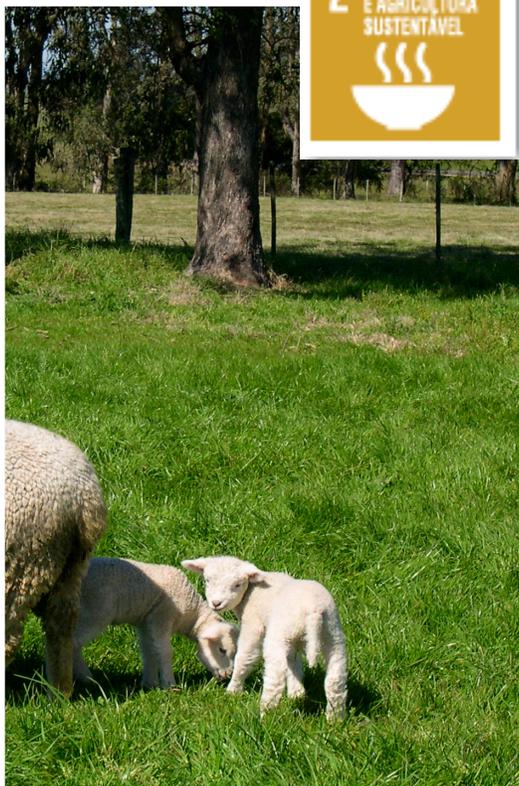


Valor da introdução do gene Booroola em rebanhos comerciais para produção de carne ovina

**OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

**2 FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL**



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

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
43**

Valor da introdução do gene
Booroola em rebanhos comerciais
para produção de carne ovina

*José Carlos Ferrugem Moraes
Carlos José Hoff de Souza
João Carlos Pinto Oliveira*

Embrapa Pecuária Sul
Bagé, RS
2020

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pecuária Sul
BR 153, Km 632,9 Caixa postal 242
96401-970, Bagé, RS
Fone: 55 (53) 3240-4650
Fax: 55 (53) 3240-4651
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Fernando Flores Cardoso

Secretária-Executiva
Márcia Cristina Teixeira da Silveira

Membros
Elisa Köhler Osmari, Gustavo Martins da Silva, Fabiane Pinto Lamego, Graciela Olivella Oliveira, Jorge Luiz Sant'Anna dos Santos, Lisiane Brisolara, Robert Domingues, Sérgio de Oliveira Juchem

Suplentes
Henry Gomes de Carvalho, Marcos Jun Iti Yokoo

Supervisão editorial
Lisiane Brisolara

Revisão de texto
Felipe Rosa

Normalização bibliográfica
Graciela Olivella Oliveira

Tratamento das ilustrações
Daniela Garcia Collares

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Daniela Garcia Collares

Foto da capa
Carlos José Hoff de Souza

1ª edição
Publicação digitalizada (2020)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Pecuária Sul

Moraes, José Carlos Ferrugem

Valor da introdução do gene Booroola em rebanhos comerciais para produção de carne ovina / José Carlos Ferrugem Moraes, Carlos José Hoff de Souza, João Carlos Pinto Oliveira -- Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2020.

PDF (34 p.).— (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Pecuária Sul, ISSN 1983-0467 ; 43)

1. Ovino. 2. Gene dominante. 3. Reprodução animal. 4. Receita. I. Souza, Carlos José Hoff de. II. Oliveira, João Carlos Pinto. III. Título. IV. Série.

CDD 636.3

Sumário

Resumo	4
Abstract	5
Introdução.....	6
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	15
Conclusões.....	33
Referências	35

Valor da introdução do gene Booroola em rebanhos comerciais para produção de carne ovina

José Carlos Ferrugem Moraes¹

Carlos José Hoff de Souza²

José Carlos Pinto Oliveira³

Resumo – A introdução da mutação Booroola é uma alternativa para aumentar a prolificidade das ovelhas, proporcionando maior oferta de cordeiros ao mercado. Esse ensaio concentrou-se no estudo das receitas de rebanhos com distintas estruturas de idade e genótipos dos carneiros, durante um período de 10 anos de introdução do gene. A evolução e a produção dos rebanhos foram simuladas para uma área pastoril de 30 hectares com uma lotação de 4,4 ovelhas de 50 kg de peso vivo/ha/ano. As variáveis avaliadas foram a taxa de cordeiros desmamados/ovelha acasalada, o peso total dos cordeiros desmamados, o peso total das ovelhas comercializadas, o peso de lã de velo de ovelhas e borregas e a receita havida para cada conjunto de genótipo, raça, sistema e ano. Entre as principais conclusões estão que os sistemas investigados promovem maior produção de carne de ovinos jovens; as variáveis de produção foram significativamente afetadas pela presença do gene e pelo ano de medida; a produção de lã é pouco influenciada pelo incremento da prolificidade; o peso dos cordeiros à desmama é o mais importante componente da receita; sendo que as maiores receitas são esperadas em rebanhos portadores do gene a partir do quinto ano de sua introdução.

Palavras chave: Ovino, gene principal, receitas

¹ Médico-veterinário, Doutor em Genética e biologia molecular, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé-RS

² Médico-veterinário, Doutor em Biologia da reprodução, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé-RS

³ Engenheiro-agrônomo, Doutor em Ciência e tecnologia de sementes, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé-RS

Value of the Booroola gene introduction in meat production commercial flocks

Abstract – The introduction of the Booroola mutation drives prolificacy in sheep, providing a greater supply of lambs. The subject of this study was to examine the budget in flocks with different age structures and ram genotypes for ten years. The flock evolution and production were simulated for a grazing area of 30 hectares with a stocking rate of 4.4 sheep weighing 50 kg live weight/ha/year. The variables evaluated were the rate of weaned lambs/mated ewes, the total weight of lambs weaned, the total weight of ewes marketed, the weight of fleece wool from ewes and hoggets and the revenue for each set of genotype, breed, system and year. Among the main conclusions we learned that: these investigated systems promote higher meat production of young sheep; the production variables were significantly affected by the presence of the gene and the year of measurement; the increase in prolificacy little influences wool production; the weight of lambs at weaning is the essential component of the budget; the highest revenues are expected in flocks carrying the gene from the fifth year of its introduction.

Keyword: sheep, major gene, budget

Introdução

A prolificidade como alternativa para aumentar a produção e a comercialização de carne ovina no Brasil começou a ser investigada na década de 1980, tendo sido concluído, naquela época, que não deveria ser recomendada, em decorrência do elevado gasto energético para a produção de um maior número de conceptos, associado com alta taxa de mortalidade de cordeiros do nascimento ao desmame (Selaive et al., 1990).

Esses animais prolificos, portadores do gene Booroola, foram mantidos no então Centro Nacional de Pesquisa de Ovinos da Embrapa em Bagé, visando a efetivação de estudos sobre sua biologia reprodutiva (Souza et al., 1994, 1995), sendo que, posteriormente, até contribuíram nas pesquisas para a identificação da respectiva mutação causal (Souza et al., 2001).

No final do século passado os ovinocultores perdem rentabilidade na produção de lã e são induzidos a produzir carne ovina (Viana; Souza, 2007). Esse novo direcionamento nos objetivos de produção desencadeia mudanças na estrutura dos rebanhos, que se tornam menores e principalmente compostos por ovelhas de cria. Nessa nova configuração, a fertilidade e a taxa de desmame passam a ser os mais importantes componentes dos sistemas de produção (Lampert et al., 2013).

Nesse novo ambiente de produção, a partir de 2003 foram iniciados projetos de desenvolvimento tecnológico financiados pela Embrapa (03.06.5.25) e pelo CNPq (472591/2004-5) e coordenados pelo Dr. Carlos José Hoff de Souza para validar a viabilidade do emprego da prolificidade em pequenos rebanhos, explorados para a produção de cordeiros para abate (Souza; Moraes, 2007). O racional da proposta foi de aumentar a produção de carne ovina, utilizando o gene Booroola como uma ferramenta para promover maior rentabilidade aos produtores que se mantiveram na atividade. Os produtores incluídos no projeto passaram a utilizar as recomendações para o controle da reprodução das ovelhas e para o cuidado com os recém-nascidos e com o rebanho em geral. Os índices de produção alcançados pelos produtores colaboradores confirmaram a hipótese original, de que em condições similares de criação, onde 100 ovelhas desmamavam apenas 70 cordeiros; com a introdução do gene Booroola, 70 ovelhas produziam pelo menos 100 cordeiros. Esse estudo implementado para validar o uso de um gene principal

no incremento da taxa de cordeiros desmamados em rebanhos comerciais é mundialmente peculiar nessa área do conhecimento e os principais resultados foram registrados por Moraes e Souza (2015).

