



## Variabilidade genética da crista de frangos: estudo sobre frequência dos tipos de crista em diferentes amostras

Christian Rosa Dias<sup>1</sup>; Wellington Rosa Dias<sup>2</sup>; Gabriela Fernandes<sup>3</sup>; Alice Cristina Resaffe Barros<sup>4</sup>.

### Como Citar:

DIAS *et al.* Variabilidade genética da crista de frangos: estudo sobre frequência dos tipos de crista em diferentes amostras. Revista Sociedade Científica, vol. 8, n. 1, p. 1206-1229, 2025. <https://doi.org/10.61411/rsc20241317>

DOI: 10.61411/rsc20241317

### Área do conhecimento:

Ciências Biológicas

### Sub-área:

Genética e Melhoramento Animal, Zootecnia

**Palavras-chaves:** cristas; alelos; interação genica; locus.

**Publicado:** 24 de junho de 2025.

### Resumo

O estudo investiga a diversidade fenotípica das cristas de frangos das raças Rhode Island Red, Naked Neck e Houdan, criadas em Pelotas, Rio Grande do Sul, uma região de clima subtropical úmido com contrastes climáticos significativos. O objetivo é analisar a incidência dos diferentes tipos de crista (simples, noz, ervilha e rosa) e sua relação com a adaptação às variações climáticas locais. A pesquisa envolve uma análise de 39 indivíduos de dois locais distintos: o aviário do IFSUL Campus Pelotas Visconde da Graça (CAVG) e um aviário de morador voluntário. Os resultados mostram que no campus, a maioria dos frangos apresenta crista simples (94%), característica das raças Rhode Island Red e Naked Neck, diminuindo adaptação a temperaturas mais elevadas, uma vez que esse tipo de crista favorece a dissipação de calor. Já no aviário do morador, a frequência é mais diversificada, com 35% das aves apresentando crista rosa, 30% crista noz, 9% crista ervilha e 26% crista simples, predominando a raça Houdan. A diversidade fenotípica observada sugere que o manejo e as condições ambientais influenciam diretamente as características adaptativas das aves. O gene responsável pela variação da crista é identificado no locus E22C19W28, e a segregação das características é comprovada por meio do quadro de Punnett. A análise indica uma predominância de características dominantes, com a crista simples sendo mais prevalente em ambientes de maior controle térmico, como o aviário fechado, e a crista rosa e noz em locais expostos a variações climáticas mais intensas. A distribuição fenotípica, associada às variações genéticas e ambientais, revela como as aves se adaptam a diferentes condições de temperatura, influenciando a dinâmica de seleção natural e o melhoramento genético da população. Este estudo oferece contribuições importantes para o aprimoramento genético das aves, possibilitando a adaptação às condições climáticas locais e promovendo a sustentabilidade da produção avícola.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, Pelotas, Brasil. Email: [✉](mailto:christian@ufpel.edu.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, Pelotas, Brasil. Email: [✉](mailto:wllington@ufpel.edu.br)

<sup>3</sup>Anhanguera, Pelotas, Brasil. Email: [✉](mailto:gabriela@ufpel.edu.br)

<sup>4</sup>IFSUL Câmpus Pelotas Visconde da Graça - CaVG, Pelotas, Brasil. Email: [✉](mailto:alice@ufpel.edu.br)



## **Genetic variability of the comb in chickens: study of the frequency of comb types in different samples collected in the city of Pelotas - RS**

### **Abstract**

O This study investigates the phenotypic diversity of the crests of chickens of the Rhode Island Red, Naked Neck and Houdan breeds, raised in Pelotas, Rio Grande do Sul, a humid subtropical climate region with significant climatic contrasts. The aim is to analyze the incidence of the different types of crest (simple, walnut, pea and pink) and their relationship with adaptation to local climatic variations. The research involves an analysis of 39 individuals from two different sites: the aviary of the IFSUL Campus Pelotas Visconde da Graça (CAVG) and a volunteer aviary. The results show that at the campus, the majority of the chickens have a simple crest (94%), characteristic of the Rhode Island Red and Naked Neck breeds, reducing adaptation to higher temperatures, since this type of crest favors heat dissipation. In the resident's aviary, the frequency was more diverse, with 35% of the birds having a pink crest, 30% a walnut crest, 9% a pea crest and 26% a simple crest, predominantly the Houdan breed. The phenotypic diversity observed suggests that management and environmental conditions directly influence the birds' adaptive characteristics. The gene responsible for the variation in the crest is identified at locus E22C19W28, and the segregation of the traits is proven using the Punnett chart. The analysis indicates a predominance of dominant traits, with the simple crest being more prevalent in environments with greater thermal control, such as the closed aviary, and the pink and walnut crest in places exposed to more intense climatic variations. The phenotypic distribution, associated with genetic and environmental variations, reveals how birds adapt to different temperature conditions, influencing the dynamics of natural selection and the genetic improvement of the



population. This study offers important contributions to the genetic improvement of birds, adapting to local climatic conditions and promoting the sustainability of poultry production.

**Keywords:** Combs; alleles; gene interaction; locus.

## 1. Introdução

Os estudos de genética surgiram através dos trabalhos do monge austríaco Gregor Mendel entre 1856 e 1863, o qual analisou uma série de cruzamentos entre plantas de ervilhas, verificando cuidadosamente os resultados. Tal área da biologia estuda os genes, os mecanismos de transmissão das características hereditárias de pais para filhos ao longo das gerações, inclui também a área de manipulação genética, conhecida como engenharia genética [1.].

Através dos resultados das análises de Mendel puderam-se classificar individualidades específicas como, por exemplo, nas gerações que não formam linhagens puras, as proles mais numerosas, com determinada característica, foram chamadas de dominantes, ao passo que aquelas que não se manifestam ou geram poucas proles com tal característica denominaram-se recessivas [6.].

A medida que os estudos genéticos avançavam, o geneticista Reginald Crundall Punnett desenvolveu o Quadro de Punnett em 1905, enquanto trabalhava na Universidade de Cambridge. Essa ferramenta visual permitiu uma representação simplificada dos cruzamentos genéticos e facilitou a previsão das probabilidades de transmissão das características aos descendentes [18.].

A fim de facilitar as análises de cruzamentos entre linhagens representaram-se tais individualidades específicas, chamadas de alelos, com letras, ao passo que; características com maior dominância seus alelos são representados por letra maiúscula, já aquelas com maior recessividade apresentam letra minúscula. Tal singularidade a qual se manifesta em indivíduos é chamada de fenótipo [8.].



Segundo DE CARVALHO [3.], o modelo se tornou essencial no ensino, pois oferece uma abordagem didática que facilita a compreensão dos princípios da hereditariedade, estimulando o raciocínio lógico e a resolução de problemas genéticos de maneira intuitiva. Além disso, tem sido uma contribuição valiosa nas investigações científicas, auxiliando na análise de padrões hereditários e no aprimoramento genético de espécies vegetais e animais.

O quadro de Punnett organiza os gametas dos progenitores nas margens de uma matriz e as moléculas genéticas no interior dessa tabela, ilustrando as possíveis configurações genéticas nos descendentes [4.]. Essa metodologia tem uma aplicação abrangente, estendendo-se até as investigações científicas mais avançadas. Ela se mostra fundamental, por exemplo, para a compreensão de doenças genéticas, o estudo dos padrões de herança e o aprimoramento genético de diversas espécies [18.].

No contexto da genética de frangos, a morfologia das cristas desempenha um papel fundamental na adaptação das aves às diferentes condições climáticas, além de ser uma característica fenotípica importante para a análise de herança [7.]. As cristas das aves variam em formas, como a crista simples, noz, ervilha e rosa, representando adaptações evolutivas a diferentes condições ambientais e de manejo [13.].

De acordo com Moiseyeva, I. G; Romanov, M. N et al [10.], o gene responsável pela variação dos diferentes tipos de crista é classificado conforme a tabela abaixo:

**Tabela 1 – Identificação e classificação do gene responsável pela variabilidade da crista dos frangos**

Nome	Símbolo do Locus		Localizado no Cromossomo
	Clássico	Atual	
Crista	Cr	CR	E22C19W28

Fonte: Moiseyeva, I. G; Romanov, M. N et al, 2012



A localização do gene responsável pela variação da crista dos frangos ocupa a posição no cromossomo *E22C19W28*, tal posição é chamada de locus gênico que se refere à posição específica de um gene no cromossomo, influenciando características fenotípicas das aves estudadas [10].

As diferentes relações às quais originam as formas de crista em frangos ocorrem pela atuação de dois pares de alelos, que se separam independentemente, interagindo na determinação de uma característica e cada par de alelos indicam uma relação de dominância completa entre si [17.]. As divisões entre os diferentes alelos podem formar quatro tipos de cristas: ervilha, rosa, noz e simples.





			
CRISTA ROSA	CRISTA SIMPLES	CRISTA ERVILHA	CRISTA NOZ
<b>RR<sub>ee</sub></b>	<b>rr<sub>ee</sub></b>	<b>rr<sub>EE</sub></b>	<b>R<sub>REE</sub></b>
<b>R<sub>ree</sub></b>		<b>rr<sub>Ee</sub></b>	<b>R<sub>rEE</sub></b>
			<b>R<sub>REe</sub></b>
			<b>R<sub>rEe</sub></b>

Figura 1 – Representação dos alelos de cada tipo de crista (SANTOS, Vanessa Sardinha dos, 2023)

Essa relação gênica é caracterizada como não epistática, uma vez que envolve uma interação entre dois ou mais genes sem que um alelo exerça efeito inibitório sobre a expressão do outro. Nesse contexto, os genes segregam de forma independente, permitindo que ambos os alelos se manifestem simultaneamente no fenótipo do indivíduo, de acordo com os princípios mendelianos da genética herdada [12.].

Segundo LAURENCE, J [9.]. Observa-se que, em determinados cruzamentos entre frangos portadores de diferentes tipos de crista, há uma prevalência quantitativa de fenótipos resultantes da expressão do alelo dominante. Esse padrão fenotípico está em conformidade com as leis da herança mendeliana, onde a dominância alélica influencia



a frequência das características expressas na descendência. A seguir, são apresentados exemplos de perfis obtidos a partir dessas genéticas, usando o quadro de Punnett:

**Tabela 1 – Quadro de Punnett Simples, cruzamentos monohíbrido de frangos – crista ervilha x crista simples (LAURENCE, J. 2005).**

<b>Linhagem Pura</b>				
	<b>AA X aa</b>			
<b>Geração F<sub>1</sub></b>	<b>crista ervilha Aa X Aa crista ervilha</b>			
<b>Geração F<sub>2</sub></b>	<b>AA</b> ervilha	<b>Aa</b> ervilha	<b>Aa</b> ervilha	<b>aa</b> simples

Na geração F<sub>1</sub>, todos os indivíduos apresentam crista ervilha, evidenciando a dominância desse caráter sobre a crista simples. Esse padrão é consistente com a herança mendeliana de um único gene autossômico dominante. Quando os indivíduos da geração F<sub>1</sub> são cruzados entre si, observa-se, na geração F<sub>2</sub>, uma segregação fenotípica previsível, na qual aproximadamente 75% da descendência manifesta a crista ervilha, enquanto os 25% restantes exibem a crista simples, configurando uma proporção fenotípica esperada de 3:1.

Segundo DOS REIS et al. [5.], essa distribuição ocorre porque, na geração F<sub>1</sub>, todos os indivíduos são heterozigotos (Aa), resultantes de cruzamentos entre linhagens puras de crista ervilha (AA) e crista simples (aa). Já na F<sub>2</sub>, a recombinação dos alelos segue a proporção esperada pela 1ª Lei de Mendel, com 25% dos indivíduos homozigotos dominantes (AA), 50% heterozigotos (Aa) e 25% homozigotos recessivos (aa). Assim, tanto os indivíduos AA quanto Aa expressam a crista ervilha, enquanto apenas os aa manifestam a crista simples.

Esse padrão de herança genética indica que o alelo responsável pela crista ervilha apresenta dominância sobre o alelo associado à crista simples, que, por sua vez, se manifesta apenas em homozigose recessiva. Esses resultados corroboram os princípios mendelianos da segregação independente e da dominância alélica, evidenciando a prevalência do fenótipo dominante no perfil resultante [5.].

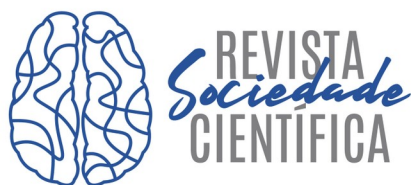


Tabela 2 – Quadro de Punnett Simples (Monohíbrido): Cruzamentos de frangos – crista simples x crista rosa (LAURENCE, J. 2005).

<b>Linhagem pura</b>	<b>AA X aa</b>			
<b>Geração F<sub>1</sub></b>	<b>crista rosa Aa X Aa crista rosa</b>			
<b>Geração F<sub>2</sub></b>	<b>Aa</b> rosa	<b>Aa</b> rosa	<b>Aa</b> rosa	<b>aa</b> simples

Na geração F<sub>2</sub>, observa-se uma segregação fenotípica característica dos cruzamentos entre indivíduos heterozigotos, resultando mais uma vez na manifestação do fenótipo recessivo da crista simples. Esse padrão de herança obedece às proporções clássicas da genética mendeliana, na qual aproximadamente 75% da progênie expressam a crista rosa, enquanto 25% apresentam a crista simples.

A predominância da crista rosa na geração F<sub>2</sub> ocorre devido à presença do alelo dominante, que mascara a expressão do alelo recessivo em indivíduos heterozigotos. No entanto, a recombinação genética permite que uma configuração homozigota recessiva surja em um quarto da descendência, evidenciando o princípio da segregação independente dos alelos durante a gametogênese [2.].

Segundo TORQUATTO [Erro: Origem da referência não encontrada], esse padrão hereditário está em conformidade com os princípios da segregação mendeliana, onde alelos recessivos somente se expressam em homozigose, enquanto a presença de um alelo dominante determina uma característica predominante no perfil. Dessa forma, a transmissão dessas características segue uma lógica previsível, permitindo análises genéticas precisas.

Tabela 3 – Cruzamento monohíbrido de frangos – crista ervilha x crista rosa (LAURENCE, J. 2005).

<b>Linhagem pura</b>	<b>crista ervilha AaBB X crista rosa AAbb</b>
<b>Geração F<sub>1</sub></b>	<b>crista noz AaBb X AaBb crista noz</b>



Tabela 4 – Quadro de cruzamento de Punnett dihíbrido (Duas Características) de frangos – crista ervilha x crista rosa (LAURENCE, J. 2005).

	<b>AB</b>	<b>Ab</b>	<b>aB</b>	<b>ab</b>
<b>AB</b>	<b>AABB</b> Noz	<b>AABb</b> Noz	<b>AaBB</b> Noz	<b>AaBb</b> Noz
<b>Ab</b>	<b>AABb</b> Noz	<b>AAbb</b> Ervilha	<b>AaBb</b> Noz	<b>Aabb</b> Ervilha
<b>aB</b>	<b>AaBB</b> Noz	<b>AaBb</b> Noz	<b>aaBB</b> Rosa	<b>aaBB</b> Rosa
<b>ab</b>	<b>AaBb</b> Noz	<b>Aabb</b> Ervilha	<b>aaBb</b> Rosa	<b>aabb</b> Simples
<b>F<sub>2</sub></b>				

Na Tabela 3, realizando os cruzamentos, agora entre dois frangos de crista noz da geração  $F_1$ , a segregação fenotípica observada na geração  $F_2$  reflete uma distribuição esperada para genes que seguem a segregação independente. Os resultados demonstram a seguinte divisão: 9 frangos com crista noz, 3 com crista ervilha, 3 com crista rosa e 1 com crista simples, caracterizando uma proporção de 9:3:3:1.

Em acordo com FERREIRA, Kaliana [6.], este padrão de segregação é característico dos atributos entre dois indivíduos heterozigotos para dois genes diferentes, onde a crista noz, sendo dominante, predomina sobre as outras formas fenotípicas. A crista ervilha e a crista rosa se expressam quando ao menos um alelo dominante está presente em um dos loci envolvidos, enquanto a crista simples, recessiva, só é expressa quando o indivíduo possui dois alelos recessivos para ambos os loci.

A proporção observada de 9:3:3:1 reflete a distribuição esperada dos fenótipos quando há segregação independente dos dois pares de alelos envolvidos. Nessa distribuição, 9/16 dos descendentes apresentam crista noz, enquanto 3/16 manifestam crista ervilha, 3/16 apresenta crista rosa e 1/16 possui crista simples. Esse padrão de



herança segue a Lei da Segregação Independente de Mendel e ilustra como genes diferentes podem influenciar as características fenotípicas de maneira previsível [11.].

Essas proporções e o domínio dos diferentes tipos de crista não apenas fornecem uma visão detalhada da genética da herança, mas também reforçam a importância desses fatores na seleção e melhoramento genético de aves, com implicações potenciais no desempenho produtivo e reprodutivo [11.].

O presente estudo teve como objetivo analisar a incidência dos diferentes tipos de crista em frangos domésticos (*Gallus gallus domesticus*), com base na comparação entre duas populações provenientes de ambientes distintos: o aviário experimental do IFSUL – Campus Pelotas Visconde da Graça e o aviário de um criador voluntário. Para essa análise, foi aplicado o cálculo da frequência relativa, que considera a proporção de cada fenótipo morfológico — resultante da expressão de alelos localizados em locos específicos e sujeitos a interações gênicas, como epistasia — em relação ao total da amostra, possibilitando a identificação dos tipos de crista mais prevalentes entre os indivíduos observados.

A partir desses dados, estabeleceram-se correlações com a literatura científica, especialmente no que diz respeito à influência das características fenotípicas sobre a termorregulação e a eficiência adaptativa das aves em diferentes condições ambientais. As cristas, por serem estruturas ricamente vascularizadas, desempenham um papel relevante na dissipação de calor corporal, sendo, portanto, potenciais indicadores fenotípicos de adaptação ao clima. Assim, a distribuição dos tipos de crista observada nas populações analisadas pode refletir pressões seletivas locais, relacionadas à temperatura ambiente, umidade e outras variáveis ecológicas que influenciam diretamente o sucesso adaptativo dos indivíduos.



## 2. Metodologia

Foi conduzida uma análise quantitativa com duas amostras populacionais de frangos domésticos (*Gallus gallus domesticus*), totalizando 39 indivíduos, provenientes de dois ambientes distintos. A primeira amostra foi composta por 16 aves mantidas em confinamento no aviário do Instituto Federal Sul-rio-grandense – Campus Pelotas Visconde da Graça (CAVG), abrangendo exemplares das raças Rhode Island Red, Naked Neck e Houdan. A segunda amostra incluiu 23 frangos da raça Naked Neck, criados em sistema semiaberto, ao ar livre, em um aviário pertencente a um morador voluntário, localizado na zona rural.

Os critérios de seleção dos indivíduos foram baseados na acessibilidade das populações, na diversidade de raças presentes e nas condições contrastantes de manejo zootécnico e ambientais entre os dois locais. Tal delineamento amostral permitiu comparar populações submetidas a diferentes pressões seletivas, tanto naturais quanto antrópicas, especialmente no que tange à adaptação fenotípica a ambientes de temperatura e ventilação variáveis.

Para determinar a incidência dos diferentes tipos de crista presentes nas amostras analisadas, foi aplicado o cálculo da frequência relativa, conforme a fórmula proposta por PRIMAVERA [14.]:

$$F = \frac{f_i}{n} \times 100 \quad (1)$$

F – Frequência relativa em percentual

$f_i$  – Frequência absoluta

n – Número de frangos com determinada crista

Esse procedimento estatístico consiste na razão entre o número de indivíduos portadores de determinado fenótipo e o total da população amostrada, permitindo identificar quais morfologias de crista se apresentam como predominantes em cada ambiente.



Do ponto de vista biológico, os tipos de crista — estruturas epidérmicas de origem genética, determinadas por alelos específicos localizados em loci autossômicos — desempenham funções que extrapolam o papel meramente ornamental. Devido à sua elevada vascularização, as cristas participam ativamente da termorregulação em aves, funcionando como dissipadores de calor em condições de temperatura elevada. Dessa forma, a prevalência de determinados tipos de crista pode estar associada a estratégias adaptativas frente ao estresse térmico, sendo relevante no contexto da seleção natural e da adaptação local.

Além disso, o estudo desses caracteres morfológicos permite inferir aspectos da estrutura genética das populações avaliadas, bem como investigar possíveis efeitos de seleção artificial nas raças comerciais e tradicionais, contribuindo para a conservação da variabilidade fenotípica e para práticas de manejo mais sustentáveis e adaptadas às condições ambientais regionais.

A coleta de dados foi realizada por meio da observação direta e registro fotográfico dos fenótipos das aves, seguido de catalogação das características observadas. A análise estatística foi conduzida com auxílio de ferramentas computacionais específicas para processamento de dados biológicos. Os gráficos gerados foram organizados e classificados de forma a facilitar a interpretação dos resultados obtidos.

### 3. **Desenvolvimento e discussão**

As incidências dos tipos de crista — rosa, simples, ervilha e noz — serão analisadas com base na distribuição fenotípica observada nas populações das raças Rhode Island Red, Naked Neck e Houdan, presentes nas duas amostras selecionadas. Essas raças possuem distintas frequências de tipos de crista, determinadas por fatores genéticos específicos, como a ação de alelos localizados em loci autossômicos e a ocorrência de interações gênicas, notadamente epistasia.

A análise quantitativa será conduzida por meio do cálculo da frequência relativa de cada conformação morfológica de crista, permitindo a identificação de padrões fenotípicos dentro das populações avaliadas. Tal abordagem possibilita inferências sobre a predominância e distribuição dos fenótipos nas amostras, contribuindo para a compreensão dos mecanismos genéticos subjacentes e das possíveis pressões seletivas associadas à adaptação ambiental. A seguir, apresenta-se a distribuição dos fenótipos identificados nas respectivas amostras:

### 3.1. AMOSTRAS COLETADAS NO AVIÁRIO DO CAMPUS CAVG



Figura 5 – Amostras coletadas no aviário do CAVG – Predominância de cristas Simples de raça Rhode Island Red (autores).



Figura 6 – Amostras coletadas no aviário do CAVG – Predominância de cristas Simples de raça Rhode Island Red (autores).

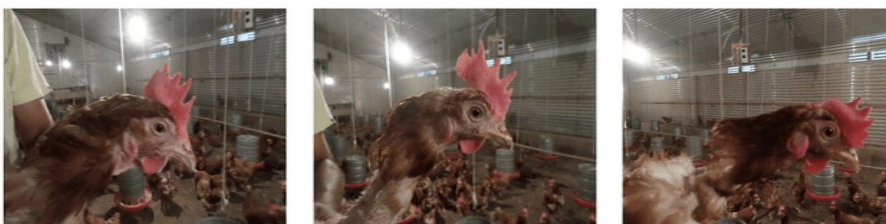


Figura 7 – Amostras coletadas no aviário do CAVG – Predominância de cristas Simples de raça Rhode Island Red e Naked Neck (autores).



Figura 8 – Amostras coletadas no aviário do CAVG - Nota-se que na primeira imagem da esquerda para a direita a crista do frango é Ervilha já dos outros são simples, todos da raça Rhode Island Red (autores).



Figura 9 – Amostras coletadas no aviário do CAVG – Predominância de cristas simples de raça Rhode Island Red (autores).

### 3.2. AMOSTRAS COLETADAS NO AVIÁRIO DO MORADOR VOLUNTÁRIO



Figura 10 – Amostras coletadas no aviário do morador – As duas primeiras aves a cima e a primeira a baixo são de crista Simples (raça Naked Neck), a terceira possui crista Rosa e a última de baixo possui crista (autores).



Figura 11 – Amostras coletadas no aviário do morador – A primeira ave possui crista Rosa, a segunda crista Noz e a terceira crista Simples (autores).



Figura 12 – Amostras coletadas no aviário do morador – A primeira ave possui crista Rosa, a segunda crista Simples e a terceira crista Noz (autores).

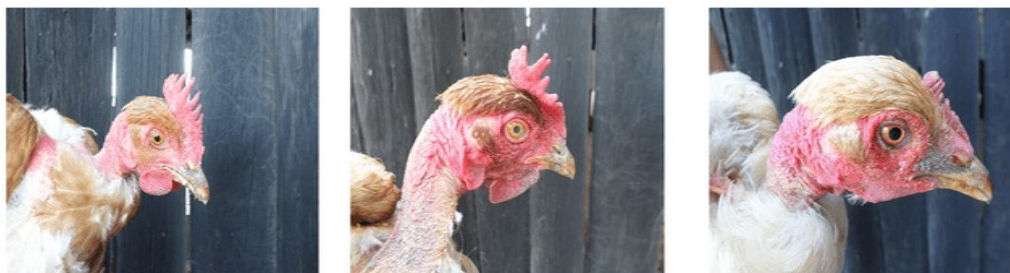


Figura 13 – Amostras coletadas no aviário do morador – As duas primeiras aves possuem crista Rosa, a terceira crista Ervilha (autores).

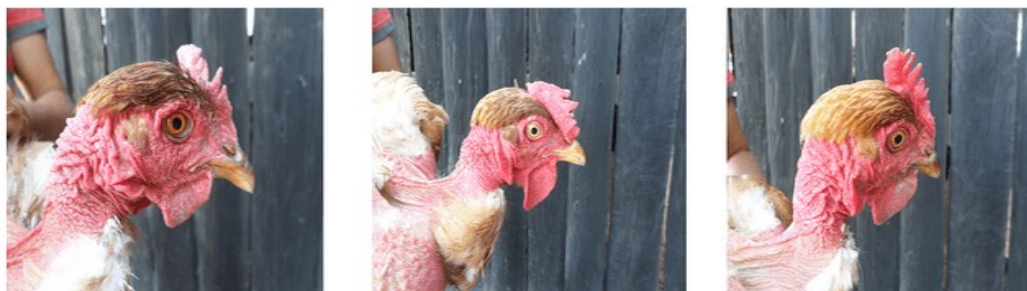


Figura 14 – Amostras coletadas no aviário do morador – A primeira e a terceira ave possui crista Rosa, a segunda possui crista Noz (autores).

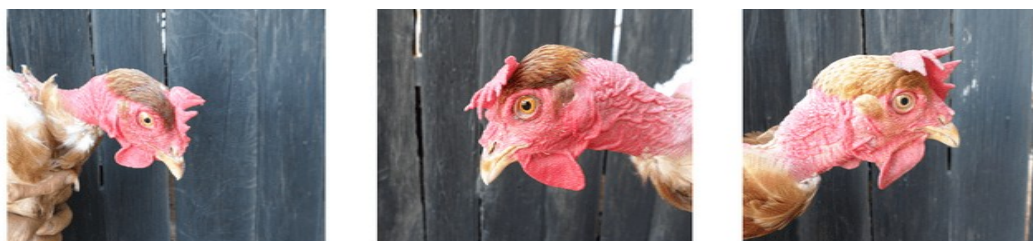


Figura 15 – Amostras coletadas no aviário do morador – A primeira ave possui crista Rosa e as outras cristas noz (autores).



Figura 16 – Amostras coletadas no aviário do morador – A primeira ave possui crista Simples e as outras cristas noz (autores).

Foram encontrados nos aviários as raças de frango Rhode Island Red, Naked Neck e Houdan. Tal seleção indica características fenotípicas específicas, que influenciam sua adaptabilidade em diferentes sistemas de criação. No aviário fechado do CAVG, onde há maior controle ambiental, as raças podem enfrentar menos desafios térmicos [7.]. Já no aviário aberto do voluntário, a exposição direta às variações climáticas exige maior resistência, especialmente em relação à regulação térmica [7.].

Segundo Santana Filho et al. [15.], os diferentes tipos de crista exercem funções específicas no processo de termorregulação das aves, influenciando diretamente sua capacidade de dissipar ou conservar calor. Essas variações morfológicas estão diretamente associadas à eficiência térmica das aves e desempenham um papel fundamental na adaptação das raças às condições ambientais nas quais são criadas.



No presente estudo, foram identificadas três raças distintas nas amostras analisadas, cujas características morfofisiológicas — com ênfase nos tipos de crista e sua relação com a adaptação ao clima — baseiam-se, principalmente, nas descrições fornecidas por Santana Filho et al. [15.]. O autor é referência central na classificação das estruturas anatômicas e nas interpretações sobre sua relevância no contexto de ambientes com diferentes amplitudes térmicas.

A seguir, serão apresentadas as principais características morfológicas e adaptativas das raças observadas, conforme relatado por Santana Filho et al.[15.], destacando os aspectos fenotípicos que influenciam diretamente sua adequação a sistemas de criação ao ar livre ou em confinamento.

- A raça Rhode Island Red, que apresenta crista do tipo simples, possui uma estrutura alongada e altamente vascularizada, favorecendo a dissipação de calor em ambientes de alta temperatura. Essa característica confere à raça maior tolerância ao calor, mas, por outro lado, reduz sua eficiência na retenção térmica, tornando-a potencialmente mais suscetível ao estresse térmico em ambientes frios, especialmente em sistemas de criação ao ar livre durante o inverno.
- A raça Naked Neck, além da característica genética que confere ausência parcial de plumagem na região cervical (ligada ao gene Na), também apresenta predominantemente crista simples, o que intensifica sua capacidade de dissipar calor. Essa combinação de fatores anatômicos e genéticos a torna especialmente adaptada a climas quentes, com elevada resistência ao estresse térmico por calor. Contudo, a redução da cobertura plumosa e a morfologia da crista comprometem a conservação de calor, aumentando sua vulnerabilidade a baixas temperaturas.
- Em contraste, a raça Houdan, caracterizada pela presença de crista noz (ou, em alguns casos, rosa), apresenta uma conformação mais compacta e menos vascularizada, o que reduz a perda de calor para o ambiente. Essa estrutura,



somada à plumagem densa, proporciona maior isolamento térmico, favorecendo a adaptação da raça a climas frios. No entanto, essas mesmas características podem representar uma desvantagem em ambientes quentes e pouco ventilados, como aviários confinados, devido à menor eficiência na dissipação de calor, o que pode predispor essas aves ao superaquecimento.

Essas diferenças morfofisiológicas associadas aos tipos de crista e à cobertura plumosa reforçam a importância de considerar a interação entre fatores genéticos e ambientais no manejo das raças, especialmente em sistemas de produção sujeitos a variações térmicas acentuadas.

Para validar essas observações, os dados coletados em dois sistemas de criação foram comparados com informações disponíveis na literatura científica. Estudos demonstraram que a crista desempenha um papel essencial na termorregulação das aves, influenciando sua adaptação às variações climáticas [7.]. Os resultados obtidos foram analisados em relação a pesquisas que destacam as características térmicas e fisiológicas de cada raça, permitindo uma compreensão mais aprofundada dos efeitos do ambiente sobre o desempenho e bem-estar das aves [6.].

Assim, no aviário fechado, onde há menor influência das variações climáticas externas, as diferenças na adaptabilidade das raças podem ser menos acentuadas. Em contrapartida, no aviário aberto, a exposição direta ao clima torna a escolha da raça um fator essencial para garantir o bem-estar e a eficiência produtiva das aves.

Para GOMES et al. [7.], A nutrição adequada, com atenção ao balanço eletrolítico da dieta, é fundamental para o desempenho das aves em condições de estresse calórico. A avaliação e mitigação do impacto do estresse térmico é crucial para o sucesso da criação em aviários abertos. Estudos sobre os efeitos do estresse térmico no desempenho e saúde das aves reforçam a importância da escolha da raça e do manejo adequado em aviários abertos [7.].

### 3.3. GRÁFICOS GERADOS A PARTIR DA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA RELATIVA

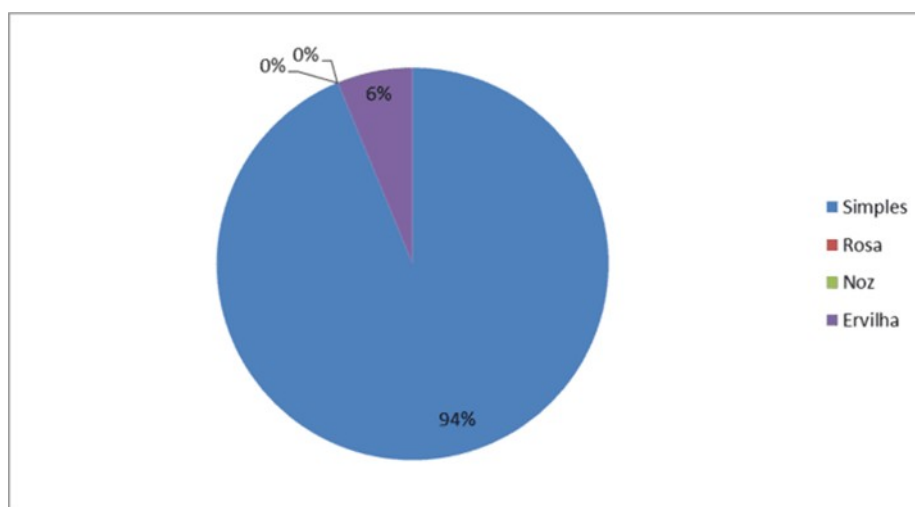


Figura 17 – Incidência dos Fenótipos Coletados no Aviário do Campus Pelotas Visconde da Graça (CAVG) (autores).

Observou-se que, no aviário do Campus CAVG, há uma predominância de 94% de indivíduos com crista do tipo simples e apenas 6% com crista do tipo ervilha, evidenciando uma frequência significativamente elevada do fenótipo simples entre os frangos avaliados. Essa distribuição pode ser explicada tanto pela composição genética das raças envolvidas quanto pelas características do sistema de criação.

As raças presentes nessa população — Naked Neck, Rhode Island Red e Houdan — possuem perfis genéticos distintos quanto aos tipos de crista. A crista simples é controlada por um alelo dominante no locus A (Rose comb), enquanto a crista ervilha é influenciada por um gene localizado no locus B (Pea comb). A expressão do tipo de crista é resultante da interação gênica entre esses loci, sendo que, por exemplo, a presença de alelos dominantes em ambos (A e B) pode resultar em cristas do tipo noz. Já a crista simples é expressa na ausência desses alelos dominantes (aa bb).



Dessa forma, a predominância da crista simples sugere que a maioria dos indivíduos possui genótipos homozigotos recessivos nos dois loci ( $aa\ bb$ ), o que pode ser consequência de cruzamentos frequentes entre as raças Naked Neck e Rhode Island Red, que frequentemente apresentam esse tipo fenotípico. A baixa incidência de crista ervilha (6%) possivelmente está associada à contribuição genética residual da raça Houdan, a qual apresenta maior variabilidade de tipos de crista (incluindo noz e rosa), porém com menor representatividade na amostra.

Além disso, é possível considerar a influência de pressões seletivas ambientais e adaptativas: a crista simples, por ser mais exposta e vascularizada, favorece a dissipação de calor, o que a torna vantajosa em ambientes com temperaturas elevadas ou em condições de confinamento com ventilação limitada, como no aviário do CAVG. Assim, mesmo de forma não intencional, a maior prevalência desse fenótipo pode ter sido favorecida por mecanismos de seleção natural ou antrópica.

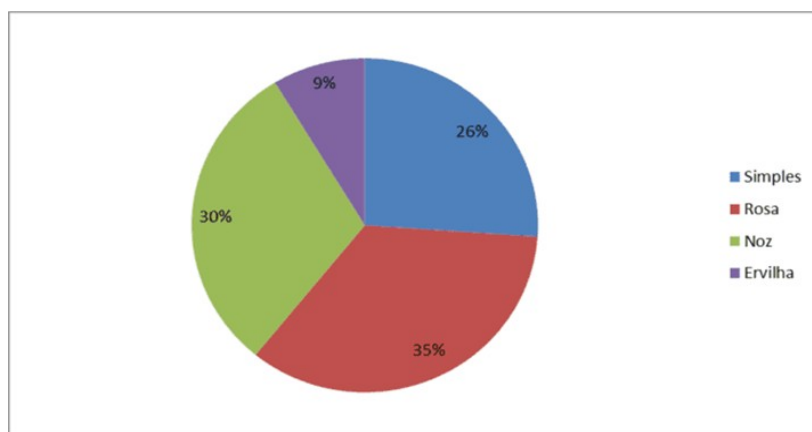


Figura 18 – Incidência dos Fenótipos Coletados no Aviário do Morador (autores).

Observa-se que, no aviário cedido por um morador voluntário para a realização deste estudo, a distribuição fenotípica dos tipos de crista entre os indivíduos da raça Naked Neck apresenta uma predominância da crista rosa, correspondendo a aproximadamente 35% dos indivíduos, seguida pela crista noz com 30%, crista simples com 26% e, por fim, crista ervilha, com uma incidência de 9%.



Essa expressiva variação fenotípica dentro de uma única raça evidencia uma heterogeneidade genotípica significativa, indicando a coexistência de múltiplos alelos e suas combinações nos locos responsáveis pela morfologia da crista. Os locos A e B, associados aos fenótipos crista rosa e ervilha, respectivamente, possuem alelos dominantes que, quando presentes isoladamente ou em interação, modulam a conformação fenotípica da crista. A presença concomitante de alelos dominantes em ambos os locos (A- B-) culmina na expressão da crista tipo noz, evidenciando um padrão clássico de epistasia entre esses genes.

A heterogeneidade observada pode ser atribuída a fatores genéticos históricos, como cruzamentos prévios com linhagens portadoras desses alelos dominantes, que introduziram variações no pool genético da população analisada. Além disso, a ausência de controle rigoroso do acasalamento no sistema de criação ao ar livre contribui para a manutenção dessa diversidade genética, ao permitir a recombinação aleatória dos alelos.

Do ponto de vista ecológico e adaptativo, essa diversidade genética pode refletir pressões seletivas ambientais específicas do sistema de criação ao ar livre, onde a variabilidade térmica e a exposição a diferentes condições climáticas favorecem a manutenção de múltiplos fenótipos. A crista rosa e a noz, por possuírem estruturas que podem reduzir a perda de calor, podem conferir vantagem em períodos de temperaturas mais baixas, enquanto a crista simples e ervilha, por serem mais expostas e vascularizadas, favorecem a dissipação térmica, sendo vantajosas em ambientes mais quentes.

Assim, a distribuição fenotípica analisada não apenas reflete a composição genética atual da população, mas também sugere um equilíbrio dinâmico entre forças genéticas e ambientais, que influencia a manutenção da variabilidade morfológica das cristas, importante para a resiliência e adaptação dos frangos à diversidade climática e às condições específicas do sistema de criação adotado.



#### 4. **Considerações finais**

Os fenótipos coletados no aviário do morador voluntário apresentaram uma maior diversidade de cristas devido à segregação independente dos genes, embora sua manifestação não ocorra de forma completamente independente. Como mostrado nas Tabelas 2, 3 e 4, a crista é determinada por dois pares de genes: (B) e (b) para crista ervilha, (A) e (a) para crista rosa, e (b) e (b) para crista simples. A variação genética observada nesse ambiente pode ser explicada pela influência de diferentes manejos reprodutivos, pois a interação entre os genes e o sistema de reprodução pode afetar as características fenotípicas de uma população [11.]. Isso justifica a ampla gama de fenótipos encontrados entre os frangos do aviário do morador voluntário, onde a combinação de diferentes genótipos resulta em uma diversidade de cristas.

No aviário do CaVG, a maior prevalência de crista simples é atribuída ao cruzamento frequente de aves com esse genótipo recessivo, o que faz com que ele se perpetue ao longo das gerações. Além disso, a predominância da raça Rhode Island Red nesse local também contribui para essa característica, uma vez que essa linhagem tende a exibir principalmente crista simples. A segregação genética e a manifestação fenotípica, como descrito por Almeida et al. [1.], ocorrem pela interação entre os genes, o que explica a menor variabilidade observada no CaVG, onde o genótipo recessivo se mantém predominante.

Tais abordagens são fundamentais como contribuição para o desenvolvimento de estratégias de melhoramento genético, adaptáveis a diferentes condições climáticas, contribuindo para a sustentabilidade da produção avícola.

#### 5. **Declaração de direitos**

Os autores declaram ser detentores dos direitos autorais da presente obra, que o artigo não foi publicado anteriormente e que não está sendo considerado por outra(o) Revista Sociedade Científica. Declaram que as imagens e textos publicados são de responsabilidade dos autores, e não possuem direitos autorais reservados à terceiros. Textos e/ou imagens de terceiros são devidamente citados ou devidamente autorizados com concessão de direitos para publicação quando necessário. Declaram respeitar os direitos de terceiros e de Instituições públicas e privadas.



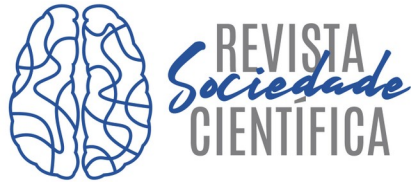
Declaram não cometer plágio ou auto plágio e não ter considerado/gerado conteúdos falsos e que a obra é original e de responsabilidade dos autores.

## 6. Referências

1. RODRIGUES, Evilyn Kananda Taveira. "Manipulação genética e a neoeugenia: o papel da bioética e do biodireito nas pesquisas científicas na área da genética." (2020).
2. BARBOSA, Rinaldo Pereira. Probabilidade: Uma proposta interdisciplinar com atividades na área de biologia. 2014.
3. DE CARVALHO, Patrícia Nazaré Alcântara et al. Ensino de biologia na educação básica: produção de modelos didáticos e uso de práticas lúdicas. Research, Society and Development, v. 10, n. 14, p. e50101421667-e50101421667, 2021.
4. DOS SANTOS, Maria Paula Prizon Theodoro et al. Propostas para a elaboração de material didático voltado ao ensino de "divisão celular" no ensino médio. 2011.
5. DOS REIS, Herald Souza et al. A caixa de ovos de Mendel. Genética na Escola, v. 16, n. 1, p. 128-141, 2021.
6. FERREIRA, Kaliana; BERTOLINI, Luísa; KONZEN, Enéas Ricardo. Variação genética em nível morfológico. Konzen, Enéas Ricardo (Org.). Genética no cotidiano: material de apoio para o curso. Imbé/RS, 2024. 112 p., il. módulo 4, p. 42-51, 2024.
7. GOMES, Andréa Regina Abrantes et al. Estresse por calor na produção de frangos de corte. Pubvet, v. 6, p. Art. 1466-1471, 2012.
8. GOMES, Jéssica de Oliveira Lima. Introdução à Genética:: conceitos e processos. Editora Intersaberes, 2021.
9. LAURENCE, J. Biologia : ensino médio. Nova Geração, ISBN 85-7678 – 020 - 6, v.1 n. 1. ed. p. 696, 2005.



10. Sun, Yanfa, et al. "Genome-wide linkage analysis identifies loci for physical appearance traits in chickens." *G3: Genes, Genomes, Genetics* 5.10 (2015): 2037-2041.
11. ROMANELLI, Eugênia Viana. "Genética de frango caipira para agricultura familiar: estrutura de seleção, multiplicação e distribuição e genótipos disponíveis."
12. MUNARI, Fernanda Mosená. Estudo das interações do gene PSO2 de *Saccharomyces cerevisiae* com genes da resposta a danos no DNA após tratamento com agentes indutores de pontes intercadeia. 2013.
13. NETO, Vicente Ibiapina et al. Caracterização morfológica de grupos de galinhas caipira da região meio-norte do Brasil.
14. Primavera, mailto, um olhas matemático, frequência relativa simples e acumulada. Disponível em: <  
<https://umolharmatematico.weebly.com/frequecircncia-relativa-simples-e-frequecircncia-acumulada.html>>. Acesso em 14 jan. 2023.
15. SANTANA FILHO, Edwaldo Pinheiro de; LIMA, Dionísio José de; CEPLAC, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Criação de aves semiconfinadas: Geração de trabalho e renda. 2012.
16. Só Biologia, Interações de genes não-alelos. Disponível em: <  
<https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Genetica/genesnaoalelos.php>>. Acesso em 15 jan. 2023.
17. SANTOS, Vanessa Sardinha dos. O que é alelo?; Brasil Escola. Disponível em: <  
<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-alelo.htm>>. Acesso em 15 de jan. 2023.
18. SILVA, Maria Doralice da et al. Ensino do cálculo de probabilidade em genética para o cruzamento dos gametas utilizando o quadro de Punnett e aplicativo. 2023.



19. LITZ, Fernanda Heloisa et al. Melhoramento genético de frangos de corte. Pubvet, v. 6, p. Art. 1369-1374, 2016.
20. TORQUATTO, Jonas. Genética-O Que Esse Assunto Tem A Ver Com Você?. Clube de Autores, 2013.