

A Introdução e o Uso do Alelo Booroola na Ovinocultura Brasileira



ISSN 1982-5390

Abril, 2015

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

Documentos 140

A Introdução e o Uso do Alelo Booroola na Ovinocultura Brasileira

José Carlos Ferrugem Moraes
Carlos José Hoff de Souza

Embrapa Pecuária Sul
Bagé, RS
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pecuária Sul

BR 153, km 633, Caixa Postal 242

96.401-970 - Bagé - RS

Fone/Fax: 55 53 3240-4650

www.embrapa.br/pecuaria-sul

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: Claudia Cristina Gulias Gomes

Secretária-Executiva: Graciela Olivella Oliveira

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

Supervisor editorial: Comitê Local de Publicações

Revisor de texto: Comitê Local de Publicações

Normalização bibliográfica: Graciela Olivella Oliveira

Tratamento de ilustrações: Roberto Cimirro Alves

Editoração eletrônica: Roberto Cimirro Alves

Foto da capa: Manuela Bergamim

1ª edição online

Todos os direitos reservados.

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

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pecuária Sul

Moraes, José Carlos Ferrugem

A introdução e o uso do alelo Booroola na ovinocultura brasileira : [recurso eletrônico] / José Carlos Ferrugem Moraes, Carlos José Hoff de Souza. – Dados eletrônicos. – Bagé : Embrapa Pecuária Sul, 2015.

(Documentos / Embrapa Pecuária Sul, ISSN 1982-5390 ; 140)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web < www.embrapa.br >

Título da página Web (acesso em 30 abr. 2015)

1. Reprodução animal. 2. Ovino. 3. Genética. I. Souza, Carlos José Hoff de. II. Embrapa Pecuária Sul. III. Série.

CDD 636.30821

Autores

José Carlos Ferrugem Moraes

Médico Veterinário, Doutor em
Genética e Biologia Molecular,
pesquisador da Embrapa Pecuária Sul.

Carlos José Hoff de Souza

Médico Veterinário, Doutor (PhD) em
Biologia Reprodutiva, pesquisador da
Embrapa Pesca e Aquicultura.

Agradecimentos

Aos produtores colaboradores: Boris Delabary, Carlos Silveira de Ávila, Claudio Santos Faria, Davi Martins, Elton Hartwig, Flávio Augusto Menezes Echevarria, Francisco Py Crespo Fo., Rodrigo Brasil, Sérgio Fernandes.

Aos colegas da Embrapa Pecuária Sul que colaboraram em alguma etapa dos trabalhos: Arturo Bernardo Selaive-Villaroel, Carlos Miguel Jaume Eggleton, Clara Marineli Silveira Luiz Vaz, Flávio Augusto Menezes Echevarria, Nelson Roberto Manzoni de Oliveira (in memoriam) e Vicente Celestino Pires da Silveira.

Apresentação

A Embrapa Pecuária Sul tem trabalhado historicamente com o objetivo de prover inovações tecnológicas para a cadeia produtiva de ovinos no sul do Brasil. Durante seus quase 40 anos de história, a Unidade, contando com cientistas renomados inclusive internacionalmente neste tema, desenvolveu diversas pesquisas envolvendo o reconhecimento dos sistemas de produção regionais e a formatação de alternativas tecnológicas para aumentar a sua produtividade e sustentabilidade.

Nos últimos anos têm se observado uma série de iniciativas para retomada da ovinocultura, na busca de superar a desestruturação da cadeia produtiva da lã e consequente redução dos rebanhos, decorrente da crise no preço internacional da lã, que teve seu auge nos anos 90. No Rio Grande do Sul, a ênfase atual está fortemente voltada à produção de carne ovina, na qual é fundamental o efetivo populacional e a fertilidade dos rebanhos.

Na busca continuada pelo entendimento dos principais problemas do setor, neste documento técnico da Série de Publicações Embrapa, os pesquisadores José Carlos Ferrugem Moraes e Carlos José Hoff de Souza apresentam o histórico da introdução do alelo Booroola nos rebanhos nacionais, possibilitando a utilização de um gene de efeito maior para aumentar a prolificidade e o número de cordeiros desmamados, bem como os requisitos para consolidação do mercado de reprodutores portadores deste alelo.

A expectativa é que a tecnologia apresentada, uma vez incorporada nos sistemas produtivos conforme preconizada, sirva como alternativa para incrementar a prolificidade das ovelhas de cria, contribuindo para aumentar tanto o efetivo populacional, quanto o desfrute e a produção de carne dos rebanhos ovinos, requisitos fundamentais para a durabilidade da atividade nos Campos Sul-brasileiros.

Fernando Flores Cardoso
Chefe Adjunto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

Sumário

Introdução	07
Introgessão na Raça Romney Marsh — A Primeira Aproximação	08
Os Estudos sobre a Biologia Reprodutiva das Ovelhas Portadoras	11
Introdução e Avaliação em Rebanhos Texel e Corriedale — Utilização Efetiva nos Sistemas de Produção de Carne Ovina	13
Consolidação do Mercado de Reprodutores	20
Conclusão	21
Referências	22
Apêndice	25

A Introdução e o Uso do Alelo Booroola na Ovinocultura Brasileira

José Carlos Ferrugem Moraes
Carlos José Hoff de Souza

Introdução

A criação de ovinos com fins produtivos nos estados do sul do Brasil, desde seu início, foi consentâneo com o valor da terra, com o potencial de nutrição dos animais e com o tipo de exploração. Ou seja, nas terras de baixo valor, onde as ovelhas eram mal nutridas, eram criadas raças de lãs finas, que produziam animais de pequeno porte e carcaça deficiente; já em terras de alto valor, onde as ovelhas eram bem nutridas, o alvo era a criação de raças de lãs grossas e médias, que produziam bons cordeiros (VIEIRA, 1967). Até o final da década de 80 e início dos anos 90, o principal objetivo de produção da ovinocultura do Rio Grande do Sul era a produção de lã, que, com uma cadeia produtiva organizada, proporcionava aos produtores rentabilidade suficiente para o custeio de suas propriedades (NOCCHI, 2001). Nesse contexto, a fertilidade das ovelhas era um componente produtivo secundário, considerando que as ovelhas amamentando um ou dois cordeiros produziam menor quantidade de lã de qualidade inferior.