Durante esse período foram promovidas pela Embrapa Pecuária Sul diversas ações para incentivar a adoção desta tecnologia. A primeira foi a divulgação dos resultados alcançados pelos integrantes do projeto na Revista do Produtor em 2008 (Efeito..., 2008). No ano de 2009 a tecnologia foi incluída entre as **Soluções Tecnológicas** disponibilizadas pela Embrapa sob o título “Genética Booroola em ovinos”¹, com as recomendações e condições preliminares para uso, juntamente com informações técnicas básicas pertinentes.

A partir de 2013 a tecnologia está integrada a um “Serviço de genotipagem”² para a confirmação dos reprodutores portadores de genes de prolificidade, visando proporcionar a continuidade no uso da tecnologia, já que até o presente momento, não houve interesse de laboratórios privados na prestação desse serviço.

Os ensinamentos observados nos rebanhos colaboradores durante esse período de introdução do gene Booroola foram de que havia um aumento em torno de 42% na taxa de cordeiros desmamados por ovelha acasalada e uma maior oferta de cordeiros menores para o abate, independentemente da raça em que o gene fora introduzido (Moraes; Souza, 2018). Além disso, foi detectado e denominado pelos próprios produtores o “Efeito Booroola”, ou seja, a constatação de um aumento não quantificado no número de cordeiros nascidos e desmamados já no primeiro ano após a introdução da mutação, que nada mais era do que um simples efeito dos cuidados recomendados com as ovelhas não portadoras do gene durante o acasalamento e a parição, já que as portadoras do gene ainda não estavam em idade reprodutiva.

¹ Disponível em: <https://www.embrapa.br/pecuaria-sul/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1208/genetica-booroola-em-ovinos> Disponível em: <https://www.embrapa.br/pecuaria-sul/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1208/genetica-booroola-em-ovinos>

² Disponível em: <https://www.embrapa.br/pecuaria-sul/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2985/servico-de-genotipagem-de-ovinos-para-deteccao-da-presenca-das-mutacoes-booroola-vacaria-e-embrapa>

O objetivo desse estudo é de verificar a importância relativa dos componentes da receita auferida em rebanhos com ou sem o gene Booroola, introduzido por diferentes sistemas em ovelhas das raças Texel e Corriedale, durante um período de dez anos. Assim, a publicação contribui com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 2 (ODS 2) contidos na agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas.

Material e Métodos

A evolução e a produção dos rebanhos foram simuladas sob as premissas listadas a seguir. A base física dos sistemas foi uma área de 30 hectares de campo natural invadido por capimannoni-2 (*Eragrostis plana*), com uma lotação ajustada para 4,4 ovelhas de 50 kg de peso vivo/ha/ano. Essa foi a lotação adotada para o atendimento dos requerimentos nutricionais referentes aos períodos de repouso, acasalamento, gestação e lactação, de acordo com a disponibilidade mensal de matéria seca aferida em 2017 e 2018 nos poteiros 10 e 11 do Biotério de Ovinos da Embrapa Pecuária Sul (31°19'41" Sul; 53°59'28" Oeste), utilizados como exemplo de base dos sistemas simulados.

Na Tabela 1 é possível verificar uma justificativa detalhada do uso da lotação de 4,4 ovelhas por hectare, 12% menor que a tradicional da região, de 5 ovelhas por hectare, em função da redução da disponibilidade de matéria seca decorrente da infestação por capimannoni-2, que forma o extrato superior da pastagem e que não foi considerado na dieta dos ovinos, pois não é consumido por eles. O extrato inferior é composto principalmente por *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum* e *P. pumilum*. Estas espécies subtropicais que têm hábito de crescimento estolonífero e/ou rizomatoso, são de porte baixo e com excelente qualidade de forragem. Para o controle da altura, da estrutura da pastagem e para o consumo do capimannoni-2 foram utilizados bovinos adultos (vacas prenhes e em lactação) em pastejo rotacionado, recebendo a suplementação recomendada de sal proteinado.

Tabela 1. Disponibilidade mensal de matéria seca, requerimentos das ovelhas e ajustes de lotação.

Mês	Disponibilidade Kg MS/ha	Necessidade % PV	Requerimento/ ovelha/dia	Lotação ideal	Balanco# 4,4 ov./ha	Balanco 5 ov./ha
Jan	537	2	4	4,5	57	-63
Fev	824	2	4	6,9	344	224
Mar	879	2	4	7,3	399	279
Abr	552	3,2	6,4	2,9	-216	-408
Mai	658	3,2	6,4	3,4	-110	-302
Jun	651	3,2	6,4	3,4	-117	-309
Jul	644	2,4	4,8	4,5	68	-76
Ago	600	3,2	6,4	3,1	-168	-360
Set	831	3,4	6,8	4,1	15	-189
Out	1063	4,2	8,4	4,2	55	-197
Nov	1157	4,8	9,6	4,0	5	-283
Dez	1250	4,8	9,6	4,3	98	-190
Média	-	-	-	4,4	35,8	-1874

* relação disponibilidade/requerimentos mensais

Os procedimentos básicos de manejo incluíram descarte das ovelhas a partir dos 7 anos de idade, descarte anual de todas as falhadas, ajustes das lotações em 31 de dezembro de cada ano, comercialização de 100% dos cordeiros machos destinados ao abate, comercialização de % variável de cordeiras também para o abate em função da disponibilidade em cada sistema para ajuste da lotação; e, ainda, a comercialização de % variável de borregas para abate antes do primeiro acasalamento também em função de ajustes necessários da lotação em 4,4 ovelhas por hectare.

Os dados de produção observados nos rebanhos colaboradores de ambas as raças foram empregados como indicadores para a criação de rebanhos hipotéticos e atribuição de sua produtividade com ou sem a presença do gene Booroola (Tabela 2). Foram incluídos os dados das raças Corriedale (cor) e Texel (tex) por dois motivos: primeiro, por serem importantes representantes dos atuais rebanhos do Rio Grande do Sul e, segundo, por terem sido utilizadas como base para a introdução do gene Booroola, no projeto iniciado em 2003.

Tabela 2. Médias de peso corporal e de velo em kg nas raças Texel e Corriedale observadas nos rebanhos colaboradores.

Característica	Corriedale	Texel
Peso dos cordeiros ao nascer	3,7	3,9
Peso ao desmame (150 dias)	32	35
Peso da lã de velo sujo (borregas)	2,5	2,0
Peso da lã de velo sujo (18 meses)	3,0	2,5
Peso da lã de velo sujo (adultas)	3,1	3,0
Peso vivo das ovelhas de descarte	50	50
Peso vivo das borregas de descarte	35	35

A introdução do gene em rebanhos de fêmeas não prolíficas e não portadoras do gene (NN) foi através de machos portadores heterozigotos (BN) ou homozigotos (BB) do gene Booroola. Essa é a forma mais simples e econômica para a introdução de um gene de prolificidade, visando incrementar a produção de cordeiros (Souza; Moraes, 2010). As principais características dos sistemas hipotéticos delineados estão descritas na Tabela 3, incluindo entre as premissas o descarte total das ovelhas falhadas, critério que sabidamente afeta de forma significativa a taxa de cordeiros desmamados, mas, cujos efeitos no nível gênico não foram mensurados no presente ensaio, pois as taxas de concepção e desmame foram fixas para as diferentes idades das ovelhas em reprodução ao longo dos dez anos.

