Instituto Nacional de
Investigação Agrária e Veterinária, I.P.

RAÇA CAPRINA SERPENTINA - CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA POR ANÁLISE DEMOGRÁFICA - 2024

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.
Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Biotecnologia e Recursos Genéticos
Estação Zootecnica Nacional

2024

Raça caprina Serpentina – Caracterização genética por análise demográfica - 2024

Nuno Carolino, Andreia Vitorino, Inês Carolino e Fátima Santos-Silva

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.
Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Biotecnologia e Recursos Genéticos
Estação Zootécnica Nacional – Fonte Boa
2005-048 Vale de Santarém
PORTUGAL

Tel: (+351) 243767313 Telm:(+351) 963092508 Fax: (+351) 243767307
nuno.carolino@iniav.pt http://www.iniav.pt/

António Cachatra, Paulo Carreira e Helena Babo

Associação Portuguesa de Caprinicultores da Raça Serpentina
Rua Diana de Liz, Horta do Bispo, Ap. 194
7002-503 Évora, Portugal
PORTUGAL

Tel: (+351) 266 746 220
Associacao.serpentina@gmail.com http://www.cabraserpentina.pt/

Manuel Silveira
Ruralbit, Lda
Av. Dr. Domingos Gonçalves Sá, 132, Ent1, 5º Esq
4435-213 Rio Tinto
PORTUGAL

Tel: (+351) 302 008 332 Fax: (+351) 224 107 440
geral@ruralbit.pt www.ruralbit.pt/

Carolino N., Vitorino A., Carolino I., Santos-Silva F., Cachatra A., Carreira P., Babo H. e Silveira, M. (2024). Raça caprina Serpentina - Caracterização Genética por Análise Demográfica – 2024. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Estação Zootécnica Nacional - Fonte Boa, Portugal.

RAÇA CAPRINA SERPENTINA - CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA POR ANÁLISE DEMOGRÁFICA - 2024

Introdução

A variabilidade genética de uma população pode ser estudada através da análise de dados genealógicos, da estimação de parâmetros genéticos de características de interesse ou através da diversidade observada com marcadores moleculares de diferentes tipos. A caracterização genética por análise demográfica permite descrever a estrutura e a dinâmica de uma população, considerando-a um grupo de indivíduos em permanente renovação e tendo em conta o seu pool de genes. Deste modo, a análise de informação de partos e genealógica é uma metodologia fundamental para a caracterização de populações, já que permite avaliar a variabilidade genética existente numa determinada população e a sua evolução ao longo das gerações.

A caracterização genética por análise demográfica da raça Serpentina foi efetuada na Estação Zootécnica Nacional – Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Biotecnologia e Recursos Genéticos do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV), a partir de toda a informação disponível no Registo Zootécnico/Livro Genealógico (RZ/LG) da raça Serpentina à responsabilidade da APCRS - Associação Portuguesa de Caprinicultores da Raça Serpentina. Utilizou-se toda a informação acumulada na base de dados do Registo Zootécnico/Livro Genealógico da raça Serpentina, designadamente, registos de nascimentos e genealogias, e foram determinados parâmetros demográficos tais como:

- Evolução dos registos no Livro Genealógico (Criadores, fêmeas e machos reprodutores e nascimentos)
- Grau de preenchimento das genealogias
- Número de gerações conhecidas (n_i)
- Dimensão das explorações e distribuição geográfica
- Distribuição mensal dos partos
- Distribuição da idade dos reprodutores ao nascimento dos filhos
- Intervalo de gerações (L)
- Número de descendentes pro reprodutor (machos e fêmeas)
- Evolução da consanguinidade e do número de gerações conhecidas

Metodologia Utilizada

A maioria dos parâmetros demográficos foram calculados com recurso a diversas aplicações informáticas construídas para o efeito por Carolino e Gama (2002). Estas aplicações também

incluem nos seus procedimentos diversos tipos de validações e filtragem dos dados a serem submetidos a análise, para deteção e eliminação de possíveis erros.

Para os cálculos consideraram-se todos os registos disponíveis na base de dados do Registo Zootécnico/Livro Genealógico da raça Serpentina (LGRS) recolhidos desde o seu início até ao final do ano de 2024, e que perfazia um total de 170832 animais, 166273 da raça Serpentina. Posteriormente, construiu-se um ficheiro com 166273 indivíduos inscritos no LGRA, constituído por 75517 machos e 90756 fêmeas, a partir do qual se elaborou a matriz de parentescos entre todos os animais conhecidos (Van Vleck, 1993).

O coeficiente de consanguinidade individual (F_i) e o grau de parentesco entre indivíduos (a_{ij}) foram estimados pelo método tabular e, posteriormente, confirmados com os resultados da matriz de parentescos obtida a partir do programa MTDFREML (Boldman et al., 1995), utilizado na avaliação genética de diversas raças em Portugal.

A consanguinidade individual (Fi) representa a probabilidade de dois alelos no mesmo locus serem iguais por descendência (Wright, 1923), enquanto que o grau de parentesco (a_{ij}) entre dois indivíduos (i e j) representa o dobro da probabilidade de, num determinado locus, um alelo retirado aleatoriamente do indivíduo i e um alelo retirado aleatoriamente do indivíduo j, serem iguais por descendência.

Não foi possível determinar o acréscimo anual da consanguinidade (ΔF/ano), por regressão do coeficiente de consanguinidade individual (F_i) no ano de nascimento, uma vez a consanguinidade foi claramente subestimada devido a escassa informação genealógica disponível.

O número de gerações conhecidas (n_i) foi obtido individualmente, para todos os animais puros na base de dados através da seguinte expressão:

$$n_i = \frac{n_p + 1}{2} + \frac{n_m + 1}{2}$$

em que, n_p e n_m representam, respetivamente, o número de gerações conhecidas do pai e da mãe. No caso do pai ou da mãe de um indivíduo serem desconhecidos, n_p ou n_m assumem o valor de -1.

O intervalo de gerações (L), que expressa a idade média dos pais quando nascem os filhos que os vão substituir, foi calculado para os pais e mães de todos os e para as quatro vias de seleção (idade média dos pais dos bodes, pais das cabras, mães dos bodes e mães das cabras). O intervalo médio entre gerações (L) foi determinado a partir da média destas 4 vias de seleção.

Apresentação dos Resultados

Figura 1 - Número de fêmeas reprodutoras presentes por ano[1]

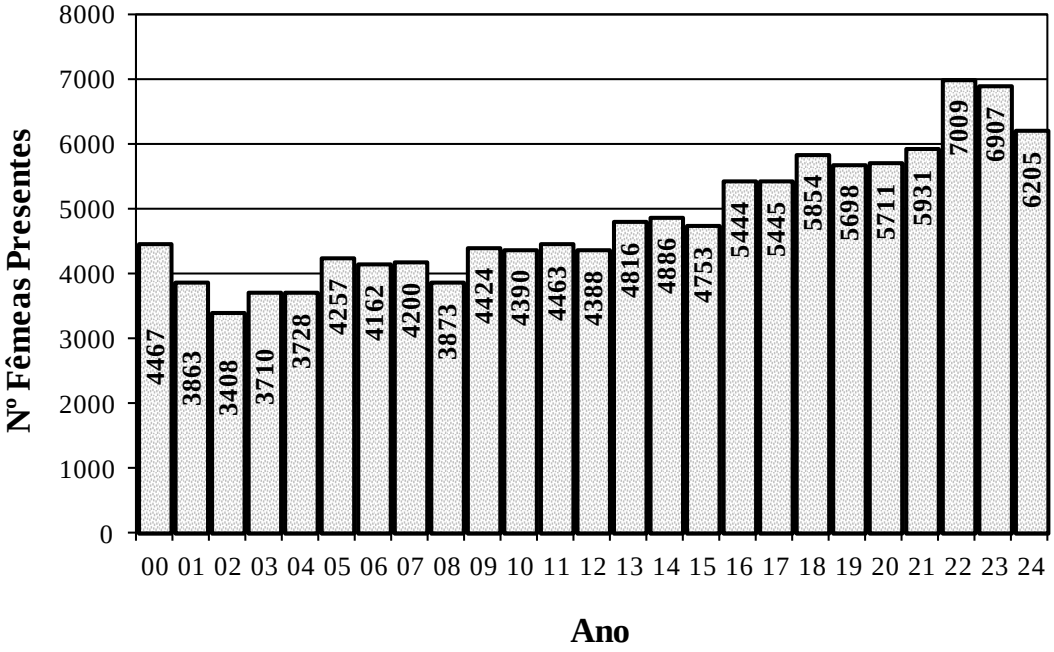
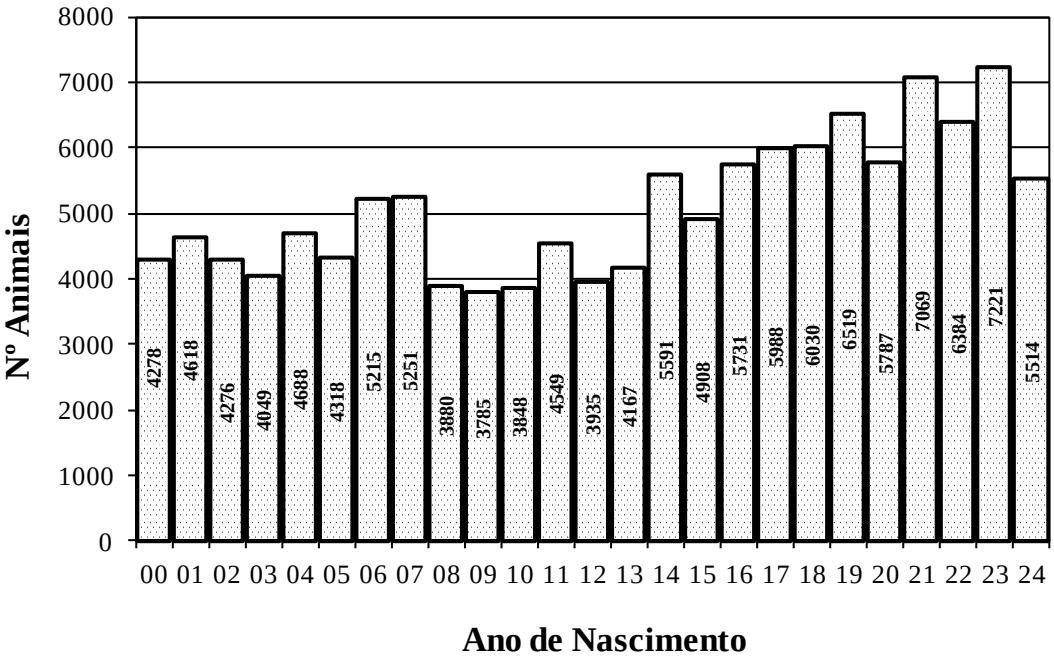


Figura 2 - Número de animais puros nascidos por ano



[1] O início da atividade reprodutiva das fêmeas, contabilizado para o cálculo do número de fêmeas reprodutoras presentes, foi considerado como o ano do 1º parto da fêmea – 365 dias. Teve-se em consideração que a fêmea estaria presente na exploração e ativa 365 dias antes do 1º parto.