Estudos sobre a comparação de dados de produção entre raças são altamente criticados pela possibilidade de conterem vieses no delineamento experimental que comprometem os resultados. No entanto, diversos experimentos de longa duração efetuados na Unidade da

Embrapa de Bagé, indicaram menor eficiência reprodutiva das ovelhas Romney Marsh incluídas nesses ensaios experimentais (SELAIVE-VILLAROEL, 1984).

Como uma alternativa para melhorar a característica fertilidade da raça Romney Marsh, foi efetuada pela Unidade da Embrapa de Bagé a importação de carneiros $\frac{1}{2}$ Romney + $\frac{1}{2}$ Merino Australiano, filhos de animais da linhagem prolífica denominada Booroola, originária da Austrália, já em experimentação na Nova Zelândia (ALLISON; KELLY, 1979). A solução imaginada naquela época foi de que, entre as três possíveis alternativas para aumentar a taxa de cordeiros nascidos – seleção intrarracial, cruzamento com raças prolíficas e a introdução de genes principais –, esta última deveria apresentar uma resposta mais rápida na fertilidade, após a solução dos problemas relacionados à identificação dos portadores e à definição de estratégias para a introgressão nas populações potencialmente produtivas (MORAES, 1989).

O objetivo desse documento é o de registrar um pouco da história da introdução do alelo Booroola na ovinocultura brasileira e dos dados de produção, colhidos desde a importação dos três primeiros carneiros $\frac{1}{2}$ Romney Marsh + $\frac{1}{2}$ Merino Australiano da linhagem Booroola, por interferência do pesquisador Arturo Bernardo Selaive-Villaroel, em 1980, até a introdução do gene em rebanhos comerciais das raças Texel e Corriedale, no Rio Grande do Sul, a partir do ano de 2003 (SOUZA et al., 2006a).

Introgressão na Raça Romney Marsh – A Primeira Aproximação

Durante os anos de 1981 e 1982, três carneiros $\frac{1}{2}$ Romney + $\frac{1}{2}$ Merino, originários da Haldon Station (Nova Zelândia) foram acasalados com ovelhas Romney Marsh puras, pertencentes à Unidade da Embrapa de Bagé, para a produção do rebanho cruza no qual foram avaliados os

indicadores de produção. A Figura 1 apresenta, em "a", o crescimento da população controlada na Unidade de Pesquisa, que evoluiu de 7 ovelhas, em 1983, para 91 em 1990. A proporção de portadoras do alelo Booroola, filhas das ovelhas Romney Marsh, e borregas, filhas de ovelhas $\frac{3}{4}$ Romney + $\frac{1}{4}$ Merino, classificadas pela sua taxa de ovulação antes do acasalamento, por laparoscopia, está apresentada em "b", na Figura 1, e corresponde aos animais que contribuíram para a geração dos dados apresentados na Tabela 1 e na Tabela I do Apêndice. Esse conjunto de animais difere do empregado para a identificação de portadoras da mutação (MORAES et al., 1991), que incluía as ovelhas Romney Marsh do rebanho base. Entre 1983 e 1986, apenas foram colhidos os dados das fêmeas classificadas como heterozigotas para o alelo Booroola (BN). A inclusão de ovelhas não portadoras para controle foi estabilizada em torno de 50% de cada genótipo nos anos de 1989 e 1990. Essas proporções não refletem mudanças anuais na produtividade dos rebanhos pela introdução da mutação, mas a busca da formação de um rebanho adequado para a implementação de estudos sobre a fisiologia da reprodução que foram desenvolvidos entre 1990 e 1993.

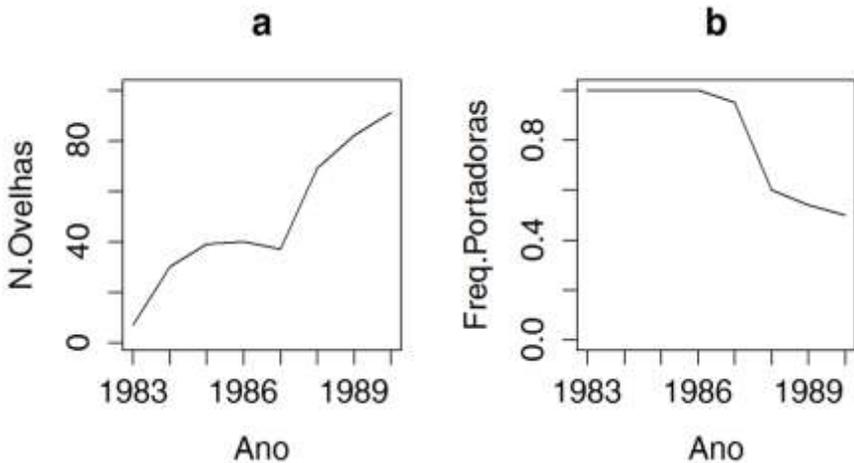


Figura 1. Apresenta em "a" o número de ovelhas em manutenção na Embrapa de Bagé/ RS entre 1983 e 1990, em "b" a proporção de portadoras do alelo Booroola classificadas pela taxa de ovulação.