Tabela 3. Características dos sistemas descritos

Item	Período/descrição
Acasalamentos	01/04 - 14/05
Partos	22/08 - 04/10
Desmame	28/12 (85-128 dias)
Idade média ao desmame	105 dias
Descarte borregas	antes do acasalamento em número necessário para ajuste de lotação
Descarte ovelhas	100% das falhadas e aos 7 anos de idade

A composição etária dos rebanhos nas propriedades colaboradoras nem sempre foi informada e anotada. Assim, para a simulação dos rebanhos sem o gene, foi utilizada a composição etária, a taxa de mortalidade e a de sobrevivência de cordeiros ao desmame dos rebanhos neozelandeses descritas por Hickey (1960); entretanto, as taxas de concepção e de sobrevivência das ovelhas portadoras foram de acordo com os dados colhidos nos rebanhos colaboradores (Moraes; Souza, 2015). Na Tabela 4 estão apresentados os valores utilizados na evolução dos rebanhos ao longo dos dez anos de estudo.

Tabela 4. Composição do rebanho, taxa de mortalidade e de sobrevivência de cordeiros em rebanhos com ovelhas portadoras ou não do gene Booroola.

Idade acasalamento	Composição e mortalidade			Sem o gene Booroola [#]			Com o gene Booroola [*]		
	% rebanho	% mortalidade	% concepção	% concepção	% sobreviv. cordeiros	% concepção	% sobreviv. Cordeiros	% concepção	% sobreviv. Cordeiros
18 meses	28	13	78	182	88	182	66	182	66
30 meses	25	16	94	185	88	185	72	185	72
42 meses	17	15	97	193	90	193	77	193	77
54 meses	12	16	100	200	90	200	82	200	82
66 meses	10	19	100	204	92	204	88	204	88
78 meses	8	21	100	204	92	204	88	204	88

[#] Hickey (1960); ^{*}Moraes e Souza (2015).

Os sistemas para a introdução do gene foram construídos a partir de exemplos empregados por produtores usuários do gene Booroola, considerando a estrutura etária do rebanho inicial, o número de anos de uso de machos portadores BN e os tipos de acasalamentos utilizados. O Sistema denominado de “a”, inicia com a aquisição de 100 borregas NN de 18 meses, acasaladas durante 10 anos com carneiros BN. Esse sistema parte de um conjunto similar de animais que vai se estabilizar em termos de idade e de produção a partir do quinto ano. O Sistema “c” tem início a partir de um rebanho com composição etária padrão (% descrito na Tabela 4), acasalado durante os 10 anos com machos BN, sempre em cruzamentos NN x BN. O terceiro denominado Sistema “h”, tem início também a partir de um rebanho de composição etária padrão acasalado com machos homozigotos BB. Sendo que para as cobrições das borregas e ovelhas BN são introduzidos novos carneiros não mais portadores do gene Booroola.

Os preços pagos aos produtos oriundos de cada propriedade hipotética, a saber quilo vivo do cordeiro desmamado, quilo vivo da ovelha adulta e quilo da lã de velo para cada raça foram anotados para o mês de dezembro de cada ano (Tabela 5). Adicionalmente também foi acompanhado o valor do quilo vivo do boi no Rio Grande do Sul para compor o cálculo da receita líquida com ovinos das propriedades hipotéticas.

A receita havida para cada conjunto de genótipo, ano, sistema e raça foi calculada da seguinte maneira: $R = N(x_1p_1) + L(x_2p_2) + O(x_3p_3) - C$. Onde: R (receita) = (No. cordeiros desmamados (N) x preço do quilo em cada ano (x_1) x peso total dos cordeiros de cada raça (p_1)) + (número efetivo de animais em cada ano (L) x preço do quilo da lã para cada raça em cada ano (x_2) x velo sujo para cada faixa etária (p_2)) + (número de ovelhas e borregas descartadas em cada ano (O) x preço do quilo vivo da ovelha em cada ano (x_3) x respectivos pesos vivos (p_3)) - (custo anual do uso da terra (C) – presumido no valor de 30 kg de boi vivo/hectare/ano).

Tabela 5. Variação anual dos preços (em reais) do quilo vivo de cordeiros, de ovelhas adultas e da lã de velo nas raças Corriedale e Texel.

Ano	Quilo vivo cordeiro#	Quilo vivo ovino adulto*	Quilo lã de velo Corriedale [§]	Quilo da lã de velo Texel [§]
2010	4,40	3,70	3,92	2,57
2011	4,01	3,37	6,45	4,97
2012	3,77	3,17	8,10	4,92
2013	3,99	3,35	6,98	6,79
2014	4,34	3,65	8,33	5,91
2015	5,19	4,36	13,43	17,50
2016	5,81	4,88	11,93	8,74
2017	6,23	5,23	10,03	6,19
2018	6,49	5,45	11,80	12,69
2019	6,41	5,38	10,33	5,66

#, ³

*, -16% com referência ao preço do quilo do cordeiro

§, Paramount Têxteis Ind. e Com. S/A (comunicação pessoal) ⁴

As variáveis avaliadas foram a taxa de cordeiros desmamados/ovelha acasalada (cdoa), o peso total dos cordeiros desmamados (pcd), o peso total das ovelhas comercializadas (qcom), o peso da lã de velo das ovelhas adultas e borregas (pvs) e a receita conforme descrito acima, considerando os efeitos de raça, sistema, genótipo e ano. As análises estatísticas foram efetuadas no Sistema R (R Core Team, 2019). A primeira aproximação para avaliar a associação dos dados gerados à realidade imaginada para os sistemas de introdução do gene Booroola foi efetuada através de uma análise de variância, empregando o pacote Psych (Revelle, 2018). Na sequência as variáveis foram visualizadas empregando os pacotes Ggplot2 (Wickham, 2016) e Caret (Kuhn, 2019), também utilizado para a predição das receitas considerando os efeitos de raça, sistema, genótipo e ano.

³ Disponível em: <https://agrolink.com.br/cotações/carnes/ovinos>⁴ Dados relativos aos preços pagos pela lã crua entre 2005 e 2019 pela filial de Bagé prestados por José Antonio Ferreira Dias, Chefe Administrativo.

Considerando a possibilidade de associação entre as variáveis que compõem a receita, foram examinadas as correlações e estimada sua importância relativa na composição total da receita, empregando o pacote Relaimpo (Grömping, 2006).

Resultados e Discussão

No presente estudo foram verificadas as mudanças na estrutura dos rebanhos formados com os distintos sistemas para a introdução do gene durante 10 anos, incluindo as premissas descritas quanto ao manejo e descarte das ovelhas. Na Figura 1 estão apresentados os percentuais de ovelhas de cria portadoras em cada ano para cada um dos sistemas empregados para a introdução do gene.

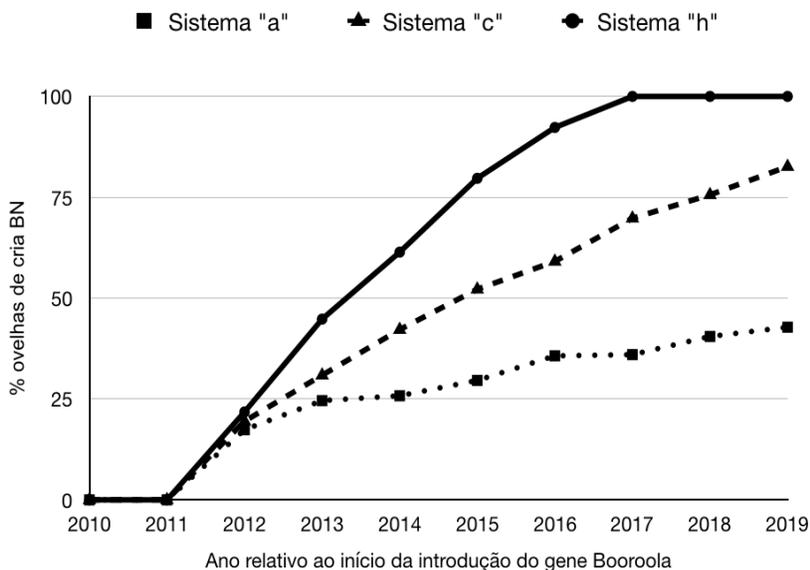


Figura 1. Evolução do percentual de ovelhas portadoras do gene Booroola nos três sistemas empregados para a introdução da mutação ao longo dos dez anos.