Figura 3 - Número de animais puros nascidos por ano e por sexo

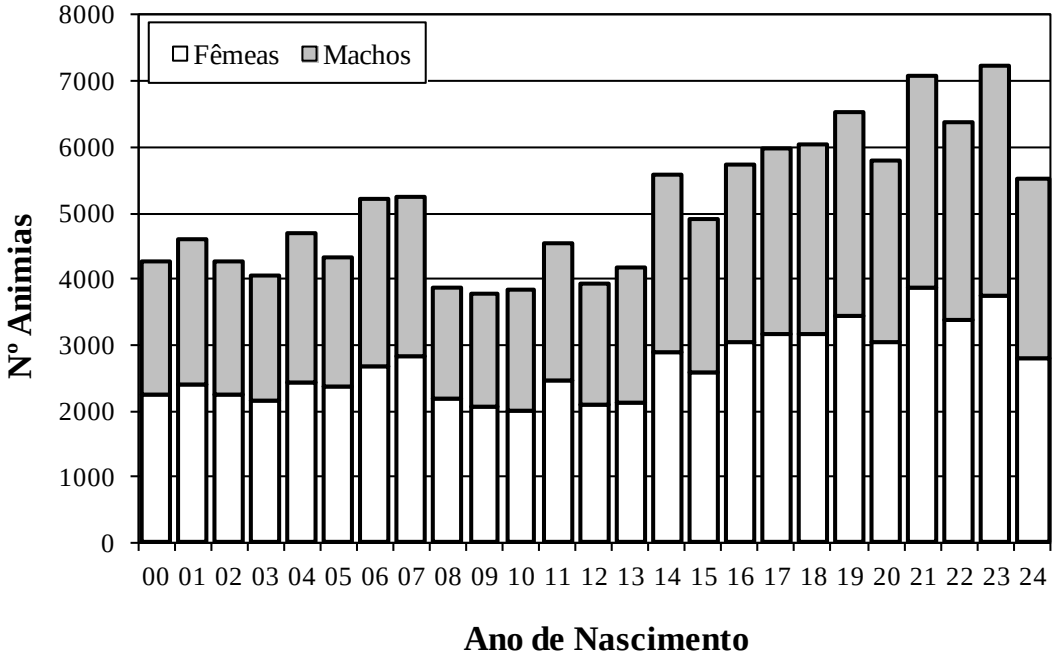


Figura 4 - Número de criadores ativos por ano

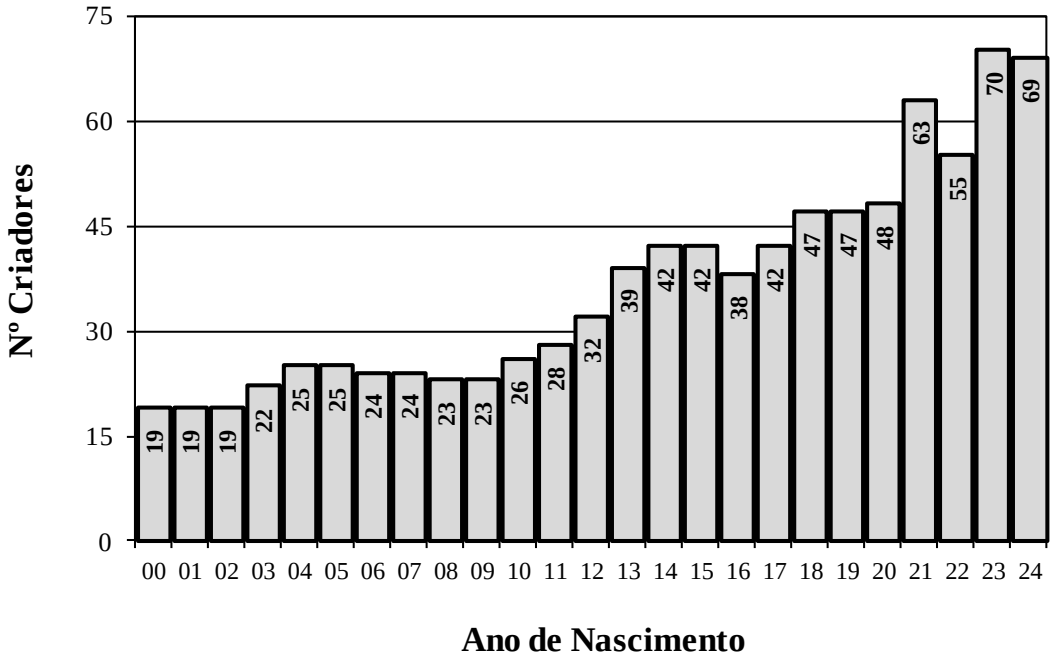


Figura 5 - Número de machos reprodutores presentes por ano

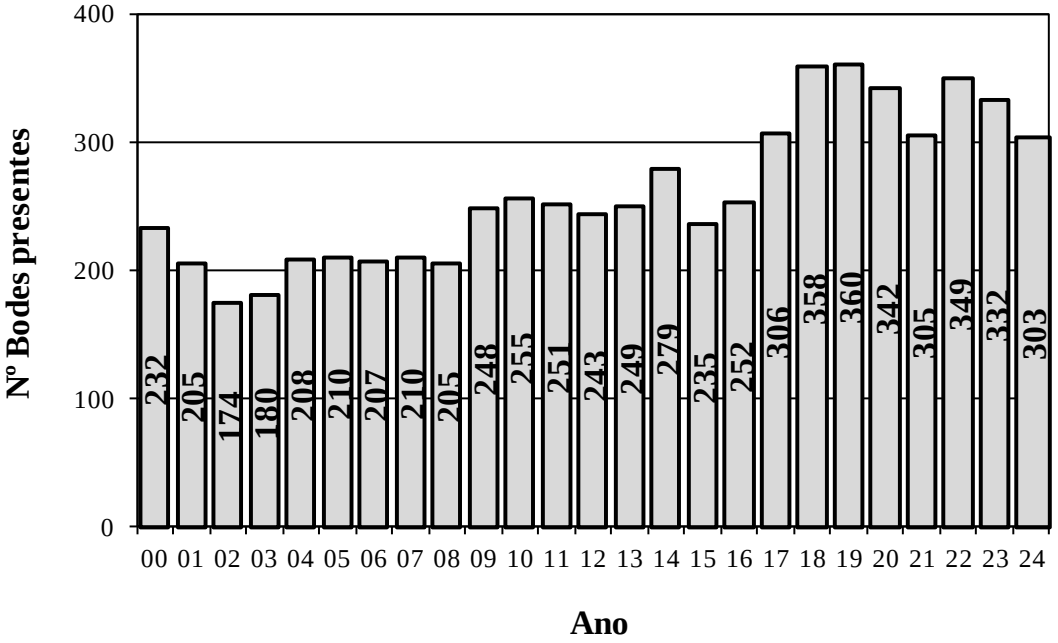


Figura 6 - Número de fêmeas reprodutoras por bode ao longo dos anos

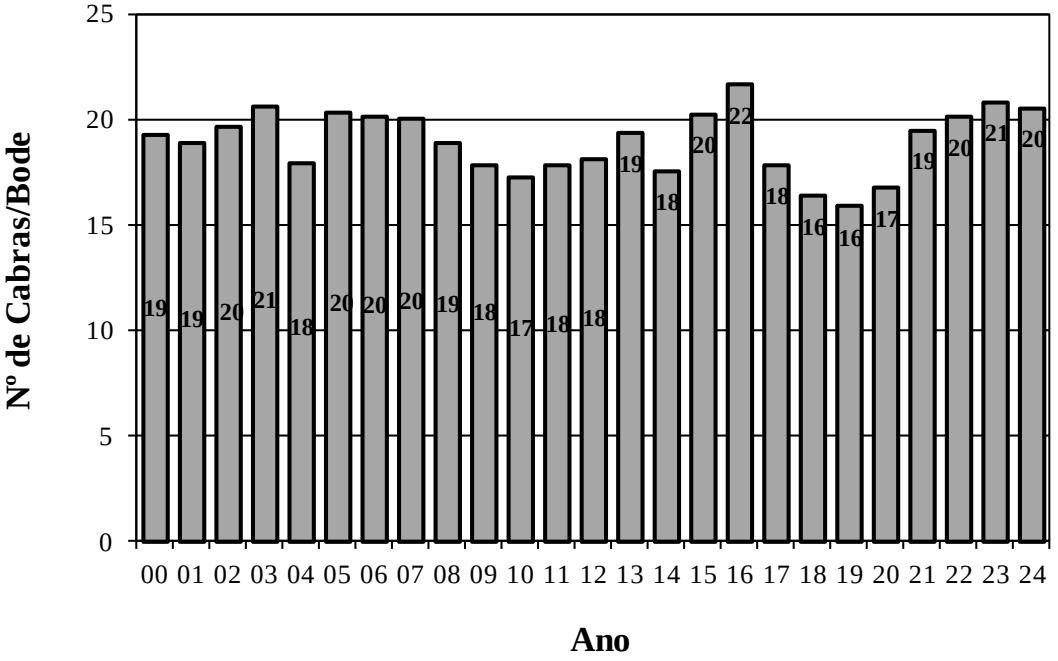


Figura 7 - Distribuição geográfica do número de animais nascidos entre 2015 e 2019

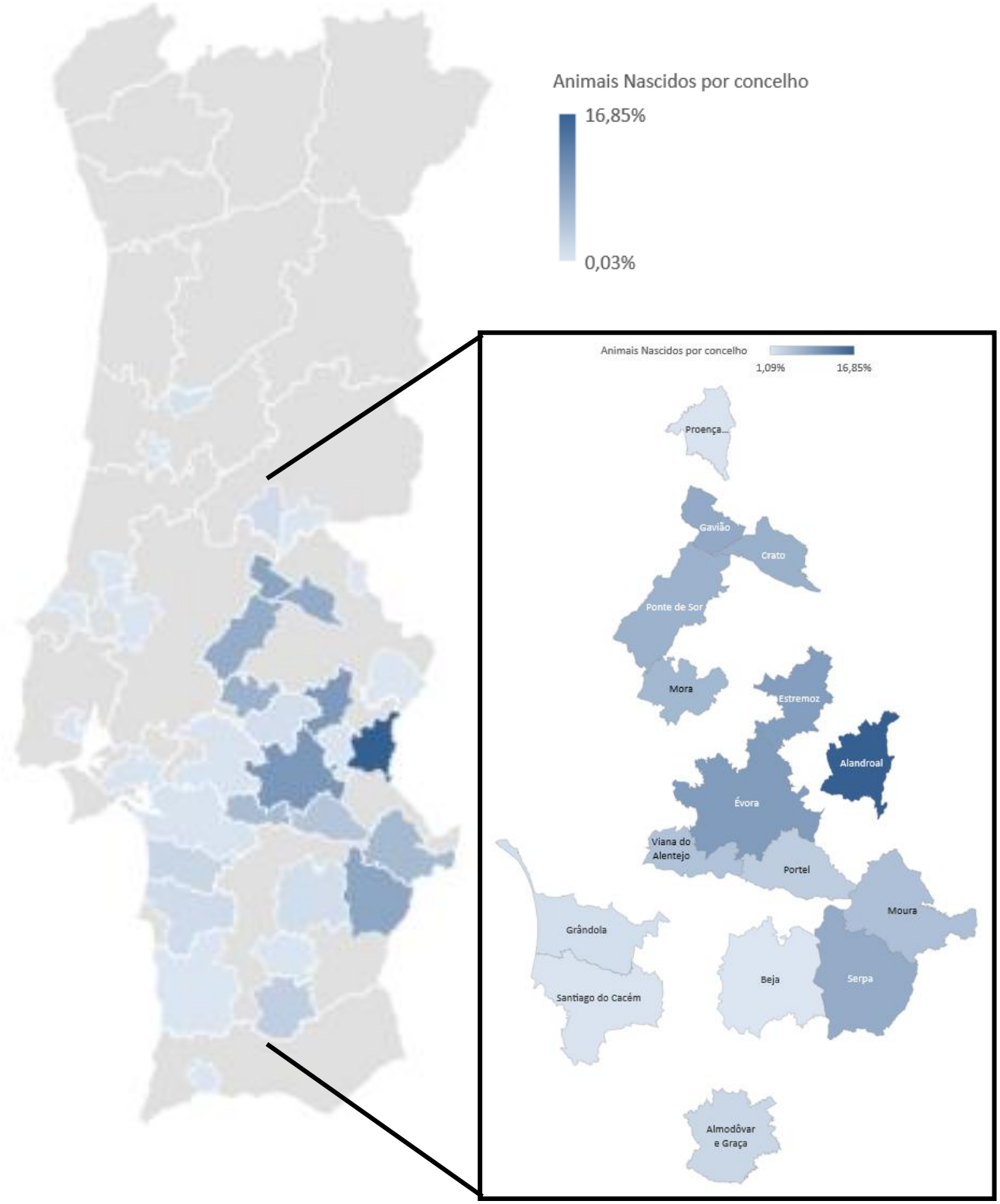


Figura 8 - Distribuição geográfica do número de animais nascidos entre 2020 e 2024

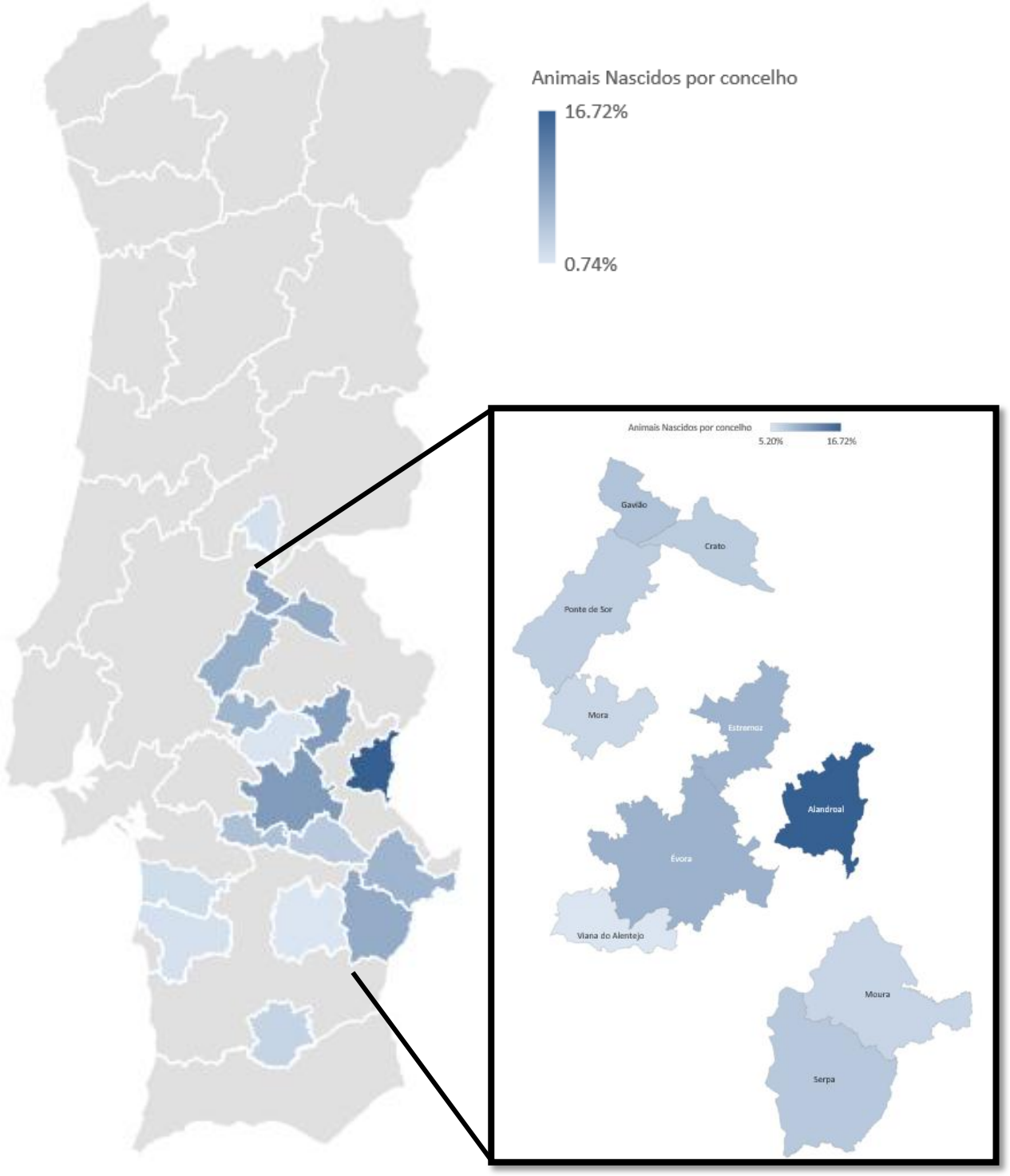


Figura 9 - Número médio de animais nascidos por exploração*ano segundo o Concelho
(Animais nascidos entre 2015 e 2019)

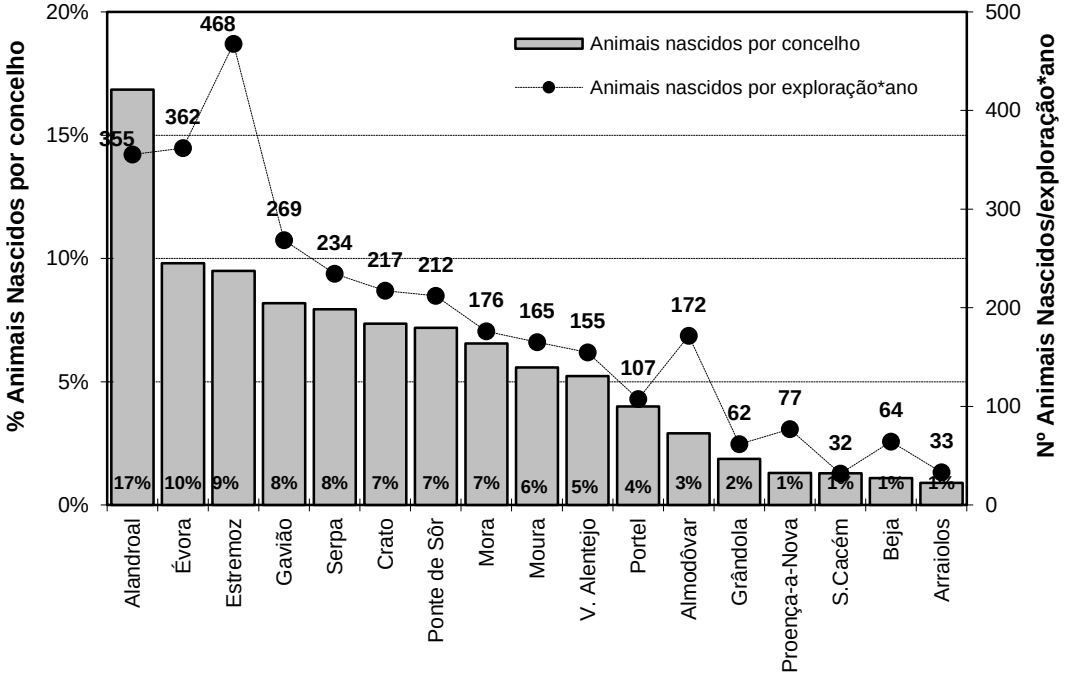


Figura 10 - Número médio de animais nascidos por exploração*ano segundo o Concelho
(Animais nascidos entre 2020 e 2024)

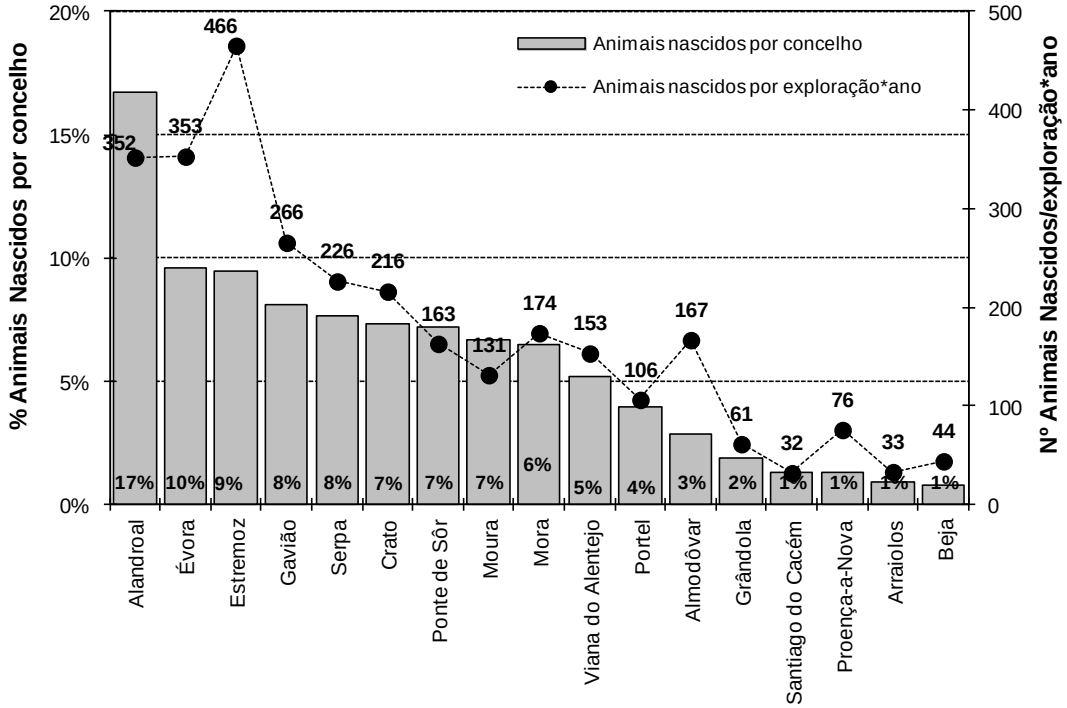


Figura 11 – Número de explorações e animais nascidos segundo a dimensão da exploração
(Animais nascidos entre 2015 e 2019)

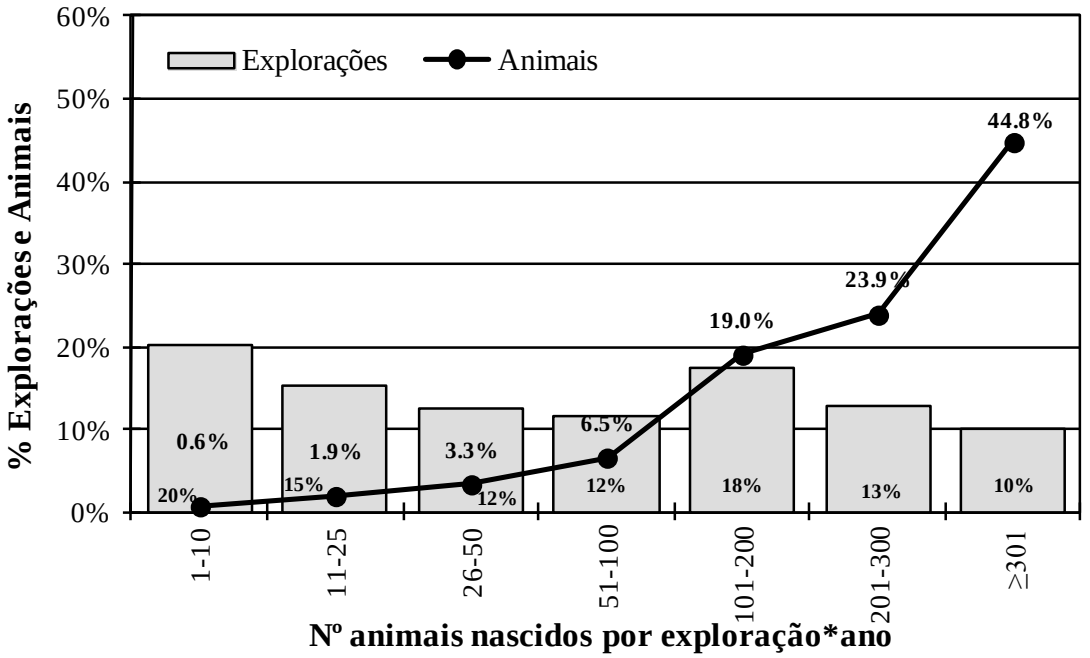


Figura 12 – Número de explorações e animais nascidos segundo a dimensão da exploração
(Animais nascidos entre 2020 e 2024)

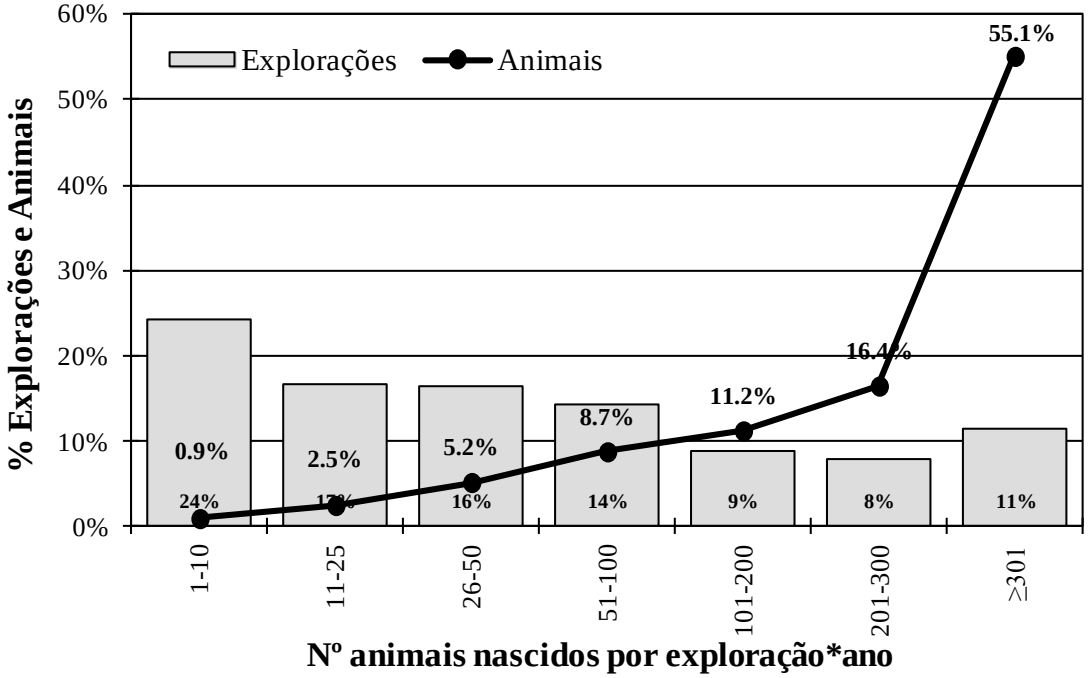


Figura 13 – Distribuição mensal dos partos por período

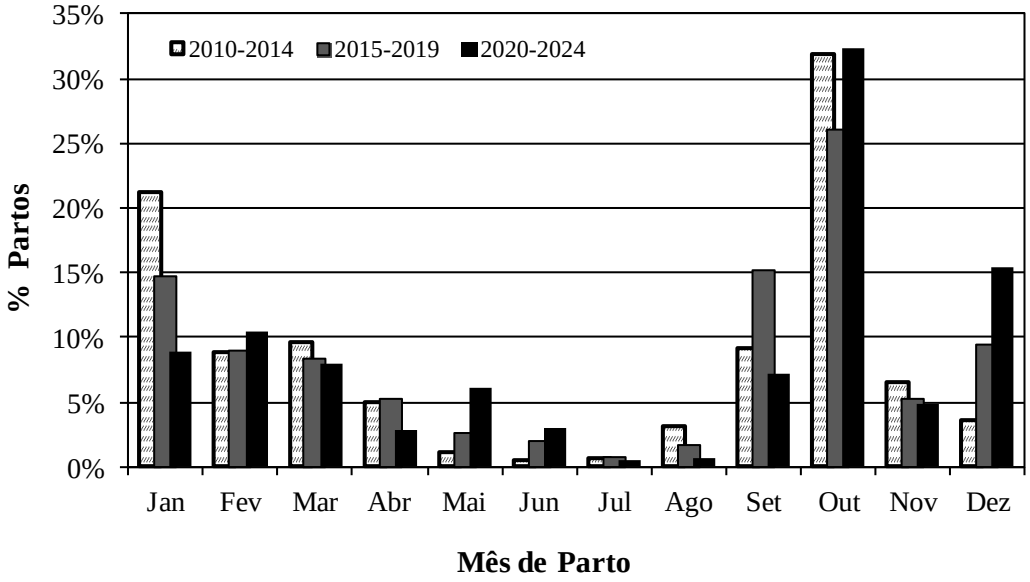


Figura 14 – Distribuição mensal dos partos
(Partos entre 2010 e 2024)

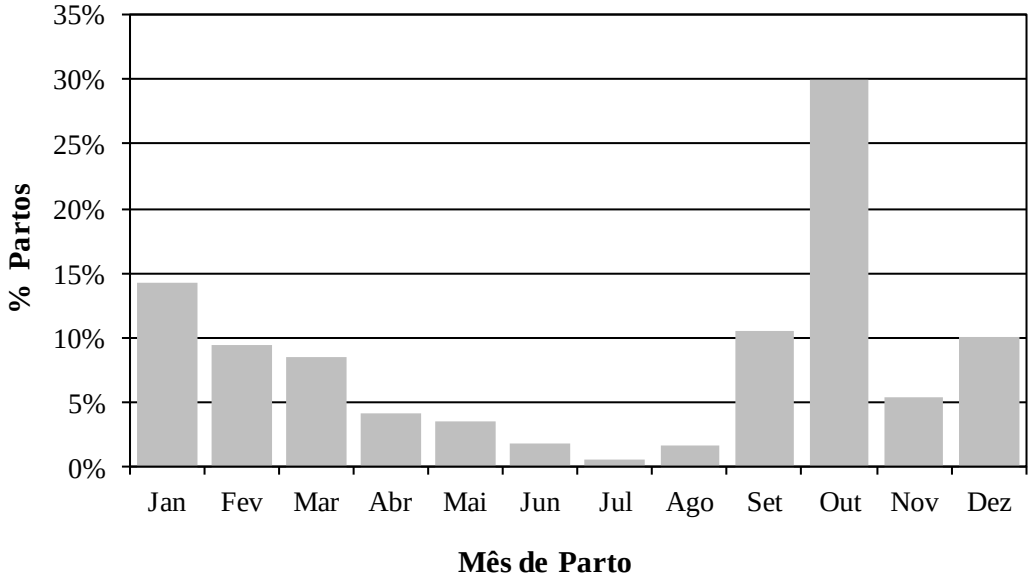


Figura 15 – Distribuição da idade das cabras ao parto
(reprodutoras ativas entre 2010 e 2024)

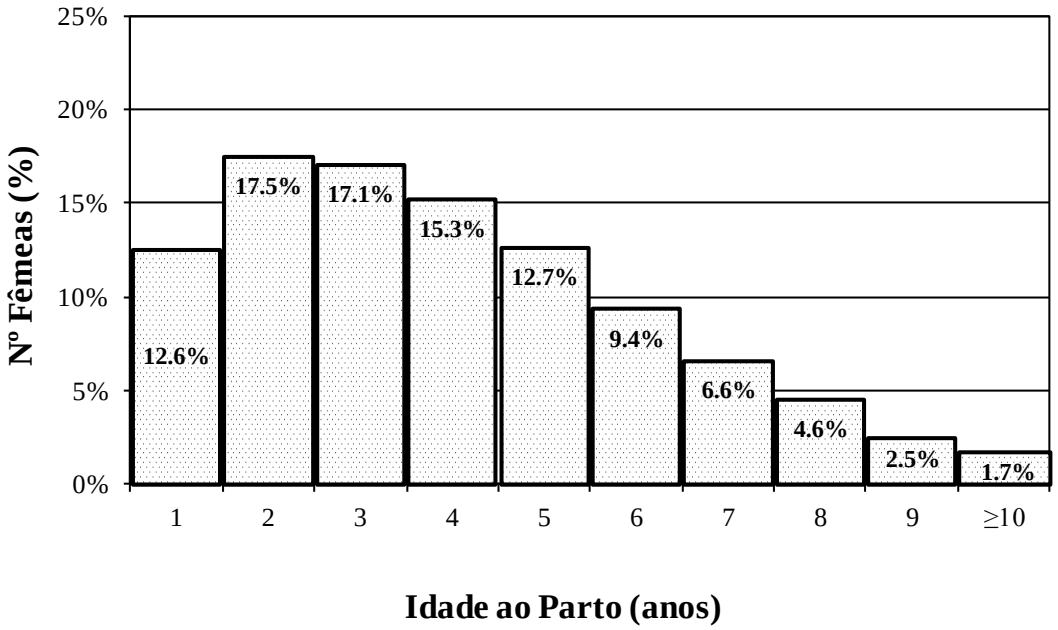


Figura 16 – Distribuição da idade dos bodes ao nascimento dos filhos
(reprodutores ativos entre 2010 e 2024)

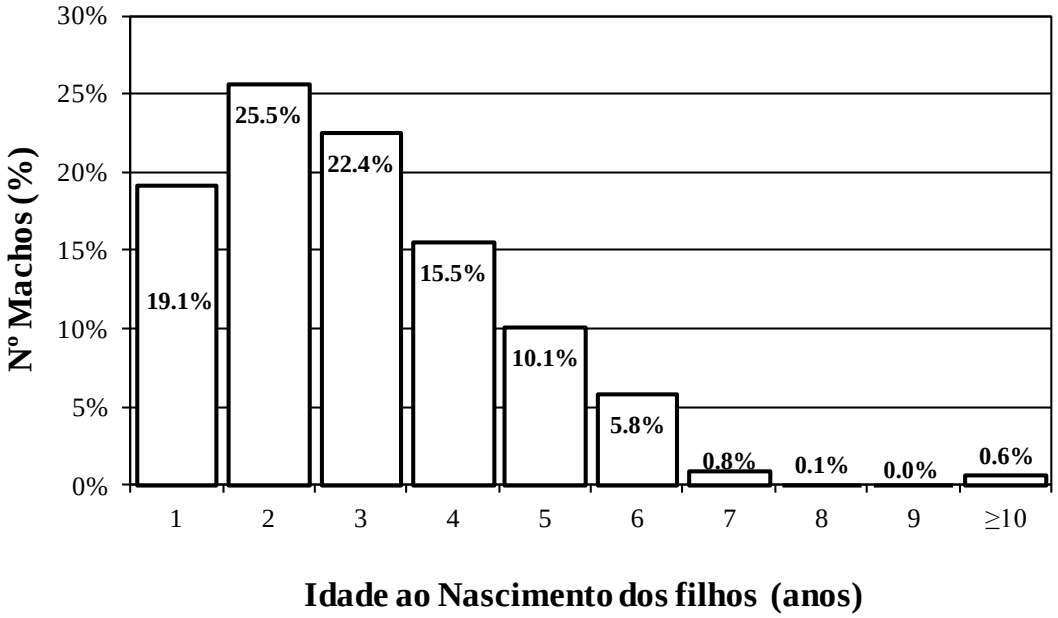


Figura 17 – Distribuição do número de fêmeas reprodutoras segundo o nº de descendentes
(29252 fêmeas reprodutoras apenas com filhos puros)

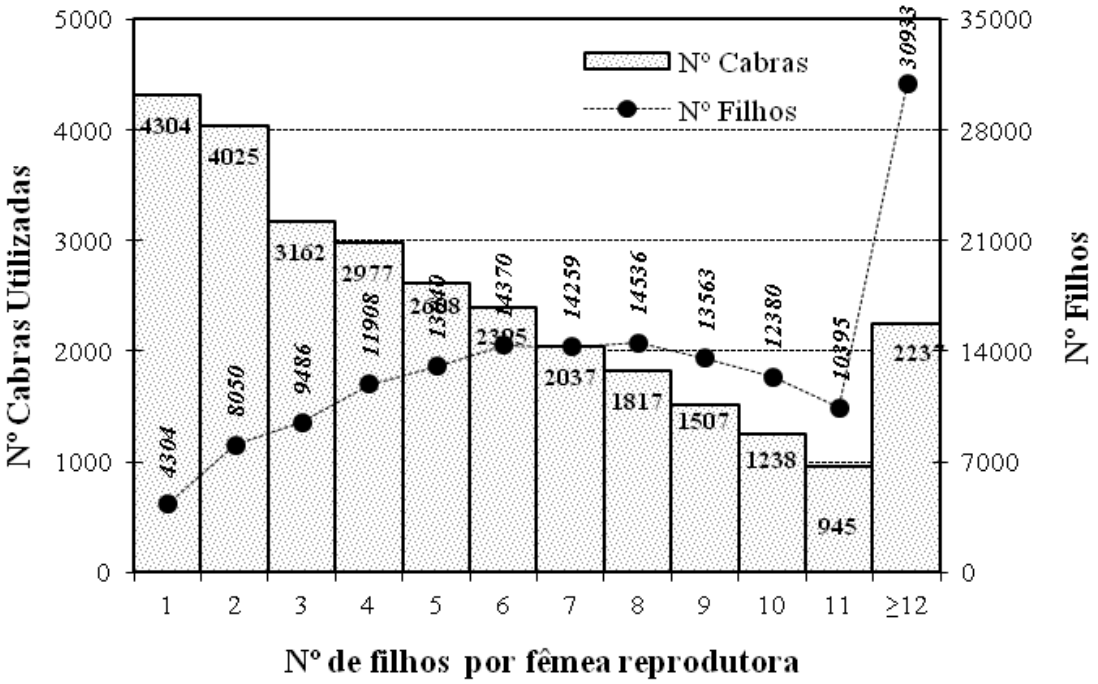


Figura 18 – Distribuição do número de machos reprodutores segundo o nº de descendentes
(1220 machos)

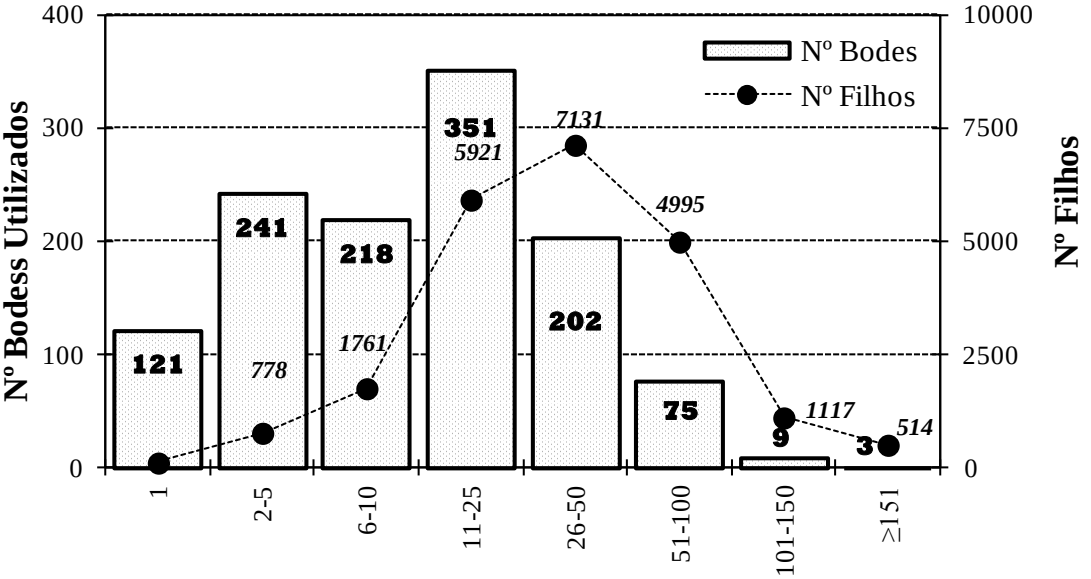


Figura 19 – Nível de preenchimento das Genealogias (%)

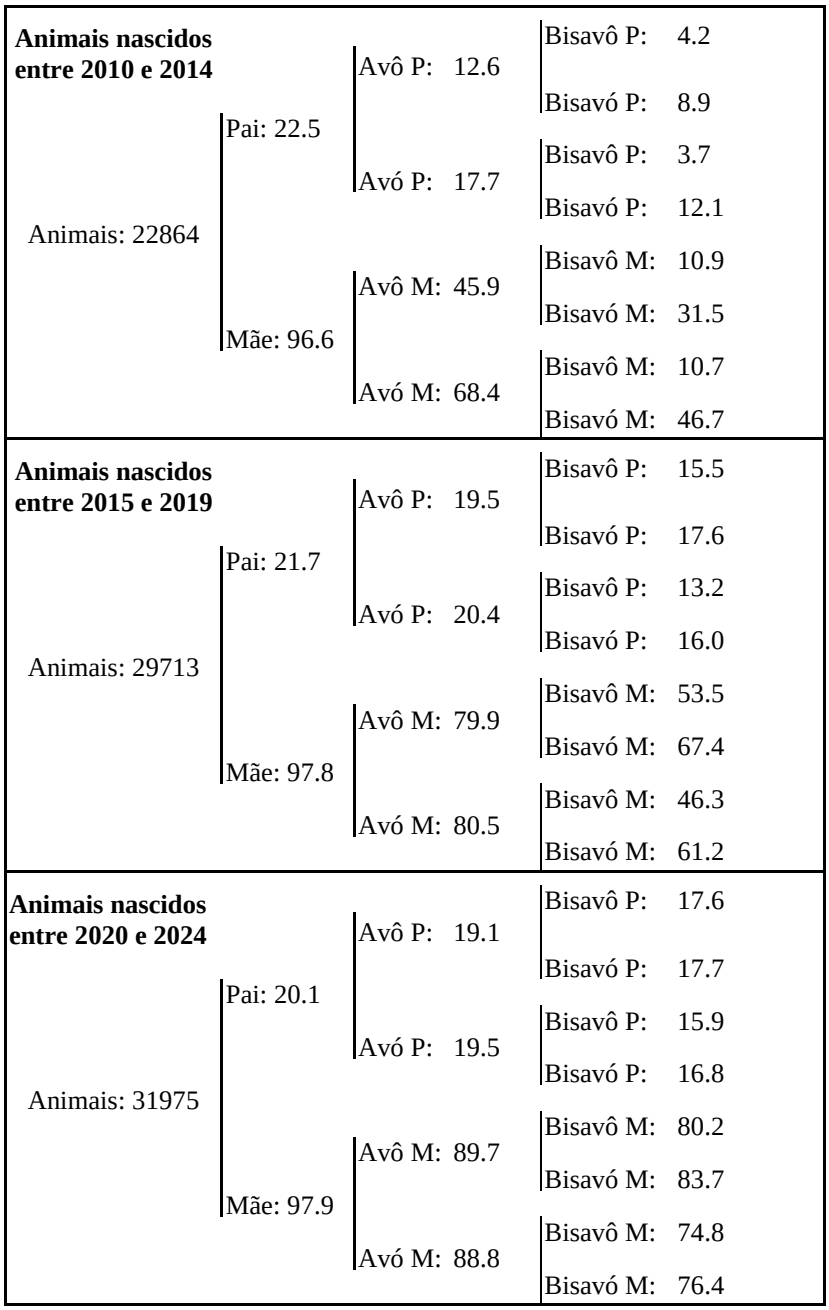


Figura 20 – Evolução da percentagem de ascendentes conhecidos

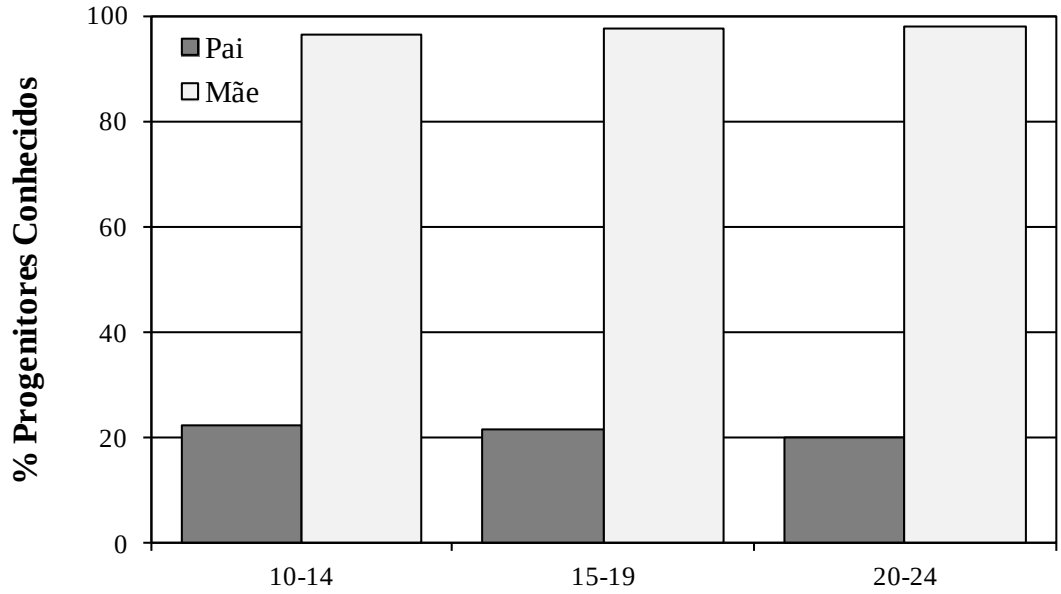


Figura 21 – Evolução da percentagem de ascendentes conhecidos

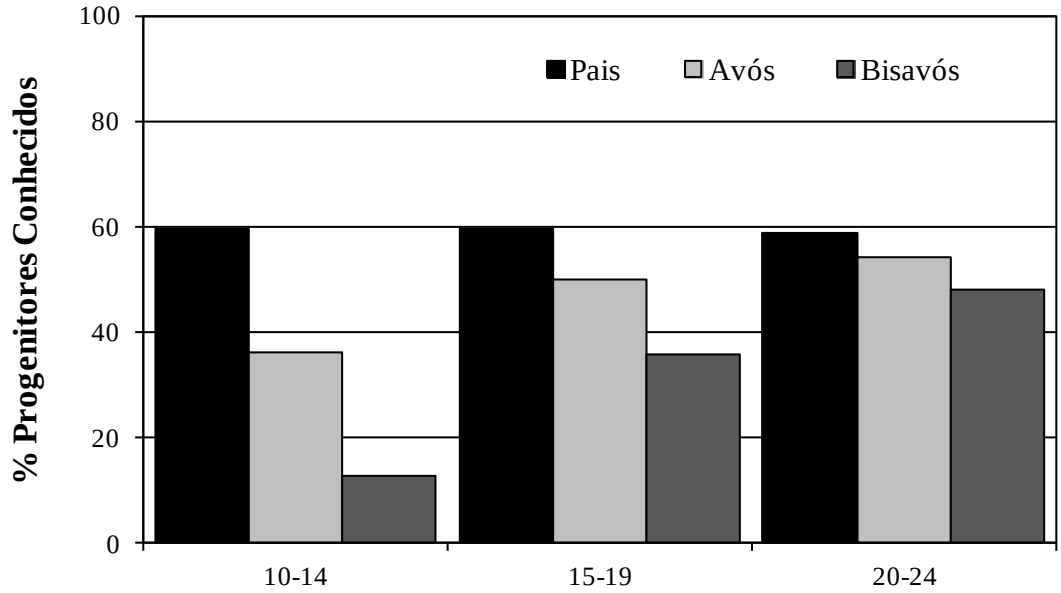


Figura 22 – Evolução do número médio de gerações conhecidas

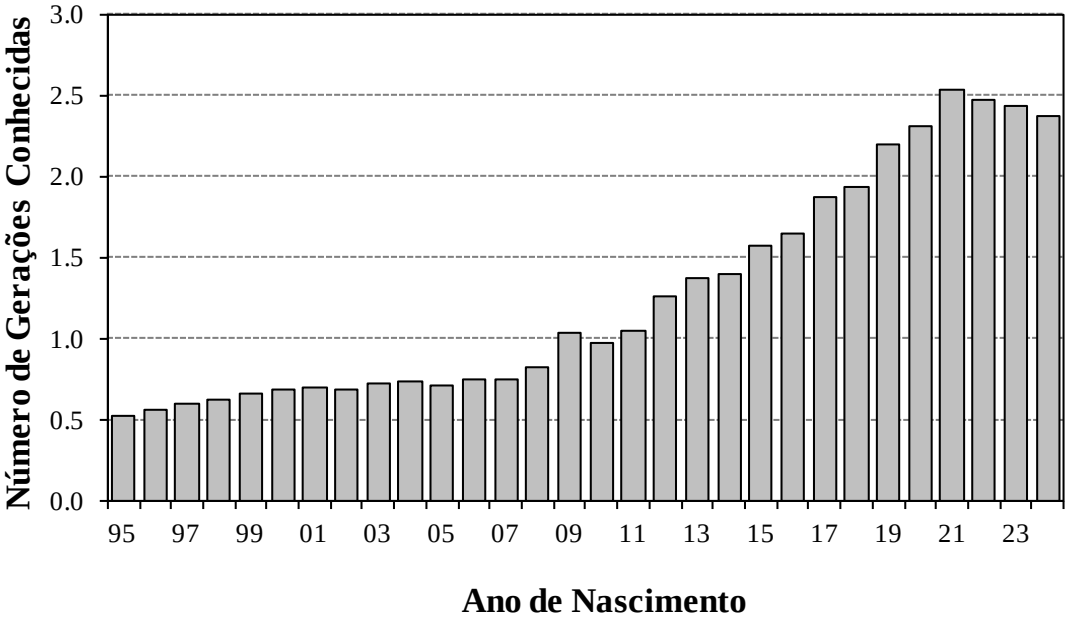


Figura 23 – Evolução da consanguinidade e do número de gerações conhecidas

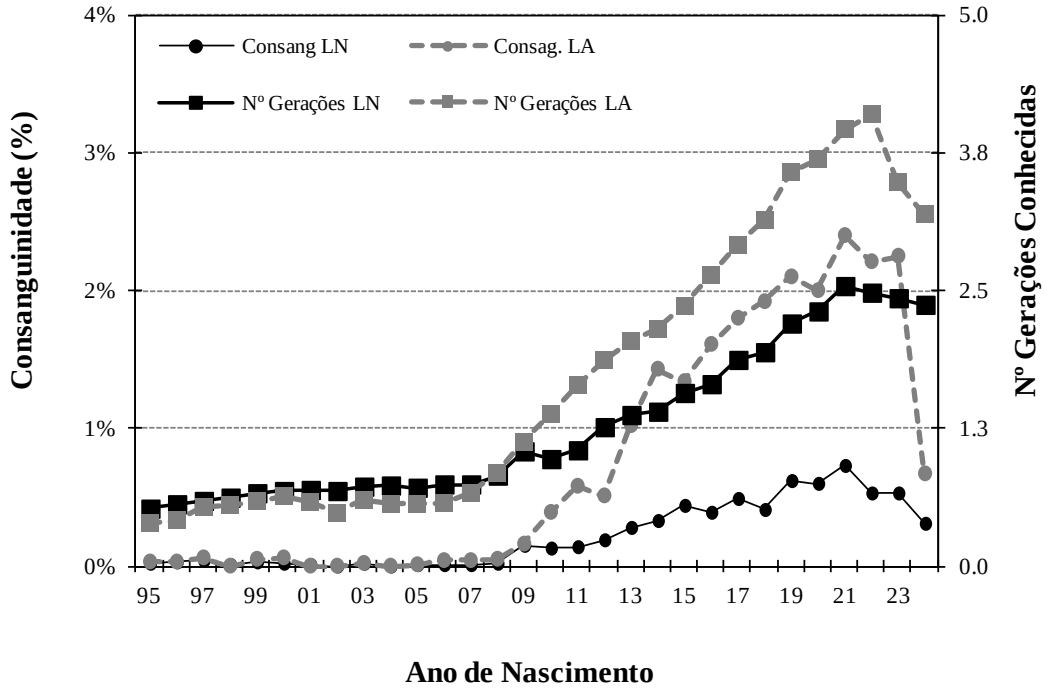


Figura 24 – Intervalos de gerações (L) para as 4 vias de seleção
(animais nascidos entre 2020-2024)

L (anos)	Pais	Mães
Todos os animais	2.87	3.78
Bodes	2.80	3.64
Cabras	2.88	3.78

$L_{médio}$ = 3.28 anos

Considerações finais

A raça Serpentina tem a sua origem no Alentejo, sendo esta a região onde se encontra a maior parte do seu efetivo. É uma raça rústica com dupla aptidão – carne e leite. São animais longilíneos, de perfil subcôncavo e, normalmente, de grande estatura, com pelagem branca ou creme e possuem um listão preto que, por vezes, se alarga na parte posterior.

Os animais adultos são normalmente mantidos em pastoreio direto de recursos de tipo arbóreo, arbustivo e herbáceo, e as parições ocorrem em duas épocas: em Setembro/Outubro, para comercialização de cabritos pelo Natal, e em Janeiro/Fevereiro, para comercialização de cabritos pela Páscoa. Associado à raça está o Cabrito do Alentejo IGP, obtido a partir de cabritos da raça Serpentina ou de cabritos proveniente de cruzamentos com pai da raça Serpentina. De modo geral, os cabritos são alimentados à base de leite materno, sendo abatidos antes do desmame, entre os 30 e os 120 dias de vida, de forma a obter carcaças que deverão pesar entre 3.50 e 7.50 kg.

O Livro Genealógico da raça caprina Serpentina foi instituído em 1991, sendo desde então gerido pela APCRS - Associação Portuguesa de Caprinicultores de Raça Serpentina.

Em 2008, com um número de fêmeas reprodutoras exploradas em linha pura próximo das 5000, no âmbito da Portaria n.º 618/2008 que aprovou a Regulamentação da Ação n.º 2.2.3 «Conservação e Melhoramento de Recursos Genéticos» do PRODER, e segundo os critérios utilizados pela União Europeia (Regulamento da CE Nº 445/2002) para definir o estatuto de risco das raças, a Serpentina foi classificada como "muito ameaçada", (classe entre 3000 e 5000 fêmeas exploradas em linha pura, considerada com nível elevado de risco de extinção).

Em 2015, de acordo com o documento de atos delegados do novo Regulamento de Desenvolvimento Rural adotado pela Comissão Europeia e com as condições que Portugal estabeleceria para efeitos da aplicação do estatuto de risco de abandono, no âmbito das exigências regulamentares e dos objetivos do Programa de Desenvolvimento Rural 2014-2024, a raça caprina Serpentina foi considerada como em risco de extinção, grau B – risco elevado de extinção.

Em 2024, na Portaria n.º 272/2024/1 que estabelece o regime específico do apoio a conceder, ao abrigo do artigo 70.º do Regulamento (UE) 2021/2115, do Parlamento Europeu e do Conselho, na tipologia C.1.1.5, «Conservação e melhoramento de recursos genéticos (animais, vegetais e florestais)», integrada na intervenção C.1.1., «Compromissos agroambientais e clima», do domínio C1, «Gestão ambiental e climática», do eixo C, «Desenvolvimento Rural», do Plano Estratégico da Política Agrícola Comum para Portugal (PEPAC Portugal), a raça caprina Serpentina foi considerada com "em risco de ameaça de erosão genética".

Os resultados obtidos com base na caracterização genética por análise demográfica da raça caprina Serpentina, realizada na Estação Zootécnica Nacional – Unidade Estratégica de Investigação e

Serviços de Biotecnologia e Recursos Genéticos do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV), realçam os seguintes aspetos:

- Efetivo reprodutor atualmente constituído por cerca de 6200 fêmeas e 300 machos, distribuídos por cerca de 70 explorações (Figuras 1 a 6).
- O número de fêmeas reprodutoras ativas e inscritas no Livro de Adultos tem aumentado ao longo dos anos (Figura 1), fruto do trabalho da APCRS, mantendo-se acima das 5000 fêmeas reprodutoras desde 2014. Nos últimos 10 anos registou uma tendência crescente anual do número de fêmeas reprodutoras, atingindo o máximo em 2022, como mais de 7000 cabras, seguindo-se uma ligeira regressão nos dois últimos anos.
- O número de animais puros nascidos por ano e, consequentemente, inscritos no Livro de Nascimentos, atingiu o valor mais elevado em 2023 (7221 cabritos). Nos últimos anos, também tem havido uma tendência significativamente crescente no que diz respeito aos nascimentos, ainda que 2024 se tenha observado grande uma diminuição, certamente devido ao surto de língua azul que tem provocado um elevado número de mortes nos pequenos ruminantes.
- Quanto à distribuição de nascimentos por o sexo, os nascimentos registados de ambos os sexos encontram-se em proporções semelhantes (Figuras 2 e 3).
- O número de explorações ativas também tem apresentado uma tendência crescente nos últimos anos, existindo atualmente 65 efetivo ativos. O número de explorações ativas com animais da raça Serpentina atingiu em 2024 o valor mais elevado (Figura 4).
- O número de machos reprodutores presentes por ano está próximo dos 300 (Figura 5), tendo aumentado entre 2015 e 2018-19, anos em que atingiu o número máximo.
- O número de fêmeas reprodutoras ativas por macho (Figura 6) tem-se mantido visivelmente constante, em cerca de 20 cabras por bode, embora entre 2016 e 2020 se tenha registado uma diminuição para 16 a 18 cabras por bode, em consequência do aumento do número de machos reprodutores disponíveis nesse período.
- Explorada essencialmente no Alentejo, atualmente (2020-2024) 17% do efetivo encontra-se no concelho do Alandroal, 10% no concelho de Évora e cerca de 9% no concelho de Estremoz (Figuras 9 e 10). Estes três concelhos mantêm uma percentagem do efetivo nacional semelhante ao do período anterior (2014-2019). Existem algumas diferenças entre concelhos na dimensão das explorações, quanto ao número de animais nascidos por exploração e ano. No concelho do Estremoz, em média, nascem cerca de 470 animais por exploração e por ano, enquanto que em Serpa, Crato, Mora, Almodôvar e Ponte de Sor, em

média, nascem cerca de 200 animais e em Santiago do Cacém, Arraiolos, Beja e Grândola apenas cerca de 50 animais por exploração e por ano.

- A dimensão das explorações em termos de número de animais nascidos por exploração ano, no global, também é muito variável. A maioria dos animais nasce em explorações onde, em média, se registam com mais de 300 nascimentos por exploração e por ano (Figura 11 e 12). A percentagem de animais nascidos em explorações com 300 ou mais nascimentos por exploração e por ano é de quase 45%. Contudo, 58% das explorações, em média, regista anualmente menos de 50 nascimentos, que correspondem apenas a 9% do total de nascimentos.
- A raça caprina Serpentina não apresenta sazonalidade reprodutiva (concentração das cobrições e, consequentemente, de partos), embora se observe uma acumulação de partos (mais de 40%) entre Setembro e Outubro e em Janeiro (Figuras 13 a 14). Normalmente o ritmo reprodutivo é de um parto por ano e a principal época de cobrição inicia-se na primavera, com a introdução dos bodes no rebanho, em princípios de Maio, estendendo-se até finais de Setembro, altura em que se iniciam as parições e se separam os machos das fêmeas até à próxima época. Pretende-se que a venda dos cabritos coincida com o Natal e, posteriormente, que os animais nascidos entre Janeiro e Fevereiro, sejam comercializados como cabritos pela Páscoa
- A distribuição da idade das fêmeas ao parto é típica dos caprinos, em que a maioria dos partos e dos filhos (≈75%) nascem quando as fêmeas têm menos de 5 anos de idade, embora uma percentagem elevada de cabras (cerca de 9%), permaneçam em produção para além dos 8 anos de idade (Figura 15), comprovando a elevada longevidade produtiva desta raça.
- A maioria dos machos (82.6%) tem menos de 4 anos de idade quando nascem os filhos, ainda que esta informação esteja condicionada pela falta de informação sobre as paternidades (Figura 16). A percentagem de machos com filhos em idades mais avançadas é muito escassa.
- A distribuição do número de fêmeas reprodutoras segundo o número de descendentes mostra que a maioria das fêmeas (74%) tem até 7 filhos, mas que uma percentagem significativa (15%) de cabras tem mais de 10 filhos ao longo de toda a vida (Figura 17). Cerca de 60% das fêmeas têm, no total, ao longo de toda a vida reprodutiva, até 5 cabritos, que representam apenas cerca de 30% do número total de filhos. Os cerca de 15% das fêmeas que têm 10 ou mais filhos ao longo de toda a vida, representam outros cerca de 35% dos nascimentos.

- A distribuição do número de descendentes por macho evidencia desequilíbrios (Figura 18), embora, como já foi referido, esta informação possa estar condicionada pela falta de conhecimento dos progenitores paternos. Muitos machos têm poucos descendentes conhecidos ao longo da vida e muito poucos reprodutores têm um enorme número de descendentes. Cerca de 7% dos bodes são progenitores de mais de 30% do total do efetivo (cuja paternidade ao nível pai é conhecida).
- O nível de preenchimento das genealogias tem evoluído favoravelmente, embora exista uma grande dificuldade no controlo das genealogias na via paterna (Figuras 19 a 21). Nesta raça predomina o sistema de produção extensivo, em que os animais são mantidos a campo, não havendo possibilidade de estabelecer lotes de cobrição ou cobrição dirigida. Segundo as "Normas para Aplicação dos Programas de Conservação Genética Animal e Programas de Melhoramento Genético Animal" atualmente em vigor, o controlo da reprodução dos efetivos aderentes aos Livros Genealógicos ou nas secções Anexas (Registos Fundadores) poderá efetuar-se mediante a Declaração de Beneficiação. Desta forma, ainda que seja garantido o controlo dos machos utilizados em cada grupo de fêmeas, não é conhecida a filiação paterna, o que limita parcialmente o nível de preenchimento das Genealogias.
- As percentagens de avós e bisavós conhecidos têm evoluído favoravelmente (Figura 21), situando-se, nos últimos anos, próxima dos 50%.

- O número de gerações conhecidas tem evoluído lentamente de forma favorável ao longo dos anos e encontra-se atualmente próximo de 2.5 (Figura 22). Como foi referido anteriormente, devido ao sistema de produção utilizado, existe particulares dificuldades em controlar a genealogia paterna. A qualidade da informação genealógica tem melhorado significativamente nos animais que ficam para reprodutores, encontrando-se o número de gerações conhecidas atualmente próximo de 2.5.
- A escassez de informação genealógica disponível não permitiu a estimativa correta de alguns indicadores demográficos e de variabilidade genética, tais com a consanguinidade individual, a taxa de consanguinidade, tamanho efetivo da população e número efetivo de fundadores e de ascendentes.
- O coeficiente médio de consanguinidade, ainda que subestimado, devido à escassez de informação genealógica paterna já anteriormente referida, apresentou uma tendência para evoluir desde 2010 (Figura 23). O aumento da consanguinidade também é mais evidente nos animais inscritos no livro de adultos, uma vez que têm mais informação genealógica disponível. Desta forma, depreende-se que, nos últimos anos, possa ter havido um aumento real da consanguinidade, mas o aumento observado nos reprodutores deve-se essencialmente à melhoria da informação genealógica.

- O intervalo de gerações é mais elevado nas fêmeas (≈3.8 anos) do que nos machos (≈2.9 anos), resultando num intervalo médio de gerações de 3.3 anos (Figura 24).

Globalmente, os resultados obtidos indicam que o efetivo caprino Serpentino tem evoluído favoravelmente, em termos de número de reprodutores, de animais nascidos e de explorações. Perante um sector que, em geral, tem passado por inúmeras dificuldades nos últimos anos, é de destacar este aumento, resultado do trabalho da APCRS na manutenção da raça Serpentina.

A melhoria da monitorização da raça e, desta forma, a manutenção da variabilidade genética, particularmente recolha de informação genealógica é fundamental. Dever-se-á dar continuidade ao controlo de filiação através da análise de ADN dos futuros reprodutores se, se possível, de uma forma mais alargada, a animais com registos produtivos e para ser utilizado como ferramenta de controlo do respetivo Livro Genealógico.

A utilização excessiva de alguns machos enquanto reprodutores deverá ser acautelada no âmbito programa de melhoramento da raça, tendo em conta o impacto que poderá ter na variabilidade genética da população. Também deverá ser promovida, se possível, a utilização da inseminação artificial, numa perspetiva de promover o melhoramento genético dos rebanhos através da utilização de sémen de machos melhoradores e promovendo também o controlo genealógico. Deverá ser fomentada a diversificação da utilização de machos e do controlo do tempo/gerações em que estes são utilizados. È importante que a seleção dos machos para futuros reprodutores tenha em consideração o mérito genético destes, mas também o parentesco com as fêmeas com que poderá vir a acasalar, para desta forma, minimizar os efeitos da consanguinidade.

Os resultados obtidos nesta caracterização genética por análise demográfica da raça caprina Serpentina evidenciam o crescimento do global do efetivo (animais e criadores) nos últimos anos e a necessidade de se dar continuidade à melhoria da monitorização da população atualmente existente.

Bibliografia

Alderson L, 1992. A system to maximize the maintenance of genetic variability in small populations. In Genetic Conservation of Domestic Livestock II, Eds. Alderson, L. and Bodo, I., CABI, Wallingford, U.K., pp. 18-29.

Boichard, D., L. Maignel e É. Verrier, 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. Genet. Sel. Evol., 29:5-23.

Boldman, K. G., L. A. Kriese, L. D. Van Vleck, C. P. Van Tassell e S. D. Kachman, 1995. A Manual for Use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]. USDA, ARS, Clay Center, NE, USA.

Carolino, N. e L. T. Gama, 2002. Manual de Utilização de Software para a Gestão de Recursos Genéticos Animais. Estação Zootécnica Nacional, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Pescas, Portugal (policopiado).

Carolino N., Santos-Silva F., Carolino I., Cachatra A., Saraiva V., Carreira P. e Silveira, M. (2017). Raça caprina Serpentina - Caracterização Genética por Análise Demográfica – 2017. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Biotecnologia e Recursos Genéticos, Polo de Investigação da Fonte Boa, Portugal.

Carolino N., Vitorino A., Carolino I., Santos-Silva F., Cachatra A. e Silveira, M. (2020). Raça caprina Serpentina - Caracterização Genética por Análise Demográfica – 2020. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Estação Zootécnica Nacional - Fonte Boa, Portugal.

Falconer, D. S. e T. F. C. Mackay, 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th Ed. Longman Group Ltd., Essex, England, UK.

FAO (Food and Agriculture Organization), 1998. Secondary Guidelines: Management of Small Populations at Risk. FAO Editions, Rome, Italy.

Gutierrez, J.P., Goyache, F., 2005. A note on ENDOG: a computer program for analysing pedigree information. J. Anim. Breed. Genet. 122, 172–176.

Rebello de Andrade, C. S. C., 2012. Raça Ovina Merino da Beira Baixa. Edições IPCB. ISBN: 978-989-81

SAS Institute Inc., 2006. Base SAS® 9.1.3 Procedures Guide, Second Edition, Volumes 1, 2, 3, and 4. Cary, NC.

Vale, J. M., 1949. Gado Bissulco. Colecção agrícola "A Terra e o Homem". Livraria Sá da Costa, Lisboa, Portugal.

Van Vleck, L. D., 1993. Selection index and introduction to mixed model methods. CRC Press, Boca Raton, USA.

Wright, S., 1923. Mendelian analysis of pure breeds of livestock. I - The measurement of inbreeding and relationship. J. Heredity, 14:339-348.