De maneira semelhante ao que já tinha sido constatado na Nova Zelândia, independentemente das condições de criação, a introdução do alelo Booroola no rebanho Romney Marsh da Unidade Experimental da Embrapa de Bagé proporcionou a duplicação do percentual de cordeiros nascidos das ovelhas classificadas como heterozigotas, em comparação com as não portadoras do alelo na mesma composição racial. No entanto, os demais indicadores apresentados, na Tabela 1, culminaram com a não recomendação do uso da mutação nos rebanhos de produção naquela época, apenas a continuidade dos estudos quanto à biologia reprodutiva, uma vez que a taxa de mortalidade de cordeiros nascidos das heterozigotas foi, aproximadamente, o triplo da observada nas ovelhas de genótipo selvagem (NN), as quais geravam cordeiros com maior peso ao nascer e aos 100 dias de vida.

Tabela 1. Dados de produção de cordeiros, colhidos nas ovelhas $\frac{3}{4}$ Romney Marsh + $\frac{1}{4}$ Merino entre os anos de 1983 e 1990 com genótipo estimado por taxa de ovulação.

Genótipo Materno	Cordeiros nascidos ¹	Cordeiros mortos ¹	Peso cordeiro ao nascer ²	Peso cordeiro 100d ²
BN	1,41 ± 0,07	0,58 ± 0,06	2,84 ± 0,05	13,84 ± 0,45
NN	0,70 ± 0,06	0,21 ± 0,05	3,28 ± 0,09	15,56 ± 0,74

¹ número médio de cordeiros nascidos por parto ± erro padrão

² peso médio (kg) dos cordeiros vivos ao parto e ao desmame ajustado para 100 dias pós-parto ± erro padrão

Foram investigados os possíveis efeitos dos fatores genótipo da mãe, sexo do cordeiro e o ano do parto. Na Tabela I do Apêndice, é apresentado um resumo da ANOVA efetuada contendo a significância do F calculado para cada uma das variáveis. No geral, fica evidente a importância do genótipo materno na produtividade das ovelhas, e que o fator chave é a alta mortalidade dos cordeiros filhos das ovelhas BN, uma vez que os cordeiros dessas ovelhas, aos 100 dias de vida, embora mais leves, podem ser submetidos a sistemas mais eficientes de alimentação e contribuir para uma maior produção de carne ovina.

Ainda quanto a diferenças significantes no peso dos cordeiros aos 100d, os machos foram mais pesados do que as fêmeas, respectivamente, $15,55 \pm 4,67$ e $13,52 \pm 3,89$ quilos. A variação entre anos de acompanhamento, também significativa, oscilou entre $9,4 \pm 3,1$, em 1985, até $16,6 \pm 3,7$ kg em 1989.

Esses resultados corroboram as comparações entre as taxas de cordeiro nascido/ovelha acasalada, cordeiro morto/cordeiro nascido e o peso total de cordeiros desmamados/ovelha acasalada, efetuadas entre ovelhas NN e BN $\frac{3}{4}$ Romney + $\frac{1}{4}$ Merino e NN Romney Marsh nos anos de 1983 e 1986, as quais evidenciaram que o uso da mutação embora promovesse maior taxa de cordeiros nascidos e peso de cordeiros desmamados, os gastos energéticos referentes à mortalidade de cordeiros requeriam maiores estudos referentes à biologia reprodutiva, notadamente aqueles relativos à fertilização e mortalidade "in utero" (SELAIVE-VILLAROEL et al., 1990).

Os Estudos sobre a Biologia Reprodutiva das Ovelhas Portadoras

A disponibilidade do rebanho experimental de ovelhas BN e NN, acasaladas com carneiros BN, qualificados pela avaliação de sua progênie, fornecia o modelo ideal para a implementação de ensaios sobre a biologia reprodutiva da mutação introduzida numa população de ovelhas Romney Marsh de baixa eficiência reprodutiva criadas em condições de campo natural na região da Campanha do Rio Grande do Sul.

O início da década de 90 foi um período de íntima colaboração entre o então Centro Nacional de Pesquisa de Ovinos (atual Centro de Pesquisa de Pecuária dos Campos Sul-Brasileiros – Embrapa Pecuária Sul) e a Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, principalmente através do professor Dr. Antonio Mies Filho, que viabilizou uma efetiva incorporação de estudantes na força de trabalho da Embrapa. Durante esse período, foi desenvolvido um critério de sete

classes para a classificação dos ovários ovinos examinados via laparoscopia. Foi investigado o efeito da gonadotrofina coriônica humana na indução da ovulação, tendo sido verificado que esse hormônio, embora induza ovulações durante o anestro estacional, estas não são acompanhadas de manifestação de estro e não são ovulações férteis; entretanto, têm uso potencial na identificação de ovelhas portadoras da mutação Booroola (CHAGAS, 1992). Em paralelo, foi estudada a dinâmica da ovulação e a biologia do ciclo estral nas ovelhas $\frac{3}{4}$ Romney Marsh + $\frac{1}{4}$ Merino portadoras ou não do gene principal Booroola determinante de prolificidade (SOUZA, 1993).

A investigação do número e do momento das ovulações, tanto durante o anestro quanto na estação reprodutiva das ovelhas $\frac{3}{4}$ Romney Marsh + $\frac{1}{4}$ Merino portadoras ou não do gene Booroola, demonstrou ampla variabilidade na distribuição da incidência das ovulações e semelhança entre genótipos nas duas épocas do ano. Apenas a taxa de ovulação foi superior nas portadoras como esperado (SOUZA et al., 1994; SOUZA; MORAES, 1993). Adicionalmente, foram estudados os possíveis efeitos da mutação Booroola no ciclo estral de ovelhas portadoras e não portadoras, revelando que não havia diferença entre os dois genótipos quanto à manifestação de estro, comprimento do ciclo estral e incidência de cios anovulatórios (SOUZA et al., 1995).

O rebanho com ovelhas BN e NN com a mesma composição racial permitiu também a efetivação dos primeiros estudos locais referentes à investigação da variabilidade genética. Foram testados 22 sistemas proteicos, tendo sido observados 13 polimórficos, viabilizando sua utilização para a confirmação de parentesco (HENKES et al., 1994b). Adicionalmente, foi observada uma associação do gene Booroola com a enzima málica nesta população, caracterizada por um excesso de animais BN com o genótipo ME FS (HENKES et al., 1994a).

A confirmação de que a mutação num único nucleotídeo no gene BMPR1B, determinante da maior taxa de ovulação, nas ovelhas BN e BB cruzas Scottish Blackface e Merino, não era original desse grupo racial, foi efetuada pela genotipagem de ovelhas NN, BN e BB do rebanho $\frac{3}{4}$

Romney Marsh + $\frac{1}{4}$ Merino da Embrapa Pecuária Sul (SOUZA et al., 2001). Neste contexto, de forma indireta, o rebanho brasileiro de ovelhas Booroola contribuiu na demonstração da causalidade da mutação responsável pelo fenótipo Booroola, investigado desde 1958 pelo CSIRO da Austrália, que recebeu alguns animais doados pelos irmãos Seears que foram os primeiros a identificar e a formar a linhagem Booroola (TURNER, 1982).

Introdução e Avaliação em Rebanhos Texel e Corriedale – Utilização Efetiva nos Sistemas de Produção de Carne Ovina

No início deste século, teve início um movimento de retomada na ovinocultura no Rio Grande do Sul, agora com ênfase na produção de carne ovina. Essa retomada da ovinocultura gaúcha depende também de um incremento do efetivo populacional. Com esse objetivo, a fertilidade dos rebanhos deve ultrapassar 100% e a mortalidade de cordeiros deve ser inferior a 10%. Nesse novo contexto, a fertilidade, o número de cordeiros nascidos e o número de cordeiros desmamados tornam-se as características de maior importância econômica, justificando então a utilização de genes principais como uma estratégia para aumentar a produtividade de rebanhos cada vez menores, em razão da competição com outras culturas vegetais que remuneram melhor por unidade de área.

Em 2003, a Embrapa Pecuária Sul iniciou um programa de introgressão assistida da mutação Booroola em rebanhos comerciais das raças Texel e Corriedale, com auxílio do CNPq e de criadores da região. Um fator importante para o sucesso desse programa foi a investigação da questão relativa à possibilidade de incrementar a produção, via maiores cuidados com os animais, agora criados em rebanhos menores. A hipótese testada em termos produtivos foi de que seria possível desmamar 100 cordeiros de 70 ovelhas, na mesma área e nas mesmas condições em que eram mantidas 100 ovelhas adultas, que geralmente desmamavam menos de 70 cordeiros.

Durante o período de implementação dos projetos de pesquisa, financiados inicialmente pelo CNPq, e posteriormente pela Embrapa, foram repassados, a nove produtores, carneiros BN e BB de linhagens estabelecidas por cruzamento com as raças Texel e Corriedale, a partir de indivíduos oriundos da população original $\frac{3}{4}$ Romney Marsh + $\frac{1}{4}$ Merino. Na Tabela 2, é apresentada a distribuição temporal e espacial das propriedades que colaboraram para a investigação da viabilidade da introdução do gene principal relacionado à prolificidade como uma alternativa para incrementar a produtividade. No total, foram genotipados 2891 cordeiros nos rebanhos colaboradores, sendo 1193 da raça Corriedale e 1698 da raça Texel. As propriedades participaram com um número variável de ovelhas a cada ano, demonstrando interesses distintos, conforme os objetivos de produção de cada sistema de produção. Três dos nove participantes da fase inicial do programa descontinuaram sua participação, notadamente por problemas de infraestrutura para cuidados com os recém-nascidos ao enfrentar alta taxa de mortalidade decorrente do menor peso ao nascer e viabilidade dos cordeiros nascidos de partos múltiplos.

Tabela 2. Lista da localização e período de participação das propriedades colaboradoras durante a introdução do alelo Booroola nas raças Texel e Corriedale em rebanhos do Rio Grande do Sul.

Propriedade	Município	Ano início	Ano fim	Raça	Nº cordeiros genotipados
A	Hulha Negra	2005	2007	Texel	178
B	Lavras do Sul	2006	2008	Texel	160
C	Bagé	2008	2009	Corriedale	72
D	Pedras Altas	2005	2010	Corriedale	953
E	Pedras Altas	2006	2007	Corriedale	131
F	Santana do Livramento	2003	2010	Texel	603
G	Jaguarão	2006	2010	Texel	696
H	Pedras Altas	2006	2007	Texel	61
I	Pedras Altas	2006	2006	Corriedale	37

Com a finalidade de exemplificar o desempenho nas duas raças, foram analisados cinco anos dos dados de reprodução e produção colhidos nas propriedades D e G, respectivamente das raças Corriedale e Texel.

Foi medida a taxa de cordeiros nascidos por parto, a taxa de cordeiros mortos, o peso ao nascer, o peso ajustado a 100 dias de vida e o ganho médio de peso entre as duas pesagens. Sobre as duas variáveis indicativas da eficiência reprodutiva, foram investigados os efeitos do genótipo materno, do sexo do cordeiro, do ano do parto e suas interações. Já para os indicadores de peso corporal dos cordeiros, foram considerados os efeitos simples do genótipo materno, sexo do cordeiro, ano do parto, tipo do parto e genótipo do cordeiro.

O percentual de cordeiros nascidos por parto foi maior nas ovelhas BN, sendo, respectivamente, 83% e 28% superior, quando o gene foi introduzido na raça Texel e na Corriedale. Secundariamente, pode ser observado algum efeito significativo relativo ao ano do parto, aleatório ou relacionado à proporção de ovelhas portadoras do gene em cada propriedade. A taxa de cordeiros mortos por parto também foi superior nas ovelhas BN, coerente com uma maior mortalidade de cordeiros associada à maior taxa de natalidade e menor peso ao nascer dos gêmeos. Aqui é fundamental que se destaque o efeito importante da adoção das práticas recomendadas de cuidado com os recém-nascidos, que viabilizaram uma taxa de mortalidade de 18% no rebanho Texel, e de apenas 7% no Corriedale (SOUZA et al., 2006b, 2007).

As Tabelas II, III, IV e V do Apêndice apresentam as médias e os resumos das análises de variância para as variáveis cordeiros nascidos e mortos por parto nos rebanhos Texel e Corriedale.

Os cordeiros filhos de mães BN e que carregam o alelo Booroola têm menor peso ao nascer, aos 100 dias e menor ganho médio de peso nas duas propriedades investigadas. Esses dados reiteram o que foi observado no rebanho experimental e em outros locais e planos de nutrição. Entretanto, o número superior de cordeiros produzidos

certamente compensa o desvio de – 6kg e – 4 kg, respectivamente, no peso aos 100 dias de cordeiros Texel e Corriedale.

As Tabelas VI, VII, VIII e IX do Apêndice apresentam as médias e os resumos das análises de variância para as variáveis peso dos cordeiros ao nascer, peso ajustado dos cordeiros aos 100 dias de idade e o ganho médio de peso. Esse último foi calculado a partir das pesagens ao nascimento e pesagens ainda durante a lactação entre 118 e 172 dias de vida dos cordeiros nos rebanhos Texel e Corriedale.

O efeito relacionado ao tipo do parto, que considera o número de cordeiros nascidos e sobreviventes, foi altamente significativo reiterando também o esperado: cordeiros desmamados de partos simples são mais pesados ao nascer, aos 100 dias de vida, e têm maiores ganhos de peso. Nas Tabelas 3 e 4 são apresentadas as médias de peso ao nascer, aos 100 dias, o ganho médio diário no período e o peso ajustado ao desmame aos 120 dias. De um modo geral, os dados indicam que, nos partos gemelares, os cordeiros nascem menores e têm menor velocidade de ganho de peso, mas o número de quilos de cordeiros desmamados é superior, entre 40 e 75%, por ovelha parida, sempre que sobrevive mais de um cordeiro. Entretanto, os menores ganhos de peso, nesses casos, podem ser compensados por sistemas de criação diferenciados que devem ser estudados futuramente na Embrapa Pecuária Sul.

Os resultados médios colhidos nas duas propriedades demonstram que a hipótese teórica formulada pode ser aceita. Na Figura 2, pode ser observado, em “a”, o incremento na ordem de 46% na taxa geral de cordeiros nascidos; em “b”, um pequeno aumento na taxa de mortalidade da ordem de 3%; e em “c”, um desvio positivo do primeiro para o quinto ano após o início da introdução do alelo Booroola na ordem de 43%.

Tabela 3. Dados de peso em kg de cordeiros em função do tipo de parto de ovelhas Texel segregando o alelo Booroola.

Tipo de parto ¹	Peso cordeiro ao nascer	Peso cordeiro 100d	Ganho médio de peso	Peso cordeiros desmamados por ovelha ²
10	3,82 ± 0,20	-	-	-
11	4,41 ± 0,04	24,95 ± 0,35	0,250 ± 0,01	34
20	1,73 ± 0,82	-	-	-
21	2,81 ± 0,12	21,25 ± 1,19	0,210 ± 0,01	28
22	3,42 ± 0,07	17,02 ± 0,42	0,170 ± 0,01	48
31	2,07 ± 0,08	18,02 ± 0,01	0,180 ± -	24
32	2,37 ± 0,25	18,11 ± 1,98	0,180 ± 0,02	48
33	3,41 ± 0,15	14,80 ± 2,46	0,150 ± 0,02	64
4-	2,17 ± 0,58	12,26 ± 0,80	0,120 ± 0,01	-

¹ 10 (um e zero), representam respectivamente o número de cordeiros nascidos e de cordeiros sobreviventes

² representa o peso ajustado aos 120 dias dos cordeiros vivos ao desmame

Tabela 4. Dados de peso em kg de cordeiros em função do tipo de parto de ovelhas Corriedale segregando o alelo Booroola.

Tipo de parto ¹	Peso cordeiro ao nascer	Peso cordeiro 100d	Ganho médio de peso	Peso cordeiros desmamados por ovelha ²
10	4,16 ± 0,36	-	-	-
11	3,75 ± 0,06	20,7 ± 30,50	0,210 ± 0,01	29
20	2,00 ± 0,01	-	-	-
21	3,38 ± 0,15	23,36 ± 1,71	0,230 ± 0,02	30
22	3,37 ± 0,16	18,59 ± 0,51	0,190 ± 0,01	52
32	3,04 ± 0,23	15,31 ± 2,19	0,150 ± 0,02	42
33	2,70 ± 0,12	15,75 ± 1,56	0,160 ± 0,02	65
4-	2,67 ± 0,36	19,80 ± 5,26	0,200 ± 0,05	-

¹ 10 (um e zero), representam respectivamente o número de cordeiros nascidos e de cordeiros sobreviventes

² representa o peso ajustado aos 120 dias dos cordeiros vivos ao desmame

Esses resultados indicam que efetivamente os cuidados com os recém-nascidos se constituem no pilar central do uso dessa estratégia para incremento da produção de carne ovina, e, que esses esforços não podem ser descuidados depois da introdução do alelo no rebanho, sob pena de serem novamente constatadas altas taxas de mortalidade de cordeiros. Adicionalmente, no exemplo ilustrado na Figura 2, fica evidente que a taxa de cordeiros desmamados, nas duas propriedades, no primeiro ano de introdução do alelo Booroola, já eram superiores a 100%, o que reitera o fato de que essa alternativa deve ser empregada apenas em sistemas de produção eficientes.

O outro aspecto interessante observado nos dados colhidos nessas duas propriedades é que os produtores buscaram atingir uma proporção em torno de 40-50% de fêmeas BN, levando a uma estabilização na frequência do alelo B, em torno de 20%, já no quinto ano. Essa estratégia viabiliza também a produção de machos homocigotos que são demandados no mercado de reprodutores para programas de cruzamento orientado e com controle de genealogias. A modificação na frequência de fêmeas portadoras e do gene no período de cinco anos estão ilustradas na Figura 3.

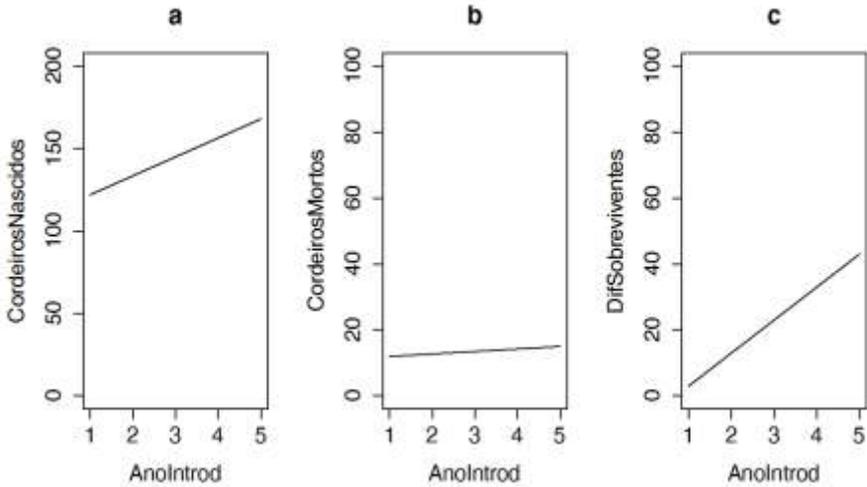


Figura 2. Apresenta em “a” a variação na taxa de cordeiros nascidos entre o ano da introdução do alelo Booroola e o quinto ano; em “b” a variação na taxa de mortalidade de cordeiros; e, em “c” o incremento na taxa de cordeiros sobreviventes para desfrute entre o ano da introdução do alelo Booroola e o quinto ano após o início do programa para aumento da prolificidade.

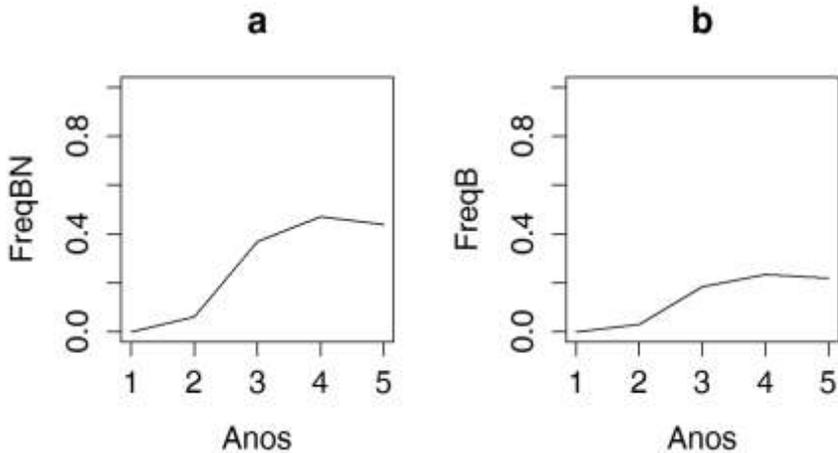


Figura 3. Apresenta em “a” a proporção de ovelhas BN em reprodução nas duas propriedades avaliadas; e, em “b” a frequência do alelo Booroola nas populações entre o ano da introdução do alelo Booroola e o quinto ano após o início do programa para aumento da prolificidade.

Consolidação do Mercado de Reprodutores

A estratégia mais simples para a difusão da mutação é a introdução de carneiros com a mutação em rebanhos de produtores que desejam incrementar sua produtividade, mas que já apresentam taxas de desmame de, pelo menos, 90% de cordeiros desmamados por ovelha acasalada. Um estudo sobre a avaliação dos impactos dessa tecnologia, transferida pela Embrapa Pecuária Sul desde 2008, verificou que seu uso promoveu aumento na renda, no nível de capacitação e na dedicação das pessoas envolvidas no processo (SANTOS; BEM E CANTO, 2010).

São esperados, pelo menos, dois tipos de produtores usando o gene Booroola na produção de carne ovina via maior prolificidade (SOUZA; MORAES, 2010). O primeiro é o que visa apenas aumentar o número de cordeiros produzidos. O procedimento, para esse grupo, é simples, e se resume na introdução do gene no rebanho por intermédio de um carneiro portador heterozigoto ou homozigoto para a mutação. As filhas desse carneiro são acasaladas com carneiros não portadores da mutação. Dessa forma, esses produtores incorporam aumento de prolificidade nos seus rebanhos sem a necessidade de identificação individual de animais e de portadores da mutação. Esses criadores adquirem os carneiros portadores da mutação ofertados no mercado com ampla variabilidade em suas características zootécnicas. O segundo tipo de produtores tem como objetivo a comercialização de carneiros e/ou ovelhas portadoras do gene, como uma alternativa para agregação de valor aos cordeiros produzidos. Nesse caso, o produtor deve identificar as ovelhas portadoras do gene e empregar simultaneamente carneiros portadores e não portadores da mutação, visando à manutenção da mutação, bem como da variabilidade e seleção de características produtivas na raça em exploração.

A manutenção da mutação pode facilmente ser obtida pelo uso de machos portadores do gene, seja sobre o rebanho base, seja sobre as filhas de carneiros portadores. Já a manutenção da variabilidade e

seleção por características produtivas na raça empregada deve ser feita via retro-cruzamento com carneiros selecionados com fenótipo desejável, não portadores da mutação Booroola, dependendo, portanto, de recursos de genotipagem para a identificação dos portadores. Nesse contexto, é fundamental a formação de rebanhos puros por cruzamento (RGB) contendo a mutação Booroola. Esse procedimento atende ao regulamento do Serviço de Registro Genealógico dos Ovinos (SRGO) da ARCO referente ao controle de gerações de cruzamento do Capítulo VIII do Regulamento do SRGO (REGULAMENTO..., 2014).

Uma efetiva consolidação do mercado de reprodutores requer suporte para a genotipagem de animais dos produtores que comercializam reprodutores portadores do alelo Booroola. Sob esse aspecto, a Embrapa Pecuária Sul vem colaborando tanto nas tarefas laboratoriais, para o atendimento da demanda, quanto na articulação dos produtores e demais componentes da cadeia produtiva de ovinos que podem contribuir para o sucesso do programa. Nesse contexto, duas reuniões oficiais promoveram alguma organização, aliadas ao contínuo atendimento dos interessados, juntamente com a disponibilização de um portfólio com as instruções básicas para o uso da tecnologia.

Conclusão

O presente documento registra a saga do alelo Booroola como uma alternativa para incrementar a prolificidade das ovelhas com foco na produção de carne, descrevendo como foi introduzido, avaliado, disponibilizado e transferido ao sistema produtivo. O uso efetivo pelos produtores vai depender do entendimento e controle dos problemas decorrentes nas propriedades; entretanto, é um caminho sem volta, considerando que o gene, originalmente apenas identificado em algumas populações peculiares de ovinos, hoje está presente em diversos rebanhos no sul do Brasil e até em rebanhos deslançados no centro do País.

Referências

ALLISON, A. J.; KELLY, R. W. Effects of differential nutrition on the incidence of oestrus and ovulation rate in Booroola x Romney and Romney ewes. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, Wellington, v. 39, p. 43-49, 1979.

CHAGAS, L. M. **Indução da ovulação com gonadotrofina coriônica humana (HCG) em ovelhas fora da estação reprodutiva**. 1992. 51 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

HENKES, L. E.; WEIMER, T. A.; MORAES, J. C. F. Biochemical polymorphisms in sheep and their potential use for paternity tests. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 579-582, set./dez. 1994a.

HENKES, L. E.; WEIMER, T. A.; MORAES, J. C. F. Genetic markers and the fertility gene (Fec^B) in a ¾ Romney Marsh x ¼ Merino Booroola flock. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 55-59, June 1994b.

MORAES, J. C. F. Melhoramento da eficiência reprodutiva em ovinos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 8, 1989, Belo Horizonte. **Palestras...** Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução animal, 1989. p. 228-235.

MORAES, J. C. F.; OLIVEIRA, N. R. M.; SELAIVE-VILLARROEL, A. B. Evaluation of three criteria used to identify F-gene carriers in a Romney x Merino Booroola sheep flock in South Brazil. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 4, p. 983-989, 1991.

NOCCHI, E. del G. **Os efeitos da crise da lã no mercado internacional e os impactos sócio-econômicos no município de Santana do Livramento – RS – Brasil**. 2001. 87 f. Dissertação (Mestrado em Integração e Cooperação Internacional) - Universidad Nacional de Rosario, Centro de Estudios en Relaciones Internacionales de Rosario, Argentina, Rosario.

REGULAMENTO do Registro Genealógico de Ovinos no Brasil. 36 p. [Bagé]: ARCO, 2014. Disponível em:
<<http://www.arcoovinos.com.br/sitenew/ferramenta/imagens/documentos/6.pdf>>.
Acesso em: 20 out. 2014

SANTOS, J. L. S'A. dos; BEM E CANTO, V. M. de A. de. **Avaliação dos impactos da tecnologia:** introdução assistida do gene Booroola em rebanhos ovinos. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2010. 35 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 105).

SELAIVE-VILLARROEL, A. B. **Considerações básicas em uma criação de ovinos.** Bagé: EMBRAPA-UEPAE de Bagé, 1984. 32 p. il. (EMBRAPA-UEPAE de Bagé. Circular técnica, 3).

SELAIVE-VILLARROEL, 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**, Belo Horizonte, v. 14, p. 215-221, 1990.

SOUZA, C. J. H. de; 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. de; MORAES, J. C. F.; BENAVIDES, M. V. **Cuidados com cordeiros hipotérmicos.** Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2007. 6 p. (Embrapa Pecuária Sul. Circular técnica, 33).

SOUZA, C. J. H. de; MORAES, J. C. F.; JAUME, C. M. **Cuidados com as ovelhas durante a parição e com os cordeiros recém-nascidos.** Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2006a. 4 p. (Embrapa Pecuária Sul. Comunicado técnico, 59).

SOUZA, C. J. H. **Dinâmica da ovulação em ovelhas $\frac{3}{4}$ Romney Marsh x $\frac{1}{4}$ Merino Booroola portadoras ou não de um gene principal determinante de prolificidade.** 1993. 49 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

SOUZA, C. J. H.; JAUME, C. M.; MORAES, J. C. F. Introdução da mutação Booroola em rebanhos comerciais e avaliação ponderal dos cordeiros (resultados preliminares). In: JORNADAS URUGUAYAS DE BUIATRÍA, 34. 2006, Paysandu. **Trabajos presentados...** Paysandu: Centro Médico Veterinário, 2006b. p. 182-183.

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**, Bristol, v. 169, n. 2, R1-R6, May 2001.

SOUZA, C. J. H.; MORAES, J. C. F. Biologia reprodutiva da linhagem Merino Booroola: Um modelo experimental para estudos relativos a ovulação dos ovinos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 391-398, dez. 1993.

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**, Amsterdam, v. 37, n. 1, p. 7-13, Nov. 1994.

SOUZA, C. J. H.; MORAES, J. C. F.; CHAGAS, L. M. 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**, Ribeirão Preto, v. 18, n. 1, p. 121-124, mar. 1995.

TURNER, H. N. Origins of the CSIRO Booroola. In: WORKSHOP THE BOORoola MERINO, 1980, Armidale, Australia. **Proceedings...** Armidale: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1982. p. 1-8. Ed. Piper, L. R.; Bindon, B. M.; Nethery, R. D.

VIEIRA, G. V. N. **Criação de ovinos**. 3. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1967. 480 p.

Apêndice

Dados de desempenho reprodutivo e de produção colhidos durante a introdução do alelo Booroola nos rebanhos do Rio Grande do Sul

Tabela I. Resumo da análise de variância nos dados de produção de cordeiros do rebanho $\frac{3}{4}$ Romney Marsh + $\frac{1}{4}$ Merino segregando o alelo Booroola.

Fonte de variação	Cordeiros nascidos	Cordeiros mortos	Peso cordeiro ao nascer	Peso cordeiro 100d
Genótipo materno	***	***	***	*
Sexo cordeiro	NS	NS	.	*
Ano parto	NS	NS	NS	**

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; . P<0,10; NS P>0,10.

Tabela II. Dados do desempenho reprodutivo nas ovelhas Texel em função de seu genótipo para o alelo Booroola.

Genótipo materno	Cordeiros nascidos ¹	Cordeiros mortos ¹
BN	2,04 ± 0,05	0,34 ± 0,04
NN	1,21 ± 0,02	0,15 ± 0,02

¹ número médio de cordeiros nascidos por parto ± erro padrão

Tabela III. Resumo da análise de variância do desempenho reprodutivo do rebanho Texel segregando o alelo Booroola.

Fonte de variação	Cordeiros nascidos	Cordeiros mortos
Genótipo materno	***	***
Sexo cordeiro	NS	***
Ano parto	NS	*
GenMat*Sexo	.	**
GenMat*Ano	*	*
Sexo*Ano	NS	NS
GenMat*Sexo*Ano	NS	NS

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; . P<0,10; NS P>0,10.

Tabela IV. Dados do desempenho reprodutivo nas ovelhas Corriedale em função de seu genótipo para o alelo Booroola.

Genótipo materno	Cordeiros nascidos ¹	Cordeiros mortos ¹
BN	1,82 ± 0,05	0,12 ± 0,03
NN	1,54 ± 0,03	0,05 ± 0,01

¹ número médio de cordeiros nascidos por parto ± erro padrão

Tabela V. Resumo da análise de variância do desempenho reprodutivo do rebanho Corriedale segregando o alelo Booroola.

Fonte de variação	Cordeiros nascidos	Cordeiros mortos
Genótipo materno	***	**
Sexo cordeiro	NS	NS
Ano parto	***	NS
GenMat*Sexo	NS	NS
GenMat*Ano	.	***
Sexo*Ano	NS	NS
GenMat*Sexo*Ano	NS	NS

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; . P<0,10; NS P>0,10.

Tabela VI. Dados do desempenho produtivo das ovelhas Texel em função de seu genótipo para o alelo Booroola e do genótipo de suas progênie.

Genótipo	Peso cordeiro ao nascer ¹	Peso cordeiro 100d ¹	Ganho médio de peso
Materno			
BN	3,28 ± 0,08	17,69 ± 0,47	0,180 ± 0,01
NN	4,14 ± 0,04	24,01 ± 0,35	0,240 ± 0,01
Progênie			
BB	2,96 ± 0,16	16,19 ± 1,40	0,160 ± 0,01
BN	4,01 ± 0,05	22,37 ± 0,40	0,220 ± 0,01
NN	4,09 ± 0,07	22,98 ± 0,48	0,230 ± 0,01

¹ peso médio em kg dos cordeiros vivos ao parto e ao desmame ajustado para 100 dias pós-parto ± erro padrão

Tabela VII. Resumo da análise de variância do desempenho produtivo do rebanho Texel segregando o alelo Booroola.

Fonte de variação	Peso cordeiro ao nascer	Peso cordeiro 100d	Ganho médio peso
Genótipo materno	***	***	***
Sexo cordeiro	NS	**	***
Ano parto	NS	*	*
Tipo de parto	***	***	***
Genótipo cordeiro	***	**	**

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; . P<0,10; NS P>0,10.

Tabela VIII. Dados do desempenho produtivo das ovelhas Corriedale em função de seu genótipo para o alelo Booroola e do genótipo de suas progênie.

Genótipo	Peso cordeiro ao nascer ¹	Peso cordeiro 100d ¹	Ganho médio de peso
Materno			
BN	3,04 ± 0,06	16,95 ± 0,62	0,170 ± 0,01
NN	3,71 ± 0,04	20,62 ± 0,42	0,210 ± 0,01
Progênie			
BB	2,71 ± 0,28	12,18 ± 2,07	0,120 ± 0,02
BN	3,66 ± 0,05	19,46 ± 0,48	0,190 ± 0,01
NN	3,34 ± 0,06	19,37 ± 0,70	0,190 ± 0,01

¹ peso médio em kg dos cordeiros vivos ao parto e ao desmame ajustado para 100 dias pós-parto ± erro padrão

Tabela IX. Resumo da análise de variância do desempenho produtivo do rebanho Corriedale segregando o alelo Booroola.

Fonte de variação	Peso cordeiro ao nascer	Peso cordeiro 100d	Ganho médio peso
Genótipo materno	***	***	***
Sexo cordeiro	NS	***	***
Ano parto	***	***	***
Tipo de parto	***	**	*
Genótipo cordeiro	NS	***	***

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; . P<0,10; NS P>0,10.

Embrapa

Pecuária Sul

CGPE 11530

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA