainda não publicados, indicam que a genotipagem e fenotipagem de animais jovens resultam em aumentos de 34% na acurácia para PN e 44% para PG. Estes resultados demonstram as vantagens da seleção genômica para touros jovens, na predição mais precisa dos GEBVs, seleção precoce e mais eficaz desses animais, contribuindo para maiores ganhos genéticos na população.

Ressalta-se que a genotipagem pode ser realizada nas fases iniciais da vida do animal ou até mesmo antes de seu nascimento. O material genético pode ser coletado através de biópsia embrionária em laboratórios de reprodução (WELLER, J.I.; EZRA; RON, 2017). Esse avanço tem implicações importantes para a criação de animais, pois permite a avaliação genômica na fase embrionária, proporcionando uma visão antecipada do potencial genético dos animais. Estudo recente mostrou que a genotipagem de embriões, seguida de análises de imputação, permitiu uma predição genômica acurada para a produção de leite em uma população de bovinos da raça Gir, com alta correção (0,87) com o GEBV estimado para os respectivos animais nascidos vivos. Isto

demonstra que a seleção dos animais pode ser realizada ainda na fase embrionária, enfatizando o impacto da seleção genômica, com diminuição ainda maior do intervalo de geração e aumento do ganho genético ao longo das gerações (OLIVEIRA et al., 2023).

Em resumo, a predição genômica oferece oportunidades incríveis para aprimorar a criação de animais, especialmente quando aplicada a animais jovens e até mesmo embriões. Essa abordagem não apenas melhora a acurácia da seleção, mas também acelera o progresso genético, resultando em ganhos significativos para a produção animal e a sustentabilidade da indústria agropecuária.

## **2.2. Teste de paternidade e parentesco animal**

Avanços na bioinformática e na biologia molecular também têm possibilitado avaliar a relação entre indivíduos através do genótipo. A obtenção de informações verdadeiras sobre o grau de relacionamento entre os animais de uma população é essencial para o melhoramento genético, uma vez que as avaliações genéticas dependem das relações entre os indivíduos. Informações corretas e completas de pedigree resultam em maiores acurácias na predição de valores genéticos e na estimativa de ganho genético (SENNEKE; MACNEIL; VAN VLECK, 2004), além de possibilitar estudos de características de baixa incidência, como doenças, defeitos genéticos e mortalidade.

A análise de parentesco é uma técnica molecular que busca identificar o genitor biológico de um indivíduo. O teste é realizado por meio da coleta, análise e comparação do material genético pertencente à progênie e aos supostos pais. A análise é baseada na lei de segregação mendeliana, que afirma que metade do material genético de um indivíduo é herdado da mãe e a outra metade vem do pai. Portanto, há uma comparação do DNA dos indivíduos em questão, a fim de identificar a herança do genótipo e nos dar um grau de relação entre eles.

Os testes de parentesco são comumente feitos com marcadores STR, que geralmente são altamente precisos (KNIBB et al., 2014). Contudo, recentemente, a genotipagem usando chips SNP de alta densidade tornou-se disponível a um custo mais baixo e está sendo cada vez mais usada em programas de pesquisa

genética e melhoramento, levando a um número crescente de estudos usando esses marcadores para validação e atribuições de parentesco (PANETTO et al., 2017).

Os testes de paternidade genômicos são úteis na verificação das informações contidas no pedigree convencional e na identificação de pais de indivíduos sem informações disponíveis, o que caracteriza a verificação e identificação de paternidade, respectivamente. De acordo com (RON et al., 1996), erros de paternidade podem atingir até 20% dos registros utilizando-se informações de pedigree, enquanto com análises genômicas esta taxa de erro é drasticamente reduzida para 0,01% (WERNER et al., 2004). Atualmente este teste pode ser realizado sem custos adicionais, utilizando-se informações de marcadores SNP de animais genotipados para a seleção genômica (WELLER et al., 2010).

O cálculo do real parentesco dos animais é outro fator de extrema importância no sucesso da avaliação genética e seleção dos animais, visando ganhos genéticos na população. Tradicionalmente, o valor genético é predito com base em informações entre parentes utilizando a matriz dos numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright obtida por meio de registros manuais, que apresenta as covariâncias genéticas entre os indivíduos. No entanto, o EBV pode não ser predito com a máxima eficiência devido a erros na anotação do pedigree e à dificuldade em estimar as reais relações entre os indivíduos. Em outras palavras, a matriz de parentesco baseada em pedigree, usada na avaliação tradicional, é substituída por uma matriz de parentesco estimada pelos marcadores. Tal procedimento é superior ao uso do pedigree, pois efetivamente captura a matriz de parentesco realizada e não uma matriz de parentesco médio associada ao pedigree (RESENDE et al, 2009).

De acordo com (WEIR; ANDERSON; HEPLER, 2006) se considerarmos dois indivíduos não relacionados, sua progênie herdará um alelo de cada loco, proveniente de cada genitor, e, portanto, como eles não compartilham um alelo idêntico por descendência (IBD), isso dará ao descendente um coeficiente de relação ( $r$ ) igual a 0,5 com cada genitor. Irmãos completos podem compartilhar zero ( $r = 0$ ), um ( $r = 0,5$ ) ou dois ( $r = 1$ ) alelos IBD para cada loco (VISSCHER et al., 2002). No entanto, na prática considera-se o valor médio ( $r = 0,5$ ) para

quantificar a relação entre irmãos completos, muitas vezes causando sub ou superestimação da relação de parentesco, a qual poderá interferir diretamente na estimativa do valor genético do animal.

Antes da descoberta e uso de marcadores SNP, a baixa disponibilidade de marcadores sempre foi descrita como o principal fator limitante para o uso de marcadores moleculares na estimativa do parentesco da população (GARANT; KRUIK, 2005). VANRADEN, (2008) relatou que é possível estimar a relação dos animais com base em marcadores genéticos distribuídos ao longo do genoma, sendo a similaridade genética entre animais estimada com maior precisão do que usando informações de pedigree (FORNI; AGUILAR; MISZTAL, 2011). Os marcadores permitem estimar a proporção de loci compartilhados pelos indivíduos, pois identificam alelos IBD que podem ser compartilhados por ancestrais comuns não registrados no pedigree (POWELL; VISSCHER; GODDARD, 2010).

Desta forma, a análise genômica tornou-se altamente precisa e acessível para determinar o grau de parentesco e verificar informações de pedigree, superando limitações da genealogia convencional, que frequentemente resultava em erros na estimativa do valor genético dos animais. Estes testes não apenas aprimoraram a precisão das avaliações genéticas, mas também reduziram significativamente os erros de paternidade, o que é crucial para programas de melhoramento genético, visando correta seleção dos melhores reprodutores e melhor direcionamento dos acasalamentos, evitando-se problemas com consanguinidade no rebanho.

### **2.3. Composição racial e análise de ancestralidade**

Animais cruzados apresentam grande importância para a pecuária do Brasil, pois apresentam alto potencial genético para produção e elevada capacidade de adaptação, características essenciais para a produção sustentável em regiões tropicais e subtropicais. Em bovinos, estes animais são produzidos, muitas vezes, a partir de cruzamentos entre *Bos taurus* e *Bos indicus*, sendo os esquemas de acasalamentos direcionados para a produção de animais bimestiços 5/8 taurino + 3/8 zebuino (Puro Sintético), como as raças

Girolando para produção de leite e Brangus e Braford para o corte. As associações de criadores, em geral, registram diversas composições raciais permitidas dentro da formação da raça, chamados de produtos de cruzamento sob controle de genealogia (CCG). Na raça Girolando, por exemplo, são registrados desde o CCG 1/4 Holandês + 3/4 Gir até o CCG 7/8 Holandês + 1/8 Gir. Estas frações são definidas com base na composição genética de seus pais, determinada pelas informações de pedigree, sendo um método acessível e muito utilizado entre as associações de raças. No entanto, está sujeito a erros de anotação, dados incompletos ou ausentes, além de ser uma estimativa probabilística dos efeitos da meiose, desconsiderando os processos de segregação independente e recombinação (*crossing-over*) que podem ocorrer nos cromossomos no momento da formação das células germinativas, podendo, portanto, não representar a real fração racial das raças puras (RON et al., 1996).

Os valores de composição racial são inseridos em modelos estatísticos para avaliação de características economicamente importantes em populações cruzadas, contribuindo para melhores estimativas do valor genético dos animais. Métodos que utilizaram dados de genoma completo já foram utilizados em espécies como bovinos, suínos e ovelhas para predição e estimação da composição racial genômica (GOBENA; ELZO; MATEESCU, 2018).

Informações genômicas têm o potencial de fornecer estimativas mais precisas da composição e distância genética de animais dentro e entre diferentes raças, em relação ao convencionalmente registrado com dados de pedigree (KELLEHER et al., 2017). Nossa equipe de pesquisa tem se dedicado à investigação da real composição racial de bovinos da raça Girolando, e as análises realizadas revelaram que as composições genômicas raciais diferem das estimadas com base nas informações de pedigree em todos os grupos raciais analisados (OLIVEIRA et al., 2022). Esses resultados demonstram que a classificação atualmente empregada para registros e inclusão no banco de dados da raça Girolando, baseada em informações de pedigree, pode não representar com fidelidade a verdadeira composição racial dos animais.

Da mesma forma, o uso de informações genômicas permite melhor entendimento da ancestralidade de animais de raças puras por meio da identificação e avaliação da origem de haplótipos dentro de populações,

contribuindo com estudos comparativos de diferentes raças e melhor entendimento da evolução genética destes animais. Essa compreensão da ancestralidade de cada região genômica é conhecida atualmente como ancestralidade local (CHEN et al., 2020).Essas regiões sobre seleção em ambientes desafiadores podem conter grande desvio de ancestralidade ao longo das gerações na direção de um dos fundadores e podem indicar forte pressão de seleção ou deriva genética (GAUTIER; NAVES, 2011).A comparação de todo o genoma de populações de diferentes regiões geográficas também pode detectar potenciais genes candidatos associados a adaptações ecológicas (EDEA et al., 2015; VERARDO et al., 2021).

Estudar a ancestralidade tem sido útil para entender a evolução das raças, o desenvolvimento do pool genético e o nível de diferenciação entre as raças, bem como para elaborar estratégias eficazes para melhorar, gerenciar e conservar os recursos genéticos dos animais de produção (EDEA et al., 2015).

#### **2.4. Avaliação da diversidade genética populacional**

A aplicação do melhoramento genético contribui para a formação de indivíduos mais produtivos, com melhores taxas reprodutivas e adaptados às adversidades climáticas. Este processo é baseado na seleção e acasalamentos de indivíduos com maior mérito genético para características de interesse, resultando no aumento da frequência e fixação de alelos desejáveis, contribuindo para formação de populações mais homogêneas, o que pode resultar na diminuição da variabilidade genética dos indivíduos. A genômica tem sido empregada rotineiramente para inferir a diversidade genética e estrutura populacional, na busca de melhor compreensão dos recursos genéticos disponíveis, da história evolutiva e demográfica das raças. Estudos prévios têm investigado a diversidade genética dentro e entre raças, em diferentes espécies zootécnicas, por meio do cálculo do coeficiente de endogamia e número efetivo populacional e análises de componentes principais (PCA) (VERARDO et al., 2021).

A endogamia é um termo usado para especificar o acasalamento entre indivíduos mais aparentados entre si do que a média populacional a que

pertencem. Indivíduos com um ancestral comum, ou mais, podem apresentar réplicas de alelos presentes no ancestral e, quando acasalados entre si, têm a chance de transmitir essas réplicas para suas progênes. Estes alelos idênticos do mesmo ancestral comum são chamados de alelos Idênticos por Descendência (IBD), enquanto alelos idênticos que não são herdados do mesmo ancestral comum são chamados alelos Idênticos por Estado (IBS) (FALCONER; MACKAY, 1996).

Acasalamentos endogâmicos resultam em aumento da homozigidade e, conseqüentemente, diminuição da heterozigidade, aumentando as chances do aparecimento de alelos IBD. Esta probabilidade é quantificada através do coeficiente de endogamia, um parâmetro base da genética de populações, que está intimamente relacionado ao conceito de parentesco.

Nos últimos anos, novas metodologias surgiram para melhorar as estimativas da endogamia e controlar seus efeitos deletérios em populações comerciais. Dentre elas podemos citar a estimativa da endogamia genômica (FROH) a partir da corrida de homozigose (ROH) (CURIK; FERENČAKOVIĆ; SÖLKNER, 2014). Esta técnica, por meio da comparação de milhares de marcadores do tipo SNP entre indivíduos de uma população, permitem identificar regiões genômicas contínuas compartilhadas entre os animais e assim, o estudo da variabilidade genética populacional (KIM et al., 2013).

Outro parâmetro de grande importância para o melhoramento é o número efetivo populacional ( $N_e$ ), descrito por FALCONER e MACKAY, (1996) como o número efetivo de indivíduos que acasalam e pode dar origem a taxa de endogamia em uma dada situação. Estimado por meio de padrões de desequilíbrio de ligação (DL) entre marcadores moleculares (HAYES et al., 2003), esta é uma importante medida em estudos sobre teorias evolutivas, genética de populações quantitativa, distribuição da variação genética e conservação genética das espécies. Além disso, o  $N_e$  ajuda a prever a perda e a distribuição da variação genética, as probabilidades de fixação de alelos benéficos ou prejudiciais, aptidão e sobrevivência de uma população (WANG, 2005).

Embora a utilização de seleção genômica apresente menor taxa de endogamia por geração quando comparada à tradicional, a seleção de touros

jovens para a reprodução resulta em menor intervalo de geração e conseqüentemente maior taxa de endogamia por ano (FORUTAN et al., 2018). Aumentos nesta taxa podem resultar em menor variabilidade genética e resposta à seleção, além de maior risco de homozigose em alelos deletérios e letais. Desta forma, o estudo do FROH e Ne nas populações apresenta grande importância no processo de seleção e direcionamento do acasalamento, na busca da manutenção da diversidade genética das populações.

Aliado aos estudos sobre endogamia e número efetivo, para melhor entendimento da estrutura genética de uma população pode-se ainda trabalhar com análises de componentes principais (PCA). Esta análise permite a caracterização do distanciamento genético de indivíduos dentro de uma mesma raça e entre raças diferentes, proporcionando a comparação da semelhança e diversidade genética das populações (VERARDO et al., 2021). Ao analisar o padrão genômico de bovinos das raças Holandesa (HOL), Pardo Suíço (PS) e Jersey (JER), nossa equipe de pesquisa observou que animais HOL e PS demonstram uma maior similaridade genética entre si em comparação com o JER. Isso sugere que os animais HOL e PS podem estar mais suscetíveis a perdas decorrentes da depressão endogâmica e por isso, atenção especial deve ser dada aos esquemas de acasalamento das raças, evitando-se o uso massivo de poucos reprodutores, para prevenir perdas na variabilidade genética (dados não publicados).

Assim, o estudo da diversidade genética tem sido útil para entender a evolução das raças, o desenvolvimento do pool genético e o nível de diferenciação entre as raças, bem como para elaborar estratégias eficazes para melhorar, gerenciar e conservar os recursos genéticos dos animais de produção.

## **2.5. Estudos de desequilíbrio de ligação e de Associação Ampla do Genoma (GWAS)**

O acesso às plataformas de genotipagem, com baixo custo, tornou os estudos de Associação Genômica Ampla (GWAS) uma prática comum. Esta é uma poderosa abordagem, tanto na genética humana quanto na pecuária e desempenha um papel fundamental na revelação das bases genéticas de

doenças complexas e traços fenotípicos em larga escala. Seu objetivo principal é identificar associações estatísticas entre variações genéticas comuns e características específicas.

No entanto, a compreensão do GWAS não pode ser completa sem considerarmos o desequilíbrio de ligação (DL), um fenômeno intrincado em que alelos apresentam associações não aleatórias. Isso tem um impacto significativo nas análises de GWAS, uma vez que estes alelos tendem a ser transmitidos juntos e assim, se apresentam com maior frequência do que esperado ao acaso na população (TAK; FARNHAM, 2015). Essa interligação de alelos também influencia a precisão das predições de valores genéticos genômicos e as técnicas de seleção genômica (SONESSON; MEUWISSEN, 2009).

Análises de DL podem contribuir na escolha adequada do número de marcadores genéticos a serem considerados nas análises, garantindo assim resultados mais precisos. Estudos como o de PÉREZ O'BRIEN et al., (2014) ressaltam a importância do entendimento da estrutura de DL, que impacta diretamente a eficácia das estratégias de seleção, avaliação de parentesco e detecção de doenças baseadas em marcadores genômicos. Portanto, o discernimento do DL desempenha um papel essencial na maximização da precisão e do sucesso das análises genômicas aplicadas em programas de melhoramento genético animal (UTSUNOMIYA et al., 2016).

O uso de marcadores moleculares distribuídos ao longo do genoma também possibilitou a realização de GWAS, que usam tecnologias de genotipagem de alto rendimento para identificar SNPs ou loci de características quantitativas (QTL) e relacioná-los com características de interesse. Esta análise representa uma das principais estratégias na investigação de mutações subjacentes aos marcadores em características complexas e por meio da identificação de regiões genômicas, possibilita a localização de genes potencialmente envolvidos com o fenótipo de interesse (OTTO et al., 2018b, 2019, 2021).

No entanto, a identificação de QTLs, SNPs e genes de interesse é apenas o primeiro passo em análises de GWAS. Estudos adicionais, de ontologia gênica, são necessários para identificar genes candidatos, ou seja, genes que apresentam alguma ligação funcional com a característica estudada. Diversos

estudos têm aplicado com eficiência o uso de análises de ontologia gênica, como a investigação de processos biológicos, para a identificação dos genes candidatos nas mais variadas espécies avaliando-se diferentes características de interesse econômico (OTTO et al., 2018, 2019; VERARDO et al., 2016).

Diversas bibliotecas e banco de dados podem ser utilizados como referência para comparação de estudos como Ensembl e QTL database (DURINCK et al., 2005; HU; PARK; REECY, 2022). Estes bancos são alimentados por pesquisadores, publicações científicas, colaboradores e parceiros, além de atualizações regulares. As plataformas requerem parâmetros para busca otimizada como: número e posição no cromossomo em pares de bases (*base pairs*) e tamanho de janelas de busca (regiões flanqueadoras).

A abrangência da aplicabilidade de estudos de GWAS pode ser evidenciada na plataforma animal QTLdatabase, a qual disponibiliza atualmente informações de 277.931 QTLs de interesse, identificados em espécies de grande relevância na pecuária, como bovinos, aves, suínos, ovinos e caprinos (HU, Z.-L.; PARK; REECY, 2022).

A espécie animal mais avaliada é a bovina, que registra um total de 195.011 QTL descritos, representando aproximadamente 70% do número total de QTL identificados nas espécies de maior interesse. Para essa espécie, foram mapeadas regiões genômicas associadas a diversas características, incluindo, porcentagem de gordura no leite (11.939), idade a puberdade (10.623), circunferência escrotal (10.457), porcentagem de proteína no leite (9.973), bem como outras características de importância econômica como porcentagem da proteína da kappa caseína (4.836), peso corporal (3.893), força de cisalhamento/maciez (3.630) e ganho de peso diário (3.523) (HU; PARK; REECY, 2022).

Os estudos de GWAS desempenham um papel de fundamental importância na pesquisa em melhoramento animal, fornecendo informações valiosas sobre QTLs em diversas espécies. Por meio de bancos de dados, conseguimos acessar informações detalhadas sobre milhares de QTLs relacionados a características economicamente importantes, proporcionando ferramentas valiosas para impulsionar a pesquisa e o desenvolvimento na

indústria de produção animal, eficiência e a qualidade da produção animal em todo o mundo.

### 3. Considerações finais

Em conclusão, a genômica na produção animal representa uma revolução notável que tem impactado positivamente a agricultura e a pecuária. Os avanços tecnológicos permitiram uma análise detalhada do DNA dos animais, proporcionando insights valiosos para produtores, técnicos e pesquisadores. Essa abordagem tem implicações amplas, desde a seleção genômica até a conservação das raças e a compreensão das origens e herança genética.

A genômica está desempenhando um papel fundamental na transformação da agricultura e da pecuária, impulsionando práticas mais eficientes e sustentáveis, assegurando a produção de produtos de alta qualidade e contribuindo para a preservação das espécies e raças. Com a constante evolução da tecnologia genômica, podemos esperar ainda mais avanços e benefícios significativos para esses setores no futuro. No entanto, alguns dos principais aspectos limitantes para a aplicação destas e de outras tecnologias persistem, incluindo limitações na infraestrutura de manejo, a falta de registros de fenótipos confiáveis e a necessidade de ferramentas analíticas robustas para avaliar os dados. A padronização da coleta de dados fenotípicos pode desempenhar um papel crucial no avanço genético das espécies. A melhoria nesses aspectos é essencial para o sucesso das análises genômicas e a disseminação de material genético de alta qualidade, que, em um futuro próximo, pode até incluir animais geneticamente editados nos rebanhos.

### 4. Referências bibliográficas

- CHEN, Q. et al. Whole-genome resequencing reveals diversity, global and local ancestry proportions in Yunling cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.137, n.6, p.641–650, 2020.
- CURIK, I.; FERENČAKOVIĆ, M.; SÖLKNER, J. Inbreeding and runs of homozygosity: A possible solution to an old problem. **Livestock Science**, v.166, p.26–34, 2014.

- DURINCK, S. et al. BioMart and Bioconductor: a powerful link between biological databases and microarray data analysis. **Bioinformatics**, v.21, n.16, p.3439–3440, 2005.
- EDEA, Z. et al. Genome-wide genetic diversity, population structure and admixture analysis in African and Asian cattle breeds. **Animal**, v.9, n.2, p.218–226, 2015.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to Quantitative Genetics**. Benjamin-Cummings Pub, 1996.
- FORNI, S.; AGUILAR, I.; MISZTAL, I. Different genomic relationship matrices for single-step analysis using phenotypic, pedigree and genomic information. **Genetics Selection Evolution**, v.43, n.1, p.1, 2011.
- FORUTAN, M. et al. Inbreeding and runs of homozygosity before and after genomic selection in North American Holstein cattle. **BMC Genomics**, v.19, n.1, p.98, 2018.
- GARANT, D.; KRUIK, L. E. B. How to use molecular marker data to measure evolutionary parameters in wild populations. **Molecular Ecology**, v.14, n.7, p.1843–1859, 2005.
- GAUTIER, M.; NAVES, M. Footprints of selection in the ancestral admixture of a New World Creole cattle breed. **Molecular Ecology**, v.20, n.15, p.3128–3143, 2011.
- GOBENA, M.; ELZO, M. A.; MATEESCU, R. G. Population Structure and Genomic Breed Composition in an Angus–Brahman Crossbred Cattle Population., v.9, 2018.
- HAYES, B. J. et al. Novel Multilocus Measure of Linkage Disequilibrium to Estimate Past Effective Population Size. **Genome Research**, v.13, n.4, p.635–643, 2003.
- HU, Z.-L.; PARK, C. A.; REECY, J. M. Bringing the Animal QTLdb and CorrDB into the future: meeting new challenges and providing updated services. **Nucleic Acids Research**, v.50, n.D1, p.D956–D961, 2022.
- KELLEHER, M. M. et al. Inference of population structure of purebred dairy and beef cattle using high-density genotype data. **Animal**, v.11, n.1, p.15–23, 2017.
- KIM, E.-S. et al. Effect of Artificial Selection on Runs of Homozygosity in U.S. Holstein Cattle. **PLoS ONE**, v.8, n.11, p.1–14, 2013.
- KNIBB, W. et al. Can genetic diversity be maintained in long term mass selected populations without pedigree information? — A case study using banana shrimp *Fenneropenaeus merguensis*. **Aquaculture**, v.428–429, p.71–78, 2014.

- MEUWISSEN, T. H. E.; HAYES, B. J.; GODDARD, M. E. Prediction of Total Genetic Value Using Genome-Wide Dense Marker Maps. **Genetics**, v.157, n.4, p.1819–1829, 2001.
- OLIVEIRA, L. A. et al. Aplicações da genômica no cálculo de Aplicações da genômica no cálculo da composição racial de animais Girolando da composição racial de animais Girolando. **37º Jornada Acadêmica Integrada**, 2022.
- OLIVEIRA, C. S. et al. Imputation accuracy for genomic selection using embryo biopsy samples in Gir. **Reproductive Biology**, v.23, n.2, p.100765, 2023.
- OTTO, P. I. et al. Genome-wide association studies for heat stress response in Bos taurus × Bos indicus crossbred cattle. **Journal of Dairy Science**, v.102, n.9, p.8148–8158, 2019.
- OTTO, P. I. et al. Genome-wide association studies for tick resistance in Bos taurus × Bos indicus crossbred cattle: A deeper look into this intricate mechanism. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.12, p.11020–11032, 2018.
- OTTO, P. I. et al. Short communication: Genome wide association study for gastrointestinal nematodes resistance in Bos taurus x Bos indicus crossbred cattle. **Livestock Science**, v.245, p.104403, 2021.
- PANETTO, J. C. do C. et al. Parentage assignment using SNP markers, inbreeding and population size for the Brazilian Red Sindhi cattle. **Livestock Science**, v.204, p.33–38, 2017.
- PÉREZ O'BRIEN, A. M. et al. Linkage disequilibrium levels in Bos indicus and Bos taurus cattle using medium and high density SNP chip data and different minor allele frequency distributions. **Livestock Science**, v.166, p.121–132, 2014.
- POWELL, J. E.; VISSCHER, P. M.; GODDARD, M. E. Reconciling the analysis of IBD and IBS in complex trait studies. **Nature Reviews Genetics**, v.11, n.11, p.800–805, 2010.
- RESENDE, M. D. V. et al. Seleção genômica ampla (GWS) e maximização da eficiência do melhoramento genético. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.56, p.63-77, 2008
- RON, M. et al. Misidentification Rate in the Israeli Dairy Cattle Population and Its Implications for Genetic Improvement. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.4, p.676–681, 1996.
- SCHEFERS, J. M.; WEIGEL, K. A. Genomic selection in dairy cattle: Integration of DNA testing into breeding programs. **Animal Frontiers**, v.2, n.1, p.4–9, 2012.
- SENNEKE, S. L.; MACNEIL, M. D.; VAN VLECK, L. D. Effects of sire misidentification on estimates of genetic parameters for birth and weaning

- weights in Hereford cattle<sup>12</sup>. **Journal of Animal Science**, v.82, n.8, p.2307–2312, 2004.
- SONESSON, A. K.; MEUWISSEN, T. H. Testing strategies for genomic selection in aquaculture breeding programs. **Genetics Selection Evolution**, v. 41, n.1, p.37, 2009.
- TAK, Y. G.; FARNHAM, P. J. Making sense of GWAS: using epigenomics and genome engineering to understand the functional relevance of SNPs in non-coding regions of the human genome. **Epigenetics & Chromatin**, v.8, n.1, p.57, 2015.
- UTSUNOMIYA, A. T. H. et al. Revealing misassembled segments in the bovine reference genome by high resolution linkage disequilibrium scan. **BMC Genomics**, v.17, n.1, p.705, 2016.
- VAN TASSELL, C. P. et al. SNP discovery and allele frequency estimation by deep sequencing of reduced representation libraries. **Nature Methods**, v.5, n.3, p.247–252, 2008.
- VANRADEN, P. M. Efficient Methods to Compute Genomic Predictions. **Journal of Dairy Science**, v.91, n.11, p.4414–4423, 2008.
- VERARDO, L. L. et al. After genome-wide association studies: Gene networks elucidating candidate genes divergences for number of teats across two pig populations<sup>1</sup>. **Journal of Animal Science**, v.94, n.4, p.1446–1458, 2016.
- VERARDO, L. L. et al. Genome-Wide Analyses Reveal the Genetic Architecture and Candidate Genes of Indicine, Taurine, Synthetic Crossbreds, and Locally Adapted Cattle in Brazil. **Frontiers in Genetics**, v.12, 2021a.
- VISSCHER, P. M. et al. Estimation of Pedigree Errors in the UK Dairy Population using Microsatellite Markers and the Impact on Selection. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.9, p.2368–2375, 2002.
- WANG, J. Estimation of effective population sizes from data on genetic markers. **Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences**, v.360, n.1459, p.1395–1409, 2005.
- WEIR, B. S.; ANDERSON, A. D.; HEPLER, A. B. Genetic relatedness analysis: modern data and new challenges. **Nature Reviews Genetics**, v.7, n.10, p.771–780, 2006.
- WELLER, J. I. et al. Paternity validation and estimation of genotyping error rate for the BovineSNP50 BeadChip. **Animal Genetics**, v.41, n.5, p.551–553, 2010.
- WELLER, J. I.; EZRA, E.; RON, M. Invited review: A perspective on the future of genomic selection in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.100, n.11, p.8633–8644, 2017.

WERNER, F. A. O. et al. Detection and characterization of SNPs useful for identity control and parentage testing in major European dairy breeds. **Animal Genetics**, v.35, n.1, p.44–49, 2004.

## **Autores**

Pamela Itajara Otto<sup>1</sup>, Diego Ortunio Rosa Gobo<sup>2</sup>, Daniele Oliveira<sup>1</sup>, Marcelo José Böck<sup>1</sup>, Arielly Oliveira Garcia<sup>3</sup>, Mateus Guimarães Dos Santos<sup>3</sup>, Thatiana Maitê Otto<sup>4</sup>, Renata de Fátima Bretanha Rocha<sup>3</sup>, Marcos Vinicius Gualberto Barbosa da Silva<sup>5</sup>, Darlene dos Santos Daltro<sup>6</sup>, Renata Negri<sup>7</sup>, Sabrina Kluska<sup>6</sup>, Karine Assis Costa<sup>7</sup>

1. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
2. Biólogo, Mestre em Zootecnia e Doutor em Genética e Melhoramento Animal, Santa Maria, Brasil.
3. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
4. Curso de Farmácia, Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, Cascavel, Brasil.
5. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, Brasil.
6. Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, Uberaba, Brasil.
7. Departamento de Biologia e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, Brasil.

---

## Descrição e aplicação de um modelo matemático para estimar o fluxo global de nutrientes na suinocultura

Vladimir de Oliveira, Marcos Speroni Ceron, Bruno Neutzling Fraga, Daniela Regina Klein

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c7>

### Resumo

A primeira parte deste capítulo descreve um modelo matemático desenvolvido para estimar o fluxo global de nutrientes na suinocultura. O modelo gera a estrutura do rebanho e calcula a utilização de nutrientes nas categorias projetadas. A partir de dados de composição da dieta e consumo, a ingestão de nutrientes é determinada. As exigências de manutenção, crescimento de conceptos e produção de leite tem prioridade pelos nutrientes na gestação e lactação. No crescimento, o potencial de deposição de proteína é usado para estimar a capacidade de acúmulo de massa pelos animais. A energia ingerida é usada para manutenção, deposição e proteína e lipídeos. Na segunda parte do capítulo, o modelo foi usado para estimar a demanda de milho na suinocultura gaúcha. A suinocultura tem importância econômica e social no estado, enquanto o milho é o alimento com maior participação na dieta dos suínos, embora o estado dependa do milho (ou substituto) produzido em outras regiões, o que prejudica a competitividade da atividade. Uma das vantagens dessa abordagem é permitir a integração de vários fatores avaliando-os individual ou conjuntamente sobre respostas de interesse. O modelo gerou estimativas realistas da demanda de milho total e por categoria. Vou possível quantificar a influência de alguns fatores, como a produtividade da fêmea e incremento da energia metabolizável do milho, sobre a demanda do cereal. Apesar de o modelo necessitar de alguns ajustes, acredita-se essa abordagem tenha grande potencial para contribuir com uma visão global do fluxo de nutrientes e ingredientes na suinocultura.

## 1. Introdução

A modelagem matemática tem como objetivo descrever sistemas por meio de parâmetros, variáveis e equações diferenciais. Esta abordagem pode ser aplicada em diversas situações e permite a análise do comportamento de sistemas considerando diferentes fatores isolados ou conjuntamente.

O primeiro objetivo deste capítulo é descrever um modelo matemático determinístico que está sendo desenvolvido no Laboratório de Suinocultura da UFSM e cujos resultados de CERON et al. (2013); FRAGA et al. (2015); CAMARGO, (2017), FELIN, (2017), CHIMANSKI et al. (2018) e MUNIZ et al. (2019) contêm, direta ou indiretamente, elementos usados na sua estruturação. Em vários aspectos, os princípios teóricos usado nesse trabalho seguem os mesmos de outros autores, entre os quais mencionam-se: DOURMAD et al. (2008); VAN MILGEN et al. (2008); BERGSMA et al. (2009); RIGOLOT et al. (2010); HANSEN et al. (2014).

Após definir o sistema de produção e inserir variáveis necessárias para iniciar os cálculos, o modelo estima a dinâmica do rebanho. A composição da dieta e variáveis de conversão são usadas para calcular o fluxo de nutrientes (ingestão e excreção) de acordo com o sistema de produção pré-selecionado. É possível simular as saídas alterando-se as variáveis de interesse e obter os resultados médios desejados.

O segundo objetivo é apresentar uma aplicação do modelo visando demonstrar algumas de suas funcionalidades. Entre as diversas possibilidades que o modelo oferece, optou-se por estimar a demanda anual de milho da suinocultura gaúcha. A escolha se baseou nos seguintes princípios: a produção de suínos tem enorme relevância social e econômica no estado; o milho é o componente de maior participação na dieta da maior parte das categorias de suínos e, por fim, o estado tem um déficit histórico de milho que prejudica a competitividade da suinocultura. Acredita-se que um olhar sistêmico, que integre diferentes fatores conjuntamente, possibilite gerar cenários e contribuir com a identificação de gargalos e facilite a apresentação de propostas que impactem significativamente no uso do milho pela suinocultura gaúcha.

## 2. Descrição do modelo

**2.1. Dinâmica do rebanho:** o modelo gera a estrutura do rebanho (proporção animais por categoria) considerando um determinado número de animais e sistema de produção específicos (ciclo completo, unidade de produção de leitões, etc.). A partir de informações como duração da gestação e lactação, dias não produtivos, taxa de reposição anual e remoção entre partos, por exemplo, é gerada a distribuição de animais por categoria do rebanho de reprodução. A estrutura do rebanho de crescimento (desmame ao abate) é gerada pelos dados da curva de crescimento dos animais, indicação do sistema de criação, mortalidade e a duração das fases.

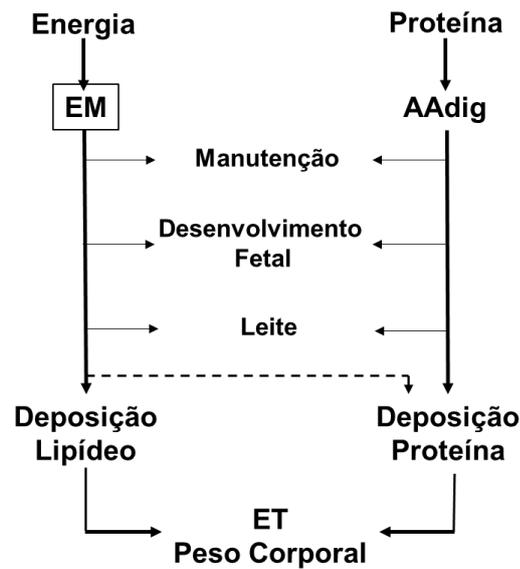
**2.2. Fluxo de nutrientes:** *Gestação* - a utilização dos nutrientes segue a lógica apresentada, simplificada, na figura 1 (DOURMAD et al., 2008). A energia metabolizável (EM) e aminoácidos digestíveis no íleo (AAdig) são as unidades utilizadas para expressar os nutrientes que entram no sistema. A manutenção e o desenvolvimento fetal têm prioridade na utilização dos nutrientes, sendo o excedente destinado ao crescimento materno (deposição de proteína e deposição de lipídeos). A quantidade diária de EM para manutenção foi definida como  $106 \text{ kcal/kg PV}^{0,75}$ , sendo considerada constante durante toda o período gestacional. O ganho de peso fetal não é uniforme, sendo relativamente pequeno no início e aumentando ao final da gestação. Para contemplar essa variação foram utilizadas as equações de Hansen et al. (2014), apresentada na tabela 1. O ganho de peso materno é estimado pela energia ingerida acima da manutenção e desenvolvimento fetal, considerando as eficiências de proteína ( $k_p$ ) e lipídeos ( $k_l$ ) como sendo de 0,60 e 0,80, respectivamente. A quantia diária de nitrogênio retida pela porca é estimada pela equação proposta por DOURMAD et al. (2008) e apresentada na tabela 1.

**Tabela 1.** Equações e constantes usadas para modelar o fluxo de nutrientes nas porcas

Item	Equação
EM manutenção, kcal/d	$EM_{\text{man}} = 106 \cdot PV^{0,75}$
Eficiência de utilização da EM para PD, %	$K_p = 0,60$
Eficiência de utilização da EM para LD, %	$K_l = 0,80$
Eficiência de utilização da EM para conceptos, %	$K_c = 0,50$
Peso do feto	
0 – 45 d	$P_{\text{feto}} = 0,474 \cdot t$
46 – 115 d	$P_{\text{feto}} = -62,922 + 0,00108 t^2$
Fluídos e membranas	
Peso	$P_{f+m} = PV_{\text{feto}} \cdot 48,677 \cdot \exp(-0,0415t)$
Proteína	$PB_{f+m} = P_{f+m} \cdot 0,0087 \exp(-0,00146t)$
Composição corporal	
Peso corporal vazio da porca, kg	$PCV = 0,96 \times PV$
Conteúdo de proteína corporal, kg	$P_c = 2,28 + 0,178 \cdot PCV - 0,333 P^2$
Conteúdo de gordura corporal, kg	$G_c = -26,4 + 0,22 \cdot PCV + 1,331 P^2$
Retenção total de nitrogênio	$NR = 0,85 (d(RNc)/dt - 0,4 + 45,9 (t/100) - 105,3 (t/100)^2 + 64,4 (t/100)^3 + a(EM - EM_{MM}))$

Adaptado de Dourmad et al. (2008) e Hansen et al. (2014).

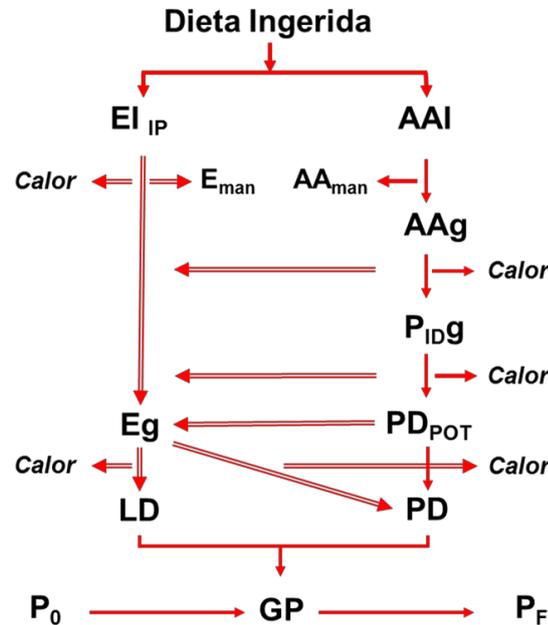
**Lactação** - Durante a lactação a utilização dos nutrientes é dividida em seguintes componentes: manutenção e produção de leite. A energia obtida pelo catabolismo das reservas corporais (lipídeos e proteína) é considerada para o cálculo do suprimento energético. Assumiu-se que energia de manutenção é constante durante toda a lactação e que o valor diário é de 106 kcal de EM/kgPV<sup>0,75</sup>. O ganho de peso da leitegada serviu para estimar a quantidade de leite produzida e os nutrientes necessários para atender essa demanda (NOBLET et al., 1990). No caso de déficit de EM, ou seja, ingestão inferior as exigências de manutenção e produção de leite, o modelo prevê que haverá mobilização das reservas energéticas de gordura e proteína. As exigências de aminoácidos na lactação contemplam a manutenção e a produção de leite.



**Figura 1.** Esquema da utilização de nutrientes do modelo de porcas (Dourmad et al., 2008)

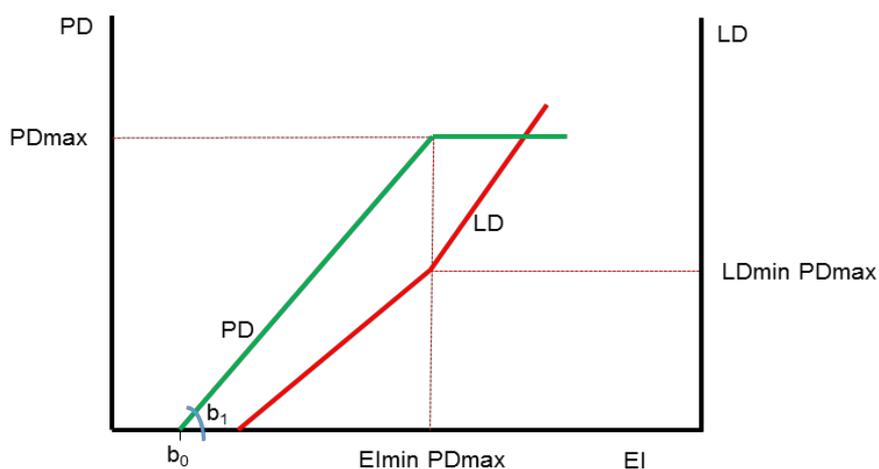
*Crescimento* - A descrição do fluxo de nutrientes durante o crescimento seguiu os princípios sugeridos por de LANGE et al. (1995). O modelo necessita que seja informada a composição corporal inicial do leitão (desmame) para que a massa de proteína seja determinada e, a partir de relações com outras variáveis, as quantias de lipídeos, água e cinzas sejam estimadas. O potencial de crescimento do suíno é descrito usando a lógica de Gompertz, sendo necessário informar os parâmetros A (peso a maturidade), b (taxa de crescimento relativo) e a idade em que ocorre o ponto de inflexão. Relações alométricas entre a deposição de proteína e lipídeos, água e cinzas são empregadas para obter o peso total. A demanda de EM para manutenção foi fixada em  $106 \text{ kcal/kgPV}^{0,75}$  ao dia. A EM ingerida acima da manutenção é usada para deposição simultânea de proteína e lipídeos a uma taxa constante (definida pelo usuário) até o ponto em que a deposição de proteína é limitada (pelo potencial genético, ingestão de aminoácidos e ou energia), quando então toda EM é destinada a deposição lipídica (LUITING & KNAP, 2006). A eficiência de utilização da proteína ( $k_p$ ) e lipídeo ( $k_f$ ) foi de 0,6 e 0,8, respectivamente. Os aminoácidos são utilizados com a eficiência descrita na tabela 3, e aqueles não

aproveitados para manutenção e deposição de proteína são desaminados e a cadeia carbonada usada para fins energéticos (VAN MILGEN et al., 2008).



**Figura 2.** Representação geral da utilização de energia e proteína (PB) no modelo de crescimento. EILP = energia ingerida, isenta de PB; Eg = energia para ganho; LD = taxa de deposição de lipídios; AAI = aminoácido ingerido; AAG = aminoácido para ganho; PIDg = proteína ideal para ganho; PDPOT = potencial de deposição de PB; PD = taxa de deposição de PB; P0 = peso inicial; GP = ganho de peso; PF = peso final. Adaptado de de Lange et al. (1995).

**2.3. Dieta:** o número de dietas, período de fornecimento, quantia e composição dos ingredientes de cada uma deve ser estabelecido pelo usuário. O modelo calcula a composição em energia e nutrientes. A ingestão diária de nutrientes é obtida multiplicando-se a composição pelo consumo informado.



**Figura 4.** Deposição de proteína (PD) e deposição de lipídios (LD) em relação ao consumo de energia metabolizável (EM). Para  $PD < PD_{max}$ ,  $PD = f(MEI) = b_1 \times (EMI - b_0)$ . Adaptado de Luiting & Knap (2006).

**Tabela 2.** Perfil ideal de aminoácidos, aminoácidos para manutenção, composição corporal de aminoácidos e eficiência de deposição de aminoácidos para suínos

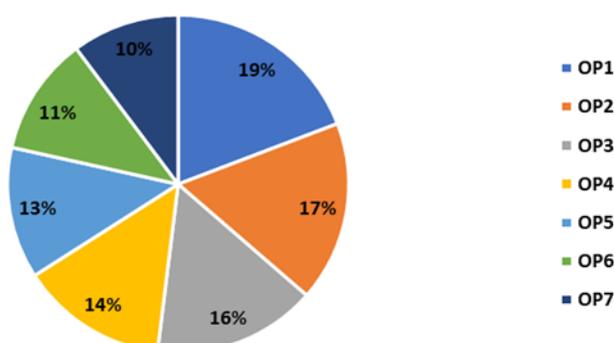
Aminoácido	Proteína ideal %	Perdas de Integumentos mg/kg $PV^{0,75}/d$	Perdas devido turnover basal mg/kg $PV^{0,75}/d$	Perdas basais endógenas g/kg MSI	Composição corporal %	Máxima eficiência %
Lisina	100	4,5	23,9	0,313	6,96	72
Metionina	30	1,0	7,0	0,087	1,88	64
Cistina	n.a.	4,7	4,7	0,140	1,03	n.a.
Met+Cist	60	5,7	11,7	0,227	2,91	51
Treonina	65	3,3	13,8	0,330	3,70	61
Triptofano	18	0,9	3,5	0,117	0,95	57
Isoleucina	60	2,5	12,4	0,257	3,46	60
Leucina	100	5,3	27,1	0,427	7,17	76
Valina	70	3,8	16,4	0,357	4,67	71
Fenilalanina	50	3,0	13,7	0,273	3,78	82
Tirosina	n.a.	1,9	9,0	0,223	2,86	n.a.
Fen+Tiro	95	4,9	22,7	0,497	6,64	75
Histidina	32	1,3	10,2	0,130	2,79	93
Arginina	42	0,0	0,0	0,280	6,26	154

FONTE: Adaptado de Van Milgen et al. (2008).

### 3. Demanda de milho da suinocultura gaúcha

Os dados usados para realizar as estimativas foram: número de suínos abatidos (11.150 mil cabeças), mortalidade na maternidade, creche, crescimento e terminação (8,5, 1,5, 2,0 e 2,0%, respectivamente), proporção de milho das dietas de gestação, lactação, pré 1 e 2, inicial, crescimento 1 e 2 e terminação 1 e 2 (60, 65, 40, 50, 60, 65, 65, 60 e 55%, respectivamente), número de ordem parto máximo (7) e taxa de remoção entre partos (10%).

É possível visualizar na figura 4 que a distribuição das matrizes por ordem de parto. Como era esperado a maior proporção de fêmeas encontra-se nas ordens de parto iniciais.



**Figura 4.** Distribuição das matrizes comerciais por ordem de parto

Na tabela 3 encontram-se os dados de demanda de milho, estimados pelo modelo, para atender as necessidades do rebanho. Constata-se que a demanda de milho da suinocultura gaúcha é ao redor de 2 milhões de toneladas, o que está dentro de estimativas divulgadas pelas entidades governamentais e representantes dos suinocultores. É importante mencionar que nas fases de crescimento e terminação ocorrem os maiores gastos de milho, 35,6 e 40,9% do total, respectivamente. Os dados demonstram o potencial dessas fases de criação para medidas que reduzam a demanda de milho.

**Tabela 3.** Demanda anual de milho por categoria animal

Categoria	Milho (t)	%
Matrizes	339.165,8	16,8
Creche	135.631,6	6,7
Crescimento	720.954,7	35,6
Terminação	828.363,3	40,9
Total	2.024.115,4	100,0

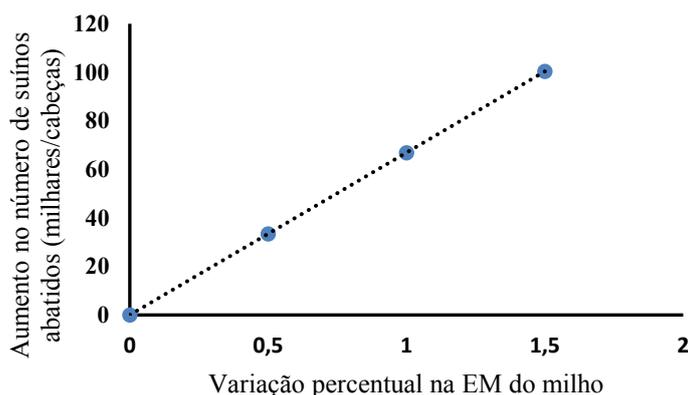
Foi simulado o efeito do aumento da produtividade das matrizes, expresso em número de leitões desmamados por fêmea ao ano, na demanda anual de milho pelas matrizes (Tabela 4). Percebe-se que há uma relação inversa entre a produtividade das fêmeas e a demanda de milho, reforçando que medidas de aumento da eficiência reprodutiva do plantel tem impacto na quantidade de milho necessária na suinocultura.

**Tabela 4.** Demanda anual de milho de acordo produtividade porca

DFA	Milho (t)	%
31,22	339.165,8	100,0
32,22	328.639,2	96,9
33,22	318.746,4	94,0
34,22	309.431,8	91,2
35,22	300.646,1	88,6

DFA = Desmamados por fêmea/ano.

A figura 5 mostra o efeito que um virtual incremento na energia metabolizável do milho teria sobre o número de suínos terminados para o abate. Fica evidente que medidas que visem obter melhorias nos valores energéticos do milho, como por exemplo, as relacionadas ao processamento, uso de enzimas e outros aditivos, empregos de grãos com maior densidade energética, entre outras, podem contribuir para reduzir a demanda ou uso mais eficiente do volume utilizado.



**Figura 5.** Influência da variação na EM do milho sobre o incremento de suínos abatidos

Os processos de avaliação de resultados e tomada de decisão demandam indicadores quantitativos. Na tabela 5 são apresentados alguns indicadores de conversão do milho que foram gerados pelo modelo e que podem contribuir com as finalidades mencionadas.

**Tabela 5.** Indicadores selecionados de conversão do milho

Item	Milho, kg
Matriz alojada, kg/kg	5470,4
Suíno abatido, kg/cab.	181,5
Carcaça, kg/kg	2,0

#### 4. Considerações finais

O modelo matemático apresentado nesse capítulo demonstra potencial para a descrição da dinâmica do rebanho e fluxo de nutrientes ingeridos pelos suínos das diferentes categorias. Com relação as estimativas de demanda de milho pela suinocultura gaúcha, é possível afirmar que os dados estão dentro da margem esperada. Além disso, acredita-se que essa abordagem metodológica

possa ser implementada não só para quantificar a necessidade do cereal, mas principalmente simular o impacto de diferentes fatores na demanda de milho.

## 5. Referências bibliográficas

- BERGSMA, R. et al. Lactation efficiency as a result of body composition dynamics and feed intake in sows. **Livestock Science**. v. 125, p. 208-222, 2009.
- CAMARGO, C. A. S. **Simulação do impacto de diferentes programas de dietas para suínos em crescimento e terminação**. 2017. 43f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- CERON, M. S. et al. Maintenance requirement and deposition efficiency of lysine in pigs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 48(9), p. 1269–1274, 2013.
- CHIMAINSKI, M. et al. Water disappearance dynamics in growing-finishing pig production. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 48, 2019.
- DOURMAD, J. Y. et al. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows. **Animal Feed Science Technology**. v. 143, p. 372-386, 2008.
- FELIN, F. P. **Eficiência lactacional de porcas com diferentes ordens de parto**. 2017. 41f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- FRAGA B. N. et al. Modeling performance and nutritional requirements of pigs lots during growth and finishing. **Ciência Rural**. v. 45, p. 1841-1847, 2015.
- HANSEN, A. et al. Energy and nutrient deposition and excretion in the reproducing sow: Model development and evaluation. **Journal of Animal Science**. v. 92, p. 2458-2472, 2014.
- DE LANGE, C. F. M. et al. Framework for a simplified model to demonstrate principles of nutrient partitioning for growth in the pig. **Modelling growth in the pig**. p. 71-85, 1995.
- LUITING, P.; KNAP, P. W. Comparison of pig growth models – the genetic point of view, London, UK, 2006. In: MECHANISTIC MODELLING IN PIG & POULTRY PRODUCTION, 2006, London, UK. **Anais...** CAB International, London (UK), 2006. p. 260-281.
- MUNIZ, H. C. M. et al. Evaluation of factorial methods to estimate lysinerequirements for barrows and immunocastrated pigs. **Livestock Science**, v. 227, p. 68-74, 2019.
- NOBLET, J. et al. Energy utilization in pregnant and lactating sows: Modeling of energy requirements. **Journal of Animal Science**. v. 68, p. 562–572, 1990.

RIGOLOTT, Cyrille et al. Modelling of manure production by pigs and NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions. Part II: effect of animal housing, manure storage and treatment practices. **Animal**. v. 4, n. 8, p. 1413-1424, 2010.

VAN MILGEN, J. et al. InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 143, p. 387-405, 2008.

## **Autores**

Vladimir de Oliveira<sup>1</sup>, Marcos Speroni Ceron<sup>2</sup>, Bruno Neutzling Fraga<sup>3</sup>, Daniela Regina Klein<sup>4</sup>

1. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
2. Escola de Veterinária e Zootecnia - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.
3. Universidade Federal do Pampa - Unipampa, Campus Itaqui, Brasil.
4. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.

## CAPÍTULO 8

---

### **Efeito do manejo sobre a produção e qualidade de forrageiras conservadas e avaliação das perdas fermentativas em silagens**

Julio Viégas, Francine Basso Facco, Monique Évelyn de Lima Antunes, Paola de Oliveira Selau, Tiago Antonio Del Valle

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c8>

#### **Resumo**

A produção e conservação de silagens é essencial para a intensificação dos sistemas produtivos. Além de permitirem manter a oferta de volumosos ao longo do ano, a produção de volumosos conservados permite o desenvolvimento de sistemas intensivos de produção em larga escala. O tema é ascendente no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFSM, abrangendo questões relacionadas ao manejo das áreas agrícolas e as práticas adotadas durante a ensilagem. O estudo das cultivares das diferentes espécies utilizadas para a produção de silagem, estágio vegetativo e o manejo da ensilagem e a utilização de aditivos são essenciais por afetarem o processo fermentativo das silagens. A fermentação indesejável maximiza as perdas fermentativas e reduz o valor nutricional e a estabilidade aeróbia da silagem. Neste capítulo são apresentados os efeitos do manejo de cortes sobre a conservação de cereais de inverno. Além disso, é apresentada uma proposta de utilização das curvas de produção de gases utilizadas em sistemas de fermentação ruminal *in vitro* para o estudo das perdas fermentativas em silagens.

#### **1. Introdução**

O uso de volumosos conservados na forma de silagem tem uma função estratégica na bovinocultura. Estes alimentos podem ser utilizados nos momentos de maior escassez de alimentos frescos, como ocorre nos vazios forrageiros de outono e de primavera. Ao mesmo tempo, também podem ser a base da alimentação em sistemas confinados, sendo o principal volumoso da dieta. Em todo e qualquer alimento que é produzido em uma determinada época do ano, os processos de conservação permitem a utilização ao longo do ano. Contudo, estes processos geralmente não permitem melhorar a qualidade do

material original. No caso da ensilagem de volumosos, o objetivo é gerir as perdas inerentes ao processo para que estas não sejam maximizadas e assim consigamos uma silagem com maior valor nutricional.

A qualidade do material ensilado está em íntima relação com a qualidade do material original. No entanto, a qualidade do produto final dependerá de muitos outros fatores, como o momento do corte em nível de campo, o tamanho de partícula, o teor de matéria seca e açúcares solúveis, compactação e vedação, entre tantos outros. Outro aspecto, o qual está relacionado ao primeiro fator, é a relação que existe para qualquer espécie forrageira entre produção de MS (biomassa) e qualidade, pois sempre que a produção de MS é elevada a qualidade é penalizada, sendo o oposto, igualmente verdadeiro.

Portanto, a decisão pelo ponto de corte é um compromisso entre boa produção de forragem com uma qualidade ainda aceitável. Como o custo de produção por metro cúbico de silagem é muito alto, não podemos apostar em um ponto de corte que nos permitirá elevada qualidade, pois resulta em pouco material a ser ensilado, com uma quantidade de umidade elevada, o que encarece todo o processo. Ao mesmo tempo, ao colhermos a lavoura no seu ponto máximo de produção, obteremos um material fibroso e com baixo teor de açúcares solúveis. Deve ser igualmente considerado que, tudo o que ocorre em nível de lavoura, desde a escolha da espécie, cultivar e práticas de manejo também afetam a qualidade e o volume disponível para ensilagem.

Dentre as linhas de pesquisa desenvolvidas no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFSM, um dos temas ascendentes é a produção e conservação de volumosos. Neste sentido, especialmente os professores Julio Viégas e Tiago Del Valle, assim como seus grupos de pesquisa têm se esforçado no desenvolvimento de uma série de ensaios ao longo do tempo. Os estudos com produção e conservação de volumosos consideram conceitos de forragicultura, abrangendo questões agronômicas e zootécnicas, como aquelas relacionadas ao manejo das forrageiras, tanto de espécies estivais como hibernais, até as avaliações nutricionais das silagens produtivas, visando identificar de maneira precisa os fatores de produção limitantes, acima expostos, bem como propor alternativas de manejo aplicáveis em nível de propriedade.

Para ilustrar as atividades desenvolvidas ao longo destes estudos, este capítulo tem por objetivo descrever ensaios em que foram exploradas questões de manejo e posteriormente discutir algumas questões metodológicas que têm sido destacadas em ensaios realizados nas instalações do Laboratório de Bovinocultura de Leite (LabLeite) da UFSM em associação com o Grupo de Estudos em Aditivos na Produção Animal (GEAPA).

## **2. Manejo da ensilagem**

A produção de volumosos hibernais é tema de muitos projetos de pesquisa e o manejo a ser adotado na obtenção de forragens conservadas ainda gera muitas dúvidas no campo. Neste sentido, alguns experimentos foram realizados no Grupo de Estudos em Aditivos na Produção Animal (GEAPA) com o intuito de avaliar a produção e conservação de cereais de inverno, principalmente aveia e trigo, quando produzidos exclusivamente para a produção de silagens ou manejadas sob regime de cortes, ou mesmo em avaliações com aditivos.

A estacionalidade da produção forrageira é um dos principais desafios para a produção de ruminantes no Brasil. Nas condições do Rio Grande do Sul, os campos naturais são compostos majoritariamente de espécies estivais, que entre os meses de março e setembro apresentam baixa taxa de acúmulo de forragem, em função da redução das temperaturas (SCHEFFER-BASSO et al., 2004). As forrageiras hibernais têm sido utilizadas para aumentar a produção de volumoso durante o outono-inverno (MORAES et al., 1995), seja para pastejo direto, ou como alimento conservado.

Para o ajuste entre as exigências e a disponibilidade forrageira, a conservação pode ser aplicada com o intuito de maximizar o desempenho técnico-econômico das propriedades (COAN et al., 2001). Neste sentido, a ensilagem tem crescido em relação à fenação por apresentar vantagens logísticas, principalmente em regiões com limitações climáticas para a fenação, como nos estados do sul do Brasil. A ensilagem é definida como a conservação do material ensilado, em ambiente anaeróbio, pela consequente fermentação e acidificação (McDONALD et al., 1991).

De acordo com McDonald et al. (1991), o processo de ensilagem pode ser dividido em 4 fases, a saber: 1) fase aeróbia: fase inicial, em que os microrganismos aeróbios consomem o oxigênio da massa ensilada, estabelecendo a anaerobiose. Como a respiração aeróbia leva à oxidação completa dos substratos, quanto maior a duração da fase aeróbia, maiores serão as perdas de matéria seca da silagem. Neste aspecto, velocidade de ensilagem e compactação se fazem essenciais durante a ensilagem para que as perdas sejam minimizadas; 2) fase anaeróbia: nesta fase, as bactérias anaeróbias passam a predominar, consumindo os carboidratos solúveis e produzindo ácidos orgânicos; 3) fase de estabilidade: nesta fase, a redução do pH restringe o crescimento de microrganismos anaeróbios, conservando o material por longos períodos; 4) fase de desensilagem/descarregamento: após a abertura do silo, a silagem é exposta ao oxigênio, permitindo crescimento de microrganismos aeróbios deteriorantes. Nesta fase, o aumento do pH e o aquecimento indicam a perda de qualidade do material.

Sob condições ideais, a conservação ocorre naturalmente, permitindo que o pH atinja valores entre 3,8 e 4,2 (MUCK, 2010). No entanto, sob condições de baixa disponibilidade de carboidratos solúveis, normalmente vinculadas a elevados teores de matéria seca, e/ou elevada capacidade tampão, o pH pode se manter elevado, permitindo o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes durante todo o processo de conservação. As forrageiras hibernais apresentam baixos teores de carboidratos solúveis e especialmente elevados teores de minerais e proteínas, que elevam a capacidade tampão. Desta forma, as silagens de gramíneas hibernais têm sido realizadas em estágio fenológico avançado ou após pré-secagem.

Com a expansão dos sistemas de produção baseados na integração lavoura-pecuária, a utilização de cereais de inverno de duplo propósito (forragem e grãos) surge como uma alternativa para produção de silagem de qualidade, com baixo custo, considerando-se que no final do ciclo dessas culturas, normalmente há um excedente de massa de forragem (MEINERZ et al., 2011). A utilização de gramíneas hibernais de duplo propósito permite a realização de pastejo/cortes e a manutenção das lavouras para a produção de grãos e/ou mais

silagem. A produção de silagem neste período do ano permite liberar as áreas de produção para culturas de verão mais rentáveis.

Em trabalho conduzido por MEINERZ et al. (2011), no LabLeite, coordenado pelo Prof. Clair Jorge Olivo, os autores avaliaram o efeito do manejo de duplo propósito em 12 cultivares de cereais de inverno sobre a produção de matéria seca e a composição estrutural do material ensilado, o valor nutritivo e os parâmetros fermentativos das silagens. As espécies forrageiras foram submetidas a três cortes com o objetivo de simular o pastejo, em intervalos variando entre 16 e 38 dias, e após o terceiro corte foi realizado o diferimento, permitindo-se o desenvolvimento final das culturas. A ensilagem foi realizada quando as culturas atingiram o estágio fenológico de grão pastoso, sem realizar pré-secagem. Metade da área de cada parcela foi destinada à ensilagem e a outra metade foi avaliada quanto ao rendimento de grãos. Todos os genótipos testados se mostraram aptos ao processo de ensilagem e produziram silagens com características fermentativas desejáveis.

O pH variou entre 4,39 para o centeio BR1 e 3,73 para o trigo BRS277, valores plenamente aceitáveis e dentro do que se preconiza para uma excelente conservação. Todas as silagens apresentaram teores de nitrogênio amoniacal, relativo ao nitrogênio total, inferiores a 6,8%, ou seja, inferiores a 10%, indicado como o limite para silagens de excelente qualidade, conforme Ferreira et al. (2001), o que representa uma baixa atividade proteolítica, decorrente de uma rápida redução do pH. Apesar disso, os valores de PB variaram entre 5,9 e 8,45 %, o que pode ser considerado baixo em relação a outros trabalhos que apresentaram valores superiores a estes (SILVEIRA, 2017; CERUTTI et al., 2022).

Dos materiais testados no trabalho acima mencionado, o triticale BRS 148 e o centeio BR 1 são os genótipos mais precoces para produção de silagem. Com relação ao rendimento de massa seca de pré-ensilagem, as cultivares de centeio BR 1 e de aveia UPF 18 apresentam o melhor desempenho. A silagem com maior qualidade nutricional foi observada para o trigo BRS Umbu, na medida em que esta apresentou maior participação de grãos e de lâminas foliares na massa total.

No trabalho conduzido pela equipe do GEAPA, Silveira (2017) avaliou o efeito do manejo de cortes sobre a produção e conservação de silagens de aveia (cultivares UPF18 e IPR126) e trigo (cultivares BRS Tarumã e BRS UMBU) entre maio e outubro de 2013, em duas condições de manejo, metade das parcelas foram submetidas a dois cortes no decorrer do ciclo e a outra metade não recebeu cortes. A ensilagem foi realizada quando as culturas atingiram o estágio de grão pastoso, sem realizar a pré-secagem. O manejo não afetou a duração do ciclo produtivo (153 dias) e a produtividade (6219 kg MS/ha). No entanto, o manejo em sistema de cortes resultou na colheita de plantas mais baixas (65 vs. 89 cm de altura) e com menor teor de matéria seca (26,7 vs. 31,3% MS). O manejo com cortes aumentou o poder tampão, sem afetar o teor de amônia (8,43 % do N total), entretanto o manejo não afetou o pH da silagem (4,23 em média), a recuperação da matéria seca (93,3%, na média). A elevada recuperação da matéria seca é decorrente das baixas perdas por gases e efluentes, 5,4 e 1,26%, respectivamente, as quais estão na dependência de uma adequada compactação, e rápido fechamento dos silos e início da fermentação anaeróbia.

Assim, como para o trabalho de Meinerz et al. (2011), observa-se, que os valores de pH foram bastante satisfatórios o que permite uma boa conservação do material, desde que as condições de anaerobiose sejam mantidas. Os valores de nitrogênio amoniacal, apesar de superiores aos observados no trabalho precedente, ainda se situam abaixo de 10%. Apesar destes valores de amônia mais elevados, os teores de PB foram superiores aos observados por Meinerz et al. (2011), sendo que as silagens de Aveia UPF 18, por exemplo, quando manejadas para duplo propósito apresentaram valores de 11,52% de PB, contra 8,07% do material ensilado sem cortes prévios. Deve-se observar que esta cultura no momento da ensilagem produziu nos mesmos tratamentos acima, respectivamente, 6.684 kg de MS/ha, com um porte de 80 cm de altura de dossel, contra 7.244 kg de MS/ha, com um porte de 111 cm de altura de dossel. Portanto, na situação de cortes, apesar de representar uma menor coleta de massa a ser ensilada, apresenta uma estrutura com mais folhas e menor material estrutural.

Deve ser observado que os rendimentos do trabalho de Silveira (2017) foram 40% inferiores àqueles observados por Meinerz (2011), haja vista que o experimento foi conduzido em área com deficiência de drenagem. Além disso,

pela análise do índice de nutrição nitrogenada (INN), pode ser verificado que houve uma deficiência significativa de nitrogênio a partir dos 90 dias de exclusão. Esta deficiência foi mais importante exatamente para a cultivar de aveia UPF18 e com menor impacto para a cultivar IPR 126.

Silveira (2017) observou que o manejo de cortes, em relação a produção exclusiva para ensilagem, reduziu o teor de fibras (FDA e FDN) da silagem de aveia. No entanto, nenhum efeito do manejo foi observado sobre a composição da silagem de trigo. Sendo assim, este concluiu que a produção de silagem a partir de cultivares de inverno é viável no aspecto quantitativo e qualitativo. Quanto à utilização da aveia, especial ênfase deve ser dada ao ciclo da planta, uma vez que esta caracteriza-se por ter um ciclo precoce, ou seja, determina que o ponto de corte seja corretamente observado, além de ser uma espécie interessante para incluir em sistemas nos quais as áreas precisam ser rapidamente liberadas para o plantio das culturas de verão.

Silveira (2017) também avaliou a produção de metano e ácidos graxos de cadeia curta pela técnica de cinética de fermentação ruminal *in vitro* em silagens dos mesmos materiais de inverno. Foi observado que os cultivares de trigo apresentaram maiores produções de gás, portanto, sendo mais degradáveis que as cultivares de aveia. A aveia UPF18 apresentou menor concentração de ácidos graxos de cadeia curta, com menores produções de ácido acético e propiônico. O trigo Umbu, por sua vez, apresentou menor produção de ácido propiônico, aumentando a relação C2/C3. Dessa forma o autor concluiu que as silagens de cereais de inverno têm potencial de suprir a demanda dos animais, permitindo bons índices de produtividade. Quanto às cultivares avaliadas, a aveia UPF 18 é menos digestível que as demais, além disso as silagens de trigo produzem uma quantidade menor de metano, quando comparadas às cultivares de aveia.

Em experimento desenvolvido pelo GEAPA, Cerutti et al. (2022) avaliaram silagens pré-secadas de aveia branca, cevada e trigo, preparadas no estágio vegetativo e reprodutivo e tratadas, ou não, com inoculante bacteriano e enzimático (*Lactobacillus buchneri*; *Pediococcus acidilactici*; beta-glucanase e xilanase) ou ácido propiônico como aditivos. Os teores de proteína bruta e a digestibilidade da fibra em detergente neutro após 30 horas de incubação foram superiores para os materiais ensilados no período vegetativo, enquanto os

teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina foram menores. O uso do inoculante resultou em silagens com maiores teores de ácido láctico e menores valores de pH e nitrogênio amoniacal. O uso de ácido propiônico não melhorou as características fermentativas. Não foi observado efeito dos aditivos utilizados sobre a estabilidade aeróbia das silagens, nem sobre a composição química das silagens. Portanto, os autores concluem que as silagens de materiais em estágio vegetativo apresentam melhor qualidade nutricional, contudo, o volume de silagem obtido é menor em relação às silagens produzidas a partir de plantas em estágio reprodutivo.

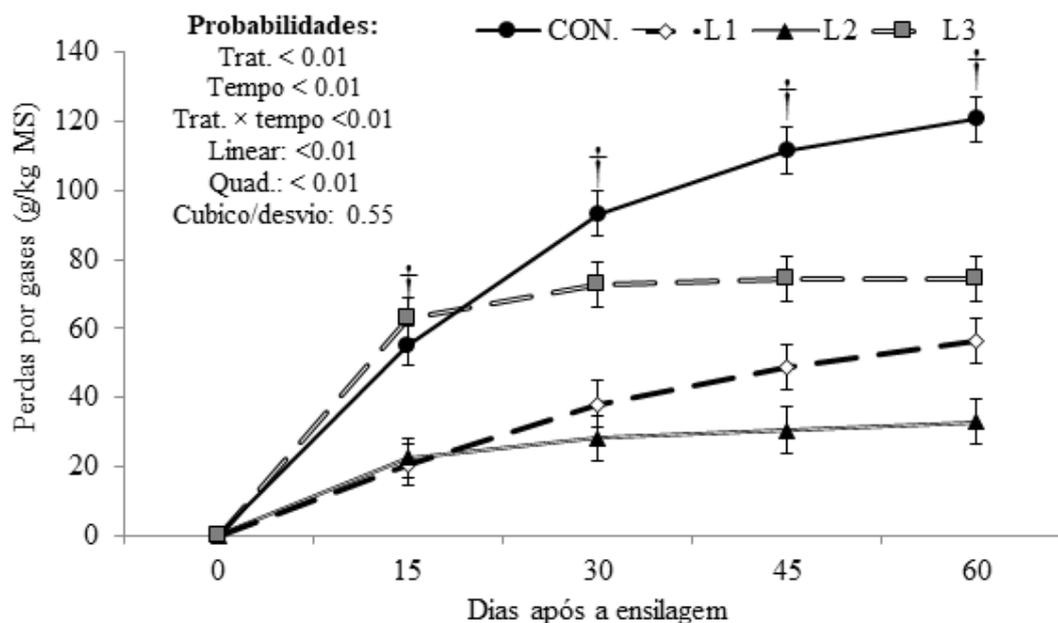
Apesar dos trabalhos acima citados indicarem a fase (vegetativa ou reprodutiva) em que os materiais foram ensilados, fica evidente que um entendimento mais detalhado das transformações morfofisiológicas pelas quais as plantas, e a cultura como um todo (competição intraespecífica, por exemplo), passam ao longo do seu desenvolvimento podem determinar o momento adequado para realizar a ensilagem. Este momento, provavelmente, é aquele em que a cultura atinge a capacidade máxima de captura da radiação fotossinteticamente ativa resultando na máxima capacidade de acúmulo de fotoassimilados, resultando em uma biomassa de melhor qualidade. A partir de abordagens mais específicas em nível de lavoura, será possível indicar com maior precisão o ponto ideal de corte, com o objetivo de recolher a máxima biomassa possível com uma qualidade aceitável, o que determinará a melhor resposta animal. Contudo, a decisão pela colheita do material, depende, igualmente, do objetivo, em relação à escolha da cultivar, bem como da destinação pretendida para a área dentro do sistema de produção.

### **3. Avaliação das perdas fermentativas**

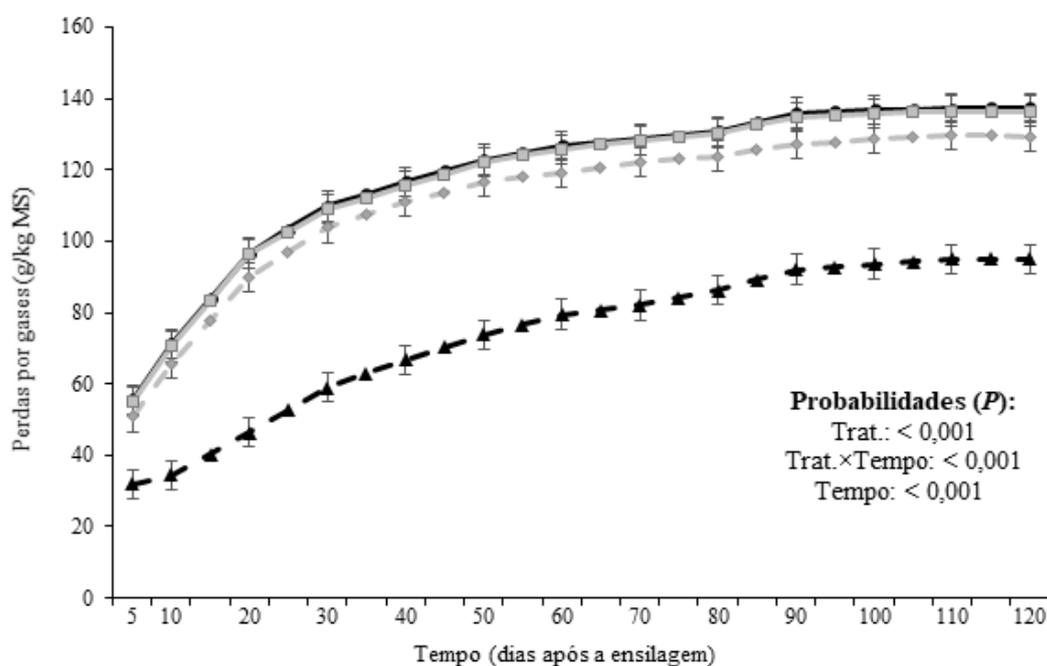
Entre as variáveis tradicionalmente avaliadas em ensaios de conservação de silagens, as perdas fermentativas se destacam. Vários estudos (PEDROSO et al., 2008; BORREANI et al., 2018; DEL VALLE et al., 2018) discutem que a qualidade da silagem produzida é grandemente afetada pelas perdas fermentativas. Os microrganismos utilizam carboidratos solúveis como substrato para a produção de gases. Como estes carboidratos representam as frações mais digestíveis do material, silagens com elevadas perdas apresentam menor

valor nutricional. A título de ilustração, considerando uma silagem que apresenta 60% de digestibilidade da matéria seca e 10% de perdas fermentativas, onde a digestibilidade dos carboidratos solúveis é de 100%, com o aumento destas perdas para 20%, espera-se que a digestibilidade caia para 55,6%. Desta forma, é importante que se considere que as perdas não representam apenas redução da disponibilidade de matéria seca, mas também um prejuízo qualitativo do material produzido.

A curva de perdas ao longo do tempo evidencia um comportamento aproximadamente padrão. Cantoia et al. (2020), avaliaram as perdas da silagem de cana-de-açúcar tratada com doses crescentes de óleos essenciais do capim limão em 4 períodos diferentes (Figura 1). No trabalho de MORAIS et al. (2021), as perdas fermentativas da silagem de planta inteira de soja tratada com diferentes aditivos foram avaliadas por 13 períodos (Figura 2). Em ambas as situações, os dados foram analisados como medidas repetidas no tempo. Há de se considerar que o entendimento do processo de conservação nos permite inferir que o efeito do tempo de conservação não deveria ser considerado como uma variável linear nestes ensaios de conservação de volumosos. Como previamente discutido, as perdas na fase aeróbia são muito maiores do que as perdas observadas nas fases subsequentes, até a abertura do silo (McDONALD et al., 1991). Desta forma, nosso grupo de pesquisa tem se esforçado em desenvolver estratégias para melhor estudar as perdas fermentativas, considerando-se as informações disponíveis sobre o processo de ensilagem.



**Figura 1.** Perdas por gases em silagem de cana de açúcar tratada com níveis crescentes de óleo essencial do capim limão (CON: sem óleo essencial; L1, L2 e L3 são silagens contendo 1, 2 e 3 mL por kg de matéria natural de silagem, respectivamente). Fonte: CANTOIA et al. (2020)



**Figura 2.** Perdas fermentativas da silagem de planta inteira de soja tratada com diferentes aditivos. Tratamentos: controle (—●—); quitosana 6 g/kg MS (—■—); *Lactobacillus buchneri* (—◇—); e *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici* (—▲—). Fonte: MORAIS et al. (2021)

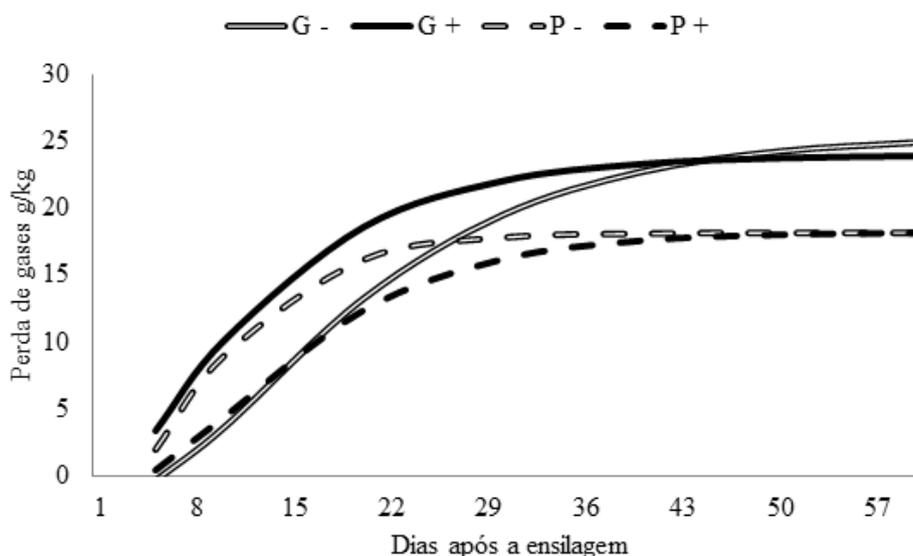
Em um ensaio que vem sendo realizado nas instalações do LabLeite da UFSM pretende-se estudar o efeito do tamanho de partícula (pequena:  $529 \pm 39,9$  g/kg de partículas maiores do que 8 mm, ou grande,  $724 \pm 44,7$  g/kg de partículas maiores do que 8 mm, média  $\pm$  s) e da adição de inoculante láctico homofermentativos (0 ou 240.000 unidades formadoras de colônia - UFC/g de *Lactobacillus plantarum* e 240.000 UFC/g de *Pediococcus acidilactici*) sobre as perdas de silagem de Capim Sudão no final do ciclo de pastejo. Vinte e quatro silos experimentais foram produzidos em tubos de PVC de 30 cm de diâmetro e 30 cm de altura. Foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, sendo os blocos definidos como diferentes áreas. As pastagens foram instaladas em outubro de 2022 e manejadas com pastejo até maio de 2023, quando o resíduo de pastejo foi realizado no presente estudo.

Os silos foram pesados aos 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 63, 78, 93 e 105 dias após a ensilagem para avaliar as perdas por gases. As perdas foram quantificadas pela mudança de peso de cada um dos silos, em relação à matéria seca ensilada (JOBIM et al., 2007). Os dados foram analisados utilizando o procedimento não linear do SAS (University edition) e o modelo de France et al. (1993). A regressão não linear apresentou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) maior do que 0,95 em 20 dos 24 (83%) silos avaliados. Nos demais, o coeficiente de determinação esteve acima de 0,80.

A utilização das curvas de produção de gases, como a curva de France et al. (1993) permite estimar parâmetros que permitem melhorar a inferência. De acordo com estes autores, a produção de gases (PG), pode ser estimada considerando o modelo:  $PG = A \times (1 - \exp(-b \times (t - T) - c \times (t_{0,5} - T_{0,5})))$ . Neste modelo, os parâmetros podem ser interpretados como: A: produção de gases potencial; b e c: constantes que definem a taxa fracional de degradação; t é o tempo de avaliação e T é o *lag time*. A extrapolação do modelo para a avaliação das perdas de silagens permite converter a produção de gases pelas perdas por gases das silagens. Ademais, as estimativas de *lag time* tendem a valores próximos a zero, dada a natureza do processo em estudo.

A redução do tamanho da partícula diminuiu ( $P < 0,001$ ) as perdas potenciais (parâmetro A) de 27,7 para 18,2 g/kg. Além disso, as silagens produzidas com menor tamanho de partícula apresentaram maior ( $P = 0,07$ )

parâmetro B, o que refletiu na taxa fracional de perdas (Figura 3). No entanto, os fatores avaliados não afetaram o parâmetro C (-0,505) e o *lag time* (2,37 dias).



**Figura 3.** Estimativas das perdas por gases em silagem de capim sudão ensilada com diferentes tamanhos de partícula e tratadas com inoculante láctico homofermentativo

Dada a complexidade do estudo das perdas, a utilização de modelos não lineares pode ainda evitar a obtenção de modelos potencialmente enviesados. As maiores perdas observadas nas silagens nos primeiros dias após a ensilagem em relação às perdas observadas durante a fase anaeróbia levam a modelos quadráticos quando da utilização de modelos lineares para a avaliação das perdas.

#### 4. Considerações finais

As práticas de manejo são grandes determinantes da produção e qualidade de silagens. As espécies hibernais apresentam grande potencial para a produção de silagens, como estratégia alimentar para os períodos de carência ou como volumoso de base em sistemas intensivos. Contudo mais estudos são necessários para entender as alterações morfofisiológicas que ocorrem nas plantas, principalmente quando manejadas para duplo propósito, e sobretudo

como tais alterações afetam as variáveis fermentativas e a qualidade química e nutricional da silagem obtida. Modelos não lineares como aqueles utilizados para a avaliação da produção de gases em sistemas de avaliação *in situ* são mais adequados do que a análises de medidas repetidas no tempo para estudar as perdas durante o processo de ensilagem.

## 5. Referências bibliográficas

- BORREANI, G. et al. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.3952-3979, 2018.
- CANTOIA, R.C. et al. Lemongrass essential oil in sugarcane silage: fermentative profile, losses, chemical composition, and aerobic stability. **Animal Feed Science and Technology**, v.260, n.114371, 2020.
- CERUTTI, W.G. et al. Evaluation of winter cereal silages subjected to pre-drying at different phenological stages with and without the use of additives. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 24, p. 337-350, 2022.
- COAN, R. M. et al. Composição bromatológica das silagens de forrageiras de inverno submetidas ou não ao emurchamento e ao uso de aditivos. **ARS Veterinária**, v.17, n.1, p.58-63, 2001.
- DEL VALLE, T.A. Effect of chitosan on the preservation quality of sugarcane silage. **Grass and Forage Science**, v.73, n.3, p.630-638, 2018.
- FERREIRA, J.J. Estágio de maturação ideal para ensilagem do milho e do sorgo. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds). Produção e utilização de silagem de milho e sorgo, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.405-428.
- FRANCE, J. et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v.163, p.99-111, 1993.
- JOBIM, C.C. et al. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007.
- McDONALD, P. et al. The biochemistry of silage. **Chalcomb Publications**, p. 340, 1991.
- MEINERZ, G.R. et al. Silage of winter cereals submitted to double purpose management. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.10, p.2097-2104, 2011.
- MORAES, A. et al. Pastagens nos ecossistemas de clima subtropical: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE

- PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 1., 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995, V.1, p.147-200.
- MORAIS, J.P.G. et al. Chitosan and microbial inoculants in whole-plant soybean silage. **The Journal of Agricultural Science**, v.159, n.3-4, p.227-235, 2021.
- MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.183-191, 2010.
- PEDROSO, A.F. et al. Fermentation, losses, and aerobic stability of sugarcane silages treated with chemical or bacterial additives. **Scientia Agricola**, v.65, p.589-594, 2008.
- SCHEFFER-BASSO, S.M. et al. Acúmulo de biomassa e composição bromatológica de milhetos das cultivares comum e africano. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.4, p.483-486, 2004.
- SILVEIRA, A.M. **Avaliação de silagens de cereais de inverno com diferentes estratégias de manejo**. 2017. 61 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

## **Autores**

Julio Viégas, Francine Basso Facco, Monique Évelyn de Lima Antunes, Paola de Oliveira Selau, Tiago Antonio Del Valle

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

---

## **Ciência, tecnologia e inovação voltadas à produção otimizada de peixes**

Sílvio Teixeira da Costa, Mauro Alves Cunha, Bernardo Baldisserotto, Rafael Lazzari, Leila Picolli da Silva, Naglezi Lovato

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c9>

### **Resumo**

O consumo de pescados no mundo tem aumentado, principalmente aqueles oriundos da aquicultura. No Brasil, apesar de diversas características importantes, existem muitas lacunas tecnológicas e de estudos de mercado para potencializar a produção de peixes em sistemas intensivos. A produção brasileira, em grande parte, está baseada na produção de tilápias. Entretanto, espécies nativas como o pintado, o pacu, o tambaqui, o pirarucu, o jundiá, o dourado entre outras, apresentam boas características. A realização de pesquisas na área de piscicultura objetiva maior rendimento de pescado, com menor custo e diminuição de impactos ao meio ambiente e a saúde dos animais. Entre alguns temas podemos destacar a nutrição (produtos naturais, ingredientes, enzimas, resíduos de biocombustíveis), melhoramento genético, fisiologia (incluindo qualidade da água), reprodução, qualidade do filé e sanidade. A produção de peixes é uma atividade que pode ser realizada em pequena ou grande escala, em diferentes condições criatórias. Neste sentido, algumas questões importantes na produção de peixes são elencadas neste capítulo.

### **1. A morfofisiologia de peixes teleósteos aplicada à produção animal**

A vastidão dos ecossistemas aquáticos abriga uma incrível diversidade de espécies, cada uma habilmente adaptada às condições específicas de seu habitat. Entre essas espécies, os peixes teleósteos envolvem ampla gama de exemplares que podem ser reconhecidas desde pequenos peixes de água doce até predadores marinhos de grande porte. Também se destacam como uma notável classe taxonômica, exibindo considerável capacidade de adaptação, o

que lhes permite prosperar em vários ambientes aquáticos e se ajustar a diferentes padrões dietéticos e de manejo.

A relação intrincada entre dieta, ambiente, manejo e aspectos fisiológicos e morfométricos nos peixes teleósteos oferece um fascinante campo de estudo, que lança luz sobre os mecanismos subjacentes à evolução e sobrevivência das espécies. Dessa forma, é possível explorar as complexas interações entre dietas, ambiente, adaptações celulares e de tecidos. Destacam-se como propostas de estudo, a análise de distintos insumos que possam agregar valor nutricional e de desenvolvimento aos peixes e induzir modificações notáveis nas características biológicas desses animais.

A dieta desempenha papel crucial na determinação das características zootécnicas e produtivas dos peixes teleósteos. A variação na composição dos alimentos consumidos pode resultar em mudanças significativas na morfologia das estruturas digestivas, como boca, dentes, estômago, intestino e fígado. Exemplificando, peixes que se alimentam predominantemente de presas duras, como crustáceos e moluscos, desenvolveram mandíbulas e dentes adaptados para esmagar cascas rígidas. Por outro lado, peixes herbívoros podem exibir rastros branquiais e intestinos mais longos e enrolados, para facilitar a digestão de material vegetal de difícil assimilação. Peixes alimentados com dietas ricas em lipídios podem apresentar aumento no tamanho e na quantidade de células hepáticas, demonstrando adaptação para o processamento e armazenamento de gorduras. Da mesma forma, alterações na dieta podem influenciar a densidade de células secretoras no pâncreas, impactando a capacidade de produção de enzimas digestivas.

Assim, os tecidos biológicos desses peixes exibem adaptações, modificações e até mesmo alterações microscópicas notáveis em resposta às novas propostas ambientais. Exemplificando, estudos têm demonstrado que a variação na disponibilidade de íons e nutrientes na água podem sensibilizar diretamente a estrutura morfológica das brânquias. Peixes teleósteos expostos a águas ricas em nutrientes podem desenvolver brânquias mais densas e bem vascularizadas, permitindo maior absorção de oxigênio e nutrientes dissolvidos. Essa adaptação histológica é essencial para otimizar a capacidade respiratória e metabólica, especialmente quando as condições ambientais flutuam.

Adaptações fisiológicas também são observadas em teleósteos de água doce quando há variações nos níveis de oxigênio, pH, dureza e resíduos nitrogenados (SOUZA et al., 2016; MARX et al., 2022). Os peixes precisam ajustar seus mecanismos de osmorregulação para evitar desequilíbrios eletrolíticos prejudiciais, modificando a disponibilidade de ionócitos branquiais como forma de adaptação ao local. Outros tecidos e órgãos dos peixes também sofrem diferentes adaptações na tentativa de manter sua homeostasia e resistir a eventos que podem ser prejudiciais a sua saúde.

Esses complexos mecanismos de interação destacam a plasticidade fenotípica dos peixes teleósteos, que pode ser definida como a capacidade do indivíduo ou organismo de ajustar suas características em resposta a mudanças no ambiente, no manejo ou na dieta, permitindo que ele maximize sua adaptação às novas condições. Essa flexibilidade ou plasticidade fenotípica pode ser marcante em peixes teleósteos ao serem transferidos de um ambiente para outro, onde suas características histológicas, morfológicas e fisiológicas podem variar ao longo do tempo para melhor se adequar às novas condições.

Uma análise das adaptações histológicas, morfológicas e fisiológicas em peixes teleósteos submetidos a diferentes dietas e padrões ambientais oferece uma visão rica e fascinante da complexa rede de interações que moldam esses organismos. Essas adaptações não apenas refletem a incrível diversidade de ambientes aquáticos, mas também, destacam a capacidade inata dos peixes de se ajustar e evoluir em resposta a desafios em constante mudança. Através da investigação dessas adaptações, os cientistas estão desvendando os segredos da evolução, diversificação e sobrevivência dessas espécies notáveis, proporcionando valiosas inspirações para a compreensão mais profunda dos ecossistemas aquáticos e da biologia em geral.

Na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), o Laboratório de Morfofisiologia Experimental (LABITEX) busca associar suas expertises e propor linhas de pesquisa em comum. Logo no início de suas atividades ficou claro que existia uma grande demanda por análises histológicas da parte de outros grupos de pesquisa, o que levou ao estabelecimento de parcerias científicas com diferentes pesquisadores. Em parceria como o LABITEX, o Laboratório de Fisiologia de Peixes (LAFIPE) tem desenvolvido investigações com diferentes

desafios utilizando produtos naturais (ex. óleos essenciais e extratos naturais) como inibidores do estresse, agentes antioxidantes, imunomoduladores, promotores de crescimento, antibacterianos, antiparasitários e promotores de bem-estar para peixes.

Aditivos naturais, vegetais e herbais atuam como promotores de crescimento, tendo sido observada sua utilização desde a antiguidade. Com o passar do tempo, o conhecimento sobre as plantas evoluiu como consequência das modernas tecnologias, ocasionando o isolamento sistemático e a caracterização dos princípios ativos contidos nestas fontes vegetais. Os efeitos exercidos pelas plantas em animais aquáticos podem ser explicados pela presença e constituição de seu(s) princípio(s) ativo(s). Esses micros ingredientes vêm sendo efetivamente utilizados como aditivos com resultados muito satisfatórios na piscicultura (SOUZA et al., 2019). Estratégias profiláticas focadas na nutrição são testadas como estimulantes da imunidade para uma otimização do desempenho, diminuição do estresse pela maior resistência a enfermidades e melhor saúde do trato gastrintestinal e conseqüentemente, melhor eficiência dos nutrientes das rações.

A adição de óleos essenciais ou extratos de diferentes plantas na ração de peixes, quando comparados a um controle sem adição de qualquer aditivo, aumentou o seu crescimento (SOUZA et al., 2019). Pesquisas de óleos essenciais como anestésicos foram realizadas com sucesso pelo LAFIPE (ALMEIDA et al., 2019; SILVA et al., 2019; SOUZA et al., 2019; SANTOS et al., 2022). Essas pesquisas também deram origem a várias patentes de óleos como anestésicos registradas no INPI: PI 0904839-1, PI 0706182-0, PI11039663.

## **2. Nutrição racional e sustentável para alavancar a produção piscícola**

No ano de 2012, o estudo realizado pelo Instituto Norte-americano Earth Policy apontou que pela primeira vez no mundo a produção de pescado e frutos do mar (66,5 milhões toneladas) superou a produção de carne bovina (63 milhões toneladas) (LARSEN & RONEY, 2013). Desde então a aquicultura cresce exponencialmente, especialmente liderada pelo rápido avanço da piscicultura (FAO, 2020-SOFIA). Esse fato demonstra que o mercado aquícola

exigirá maior eficiência nos próximos anos, a fim de abastecer a crescente demanda de alimentos para a população mundial. A mudança mais urgente reside em modificações profundas na matriz alimentar, que atualmente utiliza grandes quantidades de ingredientes de origem animal, de alto custo, ampla variabilidade qualitativa e baixa sustentabilidade ambiental.

Naturalmente os estudos têm conduzido a substituição destes ingredientes por fontes proteicas vegetais, o que também exige cautela a fim de evitar competitividade desnecessária entre bases alimentares intensamente usadas por outras espécies zootécnicas (ex. uso de soja na nutrição de aves e suínos). Neste cenário, a prudência deve ser estabelecida por estudos que promovam bases não competitivas, incentivando a aplicação de tecnologias viáveis para obter produtos inovadores, oriundos de espécies vegetais de uso limitado por fatores considerados antinutricionais e/ou de biomassas residuais ainda pouco exploradas.

Algumas culturas vegetais, embora com zoneamento agroclimático favorável e tecnologias de cultivo eficientes, apresentam uso limitado na nutrição animal devido a fatores antinutricionais restritivos (ex. polissacarídeos não amiláceos, ácido fítico, taninos, alcaloides, etc.). Uma grande parcela dos estudos que visam melhorar a eficiência de uso destes ingredientes, baseia-se em tratamentos químicos e enzimáticos para inativação dos compostos de ação antinutricional.

Além destas, existem outras tecnologias não convencionais que podem melhorar as características do produto de origem, com geração de novos produtos promotores de desempenho animal. Neste tema, nosso grupo de pesquisa tem direcionado esforços para o desenvolvimento de estratégias tecnológicas eficientes e de mínimo impacto ambiental, para obtenção de concentrados nutricionais de alto valor biológico (principalmente proteicos) e compostos bioativos, usando ingredientes de uso limitado, subprodutos e resíduos oriundos das agroindústrias de processamento.

### 3. Digestibilidade de nutrientes, manejo e dietas para peixes

A digestão dos nutrientes resulta da combinação coordenada de processos físicos, químicos e enzimáticos. Inicia-se quando o alimento é apreendido e finalizada quando fezes e produtos nitrogenados da digestão são excretados. Um ingrediente alimentar pode parecer, pela sua composição química, uma excelente fonte de nutrientes, mas terá pouco valor real, a menos que possa ser digerido e absorvido pela espécie-alvo (KOPRUCU & ZDEMIR, 2005).

Dentre os peixes teleósteos, pela variedade de espécies existentes, há diferentes órgãos para auxiliar na digestão física dos alimentos, como diferentes formas de dentes, presença de rastros branquiais, placas dentígeras e dentes faríngeos. Algumas espécies também apresentam órgão semelhante à moela das aves (GONÇALVES et. al, 2012).

Por sua vez, a digestão química dos alimentos ocorre através da secreção de suco gástrico (exceto para aquelas espécies que não possuem estômago definido). O suco gástrico é formado pelo ácido clorídrico e pepsinogênio, o qual é transformado em pepsina, pelo baixo pH (DABROWSKI & PORTELLA, 2005).

No pâncreas são armazenadas as enzimas proteolíticas tripsina, quimotripsina, carboxipeptidases e elastase, na forma de zimogênio inativo. Posteriormente o tripsinogênio é convertido em tripsina pelas enteroquinases presentes na mucosa intestinal. Os demais zimogênios são ativados pela tripsina e iniciam sua ação sobre o substrato (FÄNGE & GROVE, 1979).

As lipases e amilases são sintetizadas principalmente no pâncreas dos peixes e em várias espécies de teleósteos essa síntese pode ocorrer na mucosa intestinal. Essa característica é observada em peixes onívoros e herbívoros, onde há maior concentração da amilase devido à essencialidade dessa enzima para a digestão dos carboidratos.

A ação e atividade das enzimas digestivas, junto a processos fermentativos resultam na digestibilidade e aproveitamento dos nutrientes presentes nos alimentos. Na nutrição e alimentação de peixes, conhecer a forma como cada ingrediente e como as dietas completas são absorvidas pelo organismo animal é estritamente importante, considerando as notáveis diferenças na morfologia digestiva dos teleósteos. O conhecimento da digestibilidade dos

nutrientes dos vários ingredientes utilizados na formulação de rações para peixes é desejável para que a substituição eficaz de um ingrediente por outro possa ser alcançada.

Juntamente com a análise química, a determinação da digestibilidade pode permitir uma estimativa mais completa do valor nutritivo de uma determinada fonte alimentar em um alimento completo para peixes. Usualmente, a qualidade da proteína dos ingredientes dietéticos é o principal fator que afeta o desempenho dos peixes. Assim, a digestibilidade proteica é a principal medida da disponibilidade de proteínas e conseqüentemente de aminoácidos pelos peixes (HALVER & HARDY, 2002). A digestibilidade de um mesmo ingrediente muda de acordo com o hábito alimentar da espécie alvo e também com o tipo de processamento do ingrediente e/ou da dieta.

O correto manejo nutricional é o ponto chave na viabilidade da piscicultura, independente do sistema de criação adotado. Outra questão está relacionada à falta de informações sobre as exigências nutricionais de espécies nativas brasileiras. As rações produzidas no Brasil são formuladas baseadas nos valores apresentados em tabelas não muito recentes.

#### 4. Considerações finais

As pesquisas desenvolvidas pelos grupos na área de piscicultura do PPGZ/UFMS visam atender demandas importantes da atividade. Aplicar a pesquisa gerando tecnologias é uma busca constante, contribuindo para o desenvolvimento da produção piscícola.

#### 5. Referências bibliográficas

- ALMEIDA, A. P. G. et al. Stress-reducing and anesthetic effects of the essential oils of *Aloysia triphylla* and *Lippia alba* on *Serrasalmus eigenmanni* (Characiformes: Serrasalminidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 17, n. 2, 2019.
- MARX, M. T. S. et al. Expression of ion transporters and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase and H<sup>+</sup>-ATPase activities in the gills and kidney of silver catfish (*Rhamdia quelen*) exposed to different pHs. **Fishes**, v.7, p. 261, 2022.

- SANTOS, A. C. et al. Essential oil of *Aloysia citriodora* Paláu and citral: sedative and anesthetic efficacy and safety in *Rhamdia quelen* and *Ctenopharyngodon idella*. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v.49, p.104 - 112, 2022.
- SILVA, H. N. P. et al. Anesthetic potential of the essential oils of *Lippia alba* and *Lippia origanoides* in Tambaqui juveniles. **Ciência Rural**, v.49, n.6, 2019.
- SOUZA, C. F. et al. Essential oils as stress-reducing agents for fish aquaculture: a review. **Frontiers in Physiology**, v.10, p.785, 2019.
- SOUZA, C. F. et al. Freshwater parameters in the state of Rio Grande do Sul, southern Brazil, and their influence on fish distribution and aquaculture. **Neotropical Ichthyology**, v.14, n.3, 2016.
- ZEPPENFELD, C. C. et al. Essential oil of *Aloysia triphylla* as feed additive promotes growth of silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Aquaculture Nutrition**, v. 22, p. 933–940, 2015.

## **Autores**

Sílvio Teixeira da Costa<sup>1</sup>, Mauro Alves Cunha<sup>2</sup>, Bernardo Baldisserotto<sup>2</sup>,  
Rafael Lazzari<sup>3</sup>, Leila Picolli da Silva<sup>3</sup>, Naglezi Lovato<sup>3</sup>

1. Departamento de Morfologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
2. Departamento de Fisiologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
3. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

---

## Bovinocultura de corte na Pós-Graduação da UFSM – retrospectiva e futuro

Ricardo Zambarda Vaz, Dari Celestino Alves Filho, Joziane Michelon Cocco, Gabriella Lopes Antunes dos Santos, Rodrigo Soares Volpatto

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c10>

### Resumo

Incrementar a produção da bovinocultura de corte necessita da participação das instituições de ensino superior na produção e divulgação de novas tecnologias. A Pós-Graduação através de pesquisas impulsiona a produtividade dos rebanhos bovinos. Objetivou-se descrever a evolução e prospectar o futuro da bovinocultura de corte dentro da Pós-Graduação em Zootecnia da UFSM. A produção científica gerada pela equipe é oriunda do Laboratório de Bovinocultura de Corte, o qual existe desde a década de 70, porém, com maior atividade desde 1983 quando foi aprovado junto aos órgãos financiadores o projeto de cruzamento denominado “*Cruzamento Alternado Contínuo das Raças Charolês e Nelore*” sob a coordenação do professor João Restle. O laboratório de bovinocultura de corte se consagrou durante a sua trajetória, como um intensificador de sistemas de produção gerando e avaliando tecnologias as quais melhoram os indicadores de produtividade dos rebanhos. Além da avaliação da heterose, o Laboratório desenvolveu pesquisas na área de manejo e adubação de plantas forrageiras, reprodução, utilização de suplementos, desmame precoce e a introdução no Rio Grande do Sul da prática do confinamento como grandes linhas, e a partir dessas, o estudo de tudo que envolve essas tecnologias, nunca deixando de avaliar a carcaça e a carne desses animais. Mais recentemente e futuramente, além de manter os temas, os atuais orientadores estão estudando temperamento, programação fetal e perdas inerentes da cadeia produtiva da carne bovina. Salienta-se que o laboratório e sua produção científica só é executada devido a participação de alunos, bolsistas, pós-graduandos, funcionários e orientadores.

### 1. Introdução

A crescente demanda mundial por proteína animal faz da bovinocultura brasileira um setor primordial para suprir essa busca. O rebanho brasileiro é o

maior quando se refere a rebanhos comercialmente explorados mundialmente, sendo mantido, grande parte dele em pastagens, aproveitando os biomas naturais, ou em áreas de cultivo em integração com a agricultura.

As tecnologias desenvolvidas pelos centros de pesquisas nacionais, onde principalmente, destacam-se as Universidades, geram incrementos significativos nos indicadores de produtividade. A partir das tecnologias desenvolvidas pelos centros de pesquisas são verificadas maiores taxas de desmame, incrementos no peso com a redução da idade dos animais ao abate, associados a uma considerável diminuição de área para produção. Esses fatores associados determinam ocorrer com esses avanços menos poluição por unidade produzida, mais áreas de preservação e maior sustentabilidade dos sistemas de produção.

Embora com avanços consideráveis, a bovinocultura de corte ainda pode incrementar muito a produção de proteína animal para manter a população brasileira e ajudar a minimizar a carência alimentar mundial. O laboratório de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, associados ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia produziu, produz e tem potencial para produzir ainda mais essas tecnologias, as quais potencializam a produção de bovinos de corte em nível regional, nacional e mundial.

Esse capítulo, objetiva explanar um histórico do Laboratório de Bovinocultura de Corte junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria e projetar linhas futuras de pesquisas, para ainda mais, melhorar os indicadores da pecuária de corte de maneira produtiva, com rentabilidade e sustentabilidade.

## **2. Histórico**

O laboratório de Bovinocultura de Corte teve seu início no final da década de 70, início da década de 80, estando localizado os confinamentos de terminação junto ao Departamento de Zootecnia na sede da UFSM e os rebanhos de cria e recria na denominada “Área Nova”. Na década de 90, as instalações de confinamento foram transferidas também para a “Área Nova”, onde atualmente se mantém todo o setor.

## 2.1. Equipe

A equipe que desenvolveu todos os manejos e pesquisas era composta por professores orientadores, servidores da UFSM como funcionários de campo, tratoristas, alambradores, funcionários de fábrica de ração e técnicos administrativos. Ainda, o Laboratório serviu para formação de muitos estudantes de graduação e pós-graduação, sendo esses também, senão a mais importante mão de obra, a desenvolver as pesquisas para gerar o conhecimento hoje potencializador da pecuária de corte.

Fizeram parte da equipe de coordenadores e de orientação dos alunos de graduação e de pós-graduação os seguintes docentes do Departamento de Zootecnia:

Lauro Müller (*in memorium*)

Celso Grassi

João Restle

Cleber Cassol Pires

Ivan Luiz Brondani (Aluno de graduação e de mestrado no Laboratório de Bovinocultura de Corte antes de ingressar como docente no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria)

Dari Celestino Alves Filho (bolsista de aperfeiçoamento e bolsista de mestrado no laboratório de Bovinocultura de Corte antes de ingressar como docente no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria)

Régis Augusto de Lima Carvalho Bernardes

Leonir Luiz Pascoal

Ricardo Zambarda Vaz (aluno de graduação, bolsista de iniciação científica, bolsista de aperfeiçoamento e bolsista de mestrado no laboratório de Bovinocultura de Corte. Orientador desde 2020 no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia após sua transferência da Universidade Federal de Pelotas para a Universidade Federal de Santa Maria – campus Palmeira das Missões)

Atualmente, as orientações na área de Bovinocultura de Corte do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia são realizadas pelos docentes Dari Celestino Alves Filho do Departamento de Zootecnia da UFSM e Ricardo Zambarda Vaz do Departamento de Zootecnia e Ciências Biológicas do Campus Palmeira das Missões.

O trabalho do grupo de pesquisadores começou a ser reconhecido no ano de 2003 quando a Sociedade Brasileira de Zootecnia escolheu o professor e pesquisador João Restle como “**Zootecnista do Ano**” em função da produção científica do grupo. No ano de 2022, na área de Ciências Animais e Veterinária, o professor João Restle foi o 13º **pesquisador brasileiro mais citado** na avaliação realizada pela plataforma internacional de pesquisa acadêmica Research.com.

## **2.2. Áreas desenvolvidas no Laboratório de Bovinocultura de Corte**

A Bovinocultura de Corte da UFSM trabalhou em diversas áreas ligadas a produção de bovinos de corte, como: melhoramento animal, produção e manejo de forragens, fenação, manejo de pastagens naturais, suplementação, confinamento, reprodução de bovinos, uso de aditivos, mineralização, utilização de modificadores orgânicos, desmame precoce, avaliação da carcaça e da carne entre outros.

O rebanho do laboratório de Bovinocultura de Corte, inicialmente, foi composto por animais das raças Hereford, Aberdeen Angus, Devon e Charolês, tendo ainda, alguns búfalos. No entanto, com a volta do professor João Restle do seu doutoramento nos Estados Unidos, ele idealizou um projeto balizador para o Laboratório de Bovinocultura de corte denominado “Cruzamento Alternado Contínuo das raças Charolês e Nelore” a partir do qual foram gerados animais utilizados nos demais experimentos, dentro das linhas anteriormente citadas, mas sempre buscando a avaliação genética dos diferentes sistemas de acasalamento proporcionado pelo cruzamento das raças. Esse projeto teve início em 1984, sendo o mesmo ainda executado no Laboratório, o qual está sendo estudado a 8ª geração. O projeto de cruzamento das raças Charolês e Nelore, acreditamos ser o mais prolongado estudo de cruzamento executado no

Brasil e utilizou para sua execução recursos da UFSM, FAPERGS, FINEP e do CNPq.

O rebanho do Laboratório de Bovinocultura de Corte é composto pelas categorias do ciclo completo com vacas de cria, bezerros, bezerras, novilhas para reposição e novilhos destinados à terminação. O rebanho de cria produz em média 200 bezerros. As fêmeas são destinadas a estudos de desenvolvimento na recria, buscando redução da idade do primeiro acasalamento. A idade alvo no início das atividades de acasalamento era três anos de idade, sendo reduzido para 24 meses de idade e tendo sido inclusive avaliado o primeiro acasalamento aos 14 meses de idade. Os bezerros produzidos também são avaliados na recria com sistemas de alimentação visando diminuir a idade de abate e melhor qualidade de carcaça. Todos os machos nascidos são terminados e abatidos com idade máxima de 24 meses, também tendo a idade de abate reduzida para 14 meses. Estes resultados obtidos com sucesso. Todos os animais abatidos e pertencentes ao laboratório de Bovinocultura de Corte tiveram sua carcaça e qualidade da carne avaliadas, independentemente de serem novilhos, novilhas ou vacas de descarte.

O Laboratório de Bovinocultura de Corte é caracterizado por desenvolver tecnologias para a intensificação dos sistemas de produção. A atividade de CONFINAMENTO foi introduzida no Sul do Brasil, através do laboratório no ano de 1983, sendo executado até os dias de atuais. Na atividade de confinamento, foram desenvolvidas pesquisas comparando tipo de instalações, raças e grupos genéticos, comparações entre categorias animais e condições sexuais, idades e pesos de abate dos animais, tipos de silagens, fenos e substituição de volumosos, níveis de concentrado, subprodutos em substituição dos alimentos usualmente utilizados nas dietas, sendo incorporado mais recentemente o monitoramento do comportamento animal nessa atividade.

### **2.3. Eventos de divulgação e extensão das pesquisas geradas no laboratório de Bovinocultura de Corte**

A divulgação dos resultados de pesquisas sempre foi muito marcante e prioritária para o laboratório de bovinocultura de corte. Toda a divulgação sempre

foi realizada pelos professores orientadores do laboratório e pelos seus orientados de Pós-Graduação ou de graduação.

#### 2.4. Dias de campo

Anualmente eram realizados dias de campo, com visitação às instalações e aos trabalhos de pesquisas em andamento no setor. Foram realizados no total 23 dias de campo, com a participação de produtores, técnicos das diferentes regiões do Rio Grande do Sul, Uruguai, Argentina, bem como alunos dos diferentes cursos das ciências agrárias da UFSM.

#### 2.5. Simpósios e Seminários

A atividade do confinamento de nos anos 90 despertou tanto interesse dos produtores que foram realizados nos anos de 1994 e 1995 eventos em formato de cursos com duração de dois dias sobre a atividade de confinamento, denominado “**Confinamento de Bovinos de Corte**”. Esses seminários trataram de instalações, a escolha do animal adequado, alimentos para bovinos, alimentos volumosos, energia e proteína na alimentação de ruminantes, análises de alimentos, balanceamento de dietas, manejo da alimentação e benefícios indiretos da utilização dos confinamentos em sistemas de produção. No primeiro ano de realização do evento voltado a terminação em confinamento, obteve-se uma adesão de produtores técnicos e alunos, totalizando 700 espectadores, sendo necessário a realização de dois eventos, pois as inscrições extrapolaram a capacidade máxima do anfiteatro do Centro de Ciências Rurais que era na época de aproximadamente 450 lugares.

Ainda nos anos iniciais da década de 90 começaram a ser desenvolvidas outras tecnologias que dera origem em 1997 ao simpósio “**Técnicas avançadas na recria e engorda de bovinos de corte**”, com os temas: utilização de pastagens de estação fria na recria e terminação de bovinos de corte, manejo de pastagens, suplementação a campo, desmame precoce os sessenta dias, confinamento de terneiros, silagens e sua utilização e balanceamento de rações para bovinos de corte.

A intensificação cada vez mais necessária, a cada evento os produtores e técnicos deixavam suas curiosidades e necessidades juntos aos seus sistemas de produção, incrementando os assuntos para os próximos eventos. Em 1998 lançou-se então o simpósio “**Produção intensiva com qualidade em bovinos de corte**”, nesse evento já sendo enfatizado a produção do “**novilho super precoce**”, tornando-se esse uma marca do Laboratório de Bovinocultura de Corte. O simpósio de intensificação da produção envolveu assuntos referentes ao manejo, adubação e utilização de pastagens de estação fria na recria e terminação de bovinos de corte, terminação de bovinos de corte com suplemento energético em pastagem cultivada de inverno, suplementação com concentrado na recria, eficiência na terminação de vacas e novilhos, produção do novilho super precoce, produção de silagem de qualidade, alimentação e manejo do terneiro desmamado aos 60-90 dias de idade, produção de carne de qualidade e capítulos de gestão como reflexos do confinamento em sistemas de ciclo completo e gerenciamento técnico econômico e administração de recursos em pecuária de corte.

Seguindo o surgimento e aprimoramento das tecnologias nos anos de 1999 e 2000 a divulgação dos resultados e das palestras do Simpósio passou a ser em formato de livros. Em 1999 lançou-se então o Simpósio “**Confinamento, pastagens e suplementação para produção de bovinos de corte**”, trazendo assuntos como: exploração econômica das pastagens cultivadas de inverno, suplementação de verão/outono, desempenho e economicidade da suplementação em pastagem, sorgo para a produção de silagem de qualidade, milho para a produção de silagem de qualidade, avaliação de dietas para desmame, suplementação e confinamento, viabilidade econômica do confinamento no Rio Grande do Sul, confinamento versus pastagens na terminação de bovinos, o novilho super precoce, machos não castrados para a produção de carne e gerenciamento visando a eficiência econômica da pecuária de corte.

Na virada do século, no ano de 2000 o simpósio passou a ser chamado de “**Eficiência na produção de bovinos de corte**”, com os temas: pastagens cultivadas de inverno para recria e terminação de bovinos, maximização da produção em pastagem cultivada através do uso estratégico de suplementação,

manejo e utilização de pastagens cultivadas de verão para produção de bovinos de corte, alternativas para suplementação em campo nativo- avaliação técnica e econômica, irrigação da cultura de milho visando a produção de grãos e silagem de qualidade, silagens de alta qualidade para bovinos, silagem de grão úmido para bovinos, tipos e níveis de concentrado para confinamento, diferentes sistemas de alimentação para desmame precoce aos 60-90 dias - desempenho e economicidade, eficiência na terminação de bovinos de corte, uso de ionóforos e minerais no confinamento e pastagem cultivada e aplicação e gerenciamento de tecnologias na pecuária de corte moderna.

## **2.6. Ciclo de Palestras do Laboratório de Bovino de Corte**

No início de século XXI percebeu-se a necessidade de um novo formato de divulgação de informações obtidas no Laboratório pois constatou-se que informações relevantes e correlatas com as investigações realizadas também poderiam ser explanadas para a comunidade científica. Associada a essa percepção, notou-se também, a partir de questionamentos dos participantes, a necessidade de convidar palestrantes externos ao Laboratório, os quais vão desde egressos da Instituição até Docentes de outras Instituições e Produtores Rurais. Esse é o formato idealizado dos Ciclos de Palestras os quais são totalmente gratuitos e que nesse ano acontece a 16ª edição.

## **2.7. Produção Técnico-Científica e Formação de Recursos Humanos**

Todos os trabalhos de campo do Laboratório de Bovinocultura de Corte que originaram as publicações foram gerados por estudantes no processo de sua formação científica, de doutorado, de mestrado e de iniciação científica. Até o momento foram formados 26 doutores e 76 mestres no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFSM.

## **2.8. Produção científica**

Como resultado das dissertações, teses, trabalhos de conclusão de curso e de iniciação científica foram produzidos no Laboratório de bovinocultura de

corte mais de 500 artigos completos publicados em periódicos, disponibilizados para os leitores. Nos periódicos nacionais destacaram-se a Revista Brasileira de Zootecnia com 170 artigos, a Ciência Rural, revista essa do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria com 80 artigos, a Pesquisa Agropecuária Brasileira com 35 artigos e a Revista SEMINA Ciências Agrárias com 66 artigos. Os demais artigos e talvez os mais recentes do grupo de pesquisadores estão publicados em revista internacionais, as quais possuem uma excelente classificação pela avaliação da CAPES e com fator de impacto elevado.

Além dos artigos publicados em periódicos o grupo de pesquisadores e alunos da Graduação e Pós-Graduação sempre procuram participar de evento científicos, enviando resumos e resultados prévios das pesquisas geradas para os congressos sendo os mesmos publicados em anais de congresso nacionais e internacionais, totalizando 921 resumos, resumos expandidos ou artigos completos publicado em anais de eventos

## **2.9. Linhas de Pesquisas Atuais**

Como descrito anteriormente, as orientações na área de bovinocultura de corte estão sendo realizadas pelos docentes Dari Celestino Alves Filho e Ricardo Zambarda Vaz, os quais procuram englobar a produção de bovinos de corte como um todo, em suas linhas de pesquisas, porém se diferenciando em função das características estruturais para tal função.

**Dari Celestino Alves Filho** – Desde abril desse ano assumiu a Coordenação do projeto balizador do Laboratório de Bovinocultura de corte, mas há muitos anos sempre teve como entendimento a necessidade de aproveitar ao máximo os animais existentes, a estrutura física, recursos humanos e oportunizar o aprendizado e a formação de profissionais mais capacitados, e dessa forma sub-projetos (pois existe o projeto balizador) são conduzidos os quais apresentam pelo menos uma das seguintes diretrizes:

- Nutrição materna no final da estação e/ou início da lactação e influência na prole.
- Avaliação da programação fetal e o efeito no histórico da prole.

- Investigação do comportamento materno/filial do nascimento ao desmame.
- Mensurar a incorporação da raça Angus na condição de terminal ao projeto balizador.

**Ricardo Zambarda Vaz** – Não tendo área experimental, o pesquisador procura para o desenvolvimento de suas linhas de pesquisas, parcerias com produtores rurais, os quais generosamente abrem seus sistemas de produção para serem laboratórios de práticas de pesquisas, bem como parcerias com a indústria frigorífica. Além da busca por parceiros produtores e a indústria frigorífica, ainda a EMBRAPA, em muitos momentos, serve como fornecedor de dados para estudos nas orientações. Embora todas as áreas que envolvam a bovinocultura de corte são essenciais para o incremento da produção dos sistemas de produção, algumas áreas ainda necessitam ser mais bem pesquisadas e estudadas, sendo elas:

- Melhora dos índices reprodutivos, minimizar perdas e entender o comportamento animal são necessários:
- Fatores genéticos e ambientais na reprodução de vacas de corte.
- Intensificação da recria na redução da idade de abate e do primeiro acasalamento.
- Avaliação do temperamento animal e seus reflexos na produção e nas perdas por contusões e na qualidade da carne.

### **3. Considerações Finais**

O Laboratório de Bovinocultura de Corte sempre prezou pelos três pilares que regem a Universidade Federal de Santa Maria: Ensino, Pesquisa e Extensão. Graças ao corpo técnico, o ENSINO durante todo o período, com certeza teve qualidade, pois conseguiu associar o conhecimento dos mestres à proximidade e facilidade de realização e acompanhamento de aulas práticas, fato esse primordial para o aprendizado dos alunos e de difícil execução nas maiorias das instituições de ensino.

A pesquisa pelos números anteriormente relatados, se mostrou e ainda exerce a função primordial para a manutenção do laboratório, pois a partir dela surgem os conhecimentos e as inovações da área na produção de bovinos de corte. Afinal “quem não pesquisa não se atualiza” e “quem não publica não fica” (RESTLE e LOBATO, respectivamente, conhecimentos recebidos de seus orientadores). Essas sentenças relatadas nas frases são repassadas por grandes orientadores da área de bovinocultura de corte aos seus orientados, sendo a pesquisa a propulsora do conhecimento e as publicações a oficialização dos resultados, além de divulgarem quem as executa.

Na parte de extensão, o Laboratório de Bovinocultura de Corte conseguiu a partir dos dias de campo, seminários, simpósios, cursos e ciclos de palestras realizados dentro da Universidade Federal de Santa Maria trazer produtores, técnicos e aproximou os alunos das atividades práticas de pesquisas realizadas. Todas as demonstrações de resultados das pesquisas possuem o auxílio de alunos, os quais com essa atividade, são treinados para desenvolver além do trabalho de campo a divulgação e extensão das atividades. Além disso, atualmente, os orientadores são convidados periodicamente para ministrarem palestras, participarem de *lives* e mesas de discussão sobre pecuária de corte e a cadeia produtiva da carne bovina. Além da extensão, anteriormente citada, os orientadores participam constantemente nos mais diversos Programas de Pós-Graduação como banca de qualificação e conclusão de curso de Mestrado e Doutorado, processo necessário para a formação de material humano de qualidade.

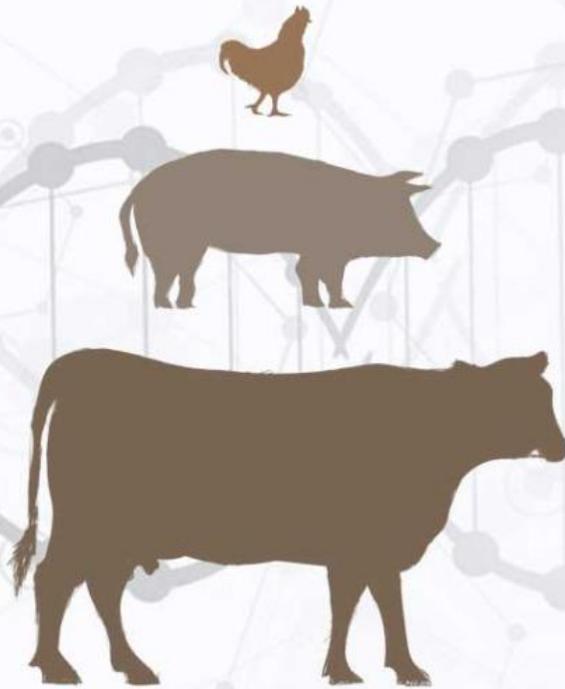
Todos os orientadores tiveram passagem pelo Laboratório com atividades de aperfeiçoamento ou Pós-Graduação, sendo formado e utilizando o mesmo para sua formação. Cabe aqui salientar e agradecer a todos os funcionários, aos orientadores, mas principalmente aos alunos (mão de obra de qualidade) que nesses mais de 40 anos deixaram a sua contribuição no desenvolvimento do Laboratório de Bovinocultura de Corte, auxiliando no manejo, desenvolvimento das atividades rotineiras do setor e na escrita e publicação dos artigos produzidos a partir de suas atividades nas pesquisas. Hoje muitos ex integrantes do laboratório de Pós-Graduação são docentes em outros programas de Pós-Graduação e em instituições de ensino superior, ou ainda estão em empresas

públicas ou privadas de pesquisa desenvolvendo atividades semelhantes que iniciaram no Laboratório. Sem a participação e colaboração de todos nada do descrito nesse capítulo seria possível.

### **Autores**

Ricardo Zambarda Vaz<sup>1</sup>, Dari Celestino Alves Filho<sup>2</sup>, Joziane Michelin Cocco<sup>2</sup>, Gabriella Lopes Antunes dos Santos<sup>2</sup>, Rodrigo Soares Volpatto<sup>2</sup>

1. Departamento de Zootecnia e Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Palmeira das Missões, Brasil.
2. Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.



[www.meridapublishers.com](http://www.meridapublishers.com)