Nessa figura é possível constatar que em torno de 20% de borregas BN entram em reprodução nos três sistemas já no terceiro ano após a introdução dos carneiros portadores do gene Booroola. O sistema “a” apresenta menor prevalência de ovelhas portadoras, em decorrência do formato original partir de borregas NN. A prevalência de portadoras apresenta crescimento quase linear no Sistema “c”, alcançando cerca de 83% de fêmeas BN no décimo ano. A principal peculiaridade reside na velocidade de introdução do gene principal quando se empregam machos homozigotos, o que é bem demonstrado no Sistema “h”, que já no oitavo ano todas as ovelhas de cria são portadoras do gene. O sistema eleito para a introdução de um gene determinante de prolificidade é um detalhe importante no que diz respeito aos cuidados com o rebanho, especialmente dos recém-nascidos, pois quanto maior o percentual de ovelhas de cria BN, maior o percentual de gêmeos requerendo maior atenção para garantir sua sobrevivência.

Na Tabela 6 é apresentado um resumo das significâncias estatísticas dos fatores examinados através de uma análise de variância. Examinando os dados dessa tabela chama atenção o efeito significativo da raça sobre a qual o gene Booroola foi introduzido apenas nas médias de **pcd** com uma esperada superioridade para os cordeiros Texel, considerando sua maior aptidão carnicera. Em função disso, as variáveis estudadas foram agrupadas para esse fator no intuito de facilitar a apresentação dos resultados.

Tabela 6. Significância dos efeitos sobre as variáveis mensuradas nos rebanhos após a introdução do gene Booroola.

Fator	cdoa	pcd	qcom	pvs
Genótipo	***	***	***	NS
Sistema	**	NS	**	***
Raça	NS	*	NS	NS
Ano	***	***	***	***
Médias (s.d.)	0,97 (0,23)	1920 (539)	940 (315)	393 (11)

cdoa, taxa de cordeiros desmamados/ovelha acasalada; **pcd**, peso total dos cordeiros desmamados; **qcom**, peso total das ovelhas comercializadas; **pvs**, peso da lã de velo das ovelhas adultas e borregas.

*, P<0,05; **, P<0,01; ***, P<0,001; NS, P>0,05.

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5 estão apresentados os valores máximos, mínimos, mediana e intervalos de confiança gerais das variáveis cdoa, pcd, qcom e pvs em função da presença do gene, sistema e ano desde a introdução do gene Booroola. No geral a média de cdoa foi de 97%, bastante superior aos 50% anotados atualmente nos rebanhos do Rio Grande do Sul pela Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Esse desvio, muito possivelmente, deve-se ao fato de que nos rebanhos simulados a estrutura de idade é a ideal e que estão sendo descartadas as ovelhas falhadas, que ocupam área física no mundo real e não contribuem no efetivo de cordeiros desmamados.

A taxa de cordeiros desmamados por ovelha acasalada (cdoa) é facilmente identificada como superior nas ovelhas BN (Figura 2. a.). Da mesma forma são evidentes valores superiores no sistema "h" (Figura 2.b.) e ainda entre alguns anos estudados (Figura 2.c.). No que concerne aos sistemas que podem ser empregados para a introdução do gene, a aquisição de borregas para iniciar um rebanho prolífico certamente não é a melhor alternativa.

Por outro lado, quando são utilizados carneiros homozigotos BB é evidente a maior taxa de cordeiros desmamados por ovelha. As diferenças entre anos são esperadas pela manifestação do efeito do gene introduzido nas populações e seu efeito acumulativo já ilustrado na Figura 1, decorrente do maior % de ovelhas BN na composição do rebanho de cria.

O peso total de cordeiros desmamados também apresenta diferenças significativas entre raça, genótipos e ano (Figura 3.a,b,c.). Embora sabidamente os cordeiros nascidos de partos gemelares sejam menores do que os nascidos de partos simples, o número de quilos de cordeiros desmamados pelas ovelhas portadoras do gene Booroola é superior e também aumenta consentaneamente com o percentual de fêmeas portadoras nos rebanhos de cria, fato já ilustrado na Figura 1. Uma produção média de 1920 quilos de cordeiros/ano em 30 ha, além de bem maior do que deve estar sendo produzida pelos rebanhos gaúchos, oferece um alvo interessante a ser perseguido pelos produtores: 60 kg de cordeiros/ha/ano. Evidentemente que esse é o peso médio produzido ao longo dos 10 anos, mas considera fatores que afetam significativamente a característica e ainda os diferentes sistemas empregados para a introdução do gene.

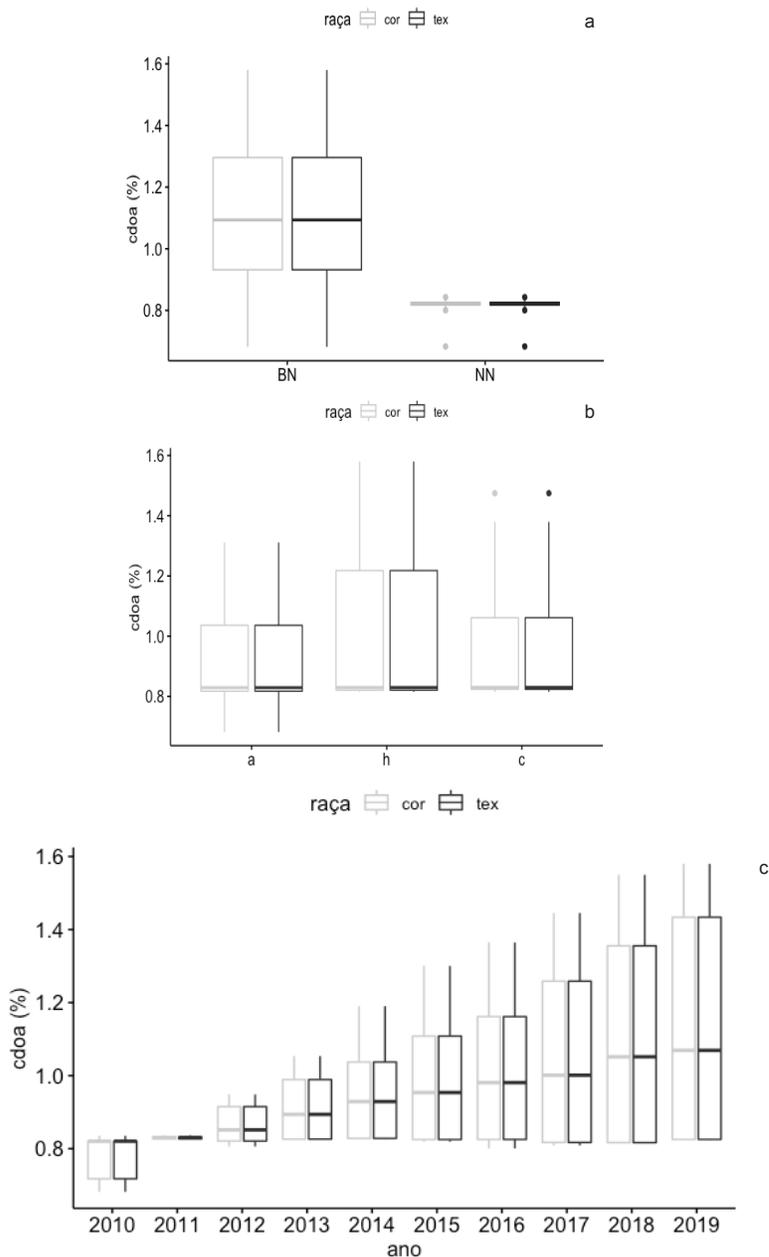


Figura 2. Variabilidade da taxa de cordeiros desmamados/ovelha acasalada em % (cdoa) nas raças Corriedale e Texel, considerando os fatores genótipo, sistema de introdução e ano.

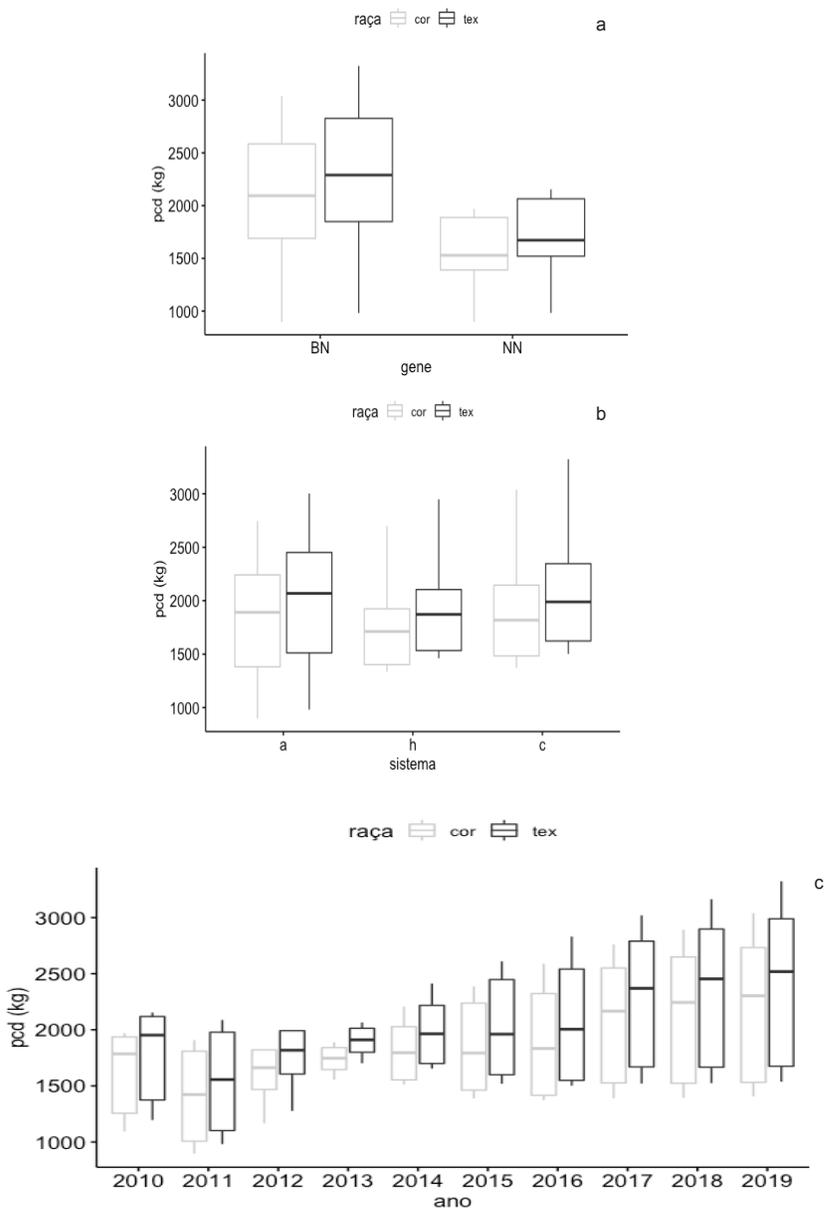


Figura 3. Variabilidade do peso total dos cordeiros desmamados em kg (pcd) nas raças Corriedale e Texel, considerando os fatores genótipo, sistema de introdução e ano.

O número de quilos de ovelhas adultas e borregas oferecidos ao mercado (qcom) foi semelhante para as duas raças, esperado em função dos pesos similares atribuídos às fêmeas de descarte para ambas as raças; já os demais fatores significativos decorrem da taxa de prolificidade diferencial, determinante de diferentes pressões de descarte para os ajustes da lotação ao final de cada ano nos diferentes sistemas empregados para introgressão do gene Booroola (Figura 4.a,b,c.). A quantidade de quilos de carne de ovelhas de descarte produzida nos sistemas aqui descritos é importante aos produtores, primeiro porque são mais de 30 quilos de ovinos produzidos por hectare/ano e, segundo, porque apenas uma fração anual advém de ovelhas velhas, com mais de sete anos.

O peso da lã produzida foi similar nas ovelhas de ambos genótipos e raças, diferindo apenas entre os sistemas de introdução da mutação e anos (Figura 5.a.,b.c.). Essas médias diferentes foram provavelmente devidas a modificações na composição da estrutura etária dos rebanhos ao longo do período.

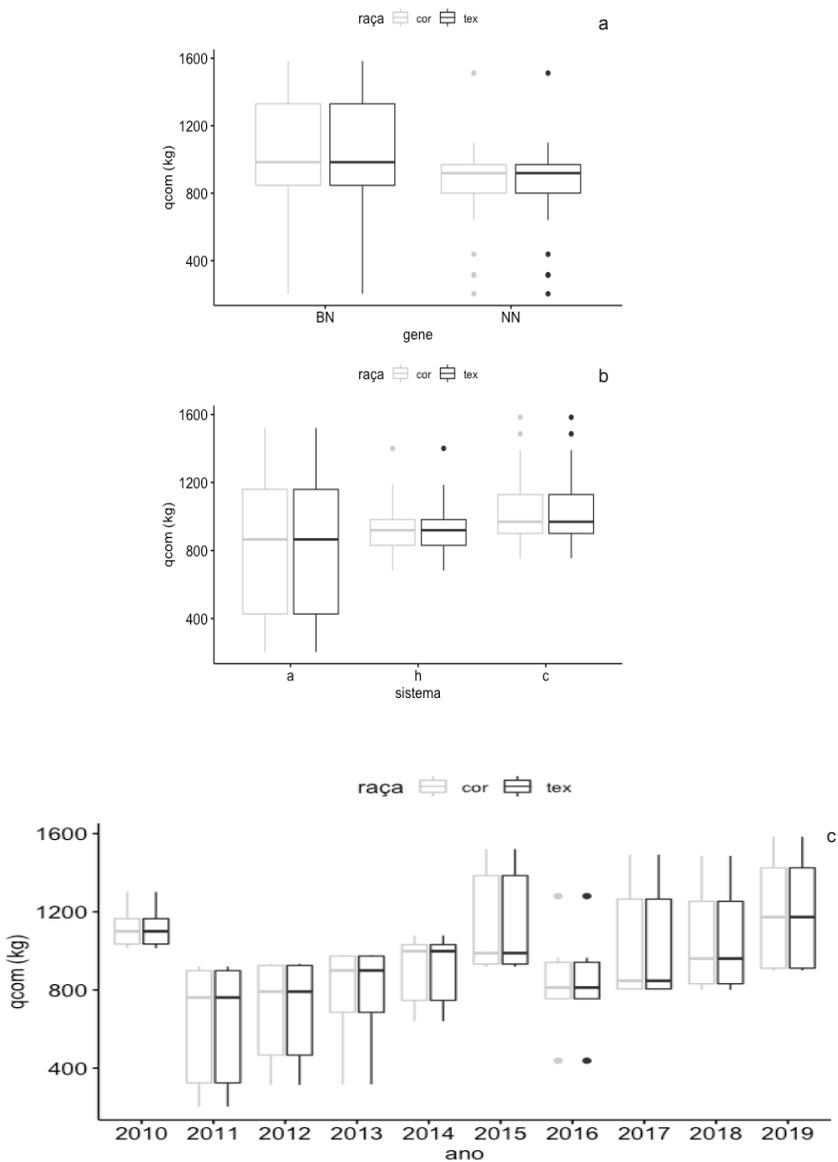


Figura 4. Variabilidade do peso total das ovelhas comercializadas em kg (qcom) nas raças Corriedale e Texel, considerando os fatores genótipo, sistema de introdução e ano.

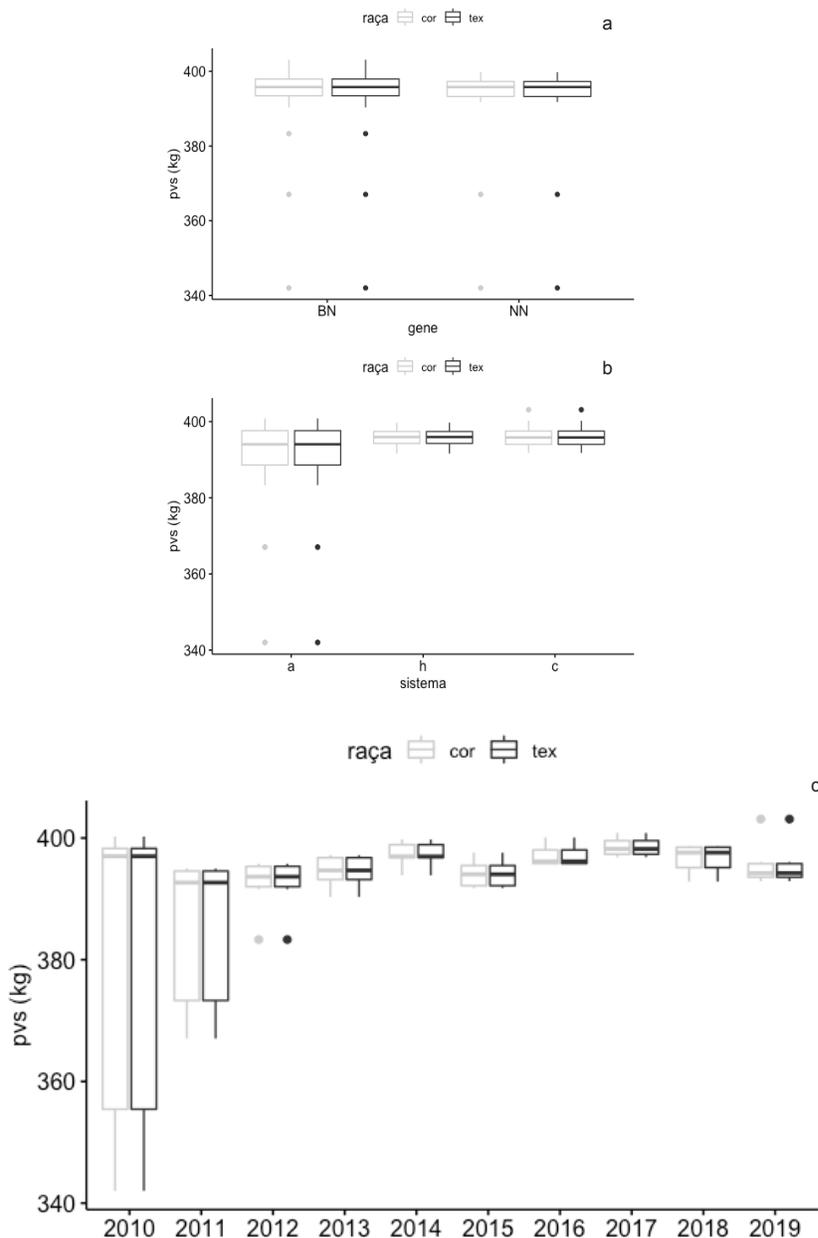


Figura 5. Variabilidade do peso da lã de velo das ovelhas adultas e borregas em kg (pvs) nas raças Corriedale e Texel, considerando os fatores genótipo, sistema de introdução e ano.

Uma apreciação geral nos gráficos “a” das Figuras 2, 3, 4 e 5 permite inferir que a introdução do gene promove superioridade de BN em todas as variáveis exceto para peso de velo sujo. Reiterando a independência da quantidade e qualidade da lã produzida por rebanhos de maior prolificidade. Quanto aos sistemas empregados para a introdução do gene, ilustrados em “b” nas Figuras 2, 3, 4 e 5, aparentemente afetam taxa de cordeiros desmamados, o número de quilos de carne de ovelhas oferecidos ao mercado e o peso de lã produzida em decorrência da estrutura de idade e do aumento na taxa de cordeiros desmamados ao longo dos anos, evidenciando a ocorrência de possíveis interações complexas.

O ano (item “c” nas Figuras 2, 3, 4 e 5), embora sendo um fator aleatório, apresentou tendência de aumento correlacionada com a percentagem de ovelhas de cria portadoras do gene Booroola, para todas as variáveis examinadas, exceto para o peso de velo produzido. Esse resultado corrobora o que já foi observado em estudos anteriores (Ponzoni et al., 1985) nos quais a produção de lã não foi afetada de forma importante pela introdução do gene Booroola na raça Merino, permitindo inferir que é viável sua exploração independente da produção de carne ovina em rebanhos especializados na produção de carne ou duplo propósito.

Até aqui foi demonstrado que a introdução da mutação proporciona maior produção de carne ovina decorrente do maior número de cordeiros desmamados por ovelha acasalada, mais quilos de cordeiros desmamados e mais quilos de ovelhas disponibilizados ao mercado com conseqüente maior receita ao criador de ovinos. A próxima questão que o criador provavelmente deverá fazer é: se eu quero aumentar minha receita, qual a característica mais importante?

A resposta se concentra no estudo da importância relativa dos componentes da receita. Esses estudos devem ser implementados por motivos técnicos, que visam a obtenção de efetivas mudanças econômicas e, por motivos científicos, relativos ao entendimento da associação entre as variáveis mensuradas (Bi, 2012). Essas variáveis que explicam (compõem) a receita nem sempre são independentes e não podem ser facilmente interpretadas para a estimação de sua importância relativa via estatísticas simples como correlação e regressão. Uma solução através de procedimentos estatísticos elegantes foi proposta por Grömping (2006) e contorna os problemas decorrentes da multicolinearidade das variáveis, que compromete a interpretação da estimativa dos coeficientes de regressão. A primeira etapa consiste em examinar a associação entre as variáveis. Na Tabela 7 pode ser visualizada a matriz das correlações entre os componentes das receitas com a introdução da mutação Booroola. Nesta tabela pode-se constatar a forte correlação entre pcd, cdoa e qcom e a receita e apenas moderada com o pvs. Por outro lado, destaca-se a fraca associação da variável pvs com cdoa e qcom; e, apenas moderada com o número de quilos de cordeiros desmamados.

Tabela 7. Correlações entre as variáveis componentes da receita de um sistema de produção de carne ovina que utiliza a característica prolificidade.

	cdoa	pcd	qcom	pvs	receita
cdoa	-	0,80	0,47	0,33	0,76
pcd	-	-	0,67	0,47	0,85
qcom	-	-	-	0,19	0,72
pvs	-	-	-	-	0,41

cdoa, taxa de cordeiros desmamados/ovelha acasalada; **pcd**, peso total dos cordeiros desmamados; **qcom**, peso total das ovelhas comercializadas; **pvs**, peso da lã de velo das ovelhas adultas e borregas.

A forte correlação entre **cdoa** e **pcd** decorre do aumento da produção de quilos de cordeiros desmamados (**pcd**) em função do maior número de cordeiros desmanados (**cdoa**). Exemplificando, é muito mais rentável o desmame de dois cordeiros de 20 quilos do que um cordeiro de 30 quilos, isso porque, sabidamente, os cordeiros produtos de partos múltiplos, geralmente são mais leves ao desmame. Fato reiterado no presente estudo, especialmente no sistema “h”, onde encontra-se os maiores percentuais de ovelhas BN, maiores taxas de cordeiros desmamados por ovelha acasalada e nem sempre se verificam os maiores valores de **pcd**.

Antes de analisar a importância relativa das variáveis, é possível inferir que, independentemente da raça base empregada para introduzir o gene de prolificidade, a quantidade de lã produzida pode ser uma característica considerada pelo produtor, uma vez que deve ter pouca interferência nos sistemas de produção de cordeiros, presumindo que as variáveis que mais contribuem para a receita total são o **cdoa**, **pcd** e **qcom**.

O modelo de regressão múltipla com valores estandardizados apresenta um coeficiente de determinação de 0,79, indicando que os estimadores não são independentes e afetam significativamente a receita na seguinte ordem de importância: **pcd**, **cdoa** e **qcom**. O pacote Relaimpo do R (Grömping, 2006) realiza diversos procedimentos estatísticos e indica a partir dos dados originais transformados a contribuição percentual de cada preditor. A importância relativa obtida é de 0,361 para **pcd**; 0,289 para **cdoa**; 0,282 para **qcom**; e, apenas 0,068 para **pvs**.

A questão relativa a qual seria a principal variável a ser modificada visando maior efeito sobre a receita é respondida diretamente no próprio pacote Relaimpo com os dados apresentados na Tabela 8.

Na primeira coluna da Tabela 8 os coeficientes indicam a importância relativa de cada um, quando apenas um deles é escolhido para modificar a receita. Ou seja, sempre que o produtor de cordeiros deseje aumentar sua receita em sistemas similares aos apresentados, modificando apenas uma característica produtiva, a recomendação é de que a melhor resposta a ser obtida deve ser pelo aumento do peso total de cordeiros desmamados (84%). Em contraste, nas condições utilizadas para a introgressão do gene, natalidade, mortalidade, raças e anos controlados, quando o produtor desejar modificar a contribuição quantitativa da lã, a resposta esperada sobre a receita é baixa mesmo quando apenas essa for a única característica sob seleção (~40%).

Tabela 8. Coeficientes médios de importância relativa para modelos de diferentes tamanhos.

	1X	2X	3X	4X
cdoa	0,757	0,493	0,344	0,314
pcd	0,838	0,706	0,538	0,314
qcom	0,721	0,475	0,362	0,345
pvs	0,405	0,155	0,083	0,088

cdoa, taxa de cordeiros desmamados/ovelha acasalada; **pcd**, peso total dos cordeiros desmamados; **qcom**, peso total das ovelhas comercializadas; **pvs**, peso da lã de velo das ovelhas adultas e borregas.

Já quando o criador está disposto a interferir simultaneamente em duas características, os coeficientes de importância relativa da Tabela 8 indicam a recomendação de incrementar pcd (~71%) e cdoa (~50%). Além disso, ainda merece destaque nessa tabela os coeficientes da quarta coluna (4X) que indicam a importância relativa não estandardizada para as quatro variáveis quando tomadas em conjunto. Nesse caso verifica-se equilíbrio e a maior importância das características associadas à produção de carne. E, ainda, que a relação matemática entre os componentes da receita é perfeitamente coerente com as recomendações básicas para a produção de cordeiros: cuidar os cordeiros que nasceram para serem ofertados ao mercado.

Modelos de regressão lineares são razoavelmente simples de serem compreendidos e empregados na predição de variáveis em função de variáveis categóricas que supostamente afetam a característica em estudo. No presente estudo, a distribuição da variável **receita** é presumivelmente normal (skew = 0,66; kurtosis = -0,59). Nesse contexto, foi examinada a relação linear entre a receita e os fatores genótipo (**BN, NN**), sistema de introdução (**a, c, h**), raça (Corriedale, Texel) e ano (2010 ...2019).

Tabela 9. Coeficientes da regressão entre a receita e os efeitos da presença do gene, o sistema de introdução, a raça e o ano da coleta das informações dos dados de produção.

	Coeficientes	s.d.	P
Constante	7883,9	1017,6	<0,001
Gene NN	-2995,8	399,1	<0,001
Sistema h	-256,5	691,3	NS
Sistema c	1133,2	691,3	NS
Raça Texel	287,0	564,5	NS
Ano 2011	-2586,7	1262,2	<0,05
Ano 2012	-1757,9	1262,2	NS
Ano 2013	-220,0	1262,2	NS
Ano 2014	1714,3	1262,2	NS
Ano 2015	8034,6	1262,2	<0,001
Ano 2016	6807,9	1262,2	<0,001
Ano 2017	9501,2	1262,2	<0,001
Ano 2018	12309,0	1262,2	<0,001
Ano 2019	11098,5	1262,2	<0,001
R2 (ajustado)	-	-	0,77

O modelo é significativo e explica cerca de 80% das relações entre as variáveis consideradas. A regressão reitera a importância da presença do gene Booroola para a obtenção de maiores receitas, independentemente do sistema de introdução empregado e das raças em que foi introduzido no Rio Grande do Sul. As diferenças esperadas entre as raças em função de suas aptidões distintas para produção de carne e lã não foram verificadas nas condições de produção e preço diferenciado para a lã. Isso indica que não há motivo para troca da raça base quando o foco for aprimorar o sistema de produção de carne ovina. De um modo geral, os coeficientes significativos e positivos para os últimos cinco anos avaliados reiteram a importância do maior percentual de ovelhas portadoras nos rebanhos, resultando em maiores receitas. Na Figura 6 é possível visualizar claramente os dois fatores estudados de maior importância na determinação de variações na receita: a presença do gene e o ano. A receita com valores significativamente diferentes entre os genótipos e os anos reitera a importância da prolificidade na produção ovina e a da variação nos preços e na produção sob distintas condições. À semelhança do que foi especulado para o **pcd**, a obtenção de uma receita anual de aproximadamente R\$450,00/ha/ano com sistemas de produção de cordeiros é uma alternativa interessante para regiões de campos de baixa aptidão para a agricultura ou ainda como alternativa de integração lavoura-pecuária, especialmente com lavouras de soja.

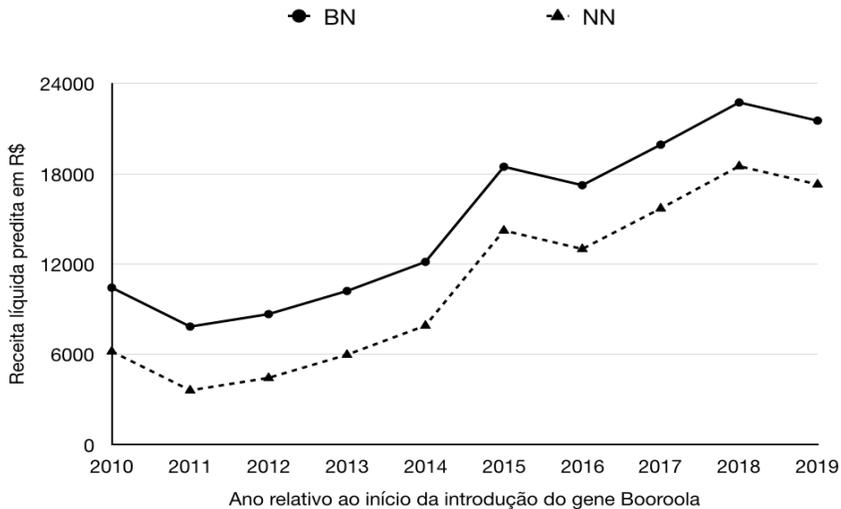


Figura 6. Ilustra os valores preditos das receitas ao longo dos anos considerando a presença (BN) ou não do gene Booroola (NN).

Efetivamente os efeitos significativos de ano decorrem de variações nos preços pagos pelos componentes da receita, mas também de sua interação com o percentual de ovelhas portadoras do gene no rebanho que desmamam mais quilos de cordeiros.

Os valores observados na Figura 6 resultam de um exame mais detalhado das relações não lineares entre as variáveis (Milborrow, 2011). Para tal foram comparadas regressões multivariadas, gerando um algoritmo que indica de forma simples a relação mais complexa que se estabelece entre as variáveis inter-relacionadas. Foram selecionados 11 entre os 14 termos e 7 de 13 preditores, cujos coeficientes e ordenamento em importância estão apresentados na Tabela 10.

Com os coeficientes produzidos por essa análise é possível calcular a receita líquida para cada condição, agora com um coeficiente de determinação de 86% e ainda interações significativas entre os dois principais fatores. No geral a presença do gene Booroola agregou pelo menos R\$1181,50 à receita líquida produzida em 30 ha com uma lotação de 4,4 ovelhas por hectare. Na verdade, esse valor depende do ano relativo à introdução do gene e dos preços das commodities. Assim, a ausência do gene B entre 2017 e 2019, levou a receitas inferiores entre R\$ 5.000,00 e R\$ 7.400,00. No geral as maiores rendas líquidas foram obtidas na presença do gene e a partir do 5º. ano da sua introdução, superando R\$ 600,00/ha/ano.

Tabela 10. Fatores importantes na determinação da receita e sua importância relativa.

	Coeficientes	s.d.
Constante	8390,4	-
Gene NN	-1181,5	5
Ano2011	-3095,0	7
Ano2015	7959,7	4
Ano2016	6420,0	6
Ano2017	9352,1	1
Ano2018	11717,2	2
Ano2019	10859,6	3
NN x Ano2017	-5291,8	-
NN x Ano2018	-5000,3	-
NN x Ano2019	-7400,1	-
R2	-	0,86

Conclusões

As principais conclusões advêm de respostas à seguinte questão: O que aprendemos com o esse exercício e o que podemos transferir de novidade aos criadores de ovinos que desejam aumentar sua produção e rentabilidade?

- 1. A primeira é um pouco óbvia, mas reitera que prolificidade é uma alternativa capaz de promover aumento na produção de carne ovina, tanto de cordeiros quanto de ovelhas e não levou a prejuízos (redução na receita anual) em nenhuma das condições testadas;

- 2. O uso da prolificidade é uma alternativa vinculada a incrementar prioritariamente a produção de carne de qualidade (cordeiros e ovinos jovens) e, secundariamente, carne de ovelhas de descarte;

- 3. A partir do terceiro ano da introdução de um gene principal determinante de prolificidade, os valores crescentes de cordeiros nascidos por ovelha acasalada nos sistemas testados reiteram que essa tecnologia depende de cuidados constantes e continuados nos criatórios, visando minimizar a taxa de mortalidade de cordeiros, para que sejam alcançados maiores percentuais de cordeiros desmamados;

- 4. Na introdução do gene Booroola não foi observada diferença importante e inesperada nos índices de produção entre duas das principais raças criadas no Rio Grande do Sul, Corriedale e Texel;

- 5. Os principais fatores que afetam as variáveis de produção (cdoa, pcd, qcom e pvs) são a presença do gene e o ano em que foi medida a produção;

- 6. O sistema escolhido para a introdução do gene no rebanho foi importante no que se refere a velocidade de introdução do gene que atingiu 100% das ovelhas de cria no oitavo ano, determinando efeitos secundários nas variáveis relativas à produção de carne e na produção quantitativa de lã;

- 7. As análises efetuadas indicam que a produção de lã é pouco influenciada pelo incremento da prolificidade, o que indica que sempre que o produtor estiver interessado em modificar qualitativamente o produto lã, será um evento independente e que pode ser efetivado em paralelo;

- 8. A maior associação entre os componentes da receita é com o pcd e cdoa, principais fatores modificados quando se explora a prolificidade dos ovinos;

- 9. O pcd é a característica mais importante na composição da receita e, quando se buscar aumento da receita, modificando apenas uma característica, essa é a de eleição;

- 10. Nas condições de introdução de genes de prolificidade nas raças Corriedale e Texel quando o produtor visa aumentar a produção quantitativa de lã as respostas são de baixa magnitude;

- 11. Os principais fatores que afetam a receita são a presença do gene e o ano relativo à sua introdução, sendo que as maiores receitas são esperadas de ovelhas portadoras do gene a partir do quinto ano de introdução;

- 12. As maiores receitas líquidas foram observadas em ovelhas portadoras no ano de 2018, no sistema "c", com uma magnitude média de R\$ 720,00/ha/ano. Em contraste as piores receitas foram verificadas em rebanhos de fêmeas sem o gene, no sistema "a", no ano de 2011, com uma magnitude média de R\$60,00/ha/ano. Esses valores indicam a oportunidade de variação em até doze vezes na receita obtida numa mesma unidade de área.

- 13. Esses valores podem servir de modelo para a definição de tamanhos mínimos econômicos de rebanhos e, também podem servir como indicativo da necessidade de formatar alianças entre produtores para o atendimento de números mínimos de produtos oferecidos ao mercado regional.

Referências

- BI, J. A review of statistical methods for determination of relative importance of correlated predictors and identification of drivers of consumer liking. **Journal of Sensory Studies**, v. 27, p. 87-101, 2012.
- EFEITO Booroola: novidades para produção de cordeiros. **Revista do Produtor**, Bagé, ano 2, n. 4, dez. 2008.
- GRÖMPING, U. Relative importance for linear regression in R: the package relaimpo. **Journal of Statistical Software**, v. 17, n. 1, p. 1-27, 2006.
- HICKEY, F. Death and reproductive rates of sheep in relation to flock culling and selection. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 3, n. 2, p. 332-344, 1960.
- KUHN, M. **Caret**: classification and regression training, R package version 6.0-84. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=caret/>. Acesso em: 27 abr. 2019.
- LAMPERT, V. do N.; YOKOO, M. J. I.; AZAMBUJA, R. C. C.; MORAIS, O. R. de; LOBO, R. N. B.; MORAES, J. C. F.; ALVES, R. M.; CARDOSO, F. F. Economic values for production traits of sheep raised on native pastures of the Pampa biome in Brazil. In: ANNUAL MEETING BRAZILIAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 50., 2013, Campinas, **The integration of knowledge in animal production**: abstracts. Campinas: SBZ, 2013. Não paginado, 1 CD-ROM, Resumo 6HFT.
- MILBORROW, S. **Earth**: multivariate adaptive regression splines: derived from mda:mars by T. Hastie and R. Tibshirani. R package version 5.1.2. [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <http://www.milbo.users.sonic.net/earth>. Acesso em: 9 nov. 2019.
- MORAES, J. C. F.; SOUZA, C. J. H. **A introdução e o uso do alelo Booroola na ovinocultura brasileira**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2015. 28 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 140).
- MORAES, J. C. F.; SOUZA, C. J. H. **A prolificidade e a produção ovina**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018. 16 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 160).
- PONZONI, R. W.; FLEET, M. R.; WALKLEY, J. R. W.; WALKER, S. K. A note on the effect of the F gene on wool production and live weight of Booroola x South Australian Merino rams. **Animal Production**, v. 40, p. 367-369, Apr. 1985.
- R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 18 mar. 2019.
- REVELLE, W. **Psych**: procedures for personality and psychological research. Version 1.8.12. Evanston: Northwestern University, 2018. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Acesso em: 12 jan. 2019.

SELAIVE, A. B.; MORAES, J. C. F.; OLIVEIRA, N. R. M.; SILVEIRA, V. C. P. Introdução e avaliação dos efeitos de um gene determinante de prolificidade em ovinos Romney Marsh. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 14, n. 3, p. 215-221, 1990.

SOUZA, C. J. H.; CHAGAS, L. M.; MORAES, J. C. F. The influence of the prolificacy gene Fec B on the reproductive biology of $\frac{3}{4}$ Romney Marsh x $\frac{1}{4}$ Merino Booroola ewes. **Revista Brasileira de Genética**, v. 18, n. 1, p. 121-124, 1995.

SOUZA, C. J. H.; MACDOUGALL, C.; CAMPBELL, B. K.; MCNEILLY, A. S.; BAIRD, D. T. The Booroola (FecB) phenotype is associated with a mutation in the bone morphogenetic receptor type 1 B (BMPR1B) gene. **Journal of Endocrinology**, v. 169, n. 2, p. R1-R6, May 2001.

SOUZA, C. J. H.; MORAES, J. C. F.; CHAGAS, L. M. Effect of the Booroola gene on time of ovulation and ovulatory dynamics. **Animal Reproduction Science**, v. 37, n. 1, p. 7-13, Nov. 1994.

SOUZA, C. J. H.; MORAES, J. C. F. **Como utilizar a genética Booroola**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2010. 4 p. (Embrapa Pecuária Sul. Comunicado técnico, 73).

SOUZA, C. J. H.; MORAES, J. C. F. Influência da mutação booroola sobre o desenvolvimento ponderal de cordeiros em rebanhos comerciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 53., 2007, Águas de Lindóia. **Resumos...** Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Genética, 2007. p. 274.

VIANA, J. G. A.; SOUZA, R. S. Comportamento dos preços dos produtos derivados da ovinocultura no Rio Grande do Sul no período de 1973 a 2005. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 191-199, jan./fev. 2007.

WICKHAM. H. **Ggplot2: elegant graphics for data analysis**. New York: Springer-Verlag, 2016. 260 p.

Embrapa

Pecuária Sul

CGPE: 16066

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL