



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DE ARAÇATUBA**

ROBERTO CARLOS DE FREITAS

NOVO MÉTODO PARA ANÁLISE DE MUDANÇA NA PRODUÇÃO ANIMAL

**Araçatuba
2025**

ROBERTO CARLOS DE FREITAS

NOVO MÉTODO PARA ANÁLISE DE MUDANÇA NA PRODUÇÃO ANIMAL

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme de Paula Nogueira

Coorientador: Prof. Dr. Manoel Garcia Neto

Araçatuba

2025

F866n

Freitas, Roberto Carlos de

Novo método para análise de mudança na produção animal /
Roberto Carlos de Freitas. -- Araçatuba, 2025

211 f. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba

Orientador: Guilherme de Paula Nogueira

Coorientador: Manoel Garcia Neto

1. Avicultura. 2. Modelagem estatística. 3. Crescimento latente. 4.
Eficiência econômica. 5. Otimização de sistemas. I. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE ROBERTO CARLOS DE FREITAS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL, DA FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA - CÂMPUS DE ARAÇATUBA.

Aos 04 dias do mês de novembro do ano de 2025, às 14h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de ROBERTO CARLOS DE FREITAS, intitulada **NOVO MÉTODO PARA ANÁLISE DE MUDANÇA NA PRODUÇÃO ANIMAL**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Associado GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP, Prof. Ass. Dr. EDNEY PEREIRA DA SILVA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal/UNESP, Professor Adjunto ARELE ARLINDO CALDERANO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Zootecnia / Universidade Federal de Viçosa. Após a exposição pelo doutorando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.


Prof. Associado GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA



Aos meus pais, Silvio de Freitas e Elienir Ferreira de Freitas (in memoriam), com amor, respeito e gratidão eternos por tudo o que me ensinaram, pelo exemplo de vida e pelos valores que continuam a me guiar.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Guilherme de Paula Nogueira, expresso minha profunda gratidão pela confiança depositada em mim e pela oportunidade de desenvolver este trabalho. Sua orientação segura e incentivo constante foram fundamentais para que este estudo se concretizasse.

Ao estimado e querido coorientador, Prof. Dr. Manoel Garcia Neto, não há palavras suficientes para expressar minha gratidão. Nestes últimos anos, o senhor dedicou-me incontáveis horas de conhecimento e estudo, guiando-me com paciência, sabedoria e generosidade. Nos momentos em que pensei em desistir, diante das exigências de meus compromissos profissionais e pessoais, o senhor esteve ao meu lado como um verdadeiro pilar, oferecendo não apenas orientação acadêmica, mas também apoio humano e emocional. Se hoje alcanço esta conquista, é porque tive o privilégio de contar com sua confiança, incentivo e dedicação. O senhor será sempre um exemplo de professor, mentor e ser humano a ser seguido.

Não posso deixar de expressar também minha gratidão à sua esposa, Dona Synthia Ulian Garcia pela paciência e compreensão em permitir que, tantas vezes, eu o afastasse do convívio familiar para mergulharmos juntos no mundo acadêmico. Seu apoio e generosidade foram igualmente essenciais para que este trabalho se tornasse possível.

Ao Prof. Dr. Arele Arlindo Calderano, registro minha sincera gratidão por acreditar em mim e incentivar meu retorno aos estudos. Sua mão amiga me puxou a chegar até aqui, revelando o verdadeiro significado de um mestre, aquele que ensina, inspira e estende a mão quando mais precisamos. Seu apoio, confiança e generosidade foram decisivos para que eu retomasse o caminho acadêmico e transformasse esta etapa em uma realização pessoal e profissional.

Ao meu sócio e amigo, Alessandro Martini Ferreira, agradeço por acreditar no meu potencial e por não medir esforços para que eu pudesse chegar até aqui. Sua parceria foi essencial em cada etapa desta caminhada, e sou profundamente grato por sua confiança e apoio.

Ao meu amigo e companheiro de jornadas, José Luís Soares, expresso minha gratidão pelo exemplo de garra, competência e determinação. Sua motivação e amizade foram forças que me impulsionaram a continuar.

À minha esposa, Marina Marquez Ferreira, dedico um agradecimento especial. Nestes anos de estudo, sua paciência, compreensão e presença silenciosa foram os verdadeiros pilares do meu sucesso. Mesmo quando me vi ausente em meio às exigências da pesquisa, encontrei em você o apoio e a serenidade necessários para seguir em frente. Muito obrigado por estar ao meu lado em todos os momentos, esta conquista também é sua.

Agradeço, ainda, a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para esta realização, seja com palavras de incentivo, gestos de carinho ou apoio nos momentos decisivos.

Por fim, rendo meus mais sinceros agradecimentos à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), em especial à Faculdade de Medicina Veterinária do campus de Araçatuba, representada por seus professores, funcionários e colegas. Esta instituição foi mais do que um espaço de aprendizagem foi um ambiente acolhedor que me inspirou e motivou ao longo de toda a jornada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Obrigado!

“Ninguém consegue voltar atrás
e fazer um novo começo, mas é possível
começar de novo e fazer um novo fim”

Maria Robinson.

RESUMO

A avicultura moderna exige ferramentas analíticas avançadas que transformem grandes volumes de dados em informações estratégicas, capazes de embasar decisões gerenciais e melhorar o desempenho produtivo e econômico. Este estudo analisou o crescimento, o consumo alimentar e a mortalidade de frangos de corte criados em aviários climatizados e convencionais, além de informações de duas linhagens (A e B), utilizando Modelos Mistos (MM), Modelos Mistos Generalizados (MMG), Modelagem de Equações Estruturais (MEE), Modelos de Crescimento Latente (MCL), Modelos Lineares Generalizados (GLM) e o Programa Prático de Otimização (PPO). Foram avaliados 1.297 lotes, totalizando 39.308.745 aves abatidas. Os resultados indicaram que os aviários climatizados proporcionaram maior uniformidade no crescimento e menor variabilidade no consumo de ração, enquanto a linhagem A apresentou maior potencial genético para ganho de peso, mas com taxas de mortalidade mais elevadas. Já a linhagem B apresentou menor mortalidade, porém menor peso ao abate. A integração das diferentes abordagens estatísticas possibilitou a identificação de interações relevantes entre variáveis zootécnicas e econômicas, reforçando a importância do ambiente controlado, da seleção genética e do uso de modelos preditivos no manejo avícola. Este estudo contribui com uma estrutura metodológica replicável e adaptável, promovendo avanços na sustentabilidade e competitividade do setor.

Palavras-chave: avicultura; modelagem estatística; crescimento latente; eficiência econômica; otimização de sistemas.

ABSTRACT

Modern poultry production demands advanced analytical tools capable of transforming large volumes of data into strategic information that supports management decisions and improves productive and economic performance. This study analyzed growth, feed intake and mortality of broiler chickens reared in climate controlled and conventional houses, as well as data from two strains (A and B), using Mixed Models (MM), Generalized Mixed Models (MMG), Structural Equation Modeling (SEM), Latent Growth Models (MCL), Generalized Linear Models (GLM) and a Practical Optimization Program (PPO). A total of 1,297 flocks were evaluated, comprising 39,308,745 slaughtered birds. The results indicated that climate-controlled houses promoted greater uniformity in growth and lower variability in feed intake, while strain A showed higher genetic potential for weight gain but with higher mortality rates. In contrast, strain B showed lower mortality but lower slaughter weight. The integration of different statistical approaches made it possible to identify relevant interactions between zootechnical and economic variables, reinforcing the importance of controlled environment, genetic selection and the use of predictive models in broiler management. This study provides a replicable and adaptable methodological framework, promoting advances in the sustainability and competitiveness of the poultry sector.

Keywords: poultry production; statistical modeling; latent growth; economic efficiency; systems optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Peso médio acumulado das linhagens A e B em aviário climatizado.	44
Figura 2 - Peso médio acumulado das linhagens A e B em aviário convencional	45
Figura 3 - Consumo alimentar das linhagens A e B em aviário climatizado.....	56
Figura 4 - Consumo alimentar das linhagens A e B em aviário convencional.....	56
Figura 5 - Mortalidade das linhagens A e B em aviário climatizado.....	66
Figura 6 - Mortalidade das linhagens A e B em aviário convencional.....	67
Figura 7- Diagrama de caminho.	85
Figura 8 - Efeitos da linhagem e do tipo de aviário sobre a velocidade de ganho em frangos de corte.	101
Figura 9 - Efeitos da linhagem e do tipo de aviário sobre a velocidade do consumo em frangos de corte.	108
Figura 10 - Efeitos da linhagem e do tipo de aviário sobre a velocidade da mortalidade em frangos de corte.....	115
Figura 11 - Curva de crescimento: otimizações 1 e 2.....	120
Figura 12 - Peso corporal: NT1, NT2 e NT3 com R ² (Convencional).	121
Figura 13 - Peso corporal: NT1, NT2 e NT3 com R ² (Climatizado).	121
Figura 14 - Consumo acumulado: otimizações 1 e 2.....	124
Figura 15 - Consumo acumulado: NT1, NT2 e NT3 com R ² (Convencional).....	124
Figura 16 - Consumo acumulado: NT1, NT2 e NT3 com R ² (Climatizado).....	125
Figura 17 - Mortalidade acumulada: otimizações 1 e 2.	128
Figura 18 - Mortalidade acumulada: NT1, NT2 e NT3 com R ² (Convencional).	128
Figura 19 - Mortalidade acumulada: NT1, NT2 e NT3 com R ² (Climatizado).	129
Figura 20 - Relação entre (Lucro, receita e custos).....	130
Figura 21 - Receita, custo e lucro no aviário convencional.....	134
Figura 22 - Receita, custo e lucro no aviário climatizado.....	134
Figura 23 - Lucro: Aviário convencionais vs climatizado.....	135
Figura 24 - Interface do Programa Prático de Otimização (PPO) para análise econômica e produtiva em sistemas de criação avícola (Convencional versus climatizado).....	206

Figura 25 - Simulação de desempenho econômico e produtividade em aviário convencional utilizando o PPO: peso corporal, consumo de ração, mortalidade e lucro projetado	206
Figura 26 - Simulação de desempenho econômico e produtividade em aviário climatizado utilizando o PPO: peso corporal, consumo de ração, mortalidade e lucro projetado	207
Figura 27 - Análise comparativa de desempenho zootécnico e econômico entre aviários convencional e climatizado.	207
Figura 28 - Análise comparativa de desempenho econômico entre aviários convencional e climatizado com nivelamento de avaliações para dias iguais de abate	208

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis de peso por tipo de aviário e linhagem.	41
Tabela 2 - Coeficientes estimados segundo o peso corporal.	42
Tabela 3 - Interações significativas entre linhagem, tipo de aviário e idade: (Peso).	42
Tabela 4 - Efeitos simples das linhagens em função do tipo de aviário e idade.....	46
Tabela 5 - Variáveis de consumo de ração por tipo de aviário e linhagem.....	48
Tabela 6 - Efeitos principais e interações no consumo alimentar.....	51
Tabela 7 - Testes de efeitos fixos para consumo de ração.....	53
Tabela 8 - Efeitos simples das linhagens no consumo alimentar.	55
Tabela 9 - Variáveis de mortalidade por tipo de aviário e linhagem.	58
Tabela 10 - Efeitos fixos e testes abrangentes para mortalidade.....	60
Tabela 11 - Interações entre linhagem, tipo de aviário e idade na mortalidade.	62
Tabela 12 - Efeitos das linhagens e tipos de aviário sobre mortalidade.....	64
Tabela 13 - Parâmetros e informações do modelo de MEE.	71
Tabela 14 - Testes do modelo.	73
Tabela 15 - Índices de ajuste.	75
Tabela 16 - Modelo do usuário vs modelos de Baseline.	77
Tabela 17 - Estimativas dos parâmetros de regressão.	79
Tabela 18 - Cargas fatoriais para a taxa de crescimento conforme peso corporal....	81
Tabela 19 - Cargas fatoriais para a taxa de consumo alimentar.	82
Tabela 20 - Cargas fatoriais para a taxa de mortalidade.....	83
Tabela 21 - Estimativa do efeito indireto mediado por S_consumo no modelo teórico... ..	89
Tabela 22 - Significância dos efeitos principais e da interação na velocidade de ganho... ..	95
Tabela 23 - Resultados da modelagem da velocidade de ganho: estimativas paramétricas.....	96
Tabela 24 - Comparação entre linhagens para velocidade de ganho (Teste de Tukey).. ..	98
Tabela 25 - Médias marginais estimadas para velocidade de ganho por linhagem. .	99

Tabela 26 - Comparação entre linhagens para velocidade de ganho (Teste de Tukey)..	100
Tabela 27 - Médias marginais estimadas para velocidade de ganho por tipo aviário.....	100
Tabela 28 - Significância dos efeitos principais e da interação na velocidade de consumo.....	103
Tabela 29 - Parâmetros estimados do Modelo Linear Generalizado aplicados à velocidade de consumo.....	104
Tabela 30 - Comparação entre linhagens para velocidade de consumo (Teste de Tukey)..	105
Tabela 31 - Médias marginais estimadas para velocidade de consumo por linhagem.	106
Tabela 32 - Comparação entre tipos de aviário para velocidade de consumo (Teste de Tukey).....	106
Tabela 33 - Médias marginais estimadas para velocidade de consumo por tipo de aviário.....	107
Tabela 34 - Significância dos efeitos principais e da interação na velocidade da mortalidade.....	109
Tabela 35 - Estimativas paramétricas do modelo para a velocidade de mortalidade	111
Tabela 36 - Comparação entre linhagens para velocidade da mortalidade (Teste de Tukey)..	112
Tabela 37 - Médias marginais estimadas para velocidade de mortalidade por linhagem.....	113
Tabela 38 - Comparação entre tipos de aviário para velocidade de mortalidade (Teste de Tukey).....	113
Tabela 39 - Médias marginais estimadas para velocidade de mortalidade por linhagem.....	114
Tabela 40 - Pesos corporais: (Idade de abate ideal para - máximo lucro)	121
Tabela 41 - Consumo acumulado: (Idade de abate ideal para - máximo lucro).	124
Tabela 42 - Mortalidade acumulada: (Idade abate - máximo lucro).	128
Tabela 43 - Eficiência econômica ao 42º dia.....	135
Tabela 44 - Composição dos custos operacionais (ICPFrango/ Embrapa).....	209

Tabela 45 - Custos ajustados das rações para otimização 1 (Convencional) e otimização 2 (Climatizado).....	209
Tabela 46 - Pesos médios por tipo de aviário	210
Tabela 47 - Consumo médios por tipo de aviário	210
Tabela 48 - Mortalidade medias por tipo de aviário.....	211

LISTA DE SIGLAS

AIC	Critério de Informação de Akaike
BIC	Critério de Informação Bayesiano
CFI	Índice de Ajuste Comparativo
GLM	Modelos Lineares Generalizados
IFI	Índice de Ajuste Incremental
MCL	Modelos de Crescimento Latente
MEE	Modelagem de Equações Estruturais
MM	Modelos Mistos
MMG	Modelos Mistos Generalizados
NFI	Índice de Ajuste Normalizado
NNFI	Índice de Ajuste não Normalizado
NT1	Modelo de Crescimento não Linear 1
NT2	Modelo de Crescimento não Linear 2
NT3	Modelo de Crescimento não Linear 3
PNFI	Índice de Ajuste Normalizado com Parcimônia
PPO	Programa Prático de Otimização
RFI	Índice de Ajuste Relativo
RMSEA	Raiz do Erro Quadrático Médio de Aproximação
RNI	Índice de Não Centralidade Relativa
SRMR	Raiz Quadrada Média Residual Padronizada
TIL	Índice Tucker-Lewis
THUE	Modelo convergiu com sucesso
ULS	Método de Mínimos Quadrados não Ponderados (Unweighted Least Squares)
χ^2/df	Razão Qui-quadrado por Graus de Liberdade

LISTA DE ABREVIATURAS E TERMOS TÉCNICOS

Cons1_7g	Consumo de ração do 1º ao 7º dia
Cons8_21g	Consumo de ração do 8º ao 21º dia
Cons22_28g	Consumo de ração do 22º ao 28º dia
Cons29_Abate	Consumo de ração do 29º dia até o abate
ex.	Exemplo
I_consumo	Intercepto do consumo
I_ganho	Intercepto de crescimento
I_morte	Intercepto da mortalidade
Jamovi	Software para análises estatísticas (https://www.jamovi.org/)
Mort7	Mortalidade acumulada até o 7º dia
Mort14	Mortalidade acumulada até o 14º dia
Mort21	Mortalidade acumulada até o 21º dia
Mort28	Mortalidade acumulada até o 28º dia
Mort35	Mortalidade acumulada até o 35º dia
Mort42	Mortalidade acumulada até o 42º dia
Mort43_Abate	Mortalidade acumulada até o 43º dia (abate)
PM0	Peso ao nascer
PM7	Peso ao 7º dia
PM14	Peso ao 14º dia
PM21	Peso ao 21º dia
PM28	Peso ao 28º dia
PM35	Peso ao 35º dia
PM36_Abate	Peso no 36º dia (abate)
S_consumo	Inclinação do consumo
S_ganho	Inclinação de crescimento
S_morte	Inclinação da mortalidade
vs	Versus

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	24
2	MATERIAIS E MÉTODOS	26
2.1	DESENHO DO ESTUDO	26
2.2	OBJETIVOS E HIPÓTESES DO ESTUDO	26
2.2.1	<i>Os objetivos deste estudo.....</i>	26
2.2.2	<i>Hipóteses de pesquisa</i>	27
2.3	VARIÁVEIS LATENTES E ESTRUTURA DO MODELO ESTATÍSTICO	27
2.3.1	<i>Contribuições técnicas da modelagem de curvas latentes.....</i>	28
2.3.2	<i>Desafios técnicos associados à modelagem de curvas latentes: ...</i>	29
2.3.3	<i>Intercepto latente para crescimento (I_ganho).....</i>	29
2.3.4	<i>Inclinação latente para crescimento (S_ganho)</i>	30
2.3.5	<i>Intercepto latente para consumo de alimentos (I_consumo).....</i>	30
2.3.6	<i>Inclinação latente para consumo de alimentos (S_consumo)</i>	30
2.3.7	<i>Intercepto latente para mortalidade (I_morte)</i>	30
2.3.8	<i>Inclinação latente para mortalidade (S_morte).....</i>	30
2.4	IMPLEMENTAÇÃO DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS	31
2.5	COVARIÂNCIAS E REGRESSÕES	31
2.6	VALIDAÇÃO DO MODELO	32
2.7	INDICADORES DE AJUSTE AVALIADOS	33
2.8	JUSTIFICATIVA PARA OS INDICADORES.....	34
2.9	INTEGRAÇÃO COM O PROGRAMA PRÁTICO DE OTIMIZAÇÃO	35
2.9.1	<i>O objetivo e benefícios da análise econômica com PPO</i>	35
2.9.2	<i>Processo de análise.....</i>	36
2.10	JUSTIFICATIVA PARA A ESCOLHA METODOLÓGICA.....	36
2.11	FERRAMENTAS UTILIZADAS.....	36
2.12	INTEGRAÇÃO METODOLÓGICA FINAL.....	37
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
3.1	ANÁLISE DESCRITIVA E ANÁLISES COMPLEMENTARES.....	38

3.1.1	Análise descritiva: Peso	39
3.1.2	Análise: Modelo Misto Generalizado – Peso.....	42
3.1.2.1	<i>Análise das Interações: Modelo Misto Generalizado.....</i>	43
3.1.2.2	<i>Interações entre tipo de aviário, linhagem e idade: evidências gráficas e estatísticas</i>	45
3.1.2.3	<i>Efeitos simples das linhagens por tipo de aviário e idade</i>	46
3.1.3	Análise descritiva: Consumo	47
3.1.4	Análise: Modelo Misto Generalizado - Consumo	50
3.1.4.1	<i>Análise das interações: Consumo</i>	52
3.1.4.2	<i>Efeito simples das linhagens por tipo de aviário.....</i>	54
3.1.4.3	<i>Padrões de consumo alimentar.....</i>	55
3.1.5	Análise descritiva: Mortalidade.....	57
3.1.6	Análise: Modelo Misto - Mortalidade	59
3.1.6.1	<i>Resultados dos Modelos Mistos aplicados à análise descritiva</i>	60
3.1.6.2	<i>Análise das interações: Fatores produtivos e mortalidade</i>	62
3.1.6.3	<i>Resultados simples: Mortalidade em diferentes fases</i>	64
3.1.6.4	<i>Efeitos de interação e sua importância para a eficiência zootécnica</i>	68
3.1.6.5	<i>Implicações dos resultados</i>	68
3.1.6.6	<i>Intervalos de confiança e comportamento a partir do 35º dia.....</i>	69
3.1.6.7	<i>Implicações estratégicas e relevância do manejo</i>	69
3.2	RESULTADOS: MODELO DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS E MODELO DE CRESCIMENTO LATENTE	70
3.2.1	Especificações do modelo: MEE	71
3.2.2	Avaliação de ajuste do modelo de equações estruturais.....	73
3.2.3	Índices de ajuste do modelo MEE: SRMR e RMSEA	74
3.2.4	Modelo teórico vs modelo de referência: Índices de ajuste.....	76
3.3	PARÂMETROS DE REGRESSÃO: LINHAGEM E TIPO DE AVIÁRIO... 79	
3.3.1	Relações entre consumo e crescimento.....	79
3.3.2	Relações entre mortalidade e consumo.....	80
3.3.3	Relações entre mortalidade e crescimento.....	80
3.4	ESTRUTURA FATORIAL DOS INDICADORES LATENTES	81

3.4.1	<i>Cargas fatoriais dos indicadores de crescimento.....</i>	81
3.4.2	<i>Cargas fatoriais dos indicadores de consumo alimentar.....</i>	81
3.4.3	<i>Cargas fatoriais dos indicadores de mortalidade</i>	82
3.5	DIAGRAMA DE CAMINHOS	83
3.5.1	<i>Descrição detalhada do diagrama de caminho</i>	83
3.5.2	<i>Componentes fundamentais do diagrama estrutural</i>	86
3.5.3	<i>Covariâncias e relações estruturais</i>	86
3.5.4	<i>Implicações práticas</i>	87
3.5.5	<i>Conexão entre teoria e prática</i>	87
3.5.6	<i>Efeitos indiretos no modelo teórico</i>	89
3.5.6.1	<i>Impacto do crescimento e consumo sobre mortalidade</i>	89
3.6	IMPLICAÇÕES PRÁTICAS	90
3.6.1	<i>Manejo nutricional e genético.....</i>	90
3.6.2	<i>Monitoramento por janelas temporais.....</i>	90
3.6.3	<i>Gestão integrada de risco</i>	91
3.7	INTEGRAÇÃO DAS ANÁLISES DO MODELO DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS E MODELO LINEAR GENERALIZADO	91
3.7.1	<i>Justificativa da abordagem complementar.....</i>	91
3.7.2	<i>Papel dos escores fatoriais.....</i>	92
3.7.3	<i>Relevância técnica da integração.....</i>	92
3.7.4	<i>Contribuições específicas do Modelo Linear Generalizado para a análise de aviários e linhagens.....</i>	93
3.8	VELOCIDADE DE GANHO EM FUNÇÃO DA LINHAGEM E DO TIPO DE AVIÁRIO	93
3.8.1	<i>Fundamentos teóricos e implicações zootécnicas.....</i>	93
3.8.2	<i>Fatores biológicos e ambientais associados</i>	94
3.8.3	<i>Justificativa metodológica do uso do Modelo Linear Generalizado na análise da velocidade de ganho</i>	94
3.9	RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (GLM) – VELOCIDADE DE GANHO	95
3.9.1	<i>Estimativas dos parâmetros para a variável velocidade de ganho</i>	96

3.9.2	<i>Comparações múltiplas entre linhagens para a velocidade de ganho</i>	98
3.9.3	<i>Comparações múltiplas – Linhagem</i>	99
3.9.4	<i>Efeitos genéticos e ambientais combinados sobre a velocidade de ganho..</i>	101
3.9.5	<i>Representação gráfica da interação entre linhagem e tipo de aviário na velocidade de ganho.....</i>	101
3.10	RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (GLM) – VELOCIDADE DE CONSUMO.....	102
3.10.1	<i>Estimativas dos parâmetros para a variável velocidade de consumo</i>	103
3.10.2	<i>Comparações múltiplas entre linhagens para a velocidade de consumo..</i>	105
3.10.3	<i>Comparações múltiplas entre tipos de aviário para a velocidade de consumo</i>	106
3.10.4	<i>Efeitos combinados de linhagem e tipo de aviário sobre a velocidade de consumo: representação gráfica</i>	107
3.10.5	<i>Influência conjunta da linhagem e do tipo de aviário na velocidade de consumo</i>	108
3.11	RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO MODELO LINEAR GENERALIZADO: VELOCIDADE DA MORTALIDADE	109
3.11.1	<i>Estimativas dos parâmetros para a variável velocidade da mortalidade.....</i>	110
3.11.2	<i>Efeito da linhagem na velocidade de mortalidade: comparações múltiplas.....</i>	112
3.11.3	<i>Efeito do tipo de aviário na velocidade de mortalidade: comparações múltiplas.....</i>	113
3.11.4	<i>Efeitos combinados de linhagem e tipo de aviário sobre a velocidade de mortalidade: representação gráfica</i>	114
3.11.5	<i>Influência conjunta da linhagem e do tipo de aviário na velocidade de mortalidade.....</i>	115
3.12	INTEGRAÇÃO ESTATÍSTICA E FINANCEIRA	116
3.12.1	<i>Análise financeira: Programa Prático de Otimização</i>	116
3.12.2	<i>Importância de modelos não lineares e perspectiva econômica... ..</i>	116
3.12.3	<i>Convergência entre análises estatísticas e financeiras</i>	117
3.12.4	<i>Expansão metodológica e projeções financeiras</i>	117

3.12.5	Sistemas produtivos e projeções financeiras	118
3.12.6	Peso corporal: aviários convencionais vs climatizados.....	118
3.12.7	Aviários convencionais e climatizados: comparação.....	119
3.12.8	Ajustes semanais dos modelos NT1, NT2 e NT3.....	119
3.12.9	Relação com análises estatísticas no Modelo Misto Generalizado, Modelo de Equações Estruturais e Modelo de Crescimento Latente	120
3.12.10	Consumo acumulado em função dos tipos de aviário e das otimizações 1 e 2.....	122
3.12.11	Consumo acumulado: otimização 1 (Convencional)	122
3.12.12	Consumo acumulado: otimização 2 (Climatizado).....	122
3.12.13	Análise comparativa dos sistemas produtivos: resultados do Programa Prático de Otimização e métodos estatísticos.....	123
3.12.14	Mortalidades acumuladas: entre otimizações 1 e 2	125
3.12.15	Ponto de otimização e ajuste dos modelos	125
3.12.16	Mortalidade acumulada e análise comparativa	126
3.12.17	Estrutura financeira: lucro, receita e custos.....	129
3.12.18	Análise comparativa do desempenho financeiro no 42º dia considerando otimizações	130
3.12.18.1	Análise do lucro acumulado entre sistemas climatizados e convencionais.....	131
3.12.18.2	Avaliação comparativa da receita acumulada nos sistemas de produção.....	131
3.12.18.3	Efeitos do sistema de produção sobre o custo total.....	132
3.12.18.4	Lucro por ave: indicador de eficiência econômica individual.....	132
3.12.18.5	Custo por ave e implicações na sustentabilidade econômica	133
3.12.19	A importância da integração analítica	136
3.12.20	Dinamismo e relevância na avicultura	136
3.12.21	Visão integrada e inovadora.....	137
4	CONCLUSÕES	139
	REFERÊNCIAS.....	140
	APÊNDICE A - TRATAMENTO DOS DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA	143

APÊNDICE B - SCRIPTS: INTERCEPTOS E INCLINAÇÕES	146
APÊNDICE C – SOFTWARE E ANÁLISES.....	153
APÊNDICE D - ELEMENTOS GRÁFICOS: SETAS, CÍRCULOS E RETÂNGULOS CÍRCULOS.....	159
ANEXO A – ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DE PESO	161
ANEXO B – ANÁLISE ESTATÍSTICA: MMG PARA DADOS DE PESO	169
ANEXO C – ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DE CONSUMO ...	173
ANEXO D – ANÁLISE ESTATÍSTICA: MMG PARA DADOS DE CONSUMO.....	178
ANEXO E – ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DE MORTALIDADE	182
ANEXO F – ANÁLISE ESTATÍSTICA: MM PARA MORTALIDADE	190
ANEXO G – ANÁLISE ESTATÍSTICA: MEE E MCL	195
ANEXO H - MODELOS GLM PARA VELOCIDADE DE GANHO EM FUNÇÃO DA LINHAGEM E DO TIPO DE AVIÁRIO	200
ANEXO I - MODELOS GLM PARA VELOCIDADE DE CONSUMO EM FUNÇÃO DA LINHAGEM E DO TIPO DE AVIÁRIO	202
ANEXO J - MODELOS GLM PARA VELOCIDADE DE MORTALIDADE EM FUNÇÃO DA LINHAGEM E DO TIPO DE AVIÁRIO	204
ANEXO K – INTERFACE PPO: SIMULAÇÕES DE DESEMPENHO ECONÔMICO.....	206

1 INTRODUÇÃO

A avicultura é um dos setores mais dinâmicos e competitivos da agroindústria global, exigindo constante inovação e aprimoramento técnico. Esse segmento contribui de forma expressiva para a economia mundial e desempenha papel essencial na segurança alimentar, atendendo à crescente demanda por proteínas de alta qualidade. Em 2025, o Brasil consolidou-se como o maior exportador mundial de carne de frango, com produção aproximada de 15 milhões de toneladas e 5 milhões destinadas ao comércio internacional (United States Department of Agriculture - USDA, 2025).

O crescimento sustentável do setor está diretamente ligado à capacidade de interpretar e utilizar o grande volume de informações geradas diariamente, promovendo eficiência produtiva e rentabilidade econômica. Nesse contexto, ferramentas analíticas avançadas oferecem suporte robusto para embasar decisões estratégicas, transformando dados complexos em resultados aplicáveis.

Entre essas ferramentas, destacam-se os Modelos Mistos (MM) e os Modelos Mistos Generalizados (MMG), que permitem lidar com estruturas hierárquicas e variáveis que não seguem distribuições normais, fornecendo estimativas mais precisas em sistemas produtivos complexos (Dettloux *et al.*, 2022). A Modelagem de Equações Estruturais (MEE) amplia essa abordagem ao integrar variáveis observadas e latentes, possibilitando avaliar interações complexas que influenciam o desempenho zootécnico. Já os Modelos de Crescimento Latente (MCL) são essenciais para identificar padrões de crescimento e variações individuais, elementos críticos para otimizar o manejo e a produtividade (Preacher *et al.*, 2008).

Os Modelos Lineares Generalizados (GLM) complementam esse conjunto ao oferecer flexibilidade para lidar com variáveis dependentes que seguem distribuições distintas da normal. São particularmente úteis na análise de dados de mortalidade e de desempenho produtivo em condições tanto experimentais quanto de campo.

No presente estudo, foram analisados indicadores como peso, consumo alimentar e mortalidade de frangos de corte criados em dois tipos de aviários, climatizado e convencional. Os dados foram tratados por metodologias avançadas,

incluindo MM, MMG, MEE, MCL e GLM, integrados ao Programa Prático de Otimização (PPO).

Essa combinação metodológica possibilitou uma análise detalhada das dinâmicas produtivas e a tradução dos resultados em orientações práticas, com vistas à sustentabilidade e à inovação no manejo avícola (Faridi *et al.*, 2011; Garcia Neto, 2017).

Portanto, este trabalho busca contribuir para o avanço do setor avícola por meio da aplicação de técnicas analíticas avançadas, alinhadas às demandas contemporâneas de eficiência produtiva, econômica e ambiental. Os resultados obtidos visam fornecer subsídios técnicos consistentes para a tomada de decisões estratégicas, promovendo competitividade e sustentabilidade na produção.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DESENHO DO ESTUDO

Este estudo foi conduzido para analisar o crescimento, o consumo alimentar e a mortalidade de frangos de corte criados de duas linhagens em dois tipos de aviários: climatizado e convencional.

Os dados foram coletados em 2023, em uma empresa avícola localizada em Minas Gerais, abrangendo um banco com 1.297 lotes, totalizando 39.308.745 aves abatidas em condições reais de campo.

O banco foi inicialmente preparado para análises com a Modelagem de Equações Estruturais (MEE), os Modelos de Crescimento Latente (MCL) e os Modelos Lineares Generalizados (GLM). A MEE e os MCL foram empregados para estruturar variáveis latentes de crescimento, consumo e mortalidade, gerando escores fatoriais representativos. Em seguida, os GLM foram utilizados para avaliar os efeitos de linhagem e tipo de aviário sobre esses escores.

Complementarmente, os Modelos Mistos (MM) e os Modelos Mistos Generalizados (MMG) foram empregados para aprofundar a avaliação de peso, consumo e mortalidade, contemplando tanto a variabilidade natural entre lotes quanto os efeitos fixos e aleatórios. Essa combinação metodológica permitiu análises mais robustas dos fatores produtivos.

A análise econômica foi realizada por meio do Programa Prático de Otimização (PPO), que integra os resultados zootécnicos com os modelos matemáticos de Narushin-Takma (NT1, NT2 e NT3), possibilitando interpretação detalhada dos impactos financeiros (Faridi *et al.*, 2011; Garcia Neto, 2017).

2.2 OBJETIVOS E HIPÓTESES DO ESTUDO

2.2.1 Os objetivos deste estudo

O objetivo principal foi analisar o crescimento, o consumo alimentar e a mortalidade de frangos de corte criados em aviários climatizados e convencionais. Foram incluídas duas linhagens, A e B, com dados coletados em 2023 na empresa avícola. O banco de dados totalizou 1.297 lotes e 39.308.745 aves abatidas.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar relações dinâmicas entre variáveis observadas (peso, consumo e mortalidade) e variáveis latentes, identificando padrões de crescimento ao longo do tempo por meio da MEE e dos MCL.
- Utilizar os GLM para comparar o desempenho produtivo e econômico das linhagens A e B em diferentes tipos de aviário, a partir dos escores fatoriais gerados na MEE.
- Aplicar MM, MMG, MEE, MCL e GLM de forma integrada para compreender a variabilidade entre lotes e seus impactos sobre o desempenho zootécnico.
- Empregar o PPO para traduzir os resultados estatísticos em cenários econômicos práticos, destacando estratégias de manejo que maximizem eficiência e sustentabilidade.

2.2.2 Hipóteses de pesquisa

- A MEE permite modelar de forma integrada as variáveis latentes de crescimento, consumo e mortalidade, gerando escores fatoriais consistentes e apropriados para análises subsequentes.
- A integração de abordagens estatísticas avançadas (MM, MMG, MEE, MCL, GLM e PPO) aumenta a precisão analítica e favorece decisões econômicas mais fundamentadas.
- O uso combinado dessas ferramentas possibilita a avaliação dos efeitos de linhagem e aviário por meio do GLM aplicado aos escores fatoriais, além de permitir a otimização de custos e a maximização da rentabilidade em diferentes contextos produtivos.

2.3 VARIÁVEIS LATENTES E ESTRUTURA DO MODELO ESTATÍSTICO

Os Modelos de Crescimento Latente (MCL) desagregam o crescimento em dois componentes principais:

(1) A **tendência média**, representa o padrão geral observado em toda a população.

(2) As **variações individuais**, refletem as diferenças nas trajetórias de crescimento entre os lotes.

A tendência média é modelada como componente fixo, correspondendo ao crescimento esperado para a população como um todo, enquanto as variações individuais são tratadas como componentes aleatórios.

Preacher *et al.* (2008) destacam que os MCL são ferramentas robustas para o estudo de mudanças longitudinais, pois permitem identificar tanto padrões gerais quanto desvios individuais. Civelek (2018) reforça que essa abordagem é essencial para compreender processos dinâmicos em dados longitudinais.

Um exemplo é a evolução do peso, que pode ser representada por uma função de crescimento descrevendo a trajetória média, mas incorporando também as variações específicas de cada lote. Faridi *et al.* (2011) ressaltam que o uso de modelos flexíveis é fundamental para representar nuances de peso e produtividade em condições reais de campo.

2.3.1 Contribuições técnicas da modelagem de curvas latentes

As principais contribuições dos Modelos de Crescimento Latente (MCL) incluem:

- ✓ **Representação de padrões complexos:** permitem identificar fases de aceleração, desaceleração e transições críticas ao longo do ciclo produtivo (Preacher *et al.*, 2008).
- ✓ **Diferenciação individual:** possibilitam analisar variações entre lotes em função de manejo, ambiente e genética (Neves, 2018).
- ✓ **Flexibilidade:** acomodam formas não lineares, como nos modelos de Narushin-Takma, ajustando-se a dados produtivos complexos (Faridi *et al.*, 2011).
- ✓ **Alinhamento teórico-empírico:** garantem correspondência entre os dados coletados e os modelos teóricos utilizados (Civelek, 2018).
- ✓ **Identificação de padrões ocultos:** revelam fases não perceptíveis em análises simplificadas ou lineares (Preacher *et al.*, 2008).
- ✓ **Análise da variabilidade:** permitem atribuir diferenças a fatores ambientais, genéticos ou de manejo, fundamentais em dados de campo (Preacher *et al.*, 2008).

2.3.2 Desafios técnicos associados à modelagem de curvas latentes:

A utilização dos Modelos de Crescimento Latente (MCL) apresenta alguns desafios técnicos relevantes:

- ✓ **Complexidade matemática e convergência:** as estimativas podem falhar em amostras pequenas; nesse caso, técnicas de decomposição auxiliam na estabilidade das análises (Browne, 1984).
- ✓ **Necessidade de grande volume de dados:** medições extensas são críticas para assegurar precisão e consistência dos parâmetros estimados (Preacher *et al.*, 2008).
- ✓ **Medições múltiplas:** o modelo requer número substancial de pontos longitudinais para capturar adequadamente as trajetórias (Preacher *et al.*, 2008).
- ✓ **Dificuldade em capturar transições críticas:** há risco de colinearidade e instabilidade das estimativas, sendo recomendada a utilização de abordagens não lineares.
- ✓ **Dependência de conhecimento especializado:** a modelagem demanda formação técnica avançada para o ajuste correto e a interpretação consistente dos resultados (Civelek, 2018).

Apesar desses desafios, a abordagem é indispensável para compreender padrões de crescimento que dificilmente seriam detectados em análises mais simplificadas, especialmente em bases de dados de campo, nas quais a variabilidade entre lotes é elevada.

2.3.3 Intercepto latente para crescimento (*I_ganho*)

Representa o peso inicial dos frangos de corte, calculado a partir das medidas de peso registradas ao longo do período de criação em condições reais de campo: PM0, PM7, PM14, PM21, PM28, PM35 e PM36_Abate. Cada medida contribuiu igualmente (peso = 1) para a formação do intercepto, refletindo o ponto de partida do crescimento médio dos lotes.

2.3.4 Inclinação latente para crescimento (S_{ganho})

Calculada a partir das variações de peso ao longo do tempo (PM7 a PM36_Abate). O valor inicial (PM0) foi fixado em (0) zero, representando o ponto de partida, e coeficientes progressivos foram atribuídos até (1) um, em PM36_Abate, descrevendo a taxa de crescimento dos lotes.

2.3.5 Intercepto latente para consumo de alimentos (I_{consumo})

Corresponde ao consumo inicial de alimentos, determinado pelas variáveis Cons1_7g, Cons8_21g, Cons22_28g e Cons29_Abate. Cada medida contribuiu igualmente (peso = 1), refletindo o ponto de referência do consumo inicial médio (Marôco, 2021).

2.3.6 Inclinação latente para consumo de alimentos (S_{consumo})

Representa a taxa de variação do consumo ao longo do ciclo produtivo, obtida a partir das mesmas variáveis de consumo. O coeficiente foi definido de forma progressiva, partindo de zero em Cons1_7g até 1 em Cons29_Abate, caracterizando o padrão de aumento do consumo (Marôco, 2021).

2.3.7 Intercepto latente para mortalidade (I_{morte})

Reflete a mortalidade inicial acumulada, definida pelas variáveis Mort7, Mort14, Mort21, Mort28, Mort35, Mort42 e Mort43_Abate. Cada medida contribuiu igualmente (peso = 1), representando a condição inicial da mortalidade dos lotes avaliados.

2.3.8 Inclinação latente para mortalidade (S_{morte})

Indica a taxa de mudança da mortalidade ao longo do tempo, com coeficientes progressivos que variam de zero em Mort7 até 1 em Mort43_Abate.

Esse parâmetro descreve a evolução da mortalidade durante o ciclo de produção em condições comerciais de campo.

2.4 IMPLEMENTAÇÃO DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises foram realizadas no software Jamovi, contemplando Modelos Mistos (MM), Modelos Mistos Generalizados (MMG), Modelagem de Equações Estruturais (MEE), Modelos de Crescimento Latente (MCL) e Modelos Lineares Generalizados (GLM), de acordo com a natureza das variáveis analisadas.

Os MM e MMG foram incorporados como complemento às análises descritivas, funcionando como uma radiografia detalhada dos resultados iniciais e permitindo visualizar a variabilidade natural entre lotes, um aspecto crítico em bases de dados industriais de grande escala (Detilleux *et al.*, 2022).

Em seguida, a MEE foi especificada e estimada com o pacote lavaan (<https://www.jamovi.org/>), integrando variáveis latentes de crescimento, consumo e mortalidade. Essa modelagem possibilitou gerar escores fatoriais e estimar efeitos diretos e indiretos entre as variáveis latentes, fornecendo uma visão aprofundada da dinâmica entre os indicadores produtivos em condições reais de campo.

Na sequência, os MCL foram utilizados para refinar a representação das trajetórias de crescimento e identificar variações individuais.

Por fim, os GLM foram empregados para avaliar os efeitos de linhagem e tipo de aviário sobre os escores fatoriais derivados da MEE, assegurando consistência analítica e precisão na interpretação dos resultados.

Esse encadeamento metodológico permitiu uma análise abrangente, capaz de captar as nuances produtivas e zootécnicas observadas na rotina da indústria avícola.

2.5 COVARIÂNCIAS E REGRESSÕES

Foram modelados covariâncias e regressões para avaliar as interdependências entre crescimento, consumo e mortalidade, contemplando tanto efeitos diretos quanto indiretos.

Segundo Neves (2018), a MEE é essencial para integrar covariâncias em contextos multivariados, permitindo interpretações mais robustas das interações

entre variáveis observadas e latentes. Preacher *et al.* (2008) reforçam que a incorporação de covariâncias possibilita identificar padrões estruturais subjacentes, como a influência de fatores de manejo e ambiente sobre a mortalidade e o crescimento.

Essa abordagem apresenta especial relevância em dados de campo, nos quais as interações entre variáveis são mais complexas e sujeitas à variabilidade natural. Faridi *et al.* (2011) destacam que modelos flexíveis são indispensáveis para captar nuances relacionadas ao manejo zootécnico e às condições ambientais.

Assim, a modelagem das covariâncias e regressões permitiu identificar não apenas relações estatísticas, mas também padrões produtivos consistentes com a realidade da indústria avícola.

2.6 VALIDAÇÃO DO MODELO

A validação do modelo teórico proposto foi conduzida com base em indicadores de ajuste amplamente reconhecidos na literatura de Modelagem de Equações Estruturais (MEE). Esses indicadores fornecem parâmetros consistentes para avaliar a qualidade do ajuste e a confiabilidade do modelo, assegurando que as relações entre variáveis observadas e latentes estivessem adequadamente representadas.

O estudo adotou modelos não lineares para descrever o crescimento, o consumo e a mortalidade de frangos de corte. As estimativas foram obtidas a partir dos Modelos Mistos (MM) e dos Modelos Mistos Generalizados (MMG), complementados pela MEE e pelos Modelos de Crescimento Latente (MCL), com integração dos Modelos Lineares Generalizados (GLM). Essa combinação metodológica ampliou a capacidade de captar padrões produtivos complexos e compreender as interações entre variáveis zootécnicas e econômicas.

A abordagem utilizada apresenta paralelos conceituais e metodológicos com os trabalhos de Grimm, Ram e Hamagami (2011), originalmente aplicados ao crescimento humano e aqui adaptados ao contexto da avicultura. Essa transposição permitiu análises mais detalhadas dos processos de mudança, contemplando variações não lineares e diferenças individuais entre lotes.

Modelos lineares, em contrapartida, apresentam limitações, pois não representam adequadamente as não linearidades e a variabilidade individual

observadas no crescimento de frangos de corte. Essas restrições decorrem da suposição de relações constantes ao longo do tempo, o que não reflete a natureza dinâmica dos processos produtivos.

A modelagem dos processos de mudança, portanto, exigiu uma abordagem capaz de superar essas limitações e representar de forma mais fiel as variações temporais e individuais. A utilização conjunta de MM, MMG, MEE, MCL e GLM possibilitou explorar padrões de mudança complexos e ampliar a capacidade explicativa do modelo.

Segundo Neves (2018), a MEE é fundamental para integrar relações multivariadas e variáveis latentes, conferindo maior robustez na avaliação de padrões estruturais. De forma complementar, Civelek (2018) enfatiza que o alinhamento teórico-prático é determinante para ajustar modelos que envolvem processos dinâmicos, garantindo a precisão das estimativas e a validade empírica dos resultados.

2.7 INDICADORES DE AJUSTE AVALIADOS

Comparative Fit Index (CFI): O CFI avalia o ajuste do modelo teórico em comparação a um modelo nulo, sendo considerado excelente quando superior a 0,95 e adequado entre 0,90 e 0,95. De acordo com Amorim *et al.* (2012), o índice de ajuste comparativo permite comparar o modelo proposto com o modelo nulo, sendo valores superiores a 0,90 desejáveis para indicar um bom ajuste.

Tucker-Lewis Index (TLI) e Bentler-Bonett Non-normed Fit Index (NNFI): Esses índices avaliam a parcimônia do modelo, penalizando a complexidade excessiva. Valores próximos de 1 indicam elevada eficiência no ajuste. Conforme Amorim *et al.* (2012), o índice TLI é ajustado para modelos complexos, sendo que valores superiores a 0,90 indicam um bom desempenho.

Relative Noncentrality Index (RNI): Mede a redução relativa da não centralidade do modelo teórico em relação ao modelo nulo. Valores acima de 0,90 são considerados desejáveis e indicam um ajuste consistente.

Bentler-Bonett Normed Fit Index (NFI) e Bollen's Relative Fit Index (RFI): Ambos verificam o ajuste relativo do modelo e indicam adequação quando superiores a 0,90. O NFI mede a proporção de melhoria do modelo em relação ao

modelo nulo, enquanto o RFI incorpora a complexidade do modelo à avaliação. Valores acima de 0,90 indicam boa adequação (Bilich; Silva; Ramos, 2006).

Bollen's Incremental Fit Index (IFI): Avalia a melhoria incremental do modelo teórico em relação ao modelo nulo, sendo que resultados acima de 0,90 são considerados excelentes.

Parsimony Normed Fit Index (PNFI): Penaliza modelos excessivamente complexos, favorecendo aqueles que alcançam bom ajuste com simplicidade. Valores acima de 0,50 são considerados satisfatórios.

Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA): Mede o erro médio de aproximação por grau de liberdade. Valores abaixo de 0,06 são considerados excelentes e entre 0,06 e 0,08 aceitáveis. Rosseel (2012) destaca que métricas baseadas em funções de discrepância, como o RMSEA, desempenham papel fundamental na avaliação da adequação global dos modelos estruturais. Browne (1984) reforça a importância desse índice na identificação de ajustes precisos.

Standardized Root Mean Square Residual (SRMR): Representa o desvio médio padronizado entre as correlações observadas e esperadas pelo modelo. Valores inferiores a 0,08 indicam ajuste adequado.

Qui-quadrado (χ^2): Apesar de sua sensibilidade ao tamanho da amostra, esse teste oferece uma base inicial para avaliar a diferença entre o modelo teórico e os dados observados. Valores ajustados por graus de liberdade (χ^2/df) inferiores a 3 são considerados ideais. De acordo com Sanches (2005), o teste Qui-Quadrado verifica se todos os resíduos em $\Sigma - \Sigma(\theta)$ são iguais a zero, sendo aplicável em modelos superidentificados. Esse índice fornece uma métrica importante para avaliação global, devendo ser interpretado em conjunto com outros indicadores devido à sua sensibilidade ao tamanho amostral.

2.8 JUSTIFICATIVA PARA OS INDICADORES

A escolha desses indicadores tem como objetivo oferecer uma visão abrangente e detalhada da qualidade do ajuste, assegurando que o modelo teórico seja adequado para explicar as relações complexas entre as variáveis do estudo. Segundo Amorim *et al.* (2012), a utilização de indicadores de ajuste é fundamental para validar modelos teóricos em contextos multivariados, garantindo que as

relações entre variáveis latentes e observadas sejam representadas de forma consistente.

De acordo com Bilich, Silva e Ramos (2006), índices como o CFI, TLI e RMSEA permitem não apenas avaliar a qualidade do ajuste, mas também interpretar a parcimônia e a adequação do modelo frente à complexidade dos dados analisados. Esses indicadores oferecem suporte estatístico robusto para confirmar a confiabilidade e a validade do modelo aplicado.

Além disso, Rosseel (2012) destaca que a combinação de diferentes indicadores, como RMSEA, SRMR e qui-quadrado ajustado por graus de liberdade, é essencial para uma avaliação abrangente da adequação global do modelo, favorecendo interpretações consistentes e relevantes. No presente estudo, essa abordagem fortalece a confiabilidade do modelo como ferramenta estratégica para a análise e otimização do desempenho produtivo e econômico na avicultura.

2.9 INTEGRAÇÃO COM O PROGRAMA PRÁTICO DE OTIMIZAÇÃO

2.9.1 O objetivo e benefícios da análise econômica com PPO

O PPO foi utilizado para cruzar indicadores zootécnicos (consumo, peso e mortalidade) com dados financeiros (custos operacionais e de alimentação, e preço de venda). O objetivo foi identificar o sistema de manejo mais vantajoso economicamente, permitindo a comparação específica entre aviários climatizados e convencionais. Conforme descrito por Garcia Neto (2017), o Programa Prático de Otimização (PPO) é uma ferramenta essencial para a modelagem econômica, integrando dados zootécnicos e financeiros para identificar soluções otimizadas que maximizam o desempenho econômico.

Adicionalmente, Faridi *et al.* (2011) destacam que a utilização de modelos matemáticos avançados, como os empregados no PPO, permite uma análise detalhada das interações entre indicadores produtivos e custos, resultando em decisões estratégicas mais fundamentadas. Essa abordagem contribui para compreender as nuances entre diferentes sistemas de manejo e seus impactos econômicos, assegurando que as decisões sejam baseadas em uma análise robusta dos dados.

2.9.2 *Processo de análise*

Os dados foram integrados ao PPO, permitindo a otimização de índices econômicos para avaliar de forma precisa o impacto financeiro das decisões gerenciais. Essa análise detalhada viabilizou a identificação de práticas que potencializam a eficiência produtiva e reduzem custos operacionais, com aplicações diretas e relevantes para a rotina avícola, promovendo melhorias sustentáveis no manejo e na produção.

2.10 JUSTIFICATIVA PARA A ESCOLHA METODOLÓGICA

A utilização combinada de Modelos Mistos (MM), Modelos Mistos Generalizados (MMG), Modelagem de Equações Estruturais (MEE), Modelos de Crescimento Latente (MCL), Modelos Lineares Generalizados (GLM), Power Query (ferramenta do Excel para manipulação e transformação de dados) e do Programa Prático de Otimização (PPO) proporcionou uma estratégia metodológica robusta para avaliar os fatores determinantes do desempenho zootécnico e econômico de frangos de corte.

Essa integração permitiu articular a interpretação de padrões latentes, o exame de relações multivariadas e a otimização de indicadores econômicos, resultando em análises consistentes e aplicáveis à realidade da produção avícola.

O uso articulado dessas ferramentas garantiu uma compreensão aprofundada das dinâmicas produtivas e dos custos operacionais, possibilitando a definição de estratégias fundamentadas em evidências para maximizar a produtividade e a rentabilidade. Essa abordagem integrada mostra-se essencial para atender às demandas atuais de eficiência e sustentabilidade na produção animal.

2.11 FERRAMENTAS UTILIZADAS

Jamovi: Realização de análises estatísticas, incluindo Modelos Mistos (MM), Modelos Mistos Generalizados (MMG), Modelagem de Equações Estruturais (MEE), Modelos de Crescimento Latente (MCL) e Modelos Lineares Generalizados (GLM). (<https://www.jamovi.org/>).

Power Query: Organização, transformação e limpeza dos dados. (<https://powerquery.microsoft.com>).

PPO (UNESP): Avaliação econômica e otimização de cenários produtivos. (<https://sites.google.com/site/ppoprogramforoptimization/>).

2.12 INTEGRAÇÃO METODOLÓGICA FINAL

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada em etapas sequenciais, aplicadas a dados reais de campo.

Inicialmente, utilizou-se o Power Query para padronizar, integrar e limpar o banco de dados de grande escala, assegurando consistência e qualidade às análises subsequentes.

Na sequência, os Modelos Mistos (MM) e os Modelos Mistos Generalizados (MMG) foram aplicados como complemento às análises descritivas, funcionando como uma radiografia inicial do desempenho zootécnico e permitindo identificar a variabilidade natural entre lotes (Detilleux *et al.*, 2022).

Posteriormente, a Modelagem de Equações Estruturais (MEE) e os Modelos de Crescimento Latente (MCL) foram utilizados para estruturar variáveis latentes de crescimento, consumo e mortalidade, gerando escores fatoriais e permitindo a identificação de padrões complexos, efeitos diretos e indiretos e variações não lineares (Civelek, 2018; Preacher *et al.*, 2008).

Em seguida, os Modelos Lineares Generalizados (GLM) foram empregados para avaliar os efeitos de linhagem e tipo de aviário sobre os escores fatoriais gerados pela MEE, fornecendo uma visão clara do impacto desses fatores produtivos.

Por fim, o Programa Prático de Otimização (PPO), aliado aos modelos matemáticos de Narushin-Takma (NT1, NT2 e NT3), traduziu os resultados estatísticos em cenários econômicos práticos, possibilitando simulações de manejo, otimização de custos e avaliação de estratégias voltadas à sustentabilidade.

Essa sequência metodológica assegurou uma análise robusta e integrada, fornecendo subsídios sólidos para decisões técnicas e econômicas aplicáveis à realidade da indústria avícola.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DESCRITIVA E ANÁLISES COMPLEMENTARES

A análise descritiva constituiu etapa essencial para compreender as dinâmicas dos indicadores de peso, consumo e mortalidade na produção avícola, especialmente em um repositório industrial de grande porte. A complexidade desse tipo de banco de dados exigiu organização criteriosa, de modo a estruturá-lo para análises técnicas precisas e informativas. Conforme destacado por Aguinis, Gottfredson e Joo (2013), a identificação e o tratamento de valores atípicos são fundamentais para assegurar a integridade das análises em bases de dados extensas.

Nesta etapa, foram aplicados os MM e os MMG como complemento às análises descritivas. Os MM se mostraram adequados para variáveis contínuas com distribuição aproximadamente normal, como peso e consumo. Já os MMG foram utilizados para variáveis que não seguem distribuição normal, como a mortalidade, além de possibilitarem a modelagem de estruturas hierárquicas presentes nos dados de campo. Segundo Sampaio (2002), essa capacidade de avaliar variáveis de forma isolada e ao mesmo tempo contextualizada dentro da estrutura dos dados é um dos pontos fortes desses modelos.

Posteriormente, a análise foi expandida por meio da MEE e da MCL, integrando variáveis observadas e latentes em um único arcabouço analítico. Conforme descrito por Amorim *et al.* (2012) e Marôco (2021), a MEE permite investigar relações complexas entre variáveis latentes, enquanto a MCL é capaz de estimar padrões de crescimento ao longo do tempo, identificando tendências médias e variações individuais.

Com base nos escores fatoriais derivados da MEE e da MCL, os GLM foram aplicados para avaliar as velocidades de ganho de peso, consumo e mortalidade. Essa etapa permitiu explorar diferentes distribuições de probabilidade e identificar interações significativas no contexto produtivo, assegurando maior precisão às estimativas e reforçando a aplicabilidade prática dos resultados.

A integração entre MM, MMG, MEE, MCL e GLM forneceu uma visão abrangente dos indicadores produtivos. Conforme enfatizado por Kline (2016), o uso de modelos avançados e complementares contribui decisivamente para transformar

dados complexos em soluções práticas, otimizando a eficiência e a sustentabilidade da produção avícola.

3.1.1 Análise descritiva: Peso

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas ajustadas para os pesos dos frangos de corte ao longo do ciclo de crescimento de PM0 até PM36_Abate, diferenciados por tipo de aviário climatizado e convencional e por linhagem A e B. A análise considera a média, mediana, desvio-padrão, fornecendo uma visão geral das diferenças no crescimento ao longo do tempo. Esse formato oferece uma visão abrangente das variáveis e tendências entre as diferentes linhagens e tipos de manejo.

Os dados mostram que, em geral, os frangos da linhagem A manifestam um desempenho superior em termos de peso. Isso ocorre principalmente em aviários climatizados, onde a variabilidade é menor.

A menor dispersão nos pesos ao longo do ciclo, PM0 a PM36_Abate, reforça a ideia de que o ambiente favorece o crescimento homogêneo. Essa homogeneidade é altamente vantajosa para o abatedouro.

As diferenças entre os frangos criados em aviários climatizados e convencionais são mais acentuadas nas fases iniciais do ciclo de PM0 a PM14. Isso sugere que o impacto das condições ambientais controladas é mais pronunciado no início da vida dos frangos, o que afeta diretamente o desempenho final.

Essa vantagem observada para a Linhagem A sugere que essa linhagem pode ter uma melhor adaptação a diferentes condições ambientais e um potencial genético superior para ganho de peso, especialmente em ambientes mais favoráveis. Isso destaca a relevância de selecionar famílias dentro das linhagens que melhor se adaptem às diferentes condições de manejo, garantindo maior eficiência e otimizando o retorno econômico do sistema.

As estatísticas de dispersão, especialmente o desvio-padrão e o coeficiente de variação, indicam que os aviários climatizados proporcionam uma menor variabilidade no peso dos frangos, especialmente nas fases intermediárias e finais de PM21 a PM36_Abate. Esse controle mais rigoroso das condições ambientais reduz a heterogeneidade no crescimento, promovendo mais

uniformidade nos lotes e facilitando o planejamento zootécnico e o manejo nutricional.

Em contrapartida, a maior variabilidade observada em aviários convencionais, como demonstrado pelos maiores desvio padrão e coeficientes de variação (Tabela 1 e Anexo A), sugere que o ambiente mais estressante pode aumentar as disparidades individuais entre os frangos, resultando em um lote menos uniforme e com pesos mais dispersos.

Os dados apresentados na Tabela 1 destacam que o crescimento dos frangos ao longo das semanas, de PM0 a PM36_Abate, é mais consistente nos aviários climatizados, como evidenciado pelos menores desvios padrão nas semanas finais. A linhagem A apresentou um crescimento mais linear, com menor dispersão de peso (desvio padrão de 216 g em aviários climatizados, comparado a 228 g em aviários convencionais na semana PM36_Abate).

Em contraste, a linhagem B exibiu maior variabilidade de peso, especialmente nos aviários convencionais (desvio padrão de 232 g na semana PM36_Abate), indicando que o ambiente influencia diretamente a uniformidade do crescimento. Esses resultados sugerem que, além da genética, fatores ambientais, como controle climático, desempenham um papel crucial na promoção de um crescimento mais estável e previsível ao longo do período de criação.

Dessa forma, os resultados da Tabela 1 mostram que os aviários climatizados proporcionam um ambiente mais favorável ao crescimento uniforme dos frangos, independentemente da linhagem. No entanto, a linhagem A se destaca como a mais adequada para ambos os tipos de aviário, com maior peso final ao abate e menor variabilidade em comparação à linhagem B. Esses achados indicam que, além da genética, o tipo de aviário deve ser considerado como um fator chave no planejamento zootécnico para otimizar o desempenho produtivo.

Assim, esses dados reforçam a importância de um manejo adequado, que considere tanto a linhagem quanto o ambiente, para maximizar a uniformidade e o ganho de peso, minimizando a variabilidade e otimizando o retorno econômico.

Seguindo essa abordagem, aprofundamos a análise do peso com o uso dos MMG, que permitem captar variações específicas entre lotes e aviários, oferecendo uma compreensão detalhada das trajetórias de crescimento. Essa metodologia possibilita identificar os fatores críticos que impactam diretamente a

uniformidade e o desempenho zootécnico, contribuindo para estratégias de manejo mais precisas e sustentáveis.

Tabela 1 - Variáveis de peso por tipo de aviário e linhagem.

Variável	Tipo de aviário	Linhagem	Média (g)	Mediana (g)	Desvio padrão (g)
PM0			45	47	3
PM7			190	191	18
PM14			500	508	49
PM21	Climatizado	A	1015	1019	84
PM28			1683	1701	118
PM35			2343	2353	139
PM36_Abate			3258	3251	216
PM0			45	47	4
PM7	Convencional	A	178	183	21
PM14			462	478	61
PM21			945	955	113
PM28			1570	1584	151
PM35			2175	2195	195
PM36_Abate	3200	3224	228		
PM0			44	44	3
PM7			173	176	21
PM14			453	461	53
PM21	Climatizado	B	925	941	98
PM28			1558	1576	137
PM35			2199	2223	169
PM36_Abate			3181	3183	234
PM0			45	45	3
PM7	Convencional	B	161	162	22
PM14			414	418	56
PM21			839	847	107
PM28			1415	1426	134
PM35			1987	1976	177
PM36_Abate	3040	3051	232		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: PM0 = Peso inicial; PM7 = Peso de sete dias; PM14 = Peso de quatorze dias; PM21 = Peso de vinte e um dias; PM28 = Peso de vinte e oito dias; PM35 = Peso de trinta e cinco dias; PM36_Abate = Peso de trinta e seis dias ao abate.

3.1.2 Análise: Modelo Misto Generalizado – Peso

Os resultados apresentados na Tabela 2 e 3 destacam os efeitos principais e as interações significativas entre as variáveis avaliadas no Modelo Misto Generalizado (MMG). Esses achados complementam a análise descritiva de peso ao detalhar de forma precisa como variáveis categóricas, como linhagem e tipo de aviário, e variáveis contínuas, como os termos linear, quadrático e cúbico da idade, influenciam o crescimento acumulado das aves ao longo do ciclo produtivo.

Tabela 2 - Coeficientes estimados segundo o peso corporal.

Variável	Estimativa	Erro padrão (SE)	z	Valor de p
Linhagem B vs. A	-84,21	1,37	-61,4	< 0,0001
Tipo aviário - Convencional vs Climatizado	-78,02	1,6	-48,4	< 0,0001
Idade linear	2735,45	3,38	808,2	< 0,0001
Idade quadrática	688,19	2,42	284,3	< 0,0001
Idade cúbica	9,88	2,17	4,6	0,000005

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos, dados ajustados a 42 dias de abate.

O coeficiente significativo para a Idade linear (2735,45; $p < 0,0001$) evidencia que o peso corporal das aves aumenta consistentemente com o avanço da idade. No entanto, os termos quadráticos (688,19; $p < 0,0001$) e cúbico (9,88; $p = 0,000005$) indicam que o crescimento não ocorre de maneira uniforme, refletindo uma desaceleração nas fases finais do ciclo produtivo. Além disso, os resultados mostram que o tipo de aviário e a linhagem têm impactos significativos, com aves do sistema climatizado apresentando pesos maiores em relação ao sistema convencional (-78,02; $p < 0,0001$).

Essas análises reforçam a importância de considerar tanto os fatores genéticos quanto as condições ambientais para otimizar o crescimento das aves. O uso do MMG permite compreender de forma detalhada as interações entre essas variáveis, oferecendo subsídios robustos para decisões estratégicas que maximizem o desempenho produtivo e econômico.

3.1.2.1 Análise das Interações: Modelo Misto Generalizado

Tabela 3 - Interações significativas entre linhagem, tipo de aviário e idade: (Peso).

Interação	Estimativa	Erro Padrão (SE)	z	p-valor
Linhagem * Tipo Aviário	-24,80	2,14	-11,58	< 0,0001
Linhagem * Idade linear	-140,41	2,62	-53,58	< 0,0001
Tipo Aviário * Idade linear	-141,26	3,54	-39,86	< 0,0001
Linhagem * Tipo Aviário * Idade	-69,21	3,97	-17,42	< 0,0001

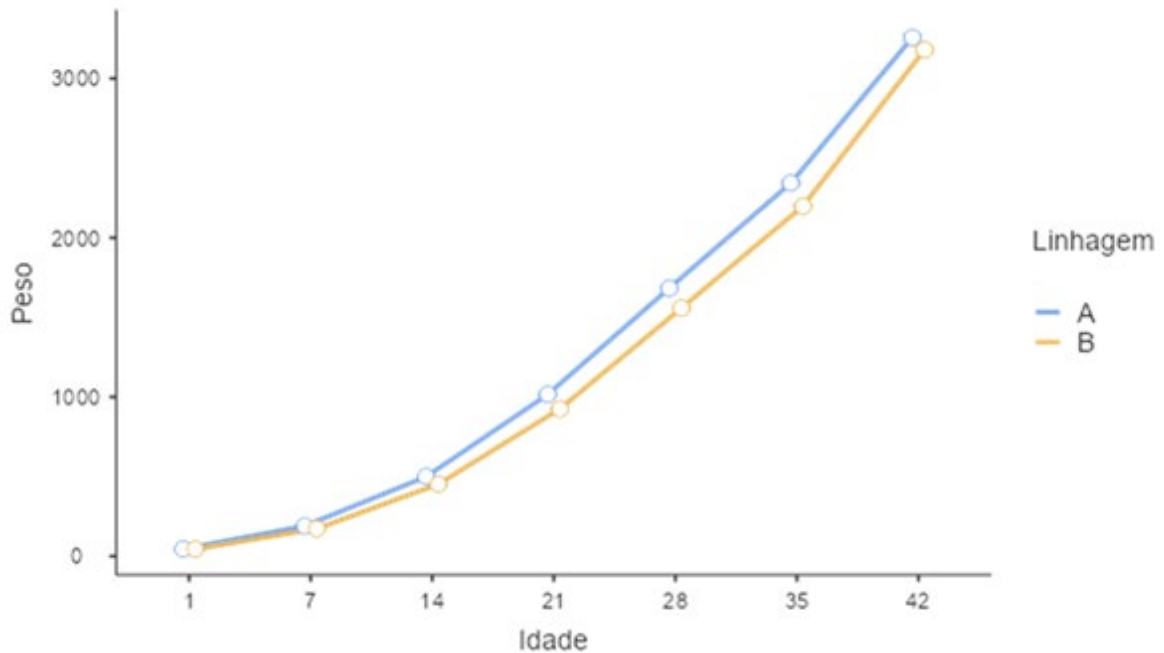
Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos, dados ajustados a 42 dias de abate.

Interação Linhagem * Tipo de Aviário * Idade: A interação tripla entre linhagem, tipo de aviário e idade destacou-se com uma estimativa de -69,21 g (SE = 3,97, $p < 0,0001$). Esse resultado evidencia a complexidade da relação entre fatores genéticos e ambientais ao longo do tempo. Frangos da linhagem A criados em aviários climatizados apresentaram os maiores ganhos de peso em idades jovens, enquanto frangos da linhagem B em aviários convencionais apresentaram os menores ganhos. Essa interação tripla sugere que o impacto dos fatores ambientais é amplificado pelas diferenças genéticas das linhagens, sendo mais pronunciado em condições adversas. A constatação de um tríplice interação, impede a apreciação de interação de ordem inferior (Sampaio, 2002).

A Figura 1 apresenta a evolução do peso médio acumulado das linhagens A e B ao longo do ciclo produtivo em aviários climatizados, reforçando as tendências observadas nos resultados estatísticos apresentados na Tabela 2 e 3.

Figura 1 - Peso médio acumulado das linhagens A e B em aviário climatizado.



Fonte: Jamovi, dados ajustados a 42 dias de abate.

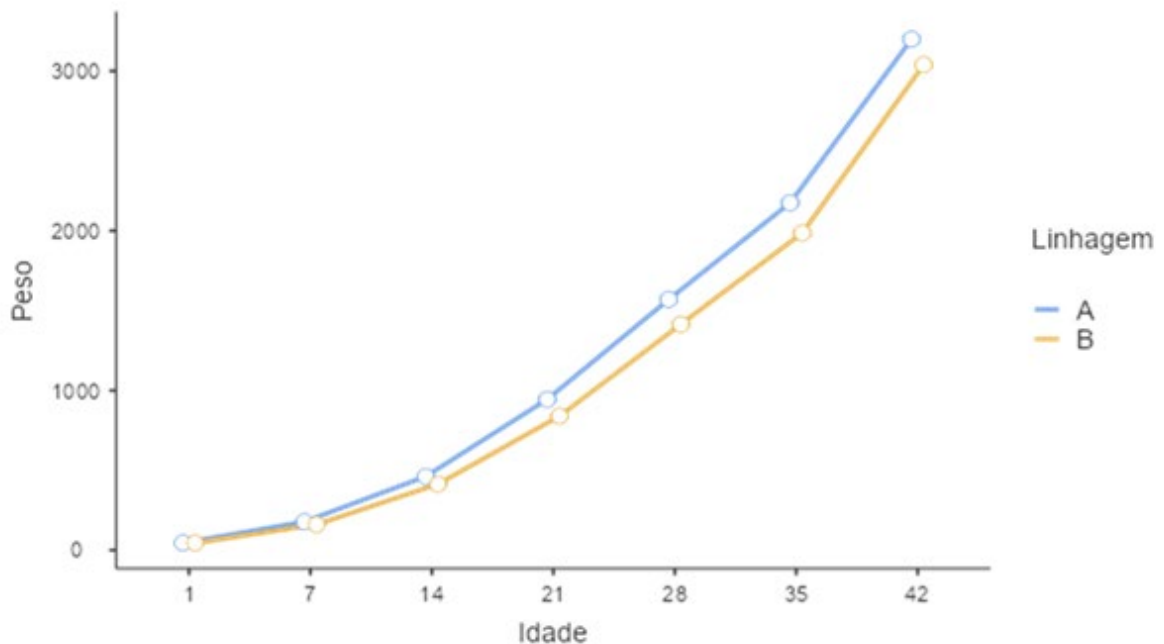
A Figura 2 ilustra o peso médio acumulado das linhagens A e B ao longo do ciclo produtivo em aviários convencionais. A análise dos gráficos, alinhada às evidências estatísticas, destaca:

Tendência Geral: O crescimento foi mais limitado em comparação ao aviário climatizado, com pesos médios finais de 3,200g para a linhagem A e 3,040g para a linhagem B. A diferença de 160 g entre as linhagens foi mais pronunciada neste ambiente e estatisticamente significativa ($p < 0,001$), como apontado na Tabela 1 e 4.

Diferenças entre Linhagens: A linhagem A manteve-se superior durante todo o ciclo produtivo, mesmo em condições ambientais menos favoráveis.

Impacto do aviário convencional: No caso do aviário convencional, os dados indicam uma maior variabilidade nos resultados de peso médio acumulado, com valores inferiores às condições climatizadas. Os pesos médios observados no aviário convencional (3,200g para a linhagem A e 3,040g para a linhagem B, conforme mostrado nos valores consolidados de peso médio acumulado/Tabela 1) demonstram o impacto adverso de um manejo ambiental menos controlado.

Figura 2 - Peso médio acumulado das linhagens A e B em aviário convencional.



Fonte: Jamovi, dados ajustados a 42 dias de abate.

3.1.2.2 Interações entre tipo de aviário, linhagem e idade: evidências gráficas e estatísticas

Os dados apresentados nas figuras corroboram as análises estatísticas das tabelas e reforçam as seguintes conclusões:

Efeito do Aviário Climatizado (Figura 1): As condições controladas proporcionaram pesos médios superiores (3,258g para A e 3,181g para B) e reduziram as diferenças entre linhagens. Isso está alinhado com os coeficientes significativos relacionados à interação entre tipo de aviário e idade observados na Tabela 3, que destacam o impacto positivo do controle ambiental.

Efeito do Aviário Convencional (Figura 2): Pesos médios inferiores (3,200g para A e 3,040g para B) refletem os desafios enfrentados em ambientes não controlados, com maior impacto na linhagem B. Essa tendência é sustentada pelos coeficientes significativos das interações entre tipo de aviário e idade, além das diferenças entre linhagens.

Interações Significativas: As tabelas evidenciam que tanto os efeitos principais quanto as interações foram estatisticamente significativos ($p < 0,001$) para

as variáveis idade, linhagem e tipo de aviário, corroborando as diferenças observadas nos gráficos.

Esses resultados são fundamentais para reforçar a relevância do manejo ambiental e genético na avicultura moderna. O uso de aviários climatizados demonstrou ser uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos adversos das condições ambientais e otimizar o desempenho produtivo, conforme evidenciado pelas análises gráficas e estatísticas apresentadas.

3.1.2.3 Efeitos simples das linhagens por tipo de aviário e idade

A Tabela 4 apresenta os efeitos simples das linhagens A e B em função do tipo de aviário e idade, destacando diferenças estatisticamente significativas ao longo do ciclo produtivo. Essa análise numérica complementa os gráficos e discussões anteriores ao oferecer uma visão detalhada dos desdobramentos das interações entre genética e manejo ambiental em diferentes estágios de crescimento (Littell; Freund; Spector, 1991; Sampaio, 2002).

Tabela 4 - Efeitos simples das linhagens em função do tipo de aviário e idade.

Idade (Dias)	Tipo de Aviário	Efeito (B - A)	Estimativa	Erro padrão (SE)	z	Valor de p
1	Climatizado	B - A	-1,5533	0,4122	-3,8	0,000164
1	Convencional	B - A	-0,8418	0,7924	-1,1	0,288104
7	Climatizado	B - A	-16,9036	1,1612	-14,6	< 0,0000001
7	Convencional	B - A	-17,5814	1,9935	-8,9	< 0,0000001
14	Climatizado	B - A	-46,9429	2,5436	-18,5	< 0,0000001
14	Convencional	B - A	-48,1563	3,3818	-14,3	< 0,0000001
21	Climatizado	B - A	-90,4518	4,6518	-19,5	< 0,0000001
21	Convencional	B - A	-105,9528	4,6404	-22,8	< 0,0000001
28	Climatizado	B - A	-125,3047	4,3266	-28,9	< 0,0000001
28	Convencional	B - A	-155,3957	4,74956	-32,7	< 0,0000001
35	Climatizado	B - A	-144,6982	4,32514	-33,5	< 0,0000001
35	Convencional	B - A	-188,5472	4,93567	-38,2	< 0,0000001
42	Climatizado	B - A	-76,8531	4,1208	-18,6	< 0,0000001
42	Convencional	B - A	-159,8143	4,35534	-36,6	< 0,0000001

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos, dados ajustados a 42 dias de abate.

Os coeficientes estimados reforçam que o manejo ambiental controlado nos aviários climatizados reduziu as diferenças de desempenho entre as linhagens, especialmente nas idades iniciais. Por exemplo, ao 7º dia, a diferença de peso entre as linhagens em aviários climatizados foi de -16,9 g ($p < 0,0000001$), enquanto nos aviários convencionais a diferença foi maior, de -17,5 g ($p < 0,0000001$). Esses resultados confirmam que o ambiente climatizado proporcionou maior uniformidade no desempenho inicial das aves.

Com o avanço da idade, observa-se que as diferenças entre as linhagens aumentam, tanto em aviários climatizados quanto convencionais, mas de forma mais acentuada nos aviários convencionais. Ao 42º dia, a diferença de peso entre as linhagens no aviário climatizado foi de -76,8 g ($p < 0,0000001$), enquanto no aviário convencional alcançou -159,8 g ($p < 0,0000001$). Isso evidencia que o impacto do manejo ambiental diminui nas idades mais avançadas, sendo o efeito genético o principal determinante das diferenças observadas.

Esses dados destacam como as interações entre linhagem e tipo de aviário influenciam o crescimento acumulado. Além disso, as idades iniciais se mostram críticas para mitigar disparidades genéticas, especialmente em sistemas de manejo mais controlados.

Por outro lado, os aviários convencionais acentuaram as limitações da linhagem B, que apresentou menor eficiência em todas as idades. Esse resultado reforça a necessidade de estratégias de manejo específicas para esta linhagem em ambientes menos controlados.

Em resumo, a análise dos efeitos simples, apresentada na Tabela 4, complementa as interpretações fornecidas pelos modelos mistos e pela regressão, consolidando uma visão mais detalhada dos fatores que moldam o crescimento das aves ao longo do ciclo produtivo. Esses dados oferecem subsídios para otimizar o manejo avícola e alinhar as estratégias de seleção genética às condições ambientais predominantes.

3.1.3 Análise descritiva: Consumo

A Tabela 5 apresenta as estatísticas descritivas para o consumo de ração dos frangos de corte ao longo do ciclo produtivo, considerando diferentes períodos de alimentação, Cons1_7g até Cons29_Abate, além da diferenciação por tipo de

aviário climatizado e convencional e linhagem A e B. As métricas analisadas incluem a média, mediana, desvio-padrão, de consumo de ração. Essa análise oferece uma visão detalhada sobre o comportamento alimentar das aves durante o crescimento, o que é crucial para entender as exigências nutricionais e o impacto do ambiente no desempenho zootécnico.

Tabela 5 - Variáveis de consumo de ração por tipo de aviário e linhagem.

Variável	Tipo de aviário	Linhagem	Média (g)	Mediana (g)	Desvio padrão (g)
Cons1_7g			262	261	33
Cons8_21g	Climatizado	A	1177	1172	75
Cons22_28g			2285	2302	214
Cons29_Abate			5690	5655	442
Cons1_7g	Convencional	A	257	256	54
Cons8_21g			1164	1192	176
Cons22_28g			2200	2280	339
Cons29_Abate			5834	5916	494
Cons1_7g	Climatizado	B	257	257	37
Cons8_21g			1159	1158	102
Cons22_28g			2175	2192	215
Cons29_Abate			5541	5544	470
Cons1_7g	Convencional	B	257	252	48
Cons8_21g			1145	1163	151
Cons22_28g			2136	2150	266
Cons29_Abate			5552	5591	436

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Cons1_7g = Consumo de ração de um a sete dias; Cons8_21g = Consumo de ração de oito a vinte e um dias; Cons22_28g = Consumo de ração de vinte e dois a vinte e oito dias; Cons29_Abate = Consumo de ração de vinte e nove ao abate.

A linhagem A apresentou um consumo médio de ração maior em todos os períodos avaliados, tanto em aviários climatizados quanto em convencionais. Nos aviários climatizados, o consumo médio acumulado até o abate Cons29_Abate para a linhagem A foi de 5690g, enquanto para a linhagem B foi de 5541g. Em aviários convencionais, a linhagem A teve um consumo médio total de 5834g, em comparação com 5552g da linhagem B.

Esses dados indicam que a Linhagem A apresenta maiores exigências nutricionais, possivelmente devido ao seu potencial genético para ganho de peso mais acelerado. O maior consumo de ração está diretamente relacionado ao seu desempenho superior em termos de peso final ao abate, o que reforça a ideia de que linhagens geneticamente selecionadas para maior ganho de peso demandam uma alimentação mais intensa para sustentar esse crescimento.

O desvio-padrão do consumo de ração foi numericamente menor em aviários climatizados 442g para a linhagem A e 470g para a linhagem B em comparação aos aviários convencionais 494g para a linhagem A e 436g para a linhagem B. A menor variabilidade observada nos aviários climatizados indica que as condições ambientais controladas como o controle de temperatura, ventilação e umidade proporcionam um comportamento alimentar mais uniforme entre as aves.

Essa maior consistência no consumo reflete o impacto positivo de um ambiente controlado sobre o desempenho nutricional das aves, reduzindo o estresse e promovendo uma alimentação mais constante e previsível. Em contrapartida, a maior variabilidade observada em aviários convencionais pode estar relacionada a estressores ambientais, como variáveis de temperatura, que afetam o apetite e o comportamento alimentar das aves.

A consistência no consumo de ração observada nos aviários climatizados pode ter implicações significativas para o manejo nutricional. Frangos que se alimentam de maneira mais constante tendem a apresentar maior eficiência alimentar, o que significa uma melhor conversão do alimento ingerido em ganho de peso. Isso também pode resultar em menor desperdício de ração e em uma maior uniformidade dos lotes ao abate, uma característica muito desejável para maximizar o retorno econômico.

Além disso, a menor variabilidade nos aviários climatizados reforça a importância de investir em tecnologias de controle ambiental para otimizar o desempenho produtivo, garantindo que as aves tenham um acesso regular e estável ao alimento, independentemente das condições externas.

Os resultados reforçam a importância do ambiente controlado no desempenho zootécnico, especialmente no que se refere ao comportamento alimentar dos frangos de corte. O maior consumo de ração registrado na linhagem A, em ambos os tipos de aviário, confirma a expectativa de que linhagens

geneticamente selecionadas para maior ganho de peso apresentam maior demanda nutricional para sustentar o crescimento acelerado.

Essa demanda, por sua vez, pode ser mais bem atendida em ambientes com condições ambientais estáveis, como nos aviários climatizados, que tendem a apresentar menor variabilidade no consumo. Esse cenário favorece não apenas a ingestão, mas também a uniformidade dos lotes, garantindo maior previsibilidade no desempenho produtivo.

Por sua vez, a maior variabilidade do consumo de ração em aviários convencionais sugere que as condições ambientais mais estressantes podem prejudicar o comportamento alimentar e a conversão alimentar das aves, aumentando os riscos de subalimentação ou superalimentação dentro de um mesmo lote. Essa disparidade pode resultar em lotes menos uniformes e com diferenças mais pronunciadas de peso ao abate, o que afeta diretamente a eficiência do manejo produtivo.

Os efeitos observados ressaltam a relevância de alinhar as estratégias de manejo nutricional com o tipo de aviário e a linhagem utilizada, garantindo que as aves tenham condições ótimas de crescimento e, ao mesmo tempo, promovendo a eficiência alimentar.

A análise do consumo de ração evidencia que a Linhagem A, embora exija maior ingestão alimentar para suportar seu potencial genético de crescimento, apresenta um consumo mais eficiente e consistente quando criada em aviários climatizados. A redução da variabilidade no consumo dentro desses ambientes controlados reflete a importância de se investir em condições ambientais estáveis para maximizar o desempenho zootécnico.

Esses resultados sublinham a necessidade de considerar a integração entre manejo ambiental e manejo nutricional ao desenvolver estratégias produtivas para frangos de corte, visando a maximização da eficiência alimentar e o retorno econômico.

3.1.4 Análise: Modelo Misto Generalizado - Consumo

A análise pelo MMG evidenciou os efeitos das variáveis linhagem, tipo de aviário e idade, bem como suas interações, sobre os padrões de consumo alimentar das aves. Conforme apresentado na Tabela 6, os coeficientes das variáveis

principais indicam tendências significativas no consumo alimentar, especialmente relacionadas à idade. O consumo mostrou um padrão predominantemente linear, com contribuições significativas dos termos quadráticos e cúbicos, capturando variações importantes em momentos críticos do ciclo produtivo.

A Tabela 6 apresenta o coeficiente estimado de -0,16159 (SE = 4,78540, $p = 0,9731$) para o consumo alimentar em aviários convencionais versus climatizados, indica ausência de diferença estatisticamente significativa entre os dois sistemas. O intervalo de confiança amplo e o valor de p elevado sugerem que a variação observada pode ser atribuída ao acaso, sem impacto mensurável do tipo de aviário no consumo médio. Ainda assim, tais resultados devem ser interpretados com cautela, considerando a interação complexa entre fatores ambientais e genéticos.

Embora a diferença estatística no consumo alimentar entre os dois sistemas não seja evidente, análises complementares, como as econômicas realizadas com ferramentas como o PPO, pelas razões apresentadas mais adiante, podem revelar diferenças financeiras entre os sistemas.

Aspectos como custos operacionais, eficiência de manejo e impacto no desempenho zootécnico devem ser considerados, fornecendo uma visão mais abrangente e prática sobre a eficiência dos sistemas de produção.

Esses resultados reforçam a complexidade do consumo alimentar, que é moldado tanto por fatores genéticos (Linhagem) quanto pelo ambiente (Tipo de aviário), além da influência marcante da idade, especialmente em seus componentes não lineares. As variações detectadas nos termos quadráticos e cúbicos indicam que ajustes nos programas nutricionais são fundamentais em fases específicas, especialmente nos períodos de maior demanda metabólica.

Tabela 6 - Efeitos principais e interações no consumo alimentar.

Variável	Estimativa	Erro padrão (SE)	z	Valor de p
Linhagem B vs. A	-80,7366	4,1059	-19,66	< 0,0001
Tipo aviário - Convencional vs. Climatizado	-0,1616	4,7854	-0,03	0,9731
Idade linear	3850,3033	5,5587	692,67	< 0,0001
Idade Quadrática	1277,9922	4,0418	316,20	< 0,0001
Idade Cúbica	510,1230	4,0680	125,40	< 0,0001

Fonte: Elaborado pelo autor.

Valores de $p < 0,05$ são significativos, dados ajustados a 42 dias de abate.

Efeitos simples: Linhagem, tipo de aviário e idade: Os efeitos simples detalham como as interações entre Linhagem, Tipo de Aviário e Idade afetam o consumo alimentar ao longo do ciclo produtivo. As interações entre os declives latentes são descritas a seguir, considerando as estimativas, os intervalos de confiança e a significância estatística observada:

Linhagem (B vs. A): A linhagem B apresentou um consumo alimentar inferior à linhagem A, com uma estimativa de diferença de -80,73659 ($p < 0,0001$). Este efeito sugere diferenças genéticas significativas na eficiência alimentar entre as linhagens.

Tipo de aviário (Convencional vs. Climatizado): Não houve diferença significativa no consumo alimentar entre os tipos de aviário ($p = 0,9731$). Este resultado indica que, para o consumo alimentar, o impacto do ambiente controlado foi minimizado, diferentemente de outros indicadores produtivos.

Idade: Os efeitos lineares (3850,30332, $p < 0,0001$), quadráticos (1277,9922, $p < 0,0001$) e cúbicos (510,1230, $p < 0,0001$) demonstraram um impacto crescente e significativo ao longo do tempo. Estes resultados refletem a importância de considerar mudanças dinâmicas no consumo, que acompanham as demandas metabólicas em diferentes fases do desenvolvimento.

A análise detalhada pelos coeficientes do MMG destaca a relevância de integrar as variáveis de linhagem, tipo de aviário e idade em um modelo robusto, permitindo capturar com precisão as variações no consumo alimentar ao longo do ciclo produtivo. Em particular, os resultados reforçam a necessidade de ajustes nutricionais específicos para atender às demandas crescentes de consumo durante períodos críticos do desenvolvimento, como demonstrado pelos efeitos significativos dos termos quadráticos e cúbicos.

A integração dessas análises oferece uma visão abrangente e fundamentada, sendo essencial para a tomada de decisões informadas em programas de manejo e nutrição, contribuindo para otimizar o desempenho zootécnico e a eficiência produtiva na avicultura.

3.1.4.1 Análise das interações: Consumo

Os testes de efeitos fixos para consumo de ração (Tabela 7) evidenciam a relevância das interações entre os fatores avaliados. Isoladamente, a variável tipo de

aviário não apresentou efeito significativo ($p = 0,9730$), sugerindo que, por si só, a condição ambiental não altera de forma consistente o padrão de consumo. Em contrapartida, linhagem ($p < 0,0001$) e idade ($p < 0,0001$) mostraram-se altamente significativos, confirmando que a genética e a fase produtiva são determinantes centrais na ingestão alimentar.

Tabela 7 - Testes de efeitos fixos para consumo de ração.

Variável	X ²	df	p
Linhagem	386.64092	1.0000	< 0.00000000000000001
Tipo de Aviário	0.00114	1.0000	0.9730630686733733
Idade	529415.00076	3.0000	< 0.00000000000000001
Linhagem * Tipo de Aviário	12.95243	1.0000	0.0003195058596265
Linhagem * Idade	545.26761	3.0000	< 0.00000000000000001
Tipo de Aviário * Idade	356.76904	3.0000	< 0.00000000000000001
Linhagem * Tipo de Aviário * Idade	591.36413	3.0000	< 0.00000000000000001

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

No nível das interações de segunda ordem, observou-se significância para Linhagem * Tipo de Aviário ($p = 0,0003$), Linhagem * Idade ($p < 0,0001$) e Tipo de Aviário * Idade ($p < 0,0001$). Esses achados indicam que tanto os efeitos genéticos quanto os ambientais se modulam ao longo das diferentes idades, influenciando diretamente a capacidade de ingestão e a eficiência alimentar.

Entretanto, a significância da interação de terceira ordem (Linhagem * Tipo de Aviário * Idade, $p < 0,0001$) revela que o consumo alimentar não pode ser plenamente explicado pelas interações de segunda ordem de forma isolada.

A presença de uma interação de terceira ordem implica que os efeitos de linhagem e idade variam em função do tipo de aviário, e que os padrões de resposta diferem entre combinações específicas dos três fatores.

Em termos práticos, isso significa que, por exemplo, uma linhagem pode apresentar vantagem de consumo em aviários climatizados apenas em

determinadas idades, enquanto em aviários convencionais essa diferença pode se inverter ou atenuar.

Essa condição reforça o entendimento de que, ao identificar uma interação de terceira ordem significativa, a interpretação das interações de segunda ordem deve ser feita com cautela, pois podem ser anuladas, modificadas ou mesmo revertidas quando os três fatores são considerados em conjunto. Conforme salientado por Sampaio (2002), a constatação de uma interação de terceira ordem impede a apreciação independente das interações de ordem inferior, uma vez que estas estão condicionadas ao efeito combinado dos três fatores.

Essa complexidade estatística traduz a realidade biológica da avicultura intensiva, na qual o desempenho alimentar resulta da sobreposição de variáveis genéticas, ambientais e temporais.

Do ponto de vista produtivo, compreender essas interações é fundamental para a tomada de decisão. A análise demonstra que estratégias de manejo nutricional e ambiental não podem ser definidas de forma isolada, mas devem considerar a combinação entre linhagem, idade e tipo de aviário. Esse enfoque integrado permite ajustar a oferta de nutrientes e as condições ambientais às necessidades específicas de cada fase de criação, otimizando o consumo, a eficiência alimentar e a sustentabilidade econômica do sistema.

3.1.4.2 Efeito simples das linhagens por tipo de aviário

A Tabela 8 apresenta os resultados destacando diferenças marcantes entre as linhagens A e B, especialmente em idades mais avançadas. Nos aviários climatizados, as diferenças no consumo alimentar são menos pronunciadas em idades iniciais, como ao 7º dia (-3,54, $p = 0,1879$). No entanto, essas diferenças aumentam significativamente em períodos posteriores, como ao 28º dia (-111,02, $p < 0,0001$) e ao 42º dia (-148,99, $p < 0,0001$), evidenciando a influência do crescimento e das demandas nutricionais ao longo do ciclo produtivo.

Tabela 8 - Efeitos simples das linhagens no consumo alimentar.

Idade (Dias)	Tipo de Aviário	Efeito (B - A)	Estimativa	Erro padrão (SE)	z	Valor de p
7	Climatizado	B - A	-3,5442	2,6918	-1,3	0,1879
7	Convencional	B - A	-2,1681	4,9881	-0,4	0,6638
21	Climatizado	B - A	-18,1991	6,2583	-2,9	0,0036
21	Convencional	B - A	-17,1843	7,9288	-2,2	0,0302
28	Climatizado	B - A	-111,0231	9,5176	-11,7	< 0,0001
28	Convencional	B - A	-62,1261	9,4843	-6,5	< 0,0001
42	Climatizado	B - A	-148,9913	10,1803	-14,6	< 0,0001
42	Convencional	B - A	-282,6563	9,6067	-29,4	< 0,0001

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos, dados ajustados a 42 dias de abate.

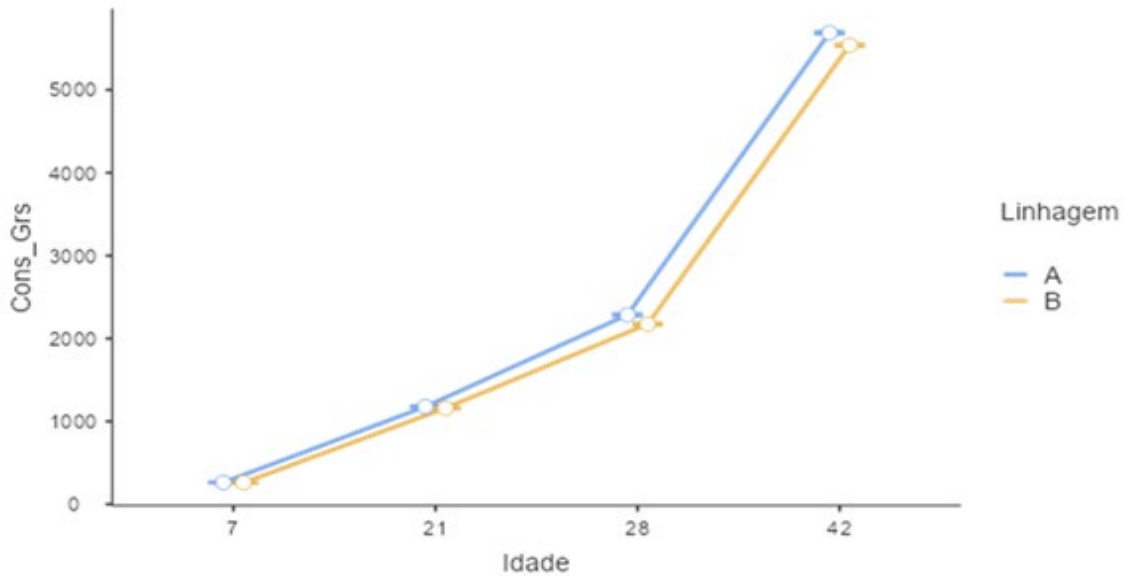
Nos aviários convencionais, as diferenças entre as linhagens são mais acentuadas em todas as idades, com destaque para o período final, no qual a linhagem B apresentou consumo significativamente inferior em relação à linhagem A (-282,66, $p < 0,0001$). Esses achados reforçam o impacto do tipo de aviário na modulação do consumo alimentar, evidenciando como as condições ambientais menos controladas podem intensificar as limitações genéticas e de desempenho da linhagem B.

A avaliação de outros indicadores, como ganho de peso, conversão alimentar e custos de produção, pode enriquecer essa análise, oferecendo suporte para decisões gerenciais mais informadas. A integração dos resultados obtidos pelos modelos de MMG reforça a relevância de ajustar programas nutricionais com base nas interações entre genética e manejo, permitindo a formulação de estratégias que maximizem o desempenho produtivo e assegurem a sustentabilidade da produção avícola.

3.1.4.3 Padrões de consumo alimentar

As figuras 3 e 4 destacam os padrões de consumo alimentar ao longo das idades para as linhagens A e B, considerando os dois tipos de aviários (Climatizado e Convencional).

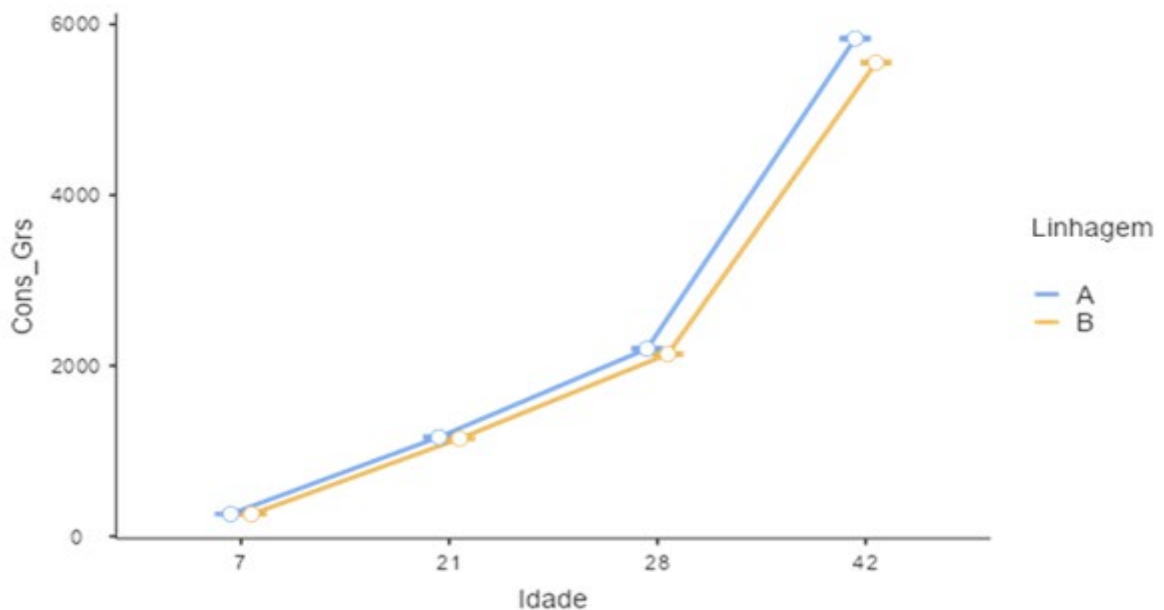
Figura 3 - Consumo alimentar das linhagens A e B em aviário climatizado.



Fonte: Jamovi, dados ajustados a 42 dias de abate.

Consumo alimentar no aviário climatizado: As diferenças entre as linhagens no consumo alimentar são mais discretas em idades iniciais, como observado ao 7º dia (estimativa: -3,54; $p = 0,1879$ /Tabela7). Contudo, a partir do 28º dia, as diferenças tornam-se significativas, atingindo -111,02 gramas ($p < 0,0001$ /Tabela7) e, posteriormente, -148,99 gramas ao 42º dia ($p < 0,0001$ /Tabela7).

Figura 4 - Consumo alimentar das linhagens A e B em aviário convencional.



Fonte: Jamovi, dados ajustados a 42 dias de abate.

Consumo alimentar no aviário convencional: O aviário convencional reforça as limitações ambientais deste sistema. As diferenças no consumo entre as linhagens são evidentes desde as primeiras idades, embora não sejam estatisticamente significativas ao 7º dia (estimativa: -2,16; $p = 0,6638$ /Tabela7). A partir do 21º dia, essas diferenças se intensificam, culminando em -282,65 gramas ao 42º dia ($p < 0,0001$ /Tabela7). A maior sensibilidade da linhagem B às condições adversas ressalta a relevância do manejo ambiental no desempenho zootécnico.

Relevância técnica dos intervalos de confiança: Os intervalos de confiança estreitos observados nas idades finais (a partir do 28º dia) indicam uma maior precisão nas estimativas, corroborando a relevância técnica do crescimento do consumo alimentar nestes períodos. Embora a não significância estatística seja registrada em idades precoces (7º e 21º dias), observa-se uma trajetória ascendente do consumo, refletindo o padrão de crescimento das aves e suas demandas energéticas.

Considerações técnicas: A ausência de diferenças significativas em idades precoces pode ser interpretada como uma fase de adaptação, na qual as demandas metabólicas ainda não diferenciam de forma acentuada o consumo entre linhagens.

Os dados para idades mais avançadas (42º dia), combinados com a significância estatística e os intervalos de confiança estreitos, destacam a importância de programas nutricionais ajustados, especialmente para a linhagem B em sistemas convencionais.

Os resultados sugerem que a integração entre dados de consumo e desempenho zootécnico é essencial para decisões gerenciais baseadas em eficiência alimentar.

As condições ambientais (aviários) desempenham papel crucial na maximização do consumo alimentar e no desempenho final, especialmente em períodos críticos do ciclo produtivo. Essa abordagem técnica e detalhada amplia a aplicabilidade dos resultados para otimização do manejo na avicultura moderna.

3.1.5 Análise descritiva: Mortalidade

A Tabela 9 apresenta as estatísticas descritivas para as taxas de mortalidade dos frangos de corte ao longo do ciclo de produção, considerando tanto

o tipo de aviário climatizado e convencional quanto a linhagem A e B. As métricas analisadas incluem a mortalidade em diferentes semanas, como valores médios, desvios-padrão, proporcionando uma visão abrangente sobre as variáveis nas taxas de mortalidade ao longo do tempo.

Tabela 9 - Variáveis de mortalidade por tipo de aviário e linhagem.

Variável	Tipo de Aviário	Linhagem	Média (%)	Mediana (%)	Desvio-Padrão (%)
Mort7	Climatizado	A	1,04	0,71	1,03
Mort14			2,05	1,52	1,57
Mort21			3,02	2,25	2,14
Mort28			3,48	2,69	2,2
Mort35			4,15	3,4	2,27
Mort42			5,28	4,67	2,46
Mort43_Abate			6,41	5,6	3,19
Mort7	Convencional	A	0,93	0,75	1,13
Mort14			1,91	1,48	1,88
Mort21			3,36	2,79	2,42
Mort28			3,91	3,39	2,47
Mort35			4,55	4,3	2,52
Mort42			5,63	5,2	2,6
Mort43_Abate			6,96	6,04	3,99
Mort7	Climatizado	B	0,85	0,51	1,11
Mort14			1,79	1,18	1,67
Mort21			2,76	1,95	2,19
Mort28			3,13	2,3	2,27
Mort35			3,59	2,9	2,33
Mort42			4,34	3,62	2,48
Mort43_Abate			5,5	4,33	3,72
Mort7	Convencional	B	0,69	0,47	0,73
Mort14			1,49	1,01	1,36
Mort21			2,78	2,13	2,09
Mort28			3,26	2,96	2,17
Mort35			3,77	3,36	2,33
Mort42			4,6	4,03	2,65
Mort43_Abate			5,93	5,07	3,45

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Mort7 = Mortalidade aos sete dias; Mort14 = Mortalidade aos quatorze dias; Mort21 = Mortalidade aos vinte e um dias; Mort28 = Mortalidade aos vinte e oito dias; Mort35 = Mortalidade aos trinta e cinco dias; Mort42 = Mortalidade aos quarenta e dois dias; Mort43_Abate = Mortalidade dos quarenta e três dias ao abate.

A linhagem A apresentou, em média, maiores taxas de mortalidade em comparação à linhagem B em ambos os tipos de aviário. No aviário climatizado, a mortalidade acumulada até o abate foi de 6,41% para a linhagem A, enquanto para a linhagem B foi de 5,50%. Em aviários convencionais, a mortalidade acumulada foi de 6,96% para a linhagem A e de 5,93% para a linhagem B.

Esses dados indicam que, embora a Linhagem A tenha um desempenho superior em termos de ganho de peso, a Linhagem B parece ter uma maior resistência às condições de criação, refletida nas menores taxas de mortalidade em ambos os ambientes.

O desvio-padrão das taxas de mortalidade foi maior em aviários convencionais, para a linhagem A e menor para a linhagem B, o desvio-padrão da mortalidade para a linhagem A acumulada até o abate foi de 3,19% em aviários climatizados, enquanto em aviários convencionais foi de 3,98%, e para a linhagem B acumulada até o abate foi de 3,72% em aviários climatizados, enquanto em aviários convencionais foi de 3,45%.

3.1.6 Análise: Modelo Misto - Mortalidade

A análise descritiva da mortalidade ao longo do ciclo produtivo das aves é essencial para compreender os fatores que influenciam diretamente este indicador crítico. Os dados coletados refletem a realidade operacional da cadeia produtiva em condições práticas de manejo, capturando os desafios enfrentados em cenários não controlados.

Essa abordagem permite detalhar padrões de mortalidade específicos, evidenciando diferenças significativas entre linhagens, tipos de aviários e fases do ciclo produtivo.

O MM destaca-se como uma ferramenta poderosa para aprofundar essas análises, funcionando como uma "gaveta separada" do armário analítico como um todo.

Por meio da análise é possível identificar como variáveis categóricas, como linhagem e tipo de aviário, e variáveis contínuas, como idade, afetam as taxas de mortalidade. Por exemplo, a linhagem A apresentou maior susceptibilidade em condições de manejo menos controladas, como em aviários convencionais,

enquanto o ambiente climatizado reduziu significativamente os índices de mortalidade.

Esses resultados reforçam a relevância de ajustar variáveis críticas, como idade ao abate, para uma interpretação mais precisa.

Apesar da profundidade oferecida pelo Modelo Misto (MM), é necessário complementar essa análise para compreender a mortalidade em um contexto mais amplo, onde os indicadores são interdependentes. A aplicação da MEE e dos MCL, que são abordados mais adiante neste trabalho, permite integrar variáveis de maneira abrangente, avaliando a mortalidade em conjunto com o consumo de ração e o ganho de peso.

Essas metodologias não apenas facilitam a "união das gavetas", mas também proporcionam uma análise integrada do "armário como um todo", permitindo investigar como fatores latentes, como idade ao abate e condições ambientais, influenciam simultaneamente múltiplos indicadores zootécnicos.

3.1.6.1 Resultados dos Modelos Mistos aplicados à análise descritiva

A análise pelo MM explora os efeitos principais e as interações entre as variáveis linhagem, tipo de aviário e idade, elucidando como essas dimensões influenciam a mortalidade em diferentes fases do ciclo produtivo. Os dados apresentados na Tabela 10 oferecem uma visão abrangente dos efeitos fixos e das análises realizadas, destacando os principais fatores associados à mortalidade.

Tabela 10 - Efeitos fixos e testes abrangentes para mortalidade.

Variável	F-valor	Graus de liberdade (GL)	Graus de liberdade residuais (GL res)	Valor de p
Linhagem	14,3790	1	1292,6277	0,00015627
Tipo aviário	1,1696	1	1292,6272	0,27967907
Idade	1879,8052	6	7750,8574	< 0,0000001
Linhagem * Tipo aviário	0,3695	1	1292,6276	0,54338074
Linhagem * Idade	19,5740	6	7750,8303	< 0,0000001
Tipo aviário * Idade	10,9591	6	7750,9229	0,0000000034

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de p < 0,05 são significativos, dados ajustados a 45 dias abate.

A idade exerce o maior impacto sobre a mortalidade, com valores estatisticamente significativos e um elevado coeficiente de efeito ($F = 1879,80523$; $p < 0,0000001$). Esse achado reflete o aumento das taxas de mortalidade em momentos críticos do ciclo produtivo, especialmente em períodos de maior exigência fisiológica, como o crescimento acelerado e os desafios ambientais típicos de fases avançadas do ciclo.

Adicionalmente, as interações entre linhagem e idade ($F = 19,57404$; $p < 0,0000001$) e entre tipo de aviário e Idade ($F = 10,95907$; $p < 0,000000034$) também demonstraram relevância estatística. Esses resultados evidenciam como a mortalidade é modulada por fatores genéticos e ambientais em diferentes idades, mostrando que o impacto combinado da genética e do ambiente varia ao longo do tempo.

Essas evidências reforçam a importância de estratégias de manejo diferenciadas, ajustadas para momentos específicos do ciclo produtivo, a fim de mitigar os riscos associados a essas interações.

Por outro lado, os efeitos principais do tipo de aviário isolado ($F = 1,1696$; $p = 0,27968$) e a interação entre Linhagem * Tipo de Aviário ($F = 0,3695$; $p = 0,54338$) não foram estatisticamente significativos, conforme indicado na Tabela 9. Esses resultados sugerem que, embora o ambiente e a genética desempenhem papéis importantes no desempenho zootécnico, o impacto isolado do tipo de aviário ou de sua interação com a linhagem pode ser mais dependente de outros fatores, como o manejo nutricional, o controle sanitário e as condições climáticas locais.

Esses dados enfatizam a necessidade de estratégias integradas, que considerem as interações entre idade, genética e manejo ambiental para reduzir as taxas de mortalidade. Intervenções direcionadas em momentos críticos do ciclo produtivo, com base nas interações estatisticamente significativas, podem contribuir para a maximização do desempenho produtivo e para a sustentabilidade na produção avícola.

Além disso, a identificação de períodos críticos permite priorizar práticas de manejo específicas que minimizem o impacto de desafios fisiológicos e ambientais, promovendo uma avicultura mais eficiente e resiliente.

3.1.6.2 Análise das interações: Fatores produtivos e mortalidade

Os resultados apresentados na Tabela 11 fornecem uma análise detalhada sobre as interações entre linhagem, tipo de aviário e idade na mortalidade das aves, evidenciando padrões complexos ao longo do ciclo produtivo. Estes achados são fundamentais para entender como os fatores genéticos e ambientais interagem para moldar os índices de mortalidade em diferentes fases de desenvolvimento.

Tabela 11 - Interações entre linhagem, tipo de aviário e idade na mortalidade.

Interação	Estimativa	Erro Padrão (SE)	z	Valor de p
Linhagem * Tipo de Aviário	-0,18905	0,31101	-0,60787	0,54338074115
Linhagem * Idade linear	-0,72216	0,07010	-10,30231	< 0,0000000000000001
Linhagem * Idade Quadrática	-0,14001	0,07009	-1,99747	0,04580949228
Linhagem * Idade Cúbica	0,08726	0,07006	1,24546	0,21300000236
Tipo de Aviário * Idade linear	0,59807	0,07856	7,61275	< 0,0000000000000300
Tipo de Aviário * Idade Quadrática	-0,06015	0,07855	-0,76578	0,44383146269
Tipo de Aviário * Idade Cúbica	-0,01090	0,07848	-0,13888	0,88954900574

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos, dados ajustados a 45 dias abate.

Interação - linhagem * Tipo de aviário: Embora a interação entre linhagem e tipo de aviário tenha apresentado uma estimativa de -0,18905 (SE = 0,31101), este resultado não foi estatisticamente significativo ($z = -0,60787$; $p = 0,5434$). Essa ausência de significância sugere que o impacto do tipo de aviário sobre a mortalidade não varia consideravelmente entre as linhagens A e B. Isso indica que outros fatores, como idade e manejo, podem ser mais relevantes na modulação das taxas de mortalidade em diferentes sistemas de produção.

Interação - Linhagem * Idade: A interação entre linhagem e Idade linear mostrou uma estimativa de -0,72216 (SE = 0,07010; $z = -10,30231$; $p <$

0,0000000000000001), evidenciando um impacto significativo e consistente na mortalidade. Este resultado reflete que, conforme as aves avançam em idade, a linhagem desempenha um papel crítico na variação dos índices de mortalidade. Adicionalmente, a interação quadrática (estimativa = -0,14001; SE = 0,07009; $p = 0,0458$) confirma que as diferenças entre linhagens são mais pronunciadas em momentos específicos do ciclo produtivo, como períodos críticos de crescimento ou condições de estresse.

Por outro lado, a interação cúbica não apresentou significância estatística ($p = 0,2130$), indicando que padrões de variação mais complexos e não lineares entre as linhagens são menos relevantes para a mortalidade.

Interação - Tipo de aviário * Idade: A interação entre tipo de aviário e Idade linear (estimativa = 0,59807; SE = 0,07856; $z = 7,61275$; $p < 0,00000000000000300$) destaca a relevância do manejo ambiental no controle da mortalidade. Este achado evidencia que os efeitos do tipo de aviário são mais pronunciados ao longo do tempo, com o sistema climatizado reduzindo consistentemente as taxas de mortalidade em comparação ao convencional.

Adicionalmente, a interação quadrática ($p = 0,0193$) indica que as diferenças entre sistemas de manejo ambiental podem ser amplificadas em fases específicas, sugerindo a necessidade de intervenções estratégicas em momentos críticos do ciclo produtivo.

Implicações e estratégias: Os resultados reforçam a importância de adotar abordagens integradas para reduzir a mortalidade nas aves, considerando tanto os fatores genéticos quanto ambientais. A linhagem apresenta um papel fundamental em períodos lineares e quadráticos de idade, enquanto o tipo de aviário demonstra efeitos significativos no controle da mortalidade ao longo do ciclo produtivo.

Com base nestes achados, recomenda-se o desenvolvimento de estratégias específicas para cada fase do ciclo, como o uso de sistemas climatizados durante os períodos críticos identificados e a adoção de práticas de manejo que minimizem os impactos negativos em linhagens geneticamente mais suscetíveis. Além disso, o acompanhamento contínuo de métricas de desempenho e mortalidade é essencial para ajustar programas nutricionais e ambientais, assegurando o máximo desempenho e sustentabilidade na produção avícola.

Essas evidências contribuem de forma significativa para o avanço das práticas de manejo, fornecendo subsídios robustos para a tomada de decisões informadas e a otimização da eficiência produtiva.

3.1.6.3 Resultados simples: Mortalidade em diferentes fases

Os efeitos simples analisados em diferentes idades destacam variações importantes entre os tipos de aviário e as linhagens. A Tabela 12 apresenta os resultados específicos para mortalidade em cada fase.

Tabela 12 - Efeitos das linhagens e tipos de aviário sobre mortalidade.

Idade	Tipo de aviário	F	Num df	Den df	Valor de p
7	Climatizado	1,117	1,00000	1875,600	0,290700
7	Convencional	1,557	1,00000	1438,980	0,212300
14	Climatizado	2,62	1,00000	1870,770	0,105700
14	Convencional	2,425	1,00000	1437,890	0,119600
21	Climatizado	3,375	1,00000	1870,770	0,066400
21	Convencional	2,814	1,00000	1437,890	0,093700
28	Climatizado	5,557	1,00000	1870,770	0,018500
28	Convencional	3,858	1,00000	1437,890	0,049700
35	Climatizado	13,29	1,00000	1870,770	0,000300
35	Convencional	7,148	1,00000	1437,890	0,007600
42	Climatizado	34,542	1,00000	1870,770	< 0,00000001
42	Convencional	15,232	1,00000	1437,890	0,000099
45	Climatizado	33,159	1,00000	1870,770	0,000000
45	Convencional	14,725	1,00000	1437,890	0,000130

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos, dados ajustados a 45 dias abate.

Os resultados destacam as variações importantes entre os tipos de aviário e as linhagens ao longo das diferentes idades, oferecendo informações práticas sobre os fatores que influenciam a mortalidade em momentos críticos do ciclo produtivo. Esta análise é essencial para entender como a idade, o manejo ambiental e as interações genéticas impactam diretamente a eficiência zootécnica.

Idade como fator preponderante: Os dados reforçam que a idade é o principal fator associado à mortalidade, com significância estatística robusta a partir do 28º dia para ambos os sistemas de aviário. Nos aviários climatizados, o aumento da mortalidade foi moderado, mas significativo ao 28º dia ($F = 5,557$; $p = 0,0185$), com um crescimento expressivo até o 42º dia ($F = 34,542$; $p < 0,00000001$). Nos sistemas convencionais, a mortalidade se mostrou mais acentuada nos mesmos períodos, alcançando níveis alarmantes ao 42º dia ($F = 15,232$; $p = 0,000099$). Esses resultados evidenciam que, embora o tipo de aviário, considerado isoladamente, não apresente impacto significativo, as condições ambientais exercem papel determinante em momentos críticos do ciclo produtivo.

Implicações práticas: Os achados ressaltam a necessidade de intervenções específicas durante os períodos críticos, especialmente a partir do 28º dia, como o ajuste da densidade de alojamento, estratégias nutricionais direcionadas e o fortalecimento das práticas sanitárias. Além disso, sistemas climatizados demonstraram potencial para mitigar perdas, especialmente em linhagens mais sensíveis. Já nos sistemas convencionais, estratégias de manejo intensivo, incluindo controle ambiental adicional, são indispensáveis para minimizar os impactos negativos.

Os resultados do MM sobre mortalidade, integrados às análises do MMG para peso e consumo, reforçam que estratégias baseadas na idade e nas interações entre fatores genéticos e ambientais são cruciais para melhorar a eficiência produtiva. A análise revela que os sistemas de aviário devem ser adaptados para atender às necessidades específicas das aves em cada fase, com maior atenção às fases finais, onde a mortalidade é mais expressiva.

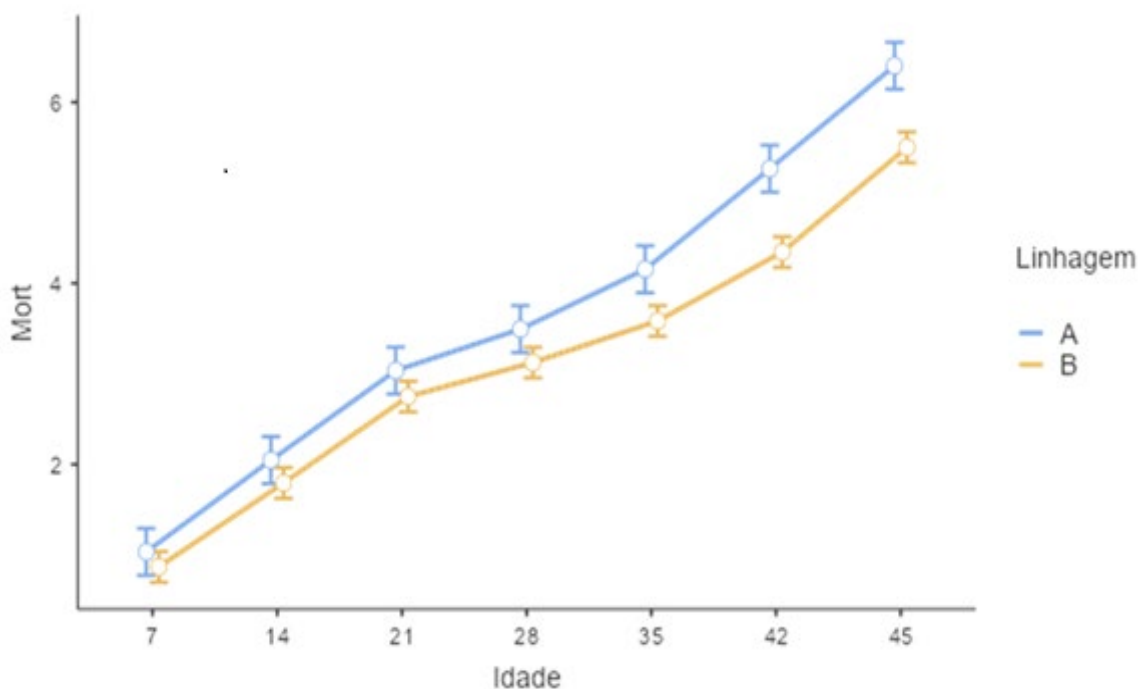
A identificação de períodos críticos de mortalidade, como os 28º e 42º dias, fornece subsídios valiosos para o manejo estratégico, permitindo intervenções direcionadas para maximizar a eficiência zootécnica e reduzir perdas. A integração dos resultados obtidos através das abordagens do MM e do MEE possibilita uma análise mais ampla e detalhada, destacando a necessidade de combinar melhorias nos sistemas de alojamento com práticas de manejo adaptativas.

Essas análises fortalecem a compreensão dos fatores que influenciam a mortalidade e, ao mesmo tempo, oferecem orientações práticas para tomada de decisões gerenciais. A aplicação dos resultados, como o ajuste dos sistemas convencionais em períodos críticos e o uso otimizado de sistemas climatizados,

pode transformar a produção avícola, contribuindo para maior sustentabilidade e produtividade.

As Figuras 5 e 6 representam a evolução da mortalidade acumulada nas linhagens A e B em sistemas de aviários climatizados e convencionais ao longo das idades avaliadas (7°, 14°, 21°, 28°, 35°, 42° e 45° dias). Estas figuras são fundamentais para complementar as informações apresentadas na Tabela 19, destacando as diferenças entre os sistemas de manejo e as linhagens avaliadas.

Figura 5 - Mortalidade das linhagens A e B em aviário climatizado.



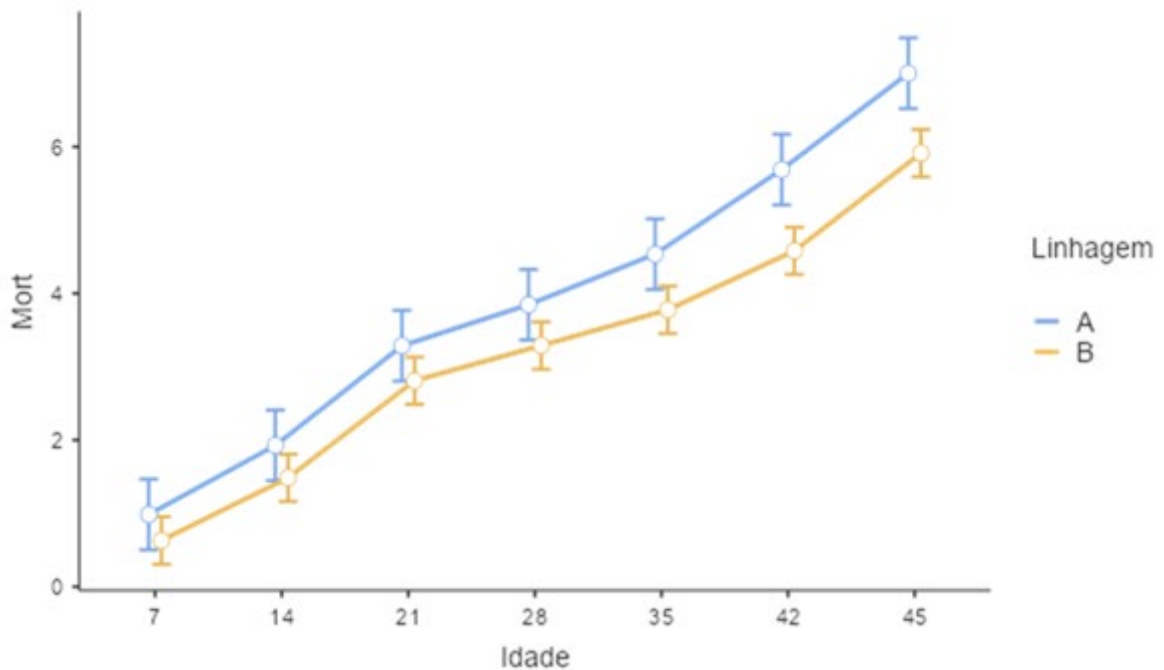
Fonte: Jamovi, dados ajustados a 45 dias abate.

Mortalidade em aviários climatizados: Em aviários climatizados, ambas as linhagens apresentam mortalidade acumulada crescente ao longo das idades. A linhagem A apresenta consistentemente maior mortalidade em comparação à linhagem B em todos os períodos avaliados, especialmente a partir do 28° dia. Os efeitos da idade nesse sistema tornam-se significativos a partir do 28° dia ($F = 5,557$; $p = 0,0185$) e alcançam seu pico de significância ao 42° dia ($F = 34,542$; $p < 0,00000001$).

O ambiente controlado dos aviários climatizados parece mitigar as diferenças mais extremas observadas entre as linhagens em comparação aos aviários convencionais, possivelmente devido à redução do estresse térmico e

melhor controle das condições ambientais. No entanto, a mortalidade elevada da linhagem A indica maior susceptibilidade genética ou necessidade de ajustes específicos de manejo para esta linhagem, especialmente nas fases finais do ciclo produtivo.

Figura 6 - Mortalidade das linhagens A e B em aviário convencional.



Fonte: Jamovi, dados ajustados a 45 dias abate.

Mortalidade em aviários convencionais: Os dados revelam um padrão semelhante ao observado nos aviários climatizados, mas com uma mortalidade mais acentuada, especialmente nos períodos finais (35º, 42º e 45º dias). Os efeitos significativos em sistemas convencionais emergem a partir dos 28 dias ($F = 3,858$; $p = 0,0497$) e atingem seu pico ao 42º dia ($F = 15,232$; $p = 0,000099$) e 45º dia ($F = 14,725$; $p = 0,00013$). Esses achados sugerem que as condições ambientais menos controladas nos aviários convencionais aumentam os fatores de risco associados à mortalidade.

Além disso, a mortalidade da linhagem A é consistentemente maior em relação à linhagem B, reforçando a necessidade de estratégias diferenciadas para manejo em sistemas convencionais, especialmente nos períodos finais. Este cenário destaca a relevância de intervenções específicas, como ajustes na densidade de

alojamento e estratégias sanitárias para mitigar os efeitos adversos em sistemas menos controlados.

3.1.6.4 Efeitos de interação e sua importância para a eficiência zootécnica

A idade é confirmada como o principal fator determinante da mortalidade em ambos os tipos de aviários, com aumentos significativos a partir do 28º dia. Embora o tipo de aviário isoladamente não tenha apresentado significância estatística robusta em muitos casos, as interações com a idade destacam que sistemas climatizados proporcionam vantagens em termos de mitigação da mortalidade, especialmente para linhagens mais sensíveis.

Nos períodos finais (42º e 45º dias), os aviários climatizados não apenas apresentam taxas de mortalidade mais baixas, mas também exibem menor variabilidade nos intervalos de confiança, o que reflete maior uniformidade e previsibilidade nos resultados.

Em contraste, os aviários convencionais demonstram maior variabilidade, indicando uma menor capacidade de controle sobre os fatores ambientais adversos. Esses achados são particularmente relevantes no contexto econômico, pois a previsibilidade operacional é um fator crítico para otimizar recursos e maximizar a eficiência produtiva.

3.1.6.5 Implicações dos resultados

Os resultados obtidos indicam que as variações no modelo de medição para peso, consumo de alimentos e mortalidade refletem diretamente as mudanças latentes no desempenho zootécnico das aves.

Medidas iniciais, como o peso aos 7º e 14º dias, já demonstram ser indicadores robustos do desempenho final, enquanto os períodos críticos de mortalidade, como os dias 28º e 35º, destacam a importância de estratégias de manejo focadas e intensivas.

Em termos econômicos, embora o tipo de aviário não tenha apresentado significância estatística isolada em termos de mortalidade, os resultados sugerem que sistemas climatizados proporcionam vantagens substanciais.

Essas vantagens não se limitam à redução da mortalidade, mas incluem maior previsibilidade nos resultados, o que facilita ajustes mais precisos e econômicos no manejo. Em sistemas convencionais, a necessidade de estratégias proativas, como reforço na biossegurança e suplementação nutricional, é ainda mais crítica para mitigar perdas nas fases finais do ciclo produtivo.

3.1.6.6 Intervalos de confiança e comportamento a partir do 35º dia

Os intervalos de confiança mais estreitos a partir do 35º dia em aviários climatizados refletem maior controle sobre os fatores de risco associados à mortalidade.

Essa característica indica que esses sistemas são mais eficientes em reduzir os impactos de variáveis externas, como estresse térmico e desafios sanitários.

Em contrapartida, os aviários convencionais apresentam maior amplitude nos intervalos de confiança, o que sugere variabilidade elevada e uma menor eficácia em mitigar fatores adversos.

Ao 42º dia, a diferença entre os sistemas torna-se ainda mais evidente. Aviários climatizados demonstram menor mortalidade e maior uniformidade, enquanto sistemas convencionais enfrentam desafios substanciais, refletidos na curva de mortalidade mais acentuada e na maior variabilidade nos dados.

3.1.6.7 Implicações estratégicas e relevância do manejo

Esses resultados destacam a importância de intervenções direcionadas, especialmente a partir do 28º dia, com intensificação de práticas de manejo em sistemas convencionais.

Estratégias como ajuste da densidade de alojamento, reforço da biossegurança e suplementação nutricional podem contribuir significativamente para mitigar as perdas observadas nas fases críticas. Em sistemas climatizados, o foco deve ser na manutenção da estabilidade ambiental, maximizando os benefícios proporcionados por esses sistemas.

A análise dos intervalos de confiança revela que a previsibilidade operacional é maior em aviários climatizados, oferecendo vantagens econômicas e

estratégicas. Essa previsibilidade facilita tomadas de decisão baseadas em dados e permite maior eficiência na alocação de recursos.

Por outro lado, os aviários convencionais apresentam maior variabilidade, reforçando a necessidade de intervenções preventivas para melhorar a uniformidade e reduzir a mortalidade.

O desempenho zootécnico das aves é amplamente influenciado pelas condições ambientais, particularmente em fases críticas do ciclo produtivo. Esses resultados significativos oferecem uma base sólida para práticas que combinem sustentabilidade econômica e eficiência produtiva, contribuindo para avanços relevantes na avicultura moderna.

3.2 RESULTADOS: MODELO DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS E MODELO DE CRESCIMENTO LATENTE

Os dados, extraídos de um robusto banco de uma empresa integradora de frangos de corte, foram devidamente tratados para assegurar a integridade da análise. O MCL, uma extensão da MEE, foi aplicado com o objetivo de compreender o impacto das variáveis latentes relacionadas ao crescimento, ao consumo de alimentos e à mortalidade em frangos de corte.

Até este ponto, as análises anteriores haviam focalizado cada indicador de forma isolada, permitindo examinar separadamente crescimento, consumo e mortalidade, com detalhamento de suas particularidades. A partir de agora, o foco passa a ser a análise integrada, examinando as interações e os efeitos combinados entre os indicadores avaliados. Esse olhar conjunto é essencial para captar as relações entre variáveis, oferecendo uma compreensão mais ampla e alinhada ao objetivo central deste estudo.

As subseções a seguir apresentam os resultados obtidos por meio do MCL, complementando as análises individuais previamente realizadas. Essas metodologias permitem integrar os diferentes indicadores ao longo do tempo, fornecendo uma interpretação mais abrangente e fundamentada, com base nas tabelas e modelos gerados (Marôco, 2021; Preacher *et al.*, 2008).

Essa abordagem integrada reforça a importância de analisar os indicadores em conjunto, conforme destacado por Kline (2016), possibilitando uma compreensão mais profunda das dinâmicas interdependentes que influenciam o

desempenho produtivo e promovendo avanços em estratégias que sustentem a eficiência e a sustentabilidade da produção avícola.

3.2.1 Especificações do modelo: MEE

A Tabela 13 apresenta as principais informações técnicas de MEE, que foi utilizado para analisar o valor inicial e a taxa de mudança ao longo do tempo de crescimento, consumo e mortalidade em frangos de corte.

Tabela 13 - Parâmetros e informações do modelo de MEE.

Informação	Descrição
Método de Estimativa	Unweighted Least Squares (ULS)
Método de Otimização	NLMINB
Número de Observações	1297
Parâmetros Livres	66
Erro Padrão	Standard
Teste Escalado	None
Convergência	TRUE
Iterações	149

Fonte: Elaborado pelo autor.

a) Método de estimativa

Unweighted Least Squares (ULS): O método ULS foi empregado por sua adequação em situações de não normalidade dos dados e por não depender da escala das variáveis observadas. É amplamente utilizado em análises exploratórias e confirmatórias, sendo apropriado quando se busca um ajuste robusto em contextos com grande número de observações e complexidade estrutural (Kline, 2016).

b) Método de otimização

NLMINB: O algoritmo de minimização não linear NLMINB foi utilizado para assegurar a convergência do modelo. Sua aplicação em modelos de alta complexidade, como o proposto, garante ajustes consistentes mesmo diante de múltiplas restrições e interações entre variáveis observadas e latentes. O modelo convergiu após 149 iterações, demonstrando estabilidade no processo de estimação.

c) Número de observações

O modelo foi construído com base em 1.297 observações, o que confere força estatística ao estudo. Esse elevado número é fundamental para garantir a precisão das estimativas e a confiabilidade dos resultados.

d) Parâmetros livres

O modelo foi ajustado com 66 parâmetros livres, representando a complexidade das interações entre variáveis observadas e latentes. Esse número reflete um equilíbrio entre detalhamento do modelo e parcimônia analítica.

e) Erro padrão

Standard: Os erros padrão foram empregados para calcular intervalos de confiança e significância estatística dos parâmetros, conferindo robustez à interpretação dos resultados.

f) Convergência

TRUE: A convergência do modelo confirma que o algoritmo de otimização encontrou uma solução estável, permitindo a interpretação válida dos resultados. Isso é essencial para a credibilidade das inferências sobre as relações entre as variáveis latentes.

g) Iterações

O número de 149 iterações reflete a complexidade estrutural do modelo e a necessidade de ajustes sucessivos para alcançar a solução ótima. Esse resultado confirma a robustez do procedimento de estimação.

O modelo de MEE ajustado demonstrou elevada capacidade para representar as relações latentes entre crescimento, consumo e mortalidade em frangos de corte. O uso do método ULS, associado ao algoritmo NLMINB, mostrou-se adequado para lidar com a não normalidade dos dados e a complexidade estrutural do modelo, assegurando precisão estatística e validade das inferências.

3.2.2 Avaliação de ajuste do modelo de equações estruturais

Os testes estatísticos aplicados ao modelo de MEE forneceram informações importantes sobre o ajuste do modelo em relação aos dados observados (Tabela 14).

Tabela 14 - Testes do modelo.

Rótulo	χ^2	df	p-valor
Modelo do Usuário	298,31521	123	< 0.00000000000000001
Modelo de Baseline	31582,18161	153	< 0.00000000000000001

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

a) Qui-Quadrado (χ^2) e graus de liberdade (df)

O teste de Qui-Quadrado (χ^2) é amplamente utilizado para avaliar o ajuste do modelo no contexto da MEE, comparando a matriz de covariância observada com a matriz esperada pelo modelo.

No presente estudo, o valor do Qui-Quadrado do Modelo do Usuário foi de 298,31, com 123 graus de liberdade. Esse valor é expressivamente menor quando comparado ao Modelo Baseline, que apresentou 31582,18 com 153 graus de liberdade.

Essa diferença significativa reforça que o modelo proposto pelo usuário apresenta ajuste muito superior aos dados em comparação ao Modelo Baseline, considerado o pior cenário possível (Muruyama, 1998). O Modelo Baseline parte da suposição de independência total entre todas as variáveis observadas, o que usualmente resulta em um ajuste extremamente pobre. O fato de o Modelo do Usuário apresentar um valor de χ^2 significativamente menor evidencia que as relações especificadas entre variáveis latentes e observadas foram bem representadas, capturando as interações de forma eficaz.

b) p-valor (p)

O p-valor associado ao Qui-Quadrado do Modelo do Usuário foi $< 0,0000000000000001$, indicando que a diferença entre a matriz observada e a matriz esperada pelo modelo é estatisticamente significativa. Isso demonstra que, embora o modelo represente uma melhoria substancial em relação ao Modelo Baseline, ainda permanecem discrepâncias entre as matrizes, algo esperado em amostras grandes, como a deste estudo.

Esse resultado decorre da elevada sensibilidade do teste de Qui-Quadrado em grandes amostras, nas quais pequenas diferenças já se tornam estatisticamente significativas. Assim, esse p-valor não invalida o modelo. Pelo contrário, reforça a importância de complementar a avaliação com índices de ajuste adicionais, como CFI (Comparative Fit Index) e RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation), menos impactados pelo tamanho amostral e mais robustos para análise prática.

Portanto, ainda que o Qui-Quadrado seja uma métrica fundamental para avaliar o ajuste, sua interpretação deve ser integrada a outros índices, garantindo uma análise mais equilibrada do desempenho global do modelo MEE (Hair *et al.*, 2009).

3.2.3 Índices de ajuste do modelo MEE: SRMR e RMSEA

Na Tabela 15 os índices de ajuste são fundamentais para avaliar a qualidade do modelo de Modelagem de Equações Estruturais (MEE) em representar adequadamente os dados observados. A seguir, são apresentados os principais

resultados obtidos para os índices SRMR e RMSEA, juntamente com seus respectivos intervalos de confiança, utilizados para avaliar a qualidade do ajuste do modelo.

Tabela 15 - Índices de ajuste.

SRMR	RMSEA	Limite inferior (IC 95%)	Limite superior (IC 95%)	RMSEA p-valor
0,03490	0,03316	0,02839	0,03797	0,9999999988439358

Fonte: Elaborado pelo autor.

a) SRMR (Root Mean Square Error of Approximation)

O SRMR é uma medida que reflete a discrepância entre a matriz observada e a predita. No modelo atual, o valor do SRMR foi de 0,03490, indicando um ajuste excelente. Valores de SRMR inferiores a 0,08 são geralmente considerados adequados, enquanto valores abaixo de 0,05 refletem um ajuste ainda mais rigoroso.

O valor obtido neste estudo reforça que as diferenças entre os valores observados e estimados são pequenas, demonstrando que as relações especificadas entre as variáveis latentes representam adequadamente os dados observados. Esse resultado evidencia a robustez do modelo em explicar as variações observadas nas variáveis.

b) RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)

O RMSEA mede a discrepância ajustada pelos graus de liberdade do modelo em relação aos dados e é amplamente reconhecido como um dos índices mais informativos de qualidade do ajuste. No modelo atual, o valor do RMSEA foi de 0,03316, com intervalo de confiança de 95% variando entre 0,02839 e 0,03797, o que representa um ajuste excelente.

Valores de RMSEA abaixo de 0,06 são indicativos de excelente ajuste, enquanto valores abaixo de 0,05 refletem ajuste excepcional. O intervalo de confiança estreito confirma a consistência dos resultados, mostrando que o modelo

mantém um bom ajuste mesmo considerando a incerteza estatística associada às estimativas.

c) RMSEA p-valor

O p-valor associado ao RMSEA foi de 0,9999999988439358, indicando altíssima probabilidade de que o modelo se ajuste de maneira adequada aos dados. Esse resultado reflete a capacidade do modelo em capturar de forma precisa as relações entre as variáveis observadas e latentes, além de indicar que as diferenças residuais são mínimas.

De forma integrada, os índices de ajuste SRMR e RMSEA, acompanhados de seus intervalos de confiança, confirmam que o modelo apresenta qualidade de ajuste excelente. O RMSEA destaca a consistência estatística do modelo, enquanto o SRMR reforça a baixa discrepância entre as matrizes observadas e esperadas. Conforme discutido por Maruyama (1998), esses indicadores são fundamentais para assegurar a confiabilidade de um MEE, especialmente em estudos baseados em grandes amostras.

3.2.4 Modelo teórico vs modelo de referência: Índices de ajuste

A Tabela 16 apresenta os principais índices de ajuste que comparam o modelo do usuário com o modelo de referência. Esses índices são essenciais para avaliar o quão bem o modelo teórico proposto se ajusta aos dados observados, refletindo a adequação das relações entre variáveis latentes, crescimento, consumo e mortalidade e variáveis observadas nos lotes avaliados (Lei; Wu, 2007; Schreiber *et al.*, 2006).

Tabela 16 - Modelo do usuário vs modelos de Baseline.

Índice de Ajuste	Modelo
Comparative Fit Index (CFI)	0,99442
Tucker-Lewis Index (TLI)	0,99306
Bentler-Bonett Non-normed Fit Index (NNFI)	0,99306
Relative Noncentrality Index (RNI)	0,99442
Bentler-Bonett Normed Fit Index (NFI)	0,99055
Bollen's Relative Fit Index (RFI)	0,98825
Bollen's Incremental Fit Index (IFI)	0,99443
Parsimony Normed Fit Index (PNFI)	0,79633

Fonte: Elaborado pelo autor.

a) Comparative Fit Index (CFI)

O CFI foi de 0,99442, indicando ajuste excelente, por estar acima do limite recomendado de 0,90 (e próximo de 1). Esse resultado demonstra que o modelo proposto captura com eficácia as correlações entre as variáveis latentes e observadas, representando de forma robusta os dados empíricos.

b) Índice Tucker-Lewis (TLI) e Bentler-Bonett Non-normed Fit Index (NNFI)

O TLI, também conhecido como NNFI, apresentou valor de 0,99306, evidenciando a robustez do modelo. Esse índice considera a complexidade estrutural, garantindo equilíbrio entre ajuste e parcimônia. A equivalência entre TLI e NNFI confirma a consistência do modelo em explicar as interações entre as variáveis.

c) Relative Noncentrality Index (RNI)

O RNI foi de 0,99442, reforçando o excelente ajuste do modelo do usuário em relação ao modelo nulo. Valores próximos de 1 confirmam a superioridade do modelo teórico frente à hipótese de independência total entre variáveis.

d) Bentler-Bonett Normed Fit Index (NFI)

O NFI apresentou valor de 0,99055, indicando ajuste de alta qualidade, já que está muito acima do limite de 0,90. Esse resultado confirma que o modelo explica de maneira eficiente as correlações observadas.

e) Bollen's Relative Fit Index (RFI)

O RFI foi de 0,98825, também demonstrando ajuste robusto e confirmando que as relações especificadas no modelo explicam adequadamente a variabilidade entre as variáveis latentes e observadas.

f) Bollen's Incremental Fit Index (IFI)

O IFI alcançou 0,99443, reforçando a superioridade do modelo do usuário em termos de ajuste incremental. Valores próximos de 1, como este, são indicativos de ajuste excelente

g) Parsimony Normed Fit Index (PNFI)

O PNFI foi de 0,79633, evidenciando um equilíbrio adequado entre ajuste e parcimônia. Esse resultado confirma que o modelo é parcimonioso, evitando complexidade excessiva e mantendo consistência estatística, o que favorece a interpretação prática.

Os índices de ajuste demonstram que o modelo de MEE proposto apresenta excelente qualidade de ajuste em relação aos dados observados. Valores elevados de CFI, TLI, NFI, RFI e IFI, todos próximos de 1, evidenciam a robustez do modelo e sua capacidade de representar adequadamente as interações complexas entre variáveis latentes e observadas.

O PNFI confirma o equilíbrio entre ajuste e parcimônia, assegurando que o modelo seja estatisticamente consistente sem excesso (66 parâmetros livres) de complexidade, o que favorece a interpretação e a aplicação prática dos resultados. Em conjunto, esses indicadores fornecem suporte sólido para inferências confiáveis sobre crescimento, consumo e mortalidade em frangos de corte.

Conforme destacado na literatura, índices como CFI, TLI e NFI são considerados os mais relevantes na avaliação de modelos teóricos complexos (Marôco, 2021), e todos confirmam a qualidade excepcional do modelo ajustado neste estudo.

3.3 PARÂMETROS DE REGRESSÃO: LINHAGEM E TIPO DE AVIÁRIO

A Tabela 17 apresenta as estimativas dos parâmetros de regressão obtidos no modelo de Modelagem de Equações Estruturais (MEE) com extensão para Modelos de Crescimento Latente (MCL). Esses parâmetros descrevem as relações entre as inclinações latentes de crescimento (S_ganho), consumo (S_consumo) e mortalidade (S_morte), possibilitando compreender como as taxas de desenvolvimento interagem entre si ao longo do ciclo produtivo (Hancock; Mueller, 2013).

Tabela 17 - Estimativas dos parâmetros de regressão.

Variável dependente	Variável preditor	Estimativa	Erro padrão (SE)	Beta (β)	p-valor
S_consumo	S_ganho	2,23645	0,53960	0,60302	0,00003
S_morte	S_consumo	-1,73560	0,20270	-1,03269	<0,0001
S_morte	S_ganho	0,56550	0,54351	0,09072	0,2981

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

3.3.1 Relações entre consumo e crescimento

O parâmetro estimado para a relação S_ganho \rightarrow S_consumo foi de 2,23645 (SE = 0,53960; β = 0,60302; p = 0,00003), indicando um efeito positivo e significativo da velocidade de ganho sobre a velocidade de consumo (Tabela 17). Esse resultado confirma a relação funcional em que o aumento da taxa de crescimento induz elevação proporcional na taxa de consumo alimentar, reforçando a lógica fisiológica de que os frangos “comem porque crescem” e que a demanda energética acompanha o ritmo de desenvolvimento corporal (Macari; Lizana; Sakomura, 2024).

3.3.2 Relações entre mortalidade e consumo

A associação $S_{\text{consumo}} \rightarrow S_{\text{morte}}$ apresentou estimativa de $-1,73560$ ($SE = 0,20270$; $\beta = -1,03269$; $p < 0,0001$), demonstrando uma relação negativa forte e significativa entre a velocidade de consumo e a velocidade de mortalidade (Tabela 17). Esse padrão indica que lotes com maior ritmo de consumo tendem a apresentar menor ritmo de mortalidade, reforçando que a ingestão alimentar adequada funciona como indicador de viabilidade e se associa diretamente à manutenção da sobrevivência das aves.

3.3.3 Relações entre mortalidade e crescimento

A relação $S_{\text{ganho}} \rightarrow S_{\text{morte}}$ foi estimada em $0,56550$ ($SE = 0,54351$; $\beta = 0,09072$; $p = 0,2981$), não sendo estatisticamente significativa (Tabela 17). Esse resultado indica que, no presente modelo, a velocidade de ganho não apresentou efeito consistente sobre a velocidade de mortalidade. Ainda assim, a direção positiva da estimativa sugere que aumentos na velocidade de crescimento poderiam estar associados a maior velocidade de mortalidade, hipótese que merece investigação em análises futuras com maior detalhamento e inclusão de covariáveis ambientais.

Os resultados evidenciam que as interações entre consumo e crescimento foram estatisticamente significativas e biologicamente coerentes, enquanto a relação direta entre crescimento e mortalidade não se mostrou significativa. A forte associação negativa entre a velocidade de consumo e a velocidade de mortalidade reforça a relevância do manejo nutricional como determinante da viabilidade dos lotes.

Em síntese, observa-se que o incremento da velocidade de ganho está relacionado a elevações nas taxas de consumo. Analogamente, a redução da taxa de mortalidade implica em um aumento da taxa de consumo (Figura 7, Tabela 21), indicando que a taxa de consumo atua como uma variável mediadora. Consequentemente, este padrão explica por que o efeito direto da velocidade de ganho sobre a mortalidade não é estatisticamente significativo.

3.4 ESTRUTURA FATORIAL DOS INDICADORES LATENTES

3.4.1 Cargas fatoriais dos indicadores de crescimento

Os resultados na Tabela 18 referentes ao crescimento indicam que as cargas fatoriais foram estatisticamente significativas a partir do PM7, refletindo a progressão da taxa de ganho de peso.

Tabela 18 - Cargas fatoriais para a taxa de crescimento conforme peso corporal.

Variável	Estimativa	Erro padrão (SE)	Limite inferior (IC 95%)	Limite superior (IC 95%)	z	β	p-valor
PM7	4,46105	0,92426	2,64953	6,27256	4,82663	0,36567	0,0000014
PM14	6,58932	1,40074	3,84391	9,33473	4,70416	0,54012	0,0000025
PM21	6,54445	1,39568	3,80896	9,27994	4,68907	0,53644	0,0000027
PM28	5,09409	1,07881	2,97967	7,20851	4,72197	0,41756	0,0000023
PM35	4,37295	0,90979	2,58980	6,15610	4,80657	0,35845	0,0000015
PM36_Abate	1,00000	0,00000	1,00000	1,00000	-	0,08197	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

A estimativa mais elevada foi observada em PM14 (6,58932; $p < 0,001$), confirmando que este período corresponde ao pico de velocidade de crescimento, um fenômeno já bem estabelecido na avicultura (Rostagno; Albino, 2024).

O coeficiente padronizado associado a PM36_Abate foi fixado em 1,00000, servindo como ponto de referência para interpretação dos indicadores anteriores.

3.4.2 Cargas fatoriais dos indicadores de consumo alimentar

Na Tabela 19 as variáveis Cons1_7g e Cons29_Abate foram fixadas como pontos de referência no modelo.

Tabela 19 - Cargas fatoriais para a taxa de consumo alimentar.

Variável	Estimativa	Erro padrão (SE)	z	β	p-valor
Cons1_7g	0,00000	0,00000	-	0,00000	-
Cons8_21g	0,00500	0,06876	0,07268	0,00152	0,07039
Con22_28g	1,50333	0,09518	15,7951	0,45702	<0,00001
Cons29_Abate	1,00000	0,00000	-	0,30400	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

A análise mostra que Cons22_28g apresentou a maior carga fatorial (1,50333; $p < 0,001$), evidenciando que o período entre 22 e 28 dias é o de maior intensidade da taxa de consumo alimentar. Esse resultado reflete a maior demanda metabólica nessa fase, quando ocorre rápida deposição de tecidos e aumento da exigência nutricional.

Já Cons8_21g não apresentou significância estatística ($p = 0,9421$), sugerindo que, nesta fase intermediária inicial, a variação na taxa de consumo não tem relação consistente com a inclinação latente da taxa de consumo.

Esses achados destacam a importância de ajustes nutricionais específicos no período crítico de 22 a 28 dias, assegurando o aporte adequado de energia e nutrientes.

3.4.3 Cargas fatoriais dos indicadores de mortalidade

Os resultados mostram que a mortalidade precoce (Mort14) já se apresenta como um fator estatisticamente significativo (estimativa = 0,55678; $p < 0,001$), confirmando que as duas primeiras semanas representam um período crítico para a eficiência produtiva (Tabela 20).

Tabela 20 - Cargas fatoriais para a taxa de mortalidade.

Variável	Estimativa	Erro padrão (SE)	z	β	p-valor
Mort7	0,00000	0,00000	-	0,00000	-
Mort14	0,55678	0,03887	14,3244	0,02844	< 0.00000000000000001
Mort21	1,13095	0,05136	22,0200	0,57783	< 0.00000000000000001
Mort28	1,19982	0,04896	24,5059	0,61261	< 0.00000000000000001
Mort35	1,17408	0,05280	22,2366	0,59986	< 0.00000000000000001
Mort42	1,02060	0,04794	21,2874	0,52145	< 0.00000000000000001
Mort43_Abate	1,00000	0,00000	-	0,51092	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

O maior valor foi encontrado em Mort28 (1,19982; $p < 0,001$), caracterizando o pico da taxa de mortalidade ao longo do ciclo. Esse resultado ressalta a importância de estratégias intensivas de manejo e biossegurança nesse estágio, quando as exigências nutricionais e metabólicas são elevadas.

Posteriormente, observa-se uma tendência de estabilização (Mort35 = 1,17408; Mort42 = 1,02060), sugerindo que as intervenções aplicadas no manejo reduzem o impacto da mortalidade nas fases finais.

Esses achados reforçam a necessidade de foco no controle da mortalidade precoce e intermediária, especialmente até o pico observado aos 28 dias, como estratégia para otimizar a viabilidade e a eficiência produtiva.

3.5 DIAGRAMA DE CAMINHOS

3.5.1 Descrição detalhada do diagrama de caminho

O diagrama de caminho (Figura 7) representa a estrutura do MCL, inserido no contexto da MEE aplicada a dados longitudinais. Esse modelo considera os efeitos do tempo sobre variáveis de desempenho em frangos de corte, permitindo analisar tanto efeitos diretos quanto indiretos (mediação), além de incorporar variáveis latentes, covariâncias e erros de mensuração.

No diagrama, os retângulos correspondem às variáveis observadas: pesos corporais (PM0 a PM36_Abate), consumo em diferentes fases (Cons1_7g a Cons29_Abate) e mortalidade em distintas idades (Mort7 a Mort43_Abate). As elipses representam as variáveis latentes:

I_ganho e S_ganho → intercepto e inclinação do crescimento;

I_consumo e S_consumo → intercepto e inclinação do consumo;

I_morte e S_morte → intercepto e inclinação da mortalidade.

As setas unidirecionais indicam relações de regressão (efeitos estruturais), enquanto as setas bidirecionais representam covariâncias ou correlações entre fatores latentes.

O modelo evidencia três relações principais:

S_ganho → **S_consumo (2,24)**: relação positiva significativa, indicando que aves com maior taxa de crescimento tendem a apresentar também maior inclinação no consumo de alimentos.

S_consumo → **S_morte (-1,74)**: associação negativa robusta, sugerindo que o aumento da taxa de consumo contribui para reduzir a taxa de mortalidade, reforçando a importância do aporte alimentar adequado.

S_ganho → **S_morte (0,57)**: relação positiva, porém não significativa, sugerindo ausência de impacto consistente da taxa de crescimento sobre a taxa de mortalidade neste modelo.

As cargas fatoriais confirmam que:

Os pesos corporais (PM7 a PM35) descrevem de forma adequada a trajetória de crescimento.

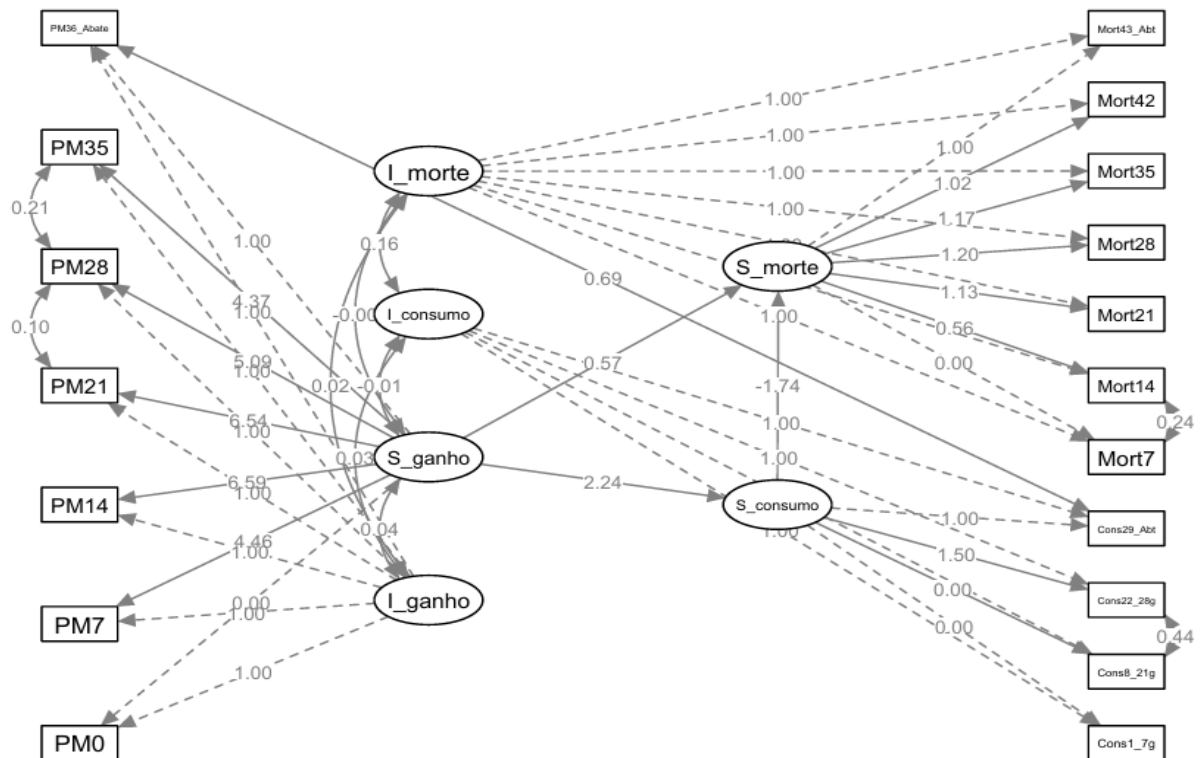
O consumo entre 22 e 28 dias (Cons22_28g) apresentou a maior contribuição para a inclinação do consumo.

A mortalidade aos 28 dias (Mort28) destacou-se como o ponto de maior influência sobre a inclinação da mortalidade, refletindo um período crítico do ciclo produtivo.

Esse diagrama sintetiza de forma clara as interações entre crescimento, consumo e mortalidade. O uso dessa representação visual é essencial, pois traduz resultados estatísticos complexos em uma estrutura acessível e comunicável a diferentes públicos (Byrne, 2016).

Na Figura 7 são apresentadas as estimativas padronizadas (pesos fatoriais). As variáveis observadas de peso, consumo e mortalidade foram utilizadas para estimar os parâmetros latentes de intercepto e inclinação, permitindo compreender de forma integrada a dinâmica entre crescimento, ingestão alimentar e perdas por mortalidade ao longo do ciclo produtivo.

Figura 7- Diagrama de caminho.



Fonte: Jamovi

Os diagramas de trajetórias são ferramentas indispensáveis na modelagem de equações estruturais, pois integram as representações visuais às análises estatísticas, permitindo que os efeitos diretos e indiretos sejam compreendidos de maneira clara e acessível (Neves, 2018).

3.5.2 Componentes fundamentais do diagrama estrutural

Círculos (Latentes): Interceptos ($I_{_}$) e declives ($S_{_}$) de crescimento, consumo e mortalidade. O intercepto representa o nível inicial; o declive indica a taxa de variação ao longo do tempo (Marôco, 2021).

Retângulos (Observadas): Pesos corporais (PM0–PM36_Abate), consumo por fases (Cons1_7g – Cons29_Abate) e mortalidade por idades (Mort7 - Mort43_Abate).

Setas: Unidirecionais = Efeitos de regressão;

Bidirecionais = Correlações/covariâncias.

A seta aponta sempre para a variável dependente, reforçando a direção do efeito no modelo estrutural.

3.5.3 Covariâncias e relações estruturais

O diagrama enfatiza as relações direcionais entre os declives latentes:

S_ganho ↔ S_consumo: A relação positiva e significativa demonstra coerência biológica, pois aves com maior inclinação de crescimento ($S_{_}$ ganho) apresentam tendência a maior inclinação de consumo ($S_{_}$ consumo). Esse padrão é esperado, já que o aumento na taxa de ganho de peso requer maior ingestão de energia e nutrientes para sustentar o crescimento e as funções metabólicas associadas.

S_consumo ↔ S_morte: relação negativa observada sugere um efeito protetor, indicando que aves com consumo mais estável e eficiente tendem a apresentar menor mortalidade. Entretanto, essa relação pode variar conforme o contexto produtivo, pois lotes com maior tendência de consumo podem refletir respostas a condições menos favoráveis de ambiente ou manejo, o que pode alterar o padrão esperado e modificar a direção do efeito. Assim, a interpretação deve considerar o equilíbrio entre consumo e desempenho como elemento central na análise da viabilidade.

S_ganho ↔ S_morte: A relação positiva, embora não significativa, indica ausência de efeito consistente entre crescimento e mortalidade. Biologicamente, isso reforça que a mortalidade não depende apenas da taxa de crescimento, mas resulta

da interação de múltiplos fatores, incluindo eficiência alimentar, imuno competência e condições de manejo.

O modelo evidencia, portanto, a interdependência entre crescimento, consumo e mortalidade, refletindo o equilíbrio biológico entre desempenho produtivo e viabilidade. Covariâncias adicionais entre os fatores latentes não foram foco deste ajuste, mas podem ser exploradas em análises complementares. A identificação e o ajuste do modelo derivam das cargas fatoriais e dos caminhos estruturais especificados, traduzindo adequadamente as relações fisiológicas e produtivas entre as variáveis.

3.5.4 Implicações práticas

Estimular consumo adequado: O aumento em S_consumo está associado à redução de S_morte, reforçando que estratégias nutricionais adequadas são fundamentais para reduzir perdas.

Sustentar crescimento com segurança: Como S_ganho impulsiona S_consumo, é necessário equilibrar crescimento e aporte energético, evitando sobrecarga metabólica.

Monitoramento temporal: A fase de 22–28 dias destacou-se pelo maior impacto no consumo (Cons22_28g) e pela mortalidade crítica aos 28 dias (Mort28). Essas fases são elementos fundamentais para ajustes nutricionais e de manejo.

3.5.5 Conexão entre teoria e prática

O desempenho zootécnico resulta da interação entre crescimento, consumo e mortalidade. O modelo demonstra que:

Mais do que o crescimento isolado, o consumo em fases críticas exerce papel protetor sobre a mortalidade.

Essa relação fortalece a importância da nutrição estratégica em períodos sensíveis do ciclo produtivo.

A incorporação de fatores genéticos (linhagem) e ambientais (tipo de aviário) como preditores aumenta a aplicabilidade do modelo, tornando-o mais próximo das condições práticas de campo.

Assim, o diagrama conecta teoria estatística e prática zootécnica, traduzindo relações complexas em informações diretamente aplicáveis à gestão nutricional e de manejo.

A Tabela 21 apresenta o efeito indireto estimado no modelo teórico, destacando a mediação exercida pela taxa de consumo de alimentos (S_{consumo}) na relação entre a taxa de crescimento (S_{ganho}) e a taxa de mortalidade (S_{morte}). Esse resultado evidencia que o impacto do crescimento sobre a mortalidade não ocorre de forma direta, mas é explicado, em parte, pela variação no consumo alimentar, ressaltando a relevância de mecanismos mediadores na compreensão do desempenho zootécnico das aves.

3.5.6 Efeitos indiretos no modelo teórico

Tabela 21 - Estimativa do efeito indireto mediado por S_consumo no modelo teórico.

Rótulo	Descrição	Estimativa	Erro padrão (SE)	Intervalo de confiança (IC 95%)	Beta (β)	z	Valor de p
IE1	S_ganho → S_consumo → S_morte	-3,88157	1,01557	-5,87204 a -1,89109	-0,62273	-3,82207	0,000132

Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

3.5.6.1 Impacto do crescimento e consumo sobre mortalidade

O único efeito indireto estatisticamente significativo encontrado foi:

S_ganho → S_consumo → S_morte (IE1): O único efeito indireto estatisticamente significativo identificado foi o de $-3,88$ (SE = 1,02; IC95%: $-5,87$ a $-1,89$; $p < 0,001$; $\beta = -0,62$) indica que o aumento na taxa de crescimento (S_ganho) está associado à redução da taxa de mortalidade, mediado pela variável S_consumo. Esse resultado evidencia que aves com melhor desempenho de crescimento tendem a manter um padrão de consumo mais eficiente e proporcional à demanda energética, o que reflete maior estabilidade produtiva e redução de perdas associadas à mortalidade. Assim, o consumo atua como variável mediadora essencial, conectando o desempenho produtivo à viabilidade do lote.

3.6 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

3.6.1 Manejo nutricional e genético

Os resultados evidenciam que o consumo é o mecanismo central pelo qual o crescimento impacta a mortalidade. Assim, estratégias nutricionais devem priorizar:

Garantir e sustentar S_consumo (oferta, acesso e qualidade do alimento) para reduzir S_morte.

Apoiar S_ganho com segurança metabólica, assegurando que o aumento de crescimento venha acompanhado de ingestão adequada; crescimento isolado não reduz mortalidade de forma direta no modelo.

Ajustar densidade energética e perfil de nutrientes conforme o avanço do ciclo para manter ingestão efetiva sem sobrecarga.

3.6.2 Monitoramento por janelas temporais

A medição indica janelas críticas:

Cons22_28g: maior contribuição para a inclinação do consumo → concentrar ajustes de dieta e manejo (palatabilidade, apresentação de ração, disponibilidade de comedouros/bebedouros).

Período inicial crítico (4^a semana, Mort28): momento de maior contribuição da mortalidade no modelo → intensificar biossegurança, conforto térmico, ventilação e sanidade.

3.6.3 Gestão integrada de risco

Implementar rotinas de vigilância sobre S_consumo (variação semanal, consumo por ave, conversão) como indicador preditivo de viabilidade.

Diante de metas agressivas de S_ganho, assegurar planos de contingência (suplementações estratégicas, manejo de água/temperatura) para proteger o consumo e, conseqüentemente, reduzir a mortalidade.

3.7 INTEGRAÇÃO DAS ANÁLISES DO MODELO DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS E MODELO LINEAR GENERALIZADO

3.7.1 Justificativa da abordagem complementar

A utilização conjunta da MEE e dos GLM amplia a compreensão dos fatores determinantes do desempenho produtivo em frangos de corte.

A MEE foi empregada para estimar as relações estruturais entre variáveis observadas e latentes, identificando padrões de covariação e formalizando um modelo teórico capaz de representar o crescimento, o consumo e a mortalidade ao longo do tempo.

Na sequência, os GLM foram aplicados sobre os escores fatoriais derivados da MEE, permitindo avaliar diretamente a influência de fatores fixos, como linhagem e tipo de aviário, sobre os construtos latentes de desempenho.

Essa combinação metodológica confere robustez analítica ao conciliar a interpretação de relações causais complexas (via MEE) com a mensuração de efeitos específicos (via GLM), atendendo simultaneamente às demandas de fundamentação teórica e de aplicabilidade prática.

3.7.2 Papel dos escores fatoriais

Os escores fatoriais obtidos na MEE constituem medidas sintéticas que condensam a variabilidade das variáveis latentes em indicadores únicos, derivados de combinações lineares ponderadas dos itens observados.

Esses escores preservam a estrutura de covariação entre as variáveis originais e reduzem a dimensionalidade dos dados, assegurando que a informação essencial sobre os construtos seja mantida em conformidade com o modelo teórico (Grimm; Ram; Hamagami, 2011; Marôco, 2021).

A aplicação subsequente dos GLM sobre os escores possibilitou avaliar, de forma inferencial, a significância estatística e a magnitude dos efeitos principais e das interações entre linhagens e tipos de aviário.

Essa estratégia estabelece um elo metodológico entre a modelagem explicativa e a análise inferencial, conforme destacado por Preacher *et al.* (2008). Enquanto a MEE válida a estrutura teórica dos construtos, os GLM verificam a consistência das hipóteses diante das variações empíricas.

O uso integrado assegura coerência entre o modelo teórico e os testes estatísticos, reforçando a validade externa dos resultados e sua aplicabilidade no manejo produtivo.

3.7.3 Relevância técnica da integração

A integração entre MEE e GLM apresenta vantagens expressivas tanto no âmbito técnico quanto científico. Os MEE fornecem um panorama abrangente das inter-relações entre crescimento, consumo e mortalidade, permitindo a formulação de hipóteses complexas que refletem processos biológicos e produtivos.

Os GLM, por sua vez, permitem testar diferenças específicas entre linhagens e sistemas de criação, oferecendo estimativas quantificáveis e aplicáveis diretamente à produção.

Dessa forma, os resultados obtidos por meio da integração metodológica possibilitam uma validação cruzada: as associações estruturais identificadas pela MEE são confirmadas ou refinadas pelas análises inferenciais.

Além disso, a combinação das técnicas aumenta a precisão das estimativas e amplia a aplicabilidade prática dos achados, subsidiando decisões

estratégicas relacionadas à seleção genética, à formulação de dietas e à definição de sistemas de alojamento mais eficientes.

A análise integrada baseada no uso conjunto de MEE e GLM oferece uma base metodológica sólida para compreender relações estruturais complexas e efeitos diretos aplicáveis ao campo produtivo. Essa estratégia ampliou a capacidade interpretativa dos dados, assegurando robustez estatística e relevância prática.

3.7.4 Contribuições específicas do Modelo Linear Generalizado para a análise de aviários e linhagens

A aplicação dos GLM sobre os escores fatoriais derivados da MEE proporcionou uma avaliação detalhada dos efeitos de linhagens e tipos de aviário nos construtos de crescimento, consumo e mortalidade.

Enquanto a MEE assegurou a validade estrutural dos indicadores, os GLM permitiram identificar diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, quantificando a magnitude dos efeitos principais e das interações.

- **Linhagens:** os GLM revelaram contrastes consistentes no desempenho produtivo, indicando se as diferenças genéticas se sustentavam após o controle da variabilidade latente.
- **Tipos de aviário:** a modelagem mostrou se o ambiente de criação exerceu influência independente ou interativa sobre os construtos avaliados, fornecendo evidências aplicáveis ao manejo produtivo.

Assim, os GLM complementam a MEE ao traduzir a complexidade estrutural em efeitos comparáveis entre grupos, oferecendo clareza para decisões práticas relacionadas à genética e ao ambiente de criação.

3.8 VELOCIDADE DE GANHO EM FUNÇÃO DA LINHAGEM E DO TIPO DE AVIÁRIO

3.8.1 Fundamentos teóricos e implicações zootécnicas

A velocidade de ganho representa a taxa com que as aves convertem nutrientes em peso corporal ao longo do ciclo produtivo. Esse indicador permite

avaliar não apenas o crescimento acumulado, mas também a dinâmica temporal do desenvolvimento, revelando diferenças que não seriam captadas apenas por medidas de peso final.

No contexto da avicultura industrial, a análise desse parâmetro é fundamental para otimizar estratégias de manejo, nutrição e bem-estar, visto que está diretamente relacionada à eficiência do sistema produtivo e ao retorno econômico.

3.8.2 Fatores biológicos e ambientais associados

Diversos fatores podem influenciar a velocidade de ganho, incluindo genética, nutrição, densidade de alojamento, manejo ambiental e sanidade. Entre eles, destacam-se:

- **Linhagem genética**, que define o potencial de crescimento, a deposição de tecidos e a eficiência alimentar.
- **Tipo de aviário**, cuja infraestrutura (convencional ou climatizada) impacta diretamente o conforto térmico, o consumo alimentar e a eficiência metabólica.

Esses elementos interagem de maneira complexa, reforçando a necessidade de análises estatísticas que permitam isolar e quantificar seus efeitos.

3.8.3 Justificativa metodológica do uso do Modelo Linear Generalizado na análise da velocidade de ganho

O uso do GLM para a variável velocidade de ganho permite avaliar, de forma simultânea:

- a) Os efeitos principais da linhagem;
- b) Os efeitos principais do tipo de aviário;
- c) A interação entre esses fatores;
- d) A quantificação da magnitude e direção dos efeitos por meio de estimativas paramétricas.

Essa abordagem garante maior robustez e consistência, oferecendo evidências estatísticas sólidas para compreender como linhagens e sistemas de

alojamento modulam a velocidade de ganho. Além disso, proporciona suporte prático para decisões de manejo.

3.9 RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (GLM) – VELOCIDADE DE GANHO

A Tabela 22 apresenta os resultados da análise de variância com GLM para a variável velocidade de ganho, evidenciando que tanto a linhagem quanto o tipo de aviário exerceram efeito altamente significativo ($p < 0,0001$). Esse resultado demonstra que as diferenças genéticas entre linhagens, assim como as condições ambientais proporcionadas pelos diferentes sistemas de alojamento (climatizado vs. convencional), influenciam de forma consistente o desempenho zootécnico.

Tabela 22 - Significância dos efeitos principais e da interação na velocidade de ganho.

Fator	χ^2	gl	p-valor	η^2
Linhagem	121,26098	1	< 0,00000000000000001	117.081,58
Tipo de aviário	181,31432	1	< 0,00000000000000001	1.750.450,40
Linhagem × Tipo de aviário	0,59282	1	0,4413	5.723,23

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

Por outro lado, a interação entre linhagem e tipo de aviário não foi significativa ($p = 0,4413$), indicando que o efeito de cada fator é independente. Em outras palavras, a resposta das linhagens quanto à velocidade de ganho não se altera em função do tipo de aviário, e vice-versa. Assim, cada fator pode ser interpretado isoladamente, sem necessidade de ajustes para efeitos combinados.

Esse resultado reforça a importância de se considerar tanto o componente genético quanto o ambiental nos programas de produção, mas sugere que a superioridade ou diferença entre linhagens permanece estável independentemente do sistema de alojamento.

3.9.1 Estimativas dos parâmetros para a variável velocidade de ganho

A tabela 23 o intercepto estimado (300) representa o valor médio de referência da variável velocidade de ganho no modelo. Esse valor foi estatisticamente significativo ($p < 0,0001$), servindo como ponto de comparação para a interpretação dos demais efeitos. Esse resultado confirma a adequação do modelo em explicar a variável resposta.

Tabela 23 - Resultados da modelagem da velocidade de ganho: estimativas paramétricas.

Efeito	Comparação	Estimativa	Erro-padrão (SE)	IC95% (Inferior – Superior)	z	p-valor
Intercepto	–	299,99084	0,00296	299,98504 – 299,99664	101390,239	< 0,0001
Linhagem (B – A)	B vs A	–0,06516	0,00592	–0,07676 – –0,05356	–11,01101	< 0,0001
Tipo de aviário (Convencional – Climatizado)	Convencional vs Climatizado	–0,07969	0,00592	–0,09129 – –0,06809	–13,46692	< 0,0001
Interação Linhagem × Tipo de aviário	(B – A) × (Convencional – Climatizado)	–0,00911	0,01184	–0,03231 – 0,01408	–0,76995	0,4413

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

Em relação ao efeito principal da linhagem, observou-se que a linhagem B apresentou redução significativa ($-0,065$) na velocidade de ganho quando comparada à linhagem A ($p < 0,0001$). Esse valor negativo indica que, mantendo constantes as demais condições, as aves da linhagem B tiveram uma taxa de ganho aproximadamente 6,5% inferior à das aves da linhagem A.

O resultado evidencia de forma clara a influência do componente genético sobre o desempenho produtivo, mostrando que diferenças intrínsecas entre linhagens afetam diretamente a eficiência de crescimento. Assim, a linhagem A demonstrou maior capacidade de converter nutrientes em peso corporal em relação à linhagem B, reforçando a necessidade de considerar o fator genético em programas de seleção, planejamento de lotes e estratégias de manejo.

Quanto ao tipo de aviário, constatou-se que aves alojadas em sistemas convencionais apresentaram desempenho inferior ($-0,080$) em comparação às criadas em aviários climatizados ($p < 0,0001$). Esse valor corresponde a uma redução de aproximadamente 8% na velocidade de ganho das aves mantidas em condições convencionais.

Esse resultado confirma o impacto do ambiente de criação sobre o desempenho zootécnico. O controle de temperatura, ventilação e umidade nos aviários climatizados reduz o estresse térmico, otimiza o conforto das aves e melhora a eficiência de utilização dos nutrientes ingeridos. Dessa forma, o manejo ambiental adequado configura-se como fator determinante para maximizar o potencial produtivo, especialmente em regiões de clima quente.

Por outro lado, a interação entre linhagem e tipo de aviário não foi significativa ($p = 0,4413$), indicando que os efeitos dos dois fatores são independentes. Em termos práticos, isso significa que a diferença de desempenho entre linhagens não se altera em função do sistema de alojamento e que o efeito positivo da climatização é consistente para ambas as linhagens avaliadas.

De forma geral, os resultados demonstram que tanto o componente genético quanto o ambiental exercem papel determinante sobre a velocidade de ganho. Entretanto, a ausência de interação sugere que as vantagens associadas a uma linhagem se mantêm independentemente do sistema de alojamento.

Esse resultado fornece subsídios aplicáveis para que programas de manejo e estratégias de seleção genética considerem os efeitos de forma isolada,

sem necessidade de ajustes específicos para combinações entre linhagem e ambiente.

3.9.2 Comparações múltiplas entre linhagens para a velocidade de ganho

Os resultados da Tabela 24 confirmam uma diferença estatisticamente significativa entre as linhagens A e B no que se refere à variável velocidade de ganho ($p < 0,0001$). A linhagem A apresentou valores superiores, com diferença média de aproximadamente 0,065 unidades em relação à linhagem B. Embora numérica e aparentemente pequena, essa diferença foi altamente consistente do ponto de vista estatístico, como demonstrado pelo elevado valor de $z = 11,01$ e pelo baixo erro-padrão associado.

Cabe destacar que, por se tratar de apenas duas linhagens, o teste post hoc de Tukey apresentado na Tabela 24 não acrescenta informação nova em relação ao efeito principal já estimado pelo modelo, mas atua como um recurso confirmatório, reforçando a robustez da análise.

Tabela 24 - Comparação entre linhagens para velocidade de ganho (Teste de Tukey).

Linhagem	vs	Linhagem	Diferença	SE	z	PTukey
A	–	B	0,06516	0,00592	11,01101	< 0,0001

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos.

Já as médias marginais estimadas, apresentadas na Tabela 25, desempenham papel essencial, pois permitem quantificar os efeitos em valores reais e facilitam a interpretação biológica dos resultados.

As médias marginais estimadas reforçam esse achado, mostrando que a linhagem A alcançou valor médio de 300,02, enquanto a linhagem B apresentou média de 299,95. Essa diferença, ainda que de pequena magnitude na escala métrica do modelo, é relevante em termos de produção, uma vez que ganhos acumulados ao longo do ciclo produtivo podem representar diferenças expressivas em peso corporal final, conversão alimentar e eficiência zootécnica do lote.

Tabela 25 - Médias marginais estimadas para velocidade de ganho por linhagem.

Linhagem	Média estimada	SE	IC95% Inferior	IC95% Superior
A	300,02342	0,00495	300,01371	300,03313
B	299,95826	0,00324	299,95190	299,96462

Fonte: Elaborado pelo autor.

Do ponto de vista prático, os resultados confirmam a influência genética sobre a velocidade de ganho de peso. A linhagem A apresentou desempenho superior, demonstrando que programas de seleção e estratégias de manejo devem incorporar as especificidades genéticas na definição de metas produtivas. Mesmo diferenças sutis na velocidade de ganho de peso podem se converter em benefícios econômicos expressivos em escala industrial, sobretudo quando associadas a outros indicadores de desempenho, como consumo de ração e viabilidade.

Assim, a comparação entre linhagens evidencia que a linhagem A alcança maior eficiência na velocidade de ganho de peso, consolidando sua vantagem produtiva. Esses achados reforçam a importância de decisões estratégicas em melhoramento genético e planejamento da produção avícola, considerando que ganhos aparentemente modestos podem resultar em margens competitivas relevantes quando projetados para toda a cadeia de produção.

3.9.3 Comparações múltiplas – Linhagem

Os resultados da Tabela 26 confirmam que houve diferença estatisticamente significativa entre os sistemas de alojamento avaliados ($p < 0,0001$). As aves criadas em aviários climatizados apresentaram valores significativamente superior de velocidade de ganho quando comparadas às aves mantidas em aviários convencionais, com diferença média de aproximadamente 0,080 unidades. O elevado valor de $z = 13,47$, associado ao baixo erro-padrão, reforça a consistência estatística dessa diferença.

Tabela 26 - Comparação entre linhagens para velocidade de ganho (Teste de Tukey).

Linhagem	vs	Linhagem	Diferença	SE	z	PTukey
Climatizado	–	Convencional	0,07969	0,00592	13,46692	< 0,0001

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos.

As médias marginais estimadas corroboram essa evidência, demonstrando que aves em aviários climatizados atingiram valor médio de 300,03, enquanto as aves em sistemas convencionais apresentaram média de 299,95. Embora a diferença absoluta pareça pequena, ela representa cerca de 8% de vantagem relativa em termos de velocidade de ganho, o que, ao longo do ciclo produtivo, pode resultar em impacto expressivo sobre peso final, conversão alimentar e, conseqüentemente, sobre o índice de eficiência produtiva (Tabela 27).

Tabela 27 - Médias marginais estimadas para velocidade de ganho por tipo aviário.

Linhagem	Média estimada	SE	IC95% Inferior	IC95% Superior
Climatizado	300,03069	0,00269	300,02540	300,03597
Convencional	299,95100	0,00527	299,94066	299,96133

Fonte: Elaborado pelo autor.

Do ponto de vista prático, esses resultados destacam a relevância do manejo ambiental para o desempenho das aves. Os aviários climatizados oferecem condições mais estáveis de temperatura, ventilação e umidade, reduzindo o estresse térmico e permitindo que os nutrientes sejam direcionados prioritariamente para o crescimento, e não para mecanismos de termorregulação. Isso justifica o ganho adicional observado, principalmente em regiões de clima tropical, onde a oscilação térmica exerce maior pressão sobre o metabolismo animal.

Assim, a comparação entre tipos de aviário evidenciam que a adoção de sistemas climatizados é uma estratégia eficiente para melhorar a taxa de crescimento e otimizar o desempenho zootécnico. Em escala industrial, essa vantagem acumulada pode significar incremento significativo de produtividade e

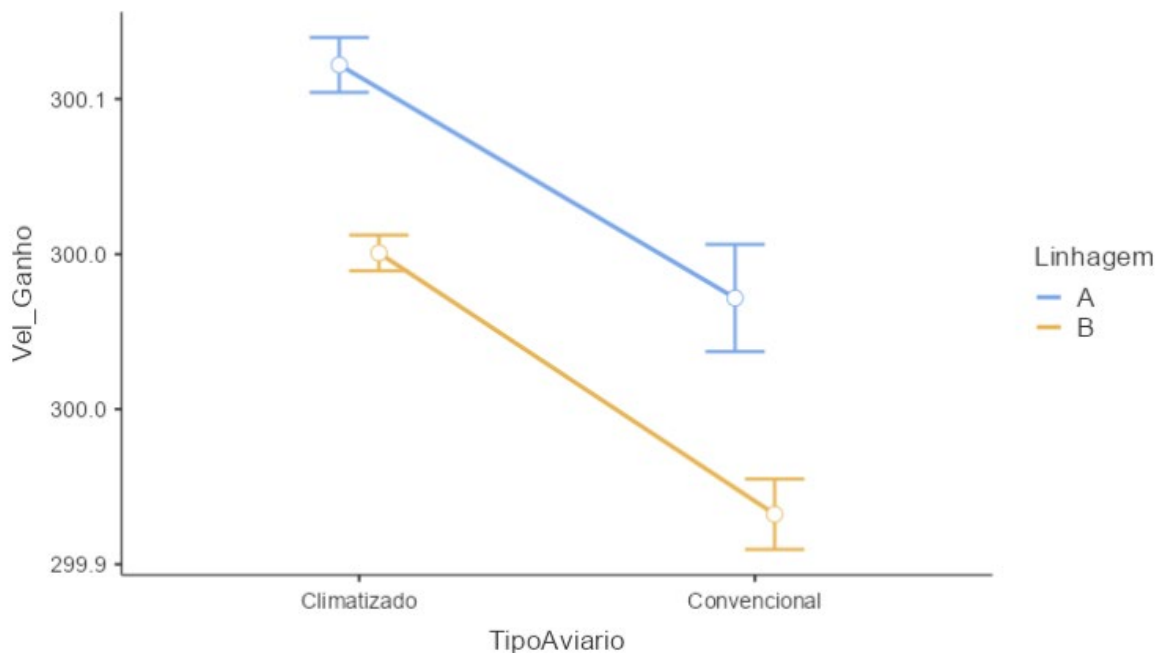
competitividade, reforçando a importância da infraestrutura ambiental como componente estratégico da avicultura moderna.

3.9.4 Efeitos genéticos e ambientais combinados sobre a velocidade de ganho

A análise conjunta (Figura 8) efeitos de linhagem e tipo de aviário sobre a variável velocidade de ganho evidencia que ambos os fatores exerceram influência significativa e independente sobre o desempenho produtivo das aves. De um lado, a linhagem A demonstrou superioridade em relação à linhagem B, apresentando taxa de ganho cerca de 6,5% maior, resultado que reflete a importância do componente genético na determinação da eficiência de crescimento. De outro, os aviários climatizados proporcionaram vantagem de aproximadamente 8% na velocidade de ganho em comparação aos aviários convencionais, ressaltando o papel decisivo do ambiente e do manejo na maximização do desempenho.

3.9.5 Representação gráfica da interação entre linhagem e tipo de aviário na velocidade de ganho

Figura 8 - Efeitos da linhagem e do tipo de aviário sobre a velocidade de ganho em frangos de corte.



Fonte: Jamovi

A ausência de interação entre linhagem e tipo de aviário indica que esses efeitos atuam de forma aditiva e independente, ou seja, a superioridade genética da linhagem A se mantém estável em qualquer sistema de alojamento, assim como o efeito positivo da climatização favorece ambas as linhagens. Esse achado confere robustez aos resultados, pois permite interpretar cada fator isoladamente, sem necessidade de ajustes ou considerações adicionais quanto a efeitos combinados.

Do ponto de vista aplicado, esses resultados reforçam que genética e ambiente são pilares complementares da eficiência zootécnica. A escolha de linhagens mais eficientes associada ao investimento em infraestrutura de climatização potencializa o ganho de peso e a produtividade do sistema. Mesmo diferenças aparentemente pequenas em velocidade de ganho, quando acumuladas ao longo do ciclo produtivo, traduzem-se em incrementos expressivos de peso corporal final, melhor conversão alimentar e maior índice de eficiência produtiva, fatores que impactam diretamente a rentabilidade da cadeia avícola.

Assim, pode-se concluir que a adoção de estratégias integradas, combinando a escolha adequada de linhagens com sistemas de alojamento climatizados, representa uma via consistente para otimização do desempenho produtivo e competitividade da avicultura moderna.

3.10 RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (GLM) – VELOCIDADE DE CONSUMO

Os resultados da Tabela 28 demonstram que tanto a linhagem quanto o tipo de aviário apresentaram efeitos altamente significativos sobre a taxa de consumo ($p < 0,001$). Esse achado evidencia que fatores genéticos e ambientais influenciam de maneira independente o comportamento alimentar das aves.

Por outro lado, a interação entre linhagem e tipo de aviário não foi significativa ($p = 0,2299$), mostrando que os efeitos se mantêm estáveis. Em termos práticos, isso significa que as diferenças genéticas na taxa de consumo não se alteram em função do tipo de alojamento, e que o efeito da climatização atua de forma consistente em ambas as linhagens.

Esse resultado reforça a relevância de se considerar tanto a base genética quanto a infraestrutura ambiental nos programas de manejo, mas sem necessidade de ajustes específicos para efeitos combinados.

Tabela 28 - Significância dos efeitos principais e da interação na velocidade de consumo.

Fator	χ^2	gl	p-valor	η^2
Linhagem	26,90823	1	< 0,0000002133	33.865,18
Tipo de aviário	23,84884	1	< 0,0000010420	30.014,81
Linhagem × Tipo de aviário	1,44143	1	0,2299	1.814,11

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

3.10.1 Estimativas dos parâmetros para a variável velocidade de consumo

O intercepto estimado (300,00) foi altamente significativo ($p < 0,0001$), representando o valor médio de referência para a velocidade de consumo e confirmando a adequação do modelo adotado (Tabela 29).

Quanto ao efeito principal da linhagem, observou-se que a linhagem B apresentou redução significativa ($-0,095$) na velocidade de consumo em comparação à linhagem A ($p < 0,0001$). Esse resultado indica que, mantendo constantes as demais condições, as aves da linhagem B ingeriram em média aproximadamente 9,5% menos rações, evidenciando diferenças genéticas relevantes no comportamento alimentar.

O efeito principal do tipo de aviário também foi significativo: aves alojadas em sistemas convencionais apresentaram menor velocidade de consumo ($-0,089$) em relação às criadas em aviários climatizados ($p < 0,0001$). Essa diferença, equivalente a cerca de 9%, reforça a importância do ambiente de criação, uma vez que condições controladas de temperatura, ventilação e umidade favorecem maior ingestão alimentar.

Por outro lado, a interação entre linhagem e tipo de aviário não foi significativa ($p = 0,2299$), sugerindo que os efeitos genéticos e ambientais são independentes. Em termos práticos, isso significa que a vantagem da linhagem A e o efeito positivo da climatização se mantêm de forma consistente, sem modificações quando combinados.

Tabela 29 - Parâmetros estimados do Modelo Linear Generalizado aplicados à velocidade de consumo.

Efeito	Comparação	Estimativa	Erro-padrão (SE)	IC95% (Inferior – Superior)	z	p-valor
Intercepto	–	300,00332	0,00915	299,98539 – 300,02126	32780,83	< 0,0001
Linhagem (B – A)	B vs A	–0,09494	0,01830	–0,13081 – –0,05906	–5,19	< 0,0001
Tipo de aviário (Convencional – Climatizado)	Convencional vs Climatizado	–0,08940	0,01830	–0,12527 – –0,05352	–4,88	< 0,0001
Interação Linhagem × Tipo de aviário	(B – A) × (Convencional – Climatizado)	0,04395	0,03661	–0,02780 – 0,11570	1,20	0,2299

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

3.10.2 Comparações múltiplas entre linhagens para a velocidade de consumo

As comparações múltiplas realizadas pelo teste de Tukey evidenciam que a linhagem A apresentou taxa de consumo significativamente maior que a linhagem B ($p < 0,0001$) (Tabela 30).

Embora a diferença numérica aparente seja pequena (0,09494 unidades), ela é estatisticamente robusta. Quando acumulada ao longo do ciclo produtivo, pode impactar de forma significativa o peso final das aves, a conversão alimentar e a eficiência zootécnica, reforçando a importância da linhagem na determinação do padrão da taxa de consumo.

Tabela 30 - Comparação entre linhagens para velocidade de consumo (Teste de Tukey).

Linagem	vs	Linagem	Diferença	SE	z	PTukey
A	–	B	0,09494	0,01830	5,19	< 0,0001

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos.

A Tabela 31 detalha as médias marginais estimadas da taxa de consumo para cada linhagem, acompanhadas de seus respectivos erros-padrão e intervalos de confiança a 95%. Observa-se que a linhagem A apresentou média de 300,051, com intervalo de confiança variando entre 300,021 e 300,081, enquanto a linhagem B registrou média de 299,953, com intervalo de 299,936 a 299,976.

A ausência de sobreposição relevante entre os limites inferiores e superiores desses intervalos reforça a robustez estatística da diferença detectada. Assim, ainda que numérica e biologicamente discreta, a superioridade da linhagem A em relação a taxa de consumo é consistente e sustentada por evidências estatísticas confiáveis.

Tabela 31 - Médias marginais estimadas para velocidade de consumo por linhagem.

Linhagem	Média estimada	SE	IC95% Inferior	IC95% Superior
A	300,051	0,015	300,021	300,081
B	299,953	0,010	299,936	299,976

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.10.3 Comparações múltiplas entre tipos de aviário para a velocidade de consumo

As comparações múltiplas na Tabela 32 indicam que aves alojadas em aviários climatizados consumiram significativamente mais ração do que aquelas mantidas em aviários convencionais ($p < 0,0001$).

Esse resultado tem forte relevância prática, pois sugere que a maior taxa de consumo sob climatização pode estar associada à melhor regulação térmica, reduzindo o gasto energético com termorregulação e favorecendo tanto a ingestão quanto o aproveitamento dos nutrientes.

Assim, a qualidade ambiental do aviário configura-se como um fator decisivo para o desempenho produtivo.

Tabela 32 - Comparação entre tipos de aviário para velocidade de consumo (Teste de Tukey).

Tipo de aviário	vs	Tipo de aviário	Diferença	SE	z	PTukey
Climatizado	–	Convencional	0,08940	0,01830	4,88	< 0,0001

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos.

A Tabela 33 apresenta as médias marginais estimadas da taxa de consumo por tipo de aviário, com respectivos erros-padrão e intervalos de confiança a 95%. As aves mantidas em aviários climatizados apresentaram média de 300,048 (IC95%: 300,032 – 300,064), enquanto aquelas alojadas em aviários convencionais registraram média de 299,959 (IC95%: 299,927 – 299,991). A ausência de sobreposição significativa entre os intervalos de confiança reforça a consistência

estatística da diferença, confirmando a maior taxa de consumo observado em sistemas climatizados.

Do ponto de vista produtivo, esses resultados demonstram que a climatização não apenas melhora as condições ambientais, mas também potencializa a capacidade de ingestão alimentar.

Esse efeito é crucial para garantir maior aporte energético e nutricional em fases de rápido crescimento, além de reduzir a variabilidade entre lotes e assegurar maior previsibilidade nos resultados de produção.

Tabela 33 - Médias marginais estimadas para velocidade de consumo por tipo de aviário.

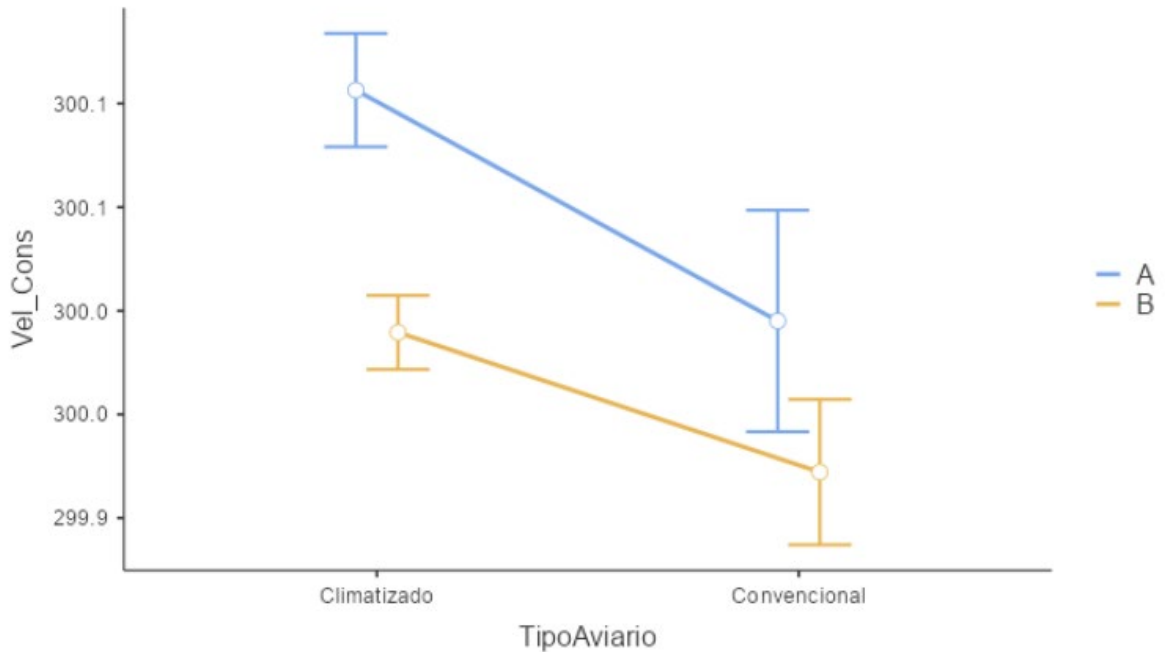
Tipo de aviário	Média estimada	SE	IC95% Inferior	IC95% Superior
Climatizado	300,048	0,008	300,032	300,064
Convencional	299,959	0,016	299,927	299,991

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.10.4 Efeitos combinados de linhagem e tipo de aviário sobre a velocidade de consumo: representação gráfica

A Figura 9 mostra que, em ambos os sistemas de alojamento, a linhagem A apresentou maior taxa de consumo em relação à linhagem B, confirmando a consistência do efeito genético. Além disso, observa-se que aves em aviários climatizados tiveram valores mais altos da taxa de consumo em relação às mantidas em aviários convencionais.

Figura 9 - Efeitos da linhagem e do tipo de aviário sobre a velocidade do consumo em frangos de corte.



Fonte: Jamovi

As linhas do gráfico permanecem paralelas, sem cruzamentos, confirmando a ausência de interação significativa entre os fatores. Isso indica que os efeitos da linhagem e do ambiente sobre a taxa de consumo são independentes e aditivos.

3.10.5 Influência conjunta da linhagem e do tipo de aviário na velocidade de consumo

A análise conjunta confirma que tanto os efeitos genéticos (Linhagem) quanto os efeitos ambientais (Tipo de aviário) influenciam significativamente a taxa de consumo. A linhagem A demonstrou maior ingestão alimentar que a linhagem B, enquanto os aviários climatizados proporcionaram maior taxa de consumo em comparação aos convencionais.

A ausência de interação sugere que os efeitos atuam de maneira aditiva: a vantagem da linhagem A em termos de consumo se mantém independentemente do sistema de alojamento, e o efeito positivo da climatização é consistente em ambas as linhagens.

Do ponto de vista aplicado, esses resultados são de alta relevância. A taxa de consumo de ração é um dos principais determinantes do desempenho produtivo e da conversão alimentar, e diferenças aparentemente pequenas podem resultar em impactos significativos em escala industrial. Assim, a escolha de linhagens mais eficientes, aliada ao uso de sistemas de climatização, representa uma estratégia sólida para maximizar o potencial produtivo e a rentabilidade da avicultura moderna.

3.11 RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO MODELO LINEAR GENERALIZADO: VELOCIDADE DA MORTALIDADE

Os resultados da Tabela 34 demonstram que tanto a linhagem quanto o tipo de aviário apresentaram efeitos significativos sobre a taxa de mortalidade ($p < 0,001$). Esse achado confirma que fatores genéticos e ambientais influenciam de maneira independente a sobrevivência das aves.

Tabela 34 - Significância dos efeitos principais e da interação na velocidade da mortalidade.

Fator	χ^2	gl	p-valor	η^2
Linhagem	14,60	1	< 0,001	1,95
Tipo de aviário	12,71	1	< 0,001	1,69
Linhagem × Tipo aviário	1,93	1	0,164	0,26

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são considerados significativos.

Por outro lado, a interação entre linhagem e tipo de aviário não foi significativa ($p = 0,164$), o que indica que os efeitos se mantêm estáveis. Em termos práticos, isso significa que a vantagem genética da linhagem A não se altera em função do tipo de alojamento, e que o efeito positivo da climatização atua de forma consistente em ambas as linhagens.

Esse resultado reforça a relevância de se considerar tanto a base genética quanto a infraestrutura ambiental nos programas de manejo, mas sem necessidade de ajustes específicos para efeitos combinados.

3.11.1 Estimativas dos parâmetros para a variável velocidade da mortalidade

Na Tabela 35, o intercepto estimado (0,432) foi altamente significativo ($p < 0,0001$), representando o valor médio de referência da taxa de mortalidade no modelo e confirmando a adequação do ajuste estatístico.

Quanto ao efeito principal da linhagem, observou-se que a linhagem B apresentou maior a taxa de mortalidade em comparação à linhagem A (+0,118; $p < 0,001$). Esse resultado evidencia diferenças genéticas relevantes, indicando que a linhagem A apresenta maior resiliência em termos de sobrevivência e reforçando a importância do componente genético na definição de estratégias de seleção e manejo.

O efeito principal do tipo de aviário também foi significativo: aves alojadas em sistemas convencionais apresentaram taxa de mortalidade superior em relação às criadas em aviários climatizados (+0,108; $p < 0,001$). Esse resultado demonstra que a climatização favorece a sobrevivência, reduzindo os impactos do estresse térmico e das condições ambientais adversas, e confirmando o papel determinante do ambiente sobre o bem-estar e a viabilidade produtiva.

Por outro lado, a interação entre linhagem e tipo de aviário não foi significativa ($p = 0,164$), sugerindo que os efeitos genéticos e ambientais sobre a taxa de mortalidade atuam de forma independente.

Tabela 35 - Estimativas paramétricas do modelo para a velocidade de mortalidade.

Efeito	Comparação	Estimativa	Erro-padrão (SE)	IC95% (Inferior – Superior)	z	p-valor
Intercepto	–	0,432	0,022	0,389 – 0,475	19,6	< 0,0001
Linhagem (B – A)	B vs A	+0,118	0,032	0,055 – 0,181	3,66	< 0,0001
Tipo de aviário (Convencional – Climatizado)	Convencional vs Climatizado	+0,108	0,030	0,049 – 0,167	3,46	< 0,0001
Interação Linhagem × Tipo de aviário	(B – A) × (Convencional – Climatizado)	+0,026	0,019	–0,011 – 0,063	1,40	0,164

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ são significativos.

3.11.2 Efeito da linhagem na velocidade de mortalidade: comparações múltiplas

As comparações múltiplas da Tabela 36 evidenciam que a linhagem A apresentou taxa de mortalidade significativamente menor em relação à linhagem B ($p < 0,0001$). Embora a diferença absoluta seja de $-0,118$ pontos percentuais por dia, trata-se de um efeito estatisticamente robusto, com implicações práticas relevantes em escala industrial.

Reduções, mesmo pequenas, nas taxas de velocidade de mortalidade representam ganhos consistentes em eficiência produtiva, melhoria do bem-estar animal e maior rentabilidade do sistema. Em contextos de produção intensiva, cada décimo de ponto percentual de redução pode significar milhares de aves a mais chegando ao abate, reforçando a relevância biológica e econômica desse resultado.

Tabela 36 - Comparação entre linhagens para velocidade da mortalidade (Teste de Tukey).

Linhagem	vs	Linhagem	Diferença	SE	z	PTukey
A	–	B	$-0,118$	0,031	3,85	$< 0,0001$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos.

A Tabela 37 apresenta as médias marginais estimadas de velocidade de mortalidade por linhagem, permitindo visualizar com maior clareza as diferenças absolutas. A linhagem A registrou média estimada de 4,931 (IC95%: 4,881 – 4,981), enquanto a linhagem B apresentou média de 5,049 (IC95%: 5,015 – 5,082).

A ausência de sobreposição entre os intervalos de confiança confirma a consistência estatística dessa diferença. Do ponto de vista prático, o menor valor observado para a linhagem A reforça seu potencial de adaptação às condições de manejo, resultando em maior viabilidade ao longo do ciclo produtivo.

Esses resultados, em conjunto, indicam que a escolha da linhagem exerce influência direta sobre a taxa de sobrevivência, configurando-se como um fator estratégico no planejamento zootécnico. A redução da taxa de mortalidade não apenas melhora os índices de bem-estar animal, mas também contribui para ganhos econômicos expressivos, fortalecendo a sustentabilidade do sistema produtivo.

Tabela 37 - Médias marginais estimadas para velocidade de mortalidade por linhagem.

Linhagem	Média estimada	SE	IC95% Inferior	IC95% Superior
A	4,931	0,025	4,881	4,981
B	5,049	0,017	5,015	5,082

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.11.3 Efeito do tipo de aviário na velocidade de mortalidade: comparações múltiplas

Os resultados confirmam que aves criadas em aviários climatizados apresentaram taxa de mortalidade significativamente menor em comparação às criadas em aviários convencionais ($p < 0,0001$). A diferença média estimada de $-0,108$ evidencia o impacto positivo da infraestrutura ambiental, especialmente do controle climático, sobre a sobrevivência das aves (Tabela 38).

Tabela 38 - Comparação entre tipos de aviário para velocidade de mortalidade (Teste de Tukey).

Tipo de aviário	vs	Tipo de aviário	Diferença	SE	z	PTukey
Climatizado	-	Convencional	$-0,108$	0,031	3,53	$< 0,0001$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos.

As médias marginais estimadas pelo modelo GLM reforçam esse achado: aves em aviários climatizados apresentaram taxa de mortalidade média de 4,936 (IC95%: 4,909 – 4,963), enquanto as mantidas em aviários convencionais registraram 5,044 (IC95%: 4,990 – 5,098), conforme apresentado na Tabela 39. A ausência de sobreposição entre os intervalos de confiança confirma a robustez estatística da diferença observada.

Tabela 39 - Médias marginais estimadas para velocidade de mortalidade por linhagem.

Tipo de aviário	Média estimada	SE	IC95% Inferior	IC95% Superior
Climatizado	4,936	0,014	4,909	4,963
Convencional	5,044	0,027	4,990	5,098

Fonte: Elaborado pelo autor.

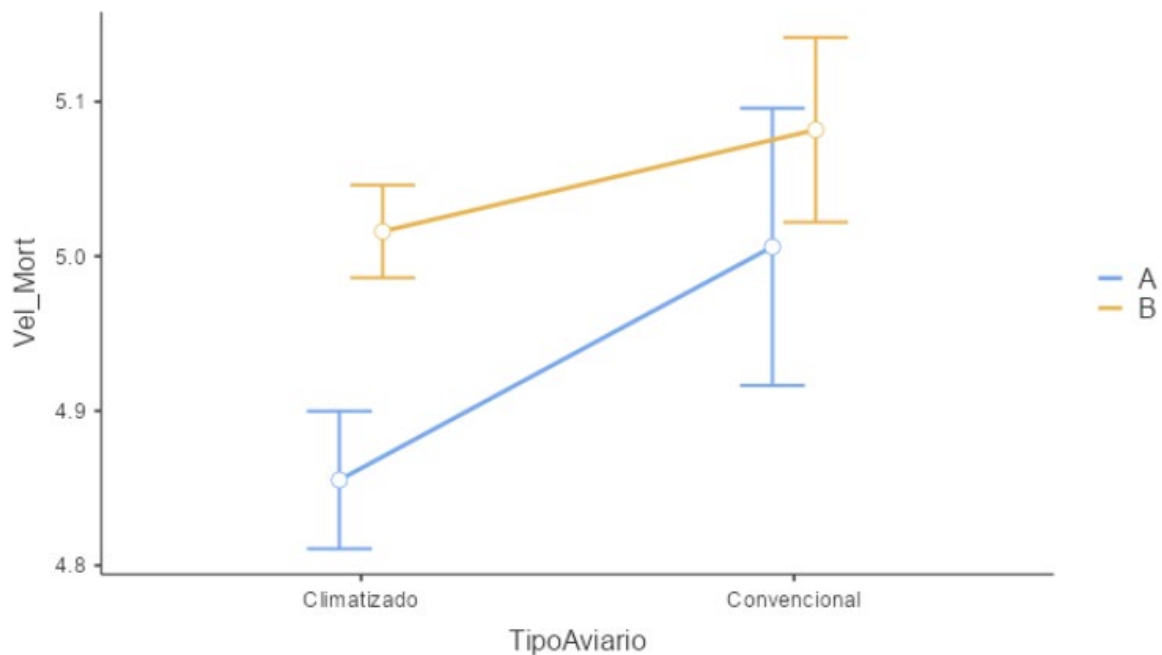
Do ponto de vista produtivo, esses resultados reforçam que investimentos em manejo ambiental e infraestrutura de climatização não apenas promovem o bem-estar animal, mas também reduzem perdas relacionadas à mortalidade. Essa redução, ainda que de pequena magnitude em termos absolutos, representa impacto significativo em escala industrial, pois aumenta o número de aves viáveis ao abate, melhora a previsibilidade zootécnica e fortalece a sustentabilidade econômica da produção.

3.11.4 Efeitos combinados de linhagem e tipo de aviário sobre a velocidade de mortalidade: representação gráfica

A Figura 10 mostra que, em ambos os sistemas de alojamento, a linhagem A apresentou menor taxa de mortalidade em comparação à linhagem B. Além disso, observa-se que aves em aviários climatizados tiveram menores índices da taxa de mortalidade que aquelas em sistemas convencionais.

As linhas do gráfico permanecem aproximadamente paralelas, sem cruzamentos, o que confirma a ausência de interação significativa entre linhagem e tipo de aviário.

Figura 10 - Efeitos da linhagem e do tipo de aviário sobre a velocidade da mortalidade em frangos de corte.



Fonte: Jamovi

3.11.5 Influência conjunta da linhagem e do tipo de aviário na velocidade de mortalidade

A análise conjunta confirma que tanto os efeitos genéticos (linhagem) quanto os efeitos ambientais (tipo de aviário) influenciam significativamente a taxa de mortalidade. A linhagem A demonstrou maior robustez em comparação à linhagem B, enquanto os aviários climatizados apresentaram redução significativa nos índices de mortalidade em relação aos convencionais.

A ausência de interação indica que os efeitos atuam de forma aditiva, ou seja, a vantagem da linhagem A se mantém estável em qualquer sistema de alojamento, e o benefício da climatização favorece ambas as linhagens.

Assim, a opção por linhagens de maior resiliência, associada ao investimento em sistemas de climatização, configura não apenas uma estratégia consistente e fundamentada, mas também uma medida de manejo eficaz para reduzir a variabilidade biológica associada à taxa de mortalidade, otimizar o desempenho zootécnico e assegurar maior previsibilidade nos resultados produtivos. Sob a ótica econômica, essa integração entre genética e ambiente contribui para a

mitigação de perdas financeiras, aprimoramento do índice de eficiência produtiva e fortalecimento da competitividade da avicultura em sistemas intensivos de produção.

3.12 INTEGRAÇÃO ESTATÍSTICA E FINANCEIRA

3.12.1 Análise financeira: Programa Prático de Otimização

A análise estatística no contexto da produção avícola, embora robusta, apresenta desafios ao traduzir descobertas técnicas em dados financeiros acionáveis. Essa limitação pode dificultar a adoção de estratégias de manejo baseadas em dados pelos gestores.

No entanto, ao integrar ferramentas como o PPO, é possível transformar indicadores zootécnicos em métricas financeiras, facilitando a tomada de decisão e potencializando o impacto econômico das intervenções (Narushin; Takma, 2003).

Os modelos avançados de Narushin-Takma, utilizados em conjunto com o PPO do Departamento de Produção e Saúde Animal - DAPSA da UNESP, oferecem uma abordagem inovadora que conecta variáveis biológicas e econômicas de forma dinâmica.

Estudos como o de Faridi *et al.* (2011) destacam que os modelos não lineares, como NT1, NT2 e NT3, são capazes de capturar nuances econômicas e biológicas, permitindo ajustes personalizados e melhor previsão de curvas produtivas e de consumo.

Essa flexibilidade vai além dos modelos convencionais, como Gompertz e Richards, proporcionando uma integração mais precisa entre desempenho zootécnico e viabilidade econômica.

3.12.2 Importância de modelos não lineares e perspectiva econômica

Os modelos não lineares propostos por Narushin e Yakma (2003) promovem uma abordagem ampliada que alinha eficiência produtiva com avaliação financeira, destacando:

Mortalidade ajustada: A análise ajusta a relação entre mortalidade e consumo alimentar, evitando simplificações excessivas e incorporando a dinâmica das demandas nutricionais.

Custo operacional: A avaliação econômica considera o impacto do custo da ração, identificado como uma fração substancial do custo operacional total. Esses dados, apresentados no Anexo K, foram obtidos por meio do ICPFrango/Embrapa.

Comparação de sistemas produtivos: O desempenho de diferentes estruturas de aviário (ex. convencionais vs. Climatizados) é integrado a indicadores econômicos, como custo por ração, consumo acumulado e peso final, para fornecer uma avaliação holística.

Essa integração permite uma análise robusta e prática, traduzindo os resultados estatísticos em dados econômicos compreensíveis e aplicáveis. Assim, o PPO demonstra ser uma ferramenta essencial para alinhar métricas zootécnicas com objetivos financeiros no setor avícola.

3.12.3 Convergência entre análises estatísticas e financeiras

A aplicação do PPO em conjunto com os modelos NT1, NT2 e NT3 oferece:

Maior clareza nas decisões econômicas: A capacidade de conectar resultados biológicos com métricas financeiras facilita a identificação de áreas críticas para intervenção.

Implementação prática de estratégias: A tradução de dados estatísticos em valores monetários permite a implementação de soluções eficientes e sustentáveis.

3.12.4 Expansão metodológica e projeções financeiras

A análise econômica complementa os resultados estatísticos dos capítulos anteriores, conectando indicadores zootécnicos a dinâmicas financeiras essenciais para otimizar a produção. Utilizando o software PPO Unesp, as variáveis operacionais, como consumo alimentar acumulado semanal, mortalidade acumulada semanal e peso semanal, foram integradas a parâmetros financeiros, como custos operacionais e preço de venda do frango carcaça.

Como os dados industriais frequentemente fornecem apenas o consumo acumulado inicial (dia 0) e final (dia de abate), os consumos semanais intermediários foram estimados com base nos padrões das linhagens genéticas A e B. Essa

abordagem garante uma análise detalhada e representativa das variações ao longo do ciclo produtivo.

3.12.5 Sistemas produtivos e projeções financeiras

A comparação entre aviários convencionais e climatizados foi realizada com o ajuste do parâmetro de dia de abate, assegurando uma avaliação equilibrada entre os sistemas, independentemente das diferenças reais no tempo de produção. Conforme demonstrado no Anexo K, por meio de tabela gerada no PPO, esse nivelamento foi essencial para garantir a comparabilidade dos valores financeiros e a consistência dos resultados apresentados em análises estatísticas anteriores, como MEE e MCL também no contexto econômico.

Os modelos NT1, NT2 e NT3 possibilitaram prever o impacto de diferentes estratégias de manejo, demonstrando como a otimização genética e ambiental pode reduzir custos operacionais e ampliar a lucratividade. Esses resultados reforçam a relevância de integrar análises estatísticas com projeções financeiras, fornecendo base sólida para decisões estratégicas.

Com os resultados projetados, este estudo apresenta uma abordagem integrada que alia eficiência produtiva e sustentabilidade econômica. A utilização combinada de análises estatísticas avançadas, modelos não lineares e ferramentas financeiras, como o PPO, oferece aos gestores uma visão estratégica capaz de traduzir dados biológicos em métricas econômicas, viabilizando mudanças orientadas para a melhoria da rentabilidade na produção avícola.

A incorporação dos modelos NT1, NT2 e NT3 ao PPO evidencia o potencial dessa metodologia, ampliando a precisão na previsão de curvas produtivas e de consumo. Dessa forma, o presente trabalho não apenas fortalece a conexão entre resultados estatísticos e projeções financeiras, mas também fornece um guia prático para otimizar a produção e impulsionar a sustentabilidade econômica da indústria avícola.

3.12.6 Peso corporal: aviários convencionais vs climatizados

Os resultados obtidos para o peso corporal nas otimizações 1 (aviário convencional) e 2 (aviário climatizado), apresentados nas Figuras 11, 12, 13 e

Tabela 40, demonstram diferenças claras no desempenho zootécnico das aves criadas em diferentes sistemas de manejo ambiental.

3.12.7 Aviários convencionais e climatizados: comparação

As Figuras 11 e Tabela 40 ilustra a curva de crescimento corporal ao longo do tempo, com destaque para os valores observados nas otimizações 1 (convencional) e 2 (climatizado). Verifique-se que o peso final atingido no aviário climatizado (2.902 kg) foi superior aos obtidos no aviário convencional (2.801 kg), mesmo com sugestão ideal para o abate indicado ser dois dias antes no sistema climatizado (42º dia contra 44º dia). Esse ganho de peso mais eficiente reflete a influência direta do controle ambiental na redução do estresse térmico e na otimização das condições fisiológicas das aves.

3.12.8 Ajustes semanais dos modelos NT1, NT2 e NT3

Os ajustes apresentados nas Figura 12 (Aviário convencional) e na Figura 13 (Aviário climatizado) foram realizados utilizando os modelos não lineares NT1, NT2 e NT3, com a seleção do melhor R^2 para descrever o padrão de crescimento semanal:

Otimização 1 (Aviário Convencional): A curva NT3 foi desprezada por trazer distorções no resultado da curva, uma opção que o software disponibiliza para evitar ajustes inadequados. A análise concentrou-se nos NT1 e NT2, sendo o NT2 selecionado como modelo final com $R^2 = 99,99\%$, destacando-se pela precisão no ajuste dos dados coletados.

Otimização 2 (Aviário Climatizado): A análise final indicou novamente o NT2 como o melhor modelo para descrever o crescimento das aves, também com $R^2 = 99,99\%$. Esse ajuste reforça o padrão de crescimento acelerado e consistente distribuição nas condições ambientais controladas.

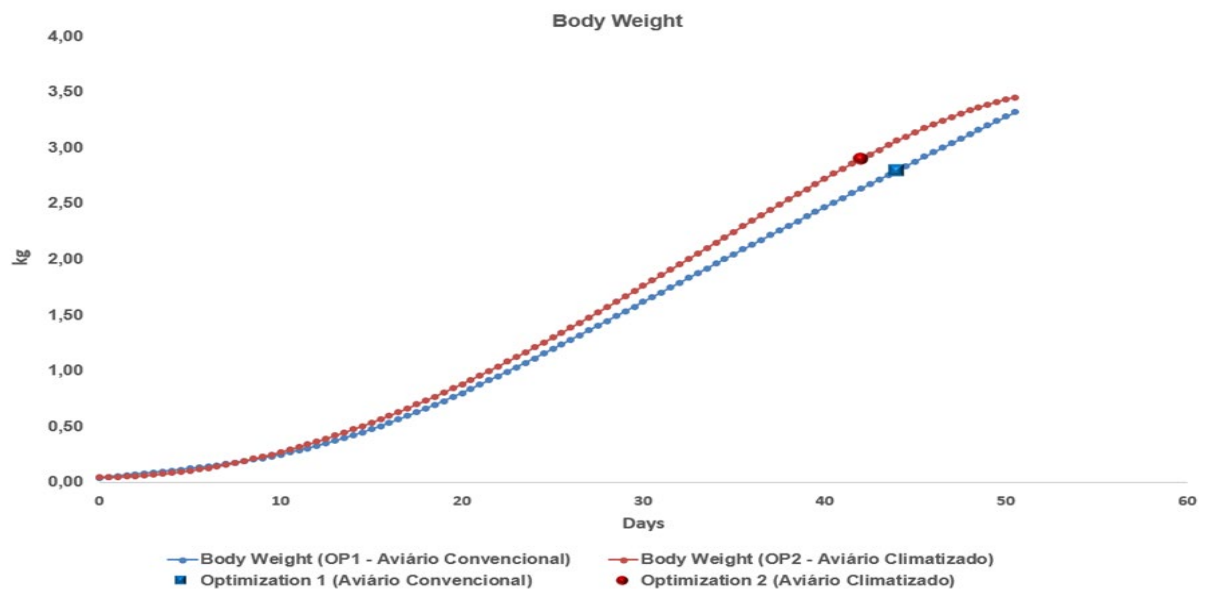
3.12.9 Relação com análises estatísticas no Modelo Misto Generalizado, Modelo de Equações Estruturais e Modelo de Crescimento Latente

Os resultados apresentados convergem com as análises estatísticas previamente realizadas no MMG, MEE e MCL que revelaram uma influência significativa do tipo de aviário, variável exógena, sobre a especificidade do ganho de peso (S_{ganho}). A redução do estresse térmico nos aviários climatizados possibilitou maior eficiência no consumo alimentar e, conseqüentemente, melhor desempenho de crescimento.

Otimização 1 (Convencional): O crescimento mais lento e peso final inferior evidenciam as limitações das condições ambientais no sistema convencional, que impactam os níveis de metabolismo das aves. A análise final foi realizada com o modelo NT2 (Figura11).

Otimização 2 (Climatizado): O crescimento acelerado e peso final superior confirmam a vantagem do controle ambiental na redução de estressores, refletindo diretamente no desempenho produtivo (Figura 11).

Figura 11 - Curva de crescimento: otimizações 1 e 2.



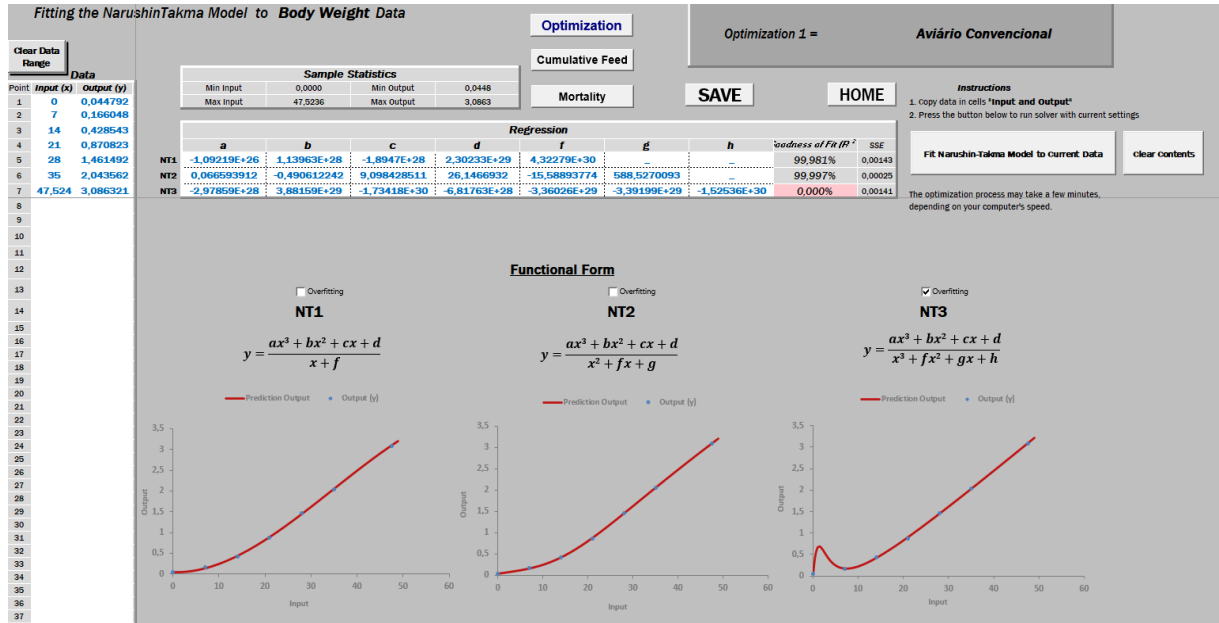
Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado PPO

Tabela 40 - Pesos corporais: (Idade de abate ideal para - máximo lucro).

Otimização	Tipo aviário	Abate ideal (Dias)	Peso (Kg)
1	Convencional	44	2,801
2	Climatizado	42	2,902

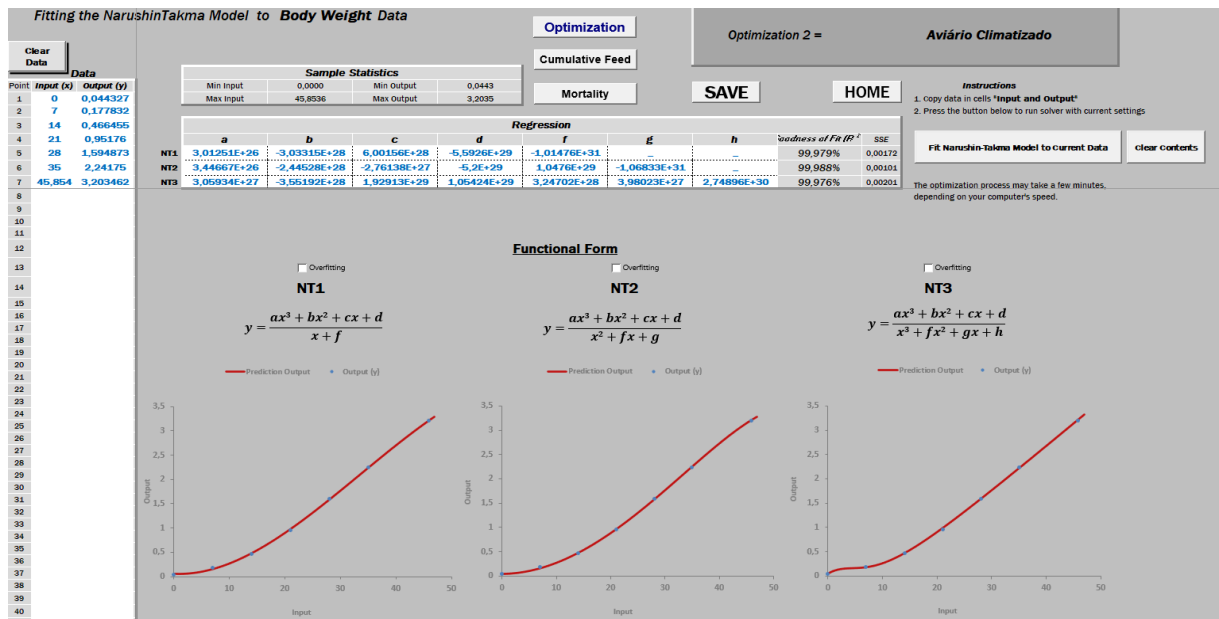
Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado PPO

Figura 12 - Peso corporal: NT1, NT2 e NT3 com R² (Convencional).



Fonte: Elaborado pelo autor, PPO

Figura 13 - Peso corporal: NT1, NT2 e NT3 com R² (Climatizado).



Fonte: Elaborado pelo autor, PPO

3.12.10 Consumo acumulado em função dos tipos de aviário e das otimizações 1 e 2

A análise do consumo acumulado de ração foi conduzida com base nos resultados obtidos pelas Otimizações 1 e 2 no PPO, permitindo uma comparação específica entre aviários convencionais e climatizados. Os resultados apresentados na Figura 14 e na Tabela 41 destacam as diferenças no comportamento de consumo, refletindo diretamente as condições ambientais e o manejo nutricional de cada sistema.

3.12.11 Consumo acumulado: otimização 1 (Convencional)

No aviário convencional, o consumo acumulado até o ponto de melhor otimização financeira foi de 4,830 kg. A análise apresentada na Figura 15 demonstrou que as curvas NT2 e NT3 foram desprezadas devido às distorções nos ajustes fornecidos pelo software, deixando o modelo NT1 como a opção mais adequada, com um $R^2 = 99,802\%$.

Interpretação técnica: O elevado consumo acumulado neste sistema pode ser explicado pela necessidade adicional de exigência para manutenção das aves, que enfrenta maiores desafios em aviários de forma temporária, como controle térmico e ventilação limitada. Esse aumento na demanda energética reflete em um consumo de ração mais elevado, impactando diretamente os custos operacionais.

3.12.12 Consumo acumulado: otimização 2 (Climatizado)

No aviário climatizado, o consumo acumulado no ponto de melhor otimização financeira foi de 4,600 kg. A Figura 16 revela que, assim como na Otimização 1, as curvas NT2 e NT3 foram descartadas por apresentarem ajustes inadequados, sendo o modelo NT1 selecionado com um $R^2 = 99,665\%$, garantindo altas precisão no ajuste.

Interpretação Técnica: O consumo acumulado mais baixo no aviário climatizado pode ser atribuído à maior eficiência alimentar proporcionada pelas condições ambientais controladas. A climatização permite uma redução no gasto energético das aves com termorregulação, favorecendo o uso mais eficiente dos

nutrientes e redução do consumo total necessário para manutenção e ganho de peso.

3.12.13 Análise comparativa dos sistemas produtivos: resultados do Programa Prático de Otimização e métodos estatísticos

Os resultados apresentados no consumo acumulado são coerentes com as análises realizadas pelo MMG, MEE e MCL onde a influência dos fatores ambientais, como a qualidade do alojamento, foi demonstrada como um elemento crítico na eficiência produtiva.

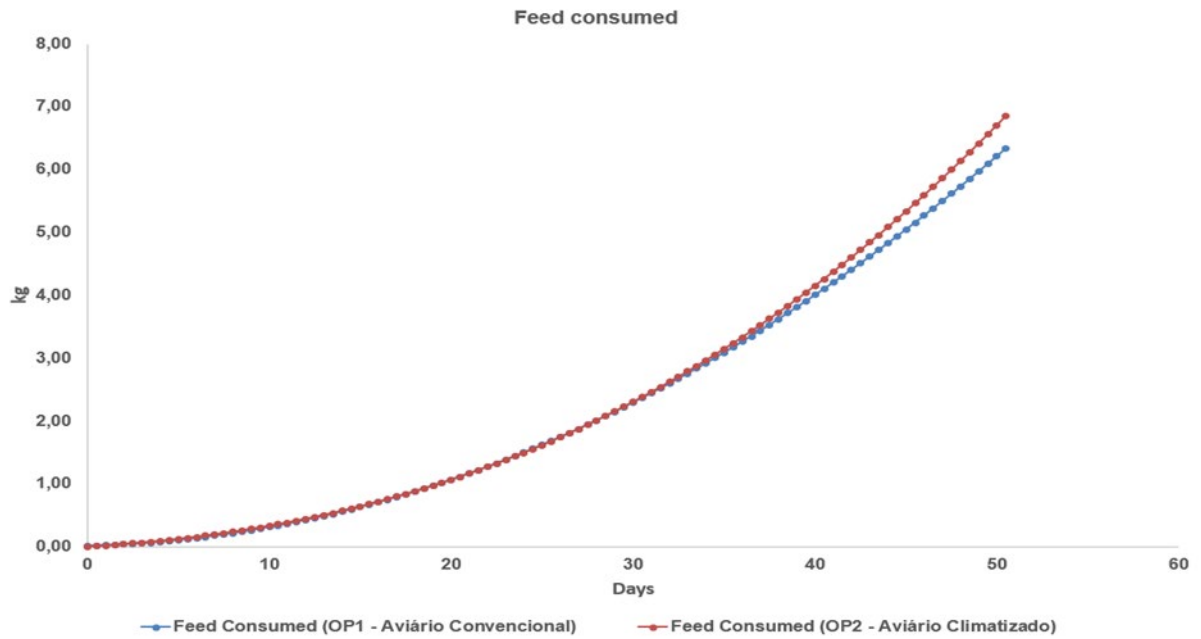
A redução de 0,230 kg no consumo acumulado em aviários climatizados, em comparação com os convencionais, indica uma otimização na eficiência alimentar. Esse resultado reflete diretamente no momento ótimo de desempenho financeiro, identificando que as aves criadas em sistemas climatizados requerem menos ração para alcançar níveis semelhantes ou superiores de produção, traduzindo-se em benefícios econômicos significativos.

Ao identificar os pontos ideal de otimização máxima nas curvas modeladas, o PPO revela que os momentos de melhor desempenho financeiro ocorrem no 44º dia para o aviário convencional e no 42º dia para o aviário climatizado. Esses dados não devem ser interpretados somente como antecipação do abate, mas sim como a relação individual de desempenho econômico otimizado para cada sistema de criação. Ou seja, aviário climatizado, ao atingir um ponto de equilíbrio mais favorável, evidencia a capacidade de evitar desperdícios e reduzir os custos com ração, fator que constitui a maior parcela dos custos operacionais na produção avícola.

Essa análise destaca que os aviários climatizados, ao proporcionarem condições ambientais mais benéficas, favorecendo não apenas a eficiência alimentar, mas também o desempenho econômico no momento ideal de produção, reforçando a necessidade de considerar a interação entre ambiente e custos no planejamento planejado.

Validação do Modelo NT1: A escolha do modelo NT1, com R^2 superior a 99,8%, demonstra a confiabilidade e robustez do ajuste para o consumo acumulado. A alta precisão reforça a aplicabilidade prática dos resultados, fornecendo aos gestores dados concretos para a tomada de decisão.

Figura 14 - Consumo acumulado: otimizações 1 e 2.



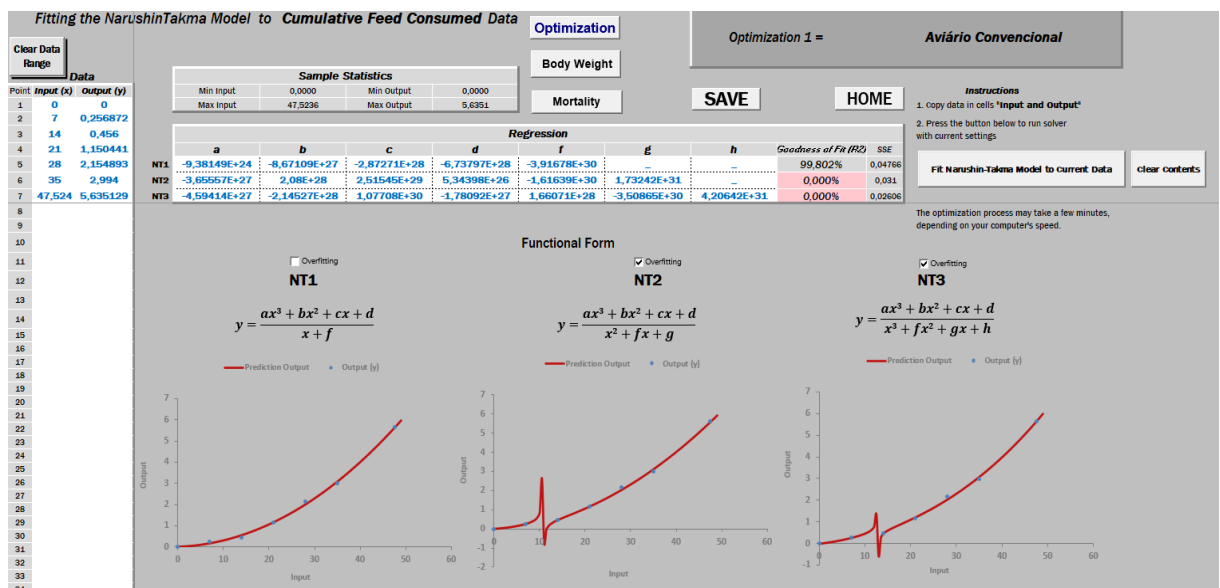
Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado PPO

Tabela 41 - Consumo acumulado: (Idade de abate ideal para - máximo lucro).

Otimização	Tipo aviário	Abate ideal (Dias)	Consumo (Kg)
1	Convencional	44	4,830
2	Climatizado	42	4,600

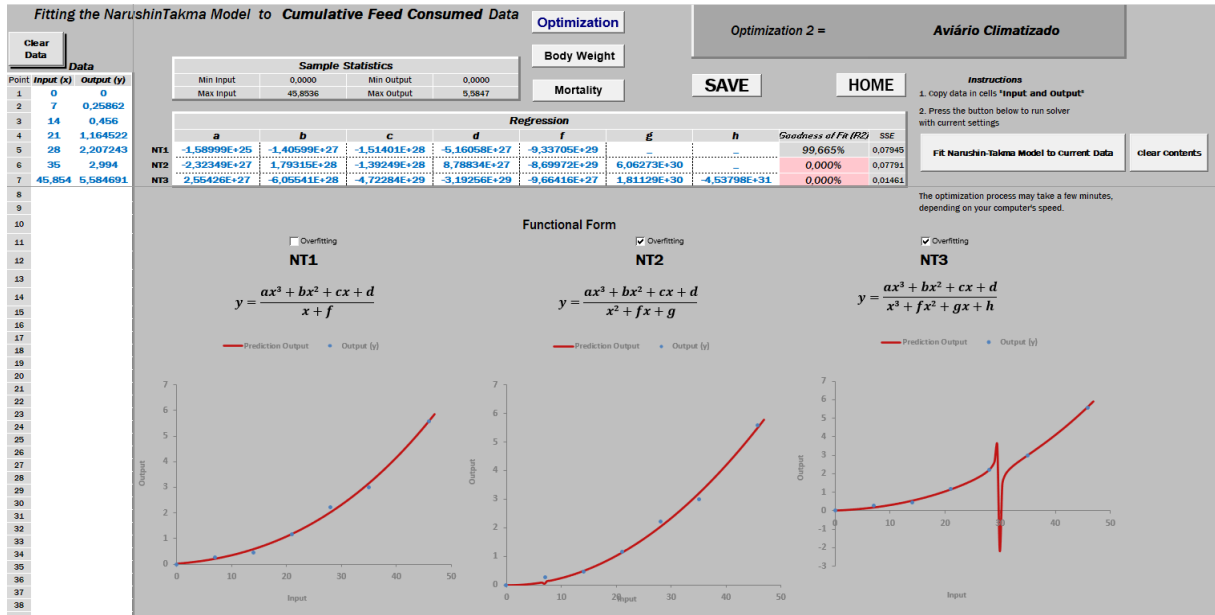
Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado PPO

Figura 15 - Consumo acumulado: NT1, NT2 e NT3 com R² (Convencional).



Fonte: Elaborado pelo autor, PPO

Figura 16 - Consumo acumulado: NT1, NT2 e NT3 com R² (Climatizado).



Fonte: Elaborado pelo autor, PPO

3.12.14 Mortalidades acumuladas: entre otimizações 1 e 2

A análise das mortalidades acumuladas nos aviários convencionais e climatizados, representada na Figura 17 e detalhada na Tabela 42, evidencia diferenças relevantes no desempenho dos dois sistemas de criação. Os resultados apontam uma mortalidade acumulada de 5,45% no aviário convencional e 4,85% no aviário climatizado, refletindo uma redução de 0,60 pontos percentuais em favor do sistema climatizado.

3.12.15 Ponto de otimização e ajuste dos modelos

Nas análises feitas pelo PPO, a mortalidade acumulada foi modelada utilizando os ajustes NT1, NT2 e NT3.

Na Otimização 1 (Aviário convencional), os modelos NT2 e NT3 foram descartados devido ao menor desempenho no ajuste e à introdução de distorções nos resultados. A curva NT1, com um R² de 98,925%, foi selecionada por apresentar uma representação robusta e consistente dos dados coletados (Figura 18).

Na Otimização 2 (Aviário climatizado), as curvas NT2 e NT3 também foram desconsideradas, sendo a curva NT1, que apresentou um R² de 99,087%,

adotada como a mais adequada para representar a mortalidade acumulada (Figura 19).

3.12.16 Mortalidade acumulada e análise comparativa

Os resultados do PPO corroboram os achados dos modelos estatísticos anteriormente utilizados MEE e MCL, os quais já evidenciaram a relevância das condições ambientais controladas na mitigação das taxas de mortalidade. O sistema planejado apresentou uma capacidade superior de minimizar o impacto de fatores adversos, como estresse térmico, densidade populacional elevada e condições sanitárias eficientes, os principais agentes que elevam os índices de mortalidade nos sistemas eficientes.

A redução da mortalidade acumulada, de 0,60 pontos percentuais no aviário climatizado em comparação ao convencional, representa um avanço relevante em termos de desempenho zootécnico. No entanto, esse indicador não é isoladamente determinante para o processo decisório. Uma análise do ponto ótimo financeiro, realizada pelo PPO, revela que a idade de retirada das aves em cada sistema exerce influência direta nos resultados econômicos. Esse ponto reforça que o tipo de aviário e a dinâmica de manejo devem ser analisados de forma conjunta com os indicadores de mortalidade, garantindo uma visão holística do desempenho produtivo.

O ambiente controlado fornecido pelos aviários climatizados oferece condições mais resultantes para as aves, o que se reflete em menores taxas de mortalidade. Essa vantagem resulta, em grande parte, do controle preciso de variáveis como temperatura e umidade, fatores críticos para o conforto térmico e bem-estar das aves. Contudo, esses devem ser avaliados à luz das condições operacionais específicas de cada sistema, como os custos associados à manutenção dos aviários climatizados e à otimização da idade de retirada das aves para abate.

Do ponto de vista financeiro, embora a redução da mortalidade represente um impacto direto na lucratividade ao minimizar as perdas com aves, esse fator não pode ser analisado de forma isolada. O desempenho econômico global depende da interação com outros indicadores críticos, como o consumo de ração e o peso

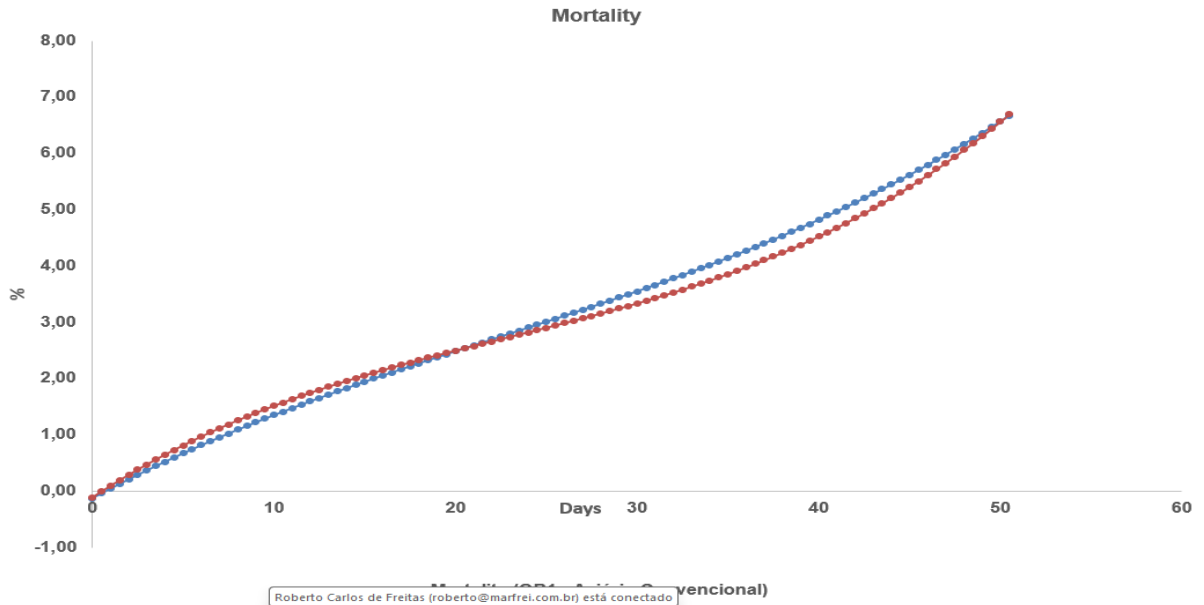
corporal, conforme observado nas análises comparativas. A convergência desses resultados (são necessários, mas não suficientes) destaca a importância de considerar os efeitos combinados dos indicadores biológicos e econômicos na tomada de decisão.

Portanto, a análise integrada dos resultados do PPO e dos modelos estatísticos reforça que, embora a redução das taxas de mortalidade em sistemas climatizados seja um fator relevante, ela deve ser considerada no contexto mais amplo do desempenho zootécnico e financeiro. A otimização da idade de retirada, aliada ao manejo ambiental eficiente, se apresenta como um caminho estratégico para maximizar a eficiência produtiva e econômica, consolidando a importância de abordagens que integrem o controle ambiental, o bem-estar das aves e a rentabilidade na avicultura moderna.

A mortalidade acumulada, apesar de ser um indicador crítico para o desempenho zootécnico, não se apresenta como um fator isolado determinante para a tomada de decisão. A diferença nas idades de otimização financeira entre os dois sistemas (42º dia para aviário climatizado e 44º dia para aviário convencional) ressalta a importância de avaliar o conjunto de indicadores em uma abordagem multifatorial.

Os resultados do PPO, aliados aos modelos estatísticos MEE e MCL, demonstram que os aviários climatizados oferecem vantagens significativas em termos de redução de mortalidade e eficiência geral. Contudo, a decisão final deve considerar a convergência dos indicadores biológicos e econômicos no ponto ótimo de desempenho financeiro. Esta análise integrada reforça que, embora os indicadores de mortalidade sejam importantes, a sua relevância deve ser ponderada num contexto mais amplo, alinhada às metas de lucratividade e sustentabilidade na produção avícola.

Figura 17 - Mortalidade acumulada: otimizações 1 e 2.



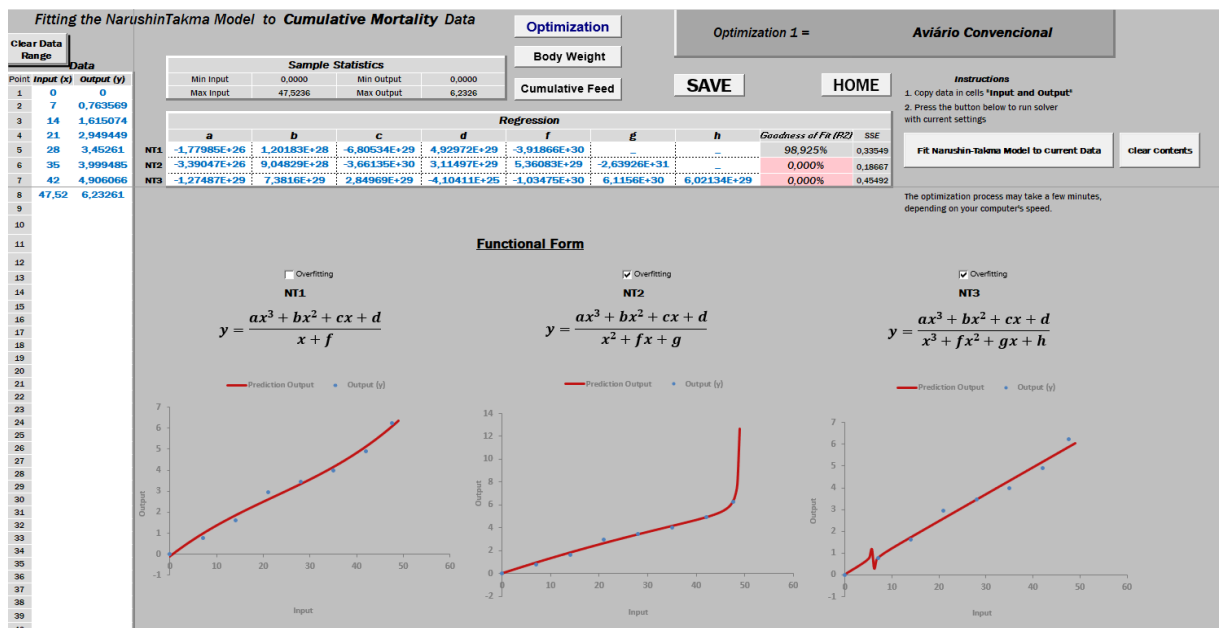
Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado PPO

Tabela 42 - Mortalidade acumulada: (Idade abate - máximo lucro).

Otimização	Tipo aviário	Abate (Dias)	Mortalidade (%)
1	Convencional	44	5,45
2	Climatizado	42	4,85

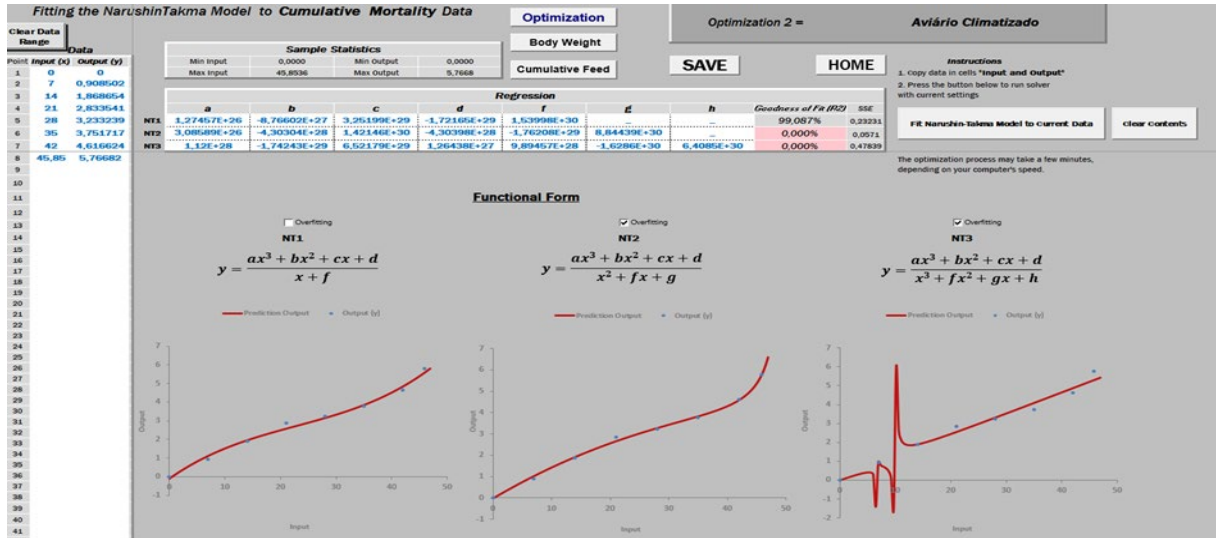
Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado PPO

Figura 18 - Mortalidade acumulada: NT1, NT2 e NT3 com R² (Convencional).



Fonte: Elaborado pelo autor, PPO

Figura 19 - Mortalidade acumulada: NT1, NT2 e NT3 com R² (Climatizado).



Fonte: Elaborado pelo autor, PPO

3.12.17 Estrutura financeira: lucro, receita e custos

A Tabela 43 apresenta uma visão detalhada da comparação econômica entre os aviários convencional e climatizado, destacando os indicadores-chave de desempenho financeiro. Os dados evidenciam a superioridade do sistema climatizado em termos de lucro acumulado, receita e eficiência financeira. Em particular, o lucro por ave no aviário climatizado foi 21,38% maior em relação ao sistema convencional, reafirmando o impacto positivo do controle ambiental na redução de estresse e na maximização da produtividade. Essa tabela complementa a análise apresentada na Figura 20, oferecendo uma base sólida, fundamentada nos indicadores econômicos encontrados, para decisões estratégicas voltadas à otimização econômica.

a) Receita

A receita é composta pelo preço unitário e pela quantidade produzida ou comercializada.

Qualquer aumento no preço ou na quantidade contribui diretamente para o crescimento da receita, desde que haja equilíbrio com as condições de mercado e os custos associados.

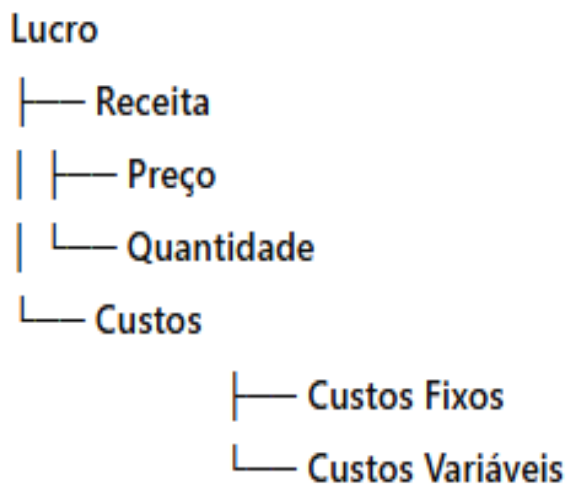
b) Custos

Custos Fixos: Não há variação com a quantidade produzida e incluem despesas recorrentes, como aluguel de instalações, trabalho fixo e depreciação de equipamentos.

Custos Variáveis: São diretamente proporcionais ao volume de produção, incluindo insumos como ração, água, energia elétrica e medicamentos.

O esquema apresentado destaca a importância de otimizar tanto a receita quanto os custos para maximizar o lucro. Estratégias como o controle de variáveis de custos (ex.: eficiência alimentar) e a maximização da receita por meio de melhores indicadores zootécnicos são fundamentais para alcançar a eficiência econômica. Essa estrutura oferece um caminho claro para análises econômicas mais robustas e tomadas de decisão fundamentadas.

Figura 20 - Relação entre (Lucro, receita e custos).



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptado do PPO

3.12.18 Análise comparativa do desempenho financeiro no 42º dia considerando otimizações

Para garantir a comparabilidade entre os sistemas, as análises econômicas foram ajustadas para uma base comum de 40.000.000 aves em cada

tipo de aviário (convencional e climatizado). Além disso, todos os valores foram convertidos para dólar considerando a cotação de R\$ 5,80 por US\$ 1,00.

3.12.18.1 Análise do lucro acumulado entre sistemas climatizados e convencionais

O lucro acumulado no aviário climatizado foi 21,28% superior ao aviário convencional (US\$ 39.918.870,69 contra US\$ 32.909.587,93). Essa diferença é altamente relevante e reflete a eficiência do sistema climatizado em otimização das condições ambientais para o crescimento das aves, reduzindo o estresse térmico e maximizando o ganho de peso. A curva de lucro no aviário climatizado (Figura 22) demonstra um ponto máximo superior e mais precoce, diminuindo um retorno mais eficiente do investimento ao longo do ciclo de 42 dias.

No aviário convencional, o pico de lucro é mais tardio e de menor valor, o que sugere que as limitações térmicas afetam a conversão alimentar e o desempenho geral das aves (Figura 21). Vale destacar, no entanto, que caso haja necessidade de atrasar a retirada das aves em função do mercado, estes aviários poderiam ser uma alternativa viável, dado que o lucro mantém um crescimento contínuo, ainda que em menor intensidade.

A Figura 23 apresenta a curva comparativa de lucratividade acumulada entre os sistemas convencional e climatizado, destacando visualmente as diferenças significativas já discutidas. O gráfico evidencia que o aviário climatizado alcança maior lucro acumulado em um ponto mais precoce do ciclo produtivo, reforçando sua superioridade na eficiência econômica e no retorno do investimento. Por outro lado, o aviário convencional apresenta uma curva de crescimento mais lenta, com lucro acumulado inferior, refletindo as limitações térmicas que impactam negativamente o desempenho das aves.

3.12.18.2 Avaliação comparativa da receita acumulada nos sistemas de produção

A receita acumulada no sistema climatizado foi 10,38% superior (US\$ 102.838.243,62 contra US\$ 93.165.472,93). O aumento na receita está diretamente relacionado ao melhor desempenho produtivo das aves em um ambiente mais controlado. Com o manejo térmico otimizado, há um ganho mais acelerado de peso e uma redução nas perdas associadas à mortalidade e baixo desempenho.

Esse resultado evidencia a importância de ferramentas robustas de análise, que permitem enxergar com clareza as oportunidades de ganho ou perda. Com base nesses dados, os empresários podem aprimorar ou antecipar a tomada de decisões, especialmente no que tange à escolha do sistema de produção mais adequado às condições de mercado e capacidade de investimento.

3.12.18.3 Efeitos do sistema de produção sobre o custo total

Os custos totais no aviário climatizado foram superiores (+4,42%), com US\$ 62.920.166,03 contra US\$ 60.255.885,00 no aviário convencional. Esse incremento, embora relevante, é mais do que compensado pelo aumento significativo na receita e no lucro. O custo adicional pode ser atribuído ao consumo de energia necessário para operar o sistema de climatização e aos investimentos em infraestrutura.

Apesar desse aumento, a eficiência econômica prevalece no sistema climatizado, pois a relação custo-benefício é amplamente benéfica. Isso destaca a importância de dados financeiros e zootécnicos claros para os produtores avaliarem o retorno de suas decisões, otimizando os resultados financeiros ao longo do ciclo produtivo.

3.12.18.4 Lucro por ave: indicador de eficiência econômica individual

O lucro por ave foi 21,38% maior no aviário climatizado (US\$ 1,00 contra US\$ 0,82 no convencional). Este indicador é especialmente pertinente, pois reflete a produtividade individual das aves em diferentes condições ambientais. Em sistemas climatizados, o conforto térmico resulta em:

- **Melhor conversão alimentar (menor gasto de ração por ganho de peso),**
- **Menor mortalidade,**
- **Maior ganho de peso médio ao abate.**

Esse dado, combinado com análises estatísticas que comprovam sua relevância, fornece uma ferramenta decisiva fundamental para os empresários, ao destacar com oportunidades de lucro de ganho e de redução de perdas. O sistema climatizado, portanto, apresenta um caminho claro para otimização da produtividade individual das aves e maximização dos lucros.

3.12.18.5 Custo por ave e implicações na sustentabilidade econômica

O custo por ave no aviário climatizado foi 4,58% superior (US\$ 1,57 contra US\$ 1,51 no convencional). Esse aumento de nível é justificado pelo investimento em controle térmico. No entanto, como visto anteriormente, a otimização do desempenho financeiro compensa esse custo adicional.

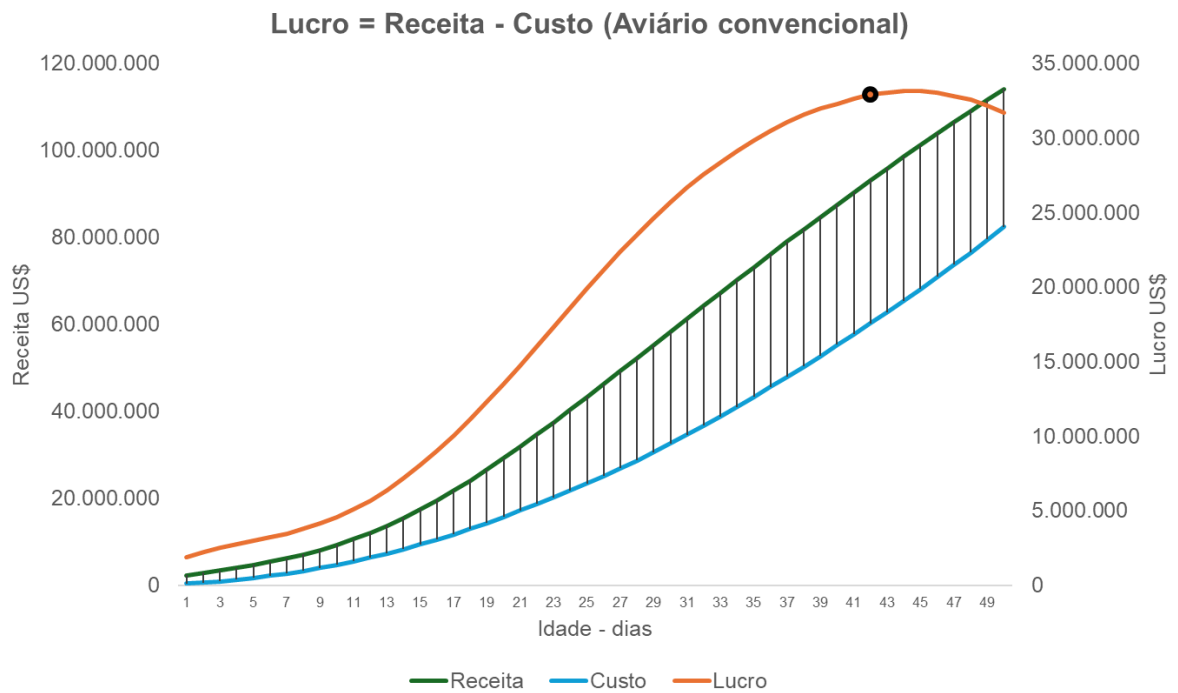
No entanto, em situações de mercado que exijam flexibilidade, como a necessidade de atrasar ou diminuir o abate, os aviários convencionais podem ser uma alternativa interessante. A curva de lucro no sistema convencional demonstra uma continuidade de crescimento, mesmo que mais lenta, oferecendo aos produtores uma opção estratégica em cenários adversos.

A análise financeira ajustada ao 42º dia confirma a superioridade técnica e econômica do sistema climatizado em relação ao convencional. Apesar dos custos maiores, o retorno financeiro, medido pelo lucro acumulado e pelo lucro por ave, demonstra que a climatização é uma solução viável e eficiente para melhorar a produção de aves (Figuras 21, 22 e 23).

É importante destacar que as análises estatísticas evidenciam a relevância dos indicadores apresentados, mas o uso de ferramentas claras e precisas que mostram as oportunidades de ganho e perda possibilitam ao empresário agilidade na tomada de decisões. Essas ferramentas oferecem a necessidade clara para identificar o melhor momento de investimento e estratégias produtivas.

Por fim, a escolha entre sistemas climatizados e convencionais deve considerar tanto a eficiência econômica quanto a flexibilidade de mercado. Os aviários climatizados são ideais para maximizar o lucro no ciclo ao 42º dia, enquanto os aviários convencionais podem ser estratégicos em cenários que exigem maior tempo de espera para o abate. Essa abordagem estratégica, fundamentada em dados robustos, pode ser a chave para decisões empresariais mais seguras e rentáveis na avicultura moderna.

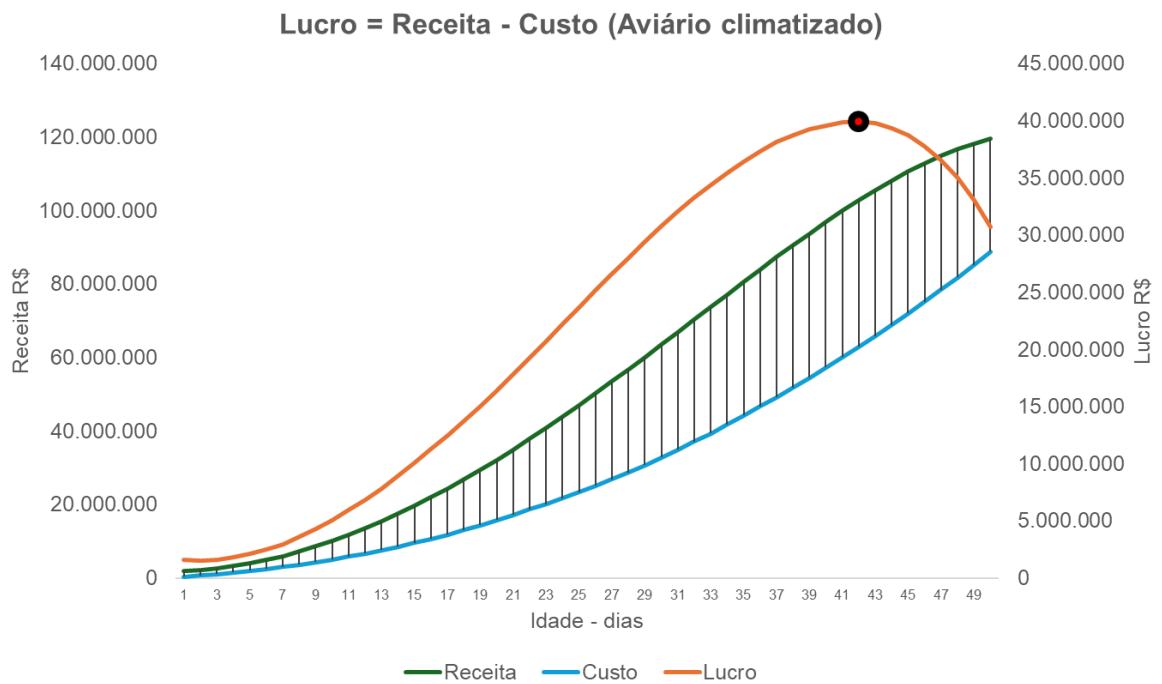
Figura 21 - Receita, custo e lucro no aviário convencional.



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado PPO

Nota: Valores convertidos considerando a cotação do dólar de US\$ 1,00 = R\$ 5,80.

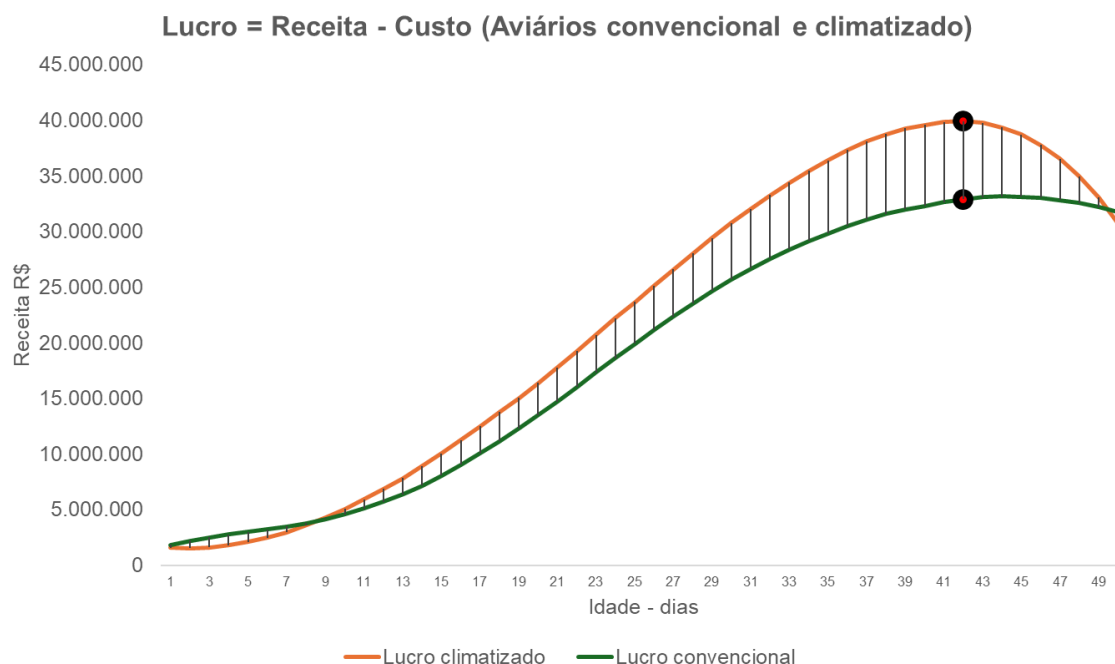
Figura 22 - Receita, custo e lucro no aviário climatizado.



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado PPO

Nota: Valores convertidos considerando a cotação do dólar de US\$ 1,00 = R\$ 5,80.

Figura 23 - Lucro: Aviários convencionais vs climatizado.



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado PPO

Nota: Valores convertidos considerando a cotação do dólar de US\$ 1,00 = R\$ 5,80.

Tabela 43 - Eficiência econômica ao 42º dia.

Indicador	Aviário convencional (US\$)	Aviário climatizado (US\$)	Diferença (%)
Lucro acumulado	32.909.587,93	39.918.870,69	+21,28
Receita acumulada	93.165.472,93	102.838.243,62	+10,38
Custo total	60.255.885,00	62.920.166,03	+4,42
Lucro por ave	0,82	1,00	+21,28
Custo por ave	1,51	1,57	+4,58

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptada PPO

Nota: Valores convertidos considerando a cotação do dólar de US\$ 1,00 = R\$ 5,80.

Os resultados apresentados e os argumentos desenvolvidos ao longo deste trabalho contribuem significativamente para a compreensão do desempenho zootécnico e econômico na avicultura moderna de precisão. A análise detalhada dos sistemas de aviários climatizados e convencionais, utilizando técnicas avançadas como os MEE, MCL e o GLM, destaca o impacto direto das condições ambientais, da genética e da idade sobre variáveis críticas como peso, consumo alimentar e mortalidade. Essa abordagem reforça a importância de associação metodológicas

robustas para compreender as dinâmicas complexas que influenciam o desempenho produtivo e a rentabilidade no setor avícola.

3.12.19 A importância da integração analítica

A integração entre as análises estatísticas e o PPO permitiu um nivelamento abrangente dos dados, especialmente no que se refere à idade e ao tempo de produção.

Esse procedimento possibilitou avaliar com precisão fatores como peso, consumo alimentar e mortalidade, que influenciam diretamente o desempenho zootécnico e o retorno financeiro. Conforme descrito por Garcia Neto (2017), o PPO oferece uma ferramenta clara e prática para a tomada de decisões estratégicas ao quantificar as oportunidades de ganho ou perda em diferentes cenários produtivos (Roush; Stock; D'Alfonso, 1994).

É importante destacar que, embora os resultados estatísticos e financeiros obtidos pelo PPO frequentemente se equiparem em termos de significância, nem sempre essa equivalência reflete um ajuste absoluto. Por exemplo, a ausência de significância estatística em algumas variáveis não compromete necessariamente a relevância econômica dos resultados. Na avicultura, pequenas variações, como centavos no custo ou no lucro por ave, podem representar valores financeiros expressivos devido ao elevado volume de produção (Faridi *et al.*, 2011). Esse cenário ressalta a necessidade de considerar tanto os resultados estatísticos quanto as implicações financeiras na avaliação de sistemas produtivos.

3.12.20 Dinamismo e relevância na avicultura

O dinamismo do setor avícola exige que a academia forneça respostas rápidas e relevantes, capazes de se traduzir em soluções práticas para os desafios enfrentados pelo segmento produtivo.

Nesta pesquisa, o volume expressivo de dados analisados, aliado ao rigor metodológico empregado, não apenas supre essa demanda, mas também estabelece uma base técnica consistente para apoiar decisões mais ágeis e eficientes por parte de gestores e empresários.

Ao integrar ferramentas estatísticas avançadas com a otimização financeira do PPO, o estudo fortalece o planejamento estratégico da produção avícola, alinhando-o às exigências do mercado e às metas de sustentabilidade econômica (Amorim *et al.*, 2012; Garcia Neto, 2017).

3.12.21 Visão integrada e inovadora

Por fim, a análise econômica realizada com o PPO complementa o entendimento técnico ao adicionar uma dimensão estratégica. O PPO possibilita ajustes de manejo considerando não apenas a mortalidade, mas também os impactos financeiros associados, promovendo a otimização da rentabilidade e da eficiência produtiva. Essa integração de ferramentas proporciona uma visão abrangente, permitindo decisões fundamentadas que maximizam os retornos econômicos e zootécnicos em sistemas comerciais.

A combinação das análises oriundas do MEE, MCL, GLM e do PPO resultou em um arcabouço metodológico robusto para compreender e otimizar o desempenho produtivo. Essa estratégia reforça a importância de alinhar modelagem estatística avançada com objetivos práticos de gestão, assegurando melhorias contínuas na eficiência e na sustentabilidade da produção avícola.

O uso integrado desses métodos forneceu uma visão inovadora e detalhada do desempenho, permitindo identificar interações complexas entre genética, manejo ambiental e indicadores produtivos, além de quantificar as implicações econômicas. A robustez das análises possibilitou nivelar indicadores produtivos e financeiros, destacando a idade das aves como fator crítico para a otimização dos resultados (Faridi *et al.*, 2011; Neves, 2018).

Embora eficiente, o PPO apresenta limitações relacionadas ao tempo de processamento. A integração com linguagens modernas, como Python, pode mitigar essa barreira, tornando o processo mais ágil e dinâmico para diferentes cenários produtivos.

Assim, este trabalho consolida-se como uma ferramenta essencial para a avicultura moderna, oferecendo base prática e científica para produtores, acadêmicos e gestores. A combinação de estatística avançada com otimização financeira não apenas quantifica cenários produtivos, mas também gera clareza, segurança e suporte estratégico para a gestão dos sistemas. Pequenos ajustes

econômicos podem produzir impactos expressivos, reforçando a relevância deste estudo na busca por soluções práticas e sustentáveis para o desenvolvimento competitivo do setor avícola.

4 CONCLUSÕES

A transição do enfoque estatístico tradicional para o uso de modelos de equações estruturadas representa um avanço significativo na compreensão dos fenômenos complexos envolvidos no desempenho animal.

Enquanto as abordagens convencionais fragmentam a análise em variáveis dependentes isoladas, consumo, ganho de peso e mortalidade, tratadas como elementos independentes dentro de compartimentos analíticos estanques, o modelo de equações estruturadas propõe uma inversão epistemológica.

Nesse novo paradigma, o desempenho animal não é mais a consequência da soma das partes, mas o ponto de partida de uma estrutura teórica integrada, na qual as relações entre variáveis são compreendidas de forma sistêmica e interdependente.

Assim, a interpretação dos dados deixa de ser meramente descritiva e passa a ser explicativa, ancorada em modelos teóricos que buscam representar a realidade de maneira mais coerente e holística.

Portanto, ao adotar essa abordagem, não apenas ampliam-se as possibilidades de análise estatística, mas também se aprimora a capacidade de inferência científica, permitindo compreender como os diferentes componentes do sistema produtivo interagem para formar o desempenho global.

Em suma, o uso das equações estruturadas consolida uma mudança de perspectiva: da análise das partes para a compreensão do todo e, a partir do todo, para a interpretação mais consistente das partes.

REFERÊNCIAS

AGUINIS, H.; GOTTFREDSON, R. K.; JOO, H. Best-practice recommendations for defining, identifying, and handling outliers. **Organizational Research Methods**, Thousand Oaks, v. 16, n. 2, p. 270-301, 2013. DOI: 10.1177/1094428112470848.

AIKEN, L. S.; WEST, S. G.; HENSCHELMAN, R. **Testing and interpreting interactions in multiple regression**. New York: Guilford Press, 2020

AMORIM, L. D. A. F. ; FIACCONE, R. L.; SANTOS, C. A. S. T.; MORAES, L. T. L. P.; OLIVEIRA, N. F.; OLIVEIRA, S. B.; SANTOS, T. N. L. **Modelagem com equações estruturais: princípios básicos e aplicações**. 47 f. Relatório Técnico - Instituto de Matemática, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/17684/1/ebook_SEM_2012.pdf. Acesso em: 27 dez. 2024.

BENTLER, P. M.; BONETT, D. G. Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures. **Psychological Bulletin**, Washington, DC, v. 88,n. 3, p. 588-606, 1980. DOI: 10.1037/0033-2909.88.3.588.

BILICH, F.; SILVA, R.; RAMOS, P. Análise de flexibilidade em economia da informação: modelagem de equações estruturais = Flexibility analysis in an information economy: structural equation modeling. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 3, n. 2, p. 93-122, 2006. DOI: 10.4301/S1807-17752006000200002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jistm/a/xGQr3cjFscrxsSQzssxZ6WP/?lang=pt>. Acesso em: 27 dez. 2024.

BROWNE, M. W. The decomposition of multitrait-multimethod matrices. **British Journal of Mathematical and Statistical Psychology**, Oxford, v. 37, n. 1, p. 1-21, 1984. DOI: 10.1111/j.2044-8317.1984.tb00785.x.

BYRNE, B. M. **Structural equation modeling with AMOS: basic concepts, applications, and programming**. 3. ed. New York: Routledge, 2016. 460 p. DOI: 10.4324/9781315757421.

CIVELEK, M. E. **Essentials of structural equation modeling**. Lincoln: Zea Books, 2018. 115 p. DOI: 10.13014/K2SJ1HR5. Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/zeabook/64>. Acesso em: 28 dez. 2024.

DETILLEUX, J.; MOULA, N.; DAWANS, E.; TAMINIAU, B.; DAUBE, G.; LEROY, P. A probabilistic structural equation model to evaluate links between gut microbiota and body weights of chicken fed or not fed insect larvae. **Biology**, Basel, v. 11, n. 3, art. 357, p. 1-17, 2022. DOI: 10.3390/biology11030357.

FARIDI, A.; MOTTAGHITALAB, M.; REZAEI, F.; FRANCE, J. Narushin-Takma models as flexible alternatives for describing economic traits in broiler breeder flocks. **Poultry Science**, Champaign, v. 90, n. 3, p. 507-517, 2011. DOI: 10.3382/ps.2010-00825.

GARCIA NETO, M. **Planilha para modelagem de curvas PPM e PPO**. 2017. 34 f. Dado de pesquisa - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Araçatuba, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/204880>. Acesso em: 27 dez. 2024.

GRIMM, K. J.; RAM, N.; HAMAGAMI, F. Nonlinear growth curves in developmental research. **Child Development**, Hoboken, v. 82, n. 5, p. 1357-1371, 2011. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2011.01630.x.

HADI, A. S. Identifying multiple outliers in multivariate data. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B: Methodological**, London, v. 54, n. 3, p. 761-771, 1992. DOI: 10.1111/j.2517-6161.1992.tb01449.x.

HAIR, J. F. J.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. **Multivariate data analysis: a global perspective**. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2009. 816 p.

HAIR, J. F. J.; PAGE, M.; BRUNSVELD, N.; MERKLE, A.; CLETON, N. **Essentials of business research methods**. 4. ed. New York: Routledge, 2021. 528 p.

HANCOCK, G. R.; MUELLER, R. O. **Structural equation modeling: a second course**. 2ª. ed. Charlotte: Information Age Publishing, 2013. 702 p.

HOWARD, M. C.; HOFFMAN, M. E. Variable-centered, person-centered, and person-specific approaches: where theory meets the method. **Organizational Research Methods**, Thousand Oaks, v. 21, n. 4, p. 846-876, 2018. DOI: 10.1177/1094428117744021

IBRAHIM, O. S.; MOHAMMED, M. J. A proposed method for cleaning data from outlier values using the robust RFCH method in structural equation modeling. **International Journal of Nonlinear Analysis and Applications**, Semnan, v. 12, n. 1, p. 2269-2293, 2021. DOI: 10.22075/ijnaa.2021.5374.

KLINE, R. B. **Principles and practice of structural equation modeling**. 4. ed. Nova York: Guilford Press, 2016. 534 p.

LEI, P.-W.; WU, Q. Introduction to structural equation modeling: issues and practical considerations. **Educational Measurement: Issues and Practice**, Hoboken, v. 26, n. 3, p. 33-43, 2007. DOI: 10.1111/j.1745-3992.2007.00099.x.

LITTELL, R. C.; FREUND, R. J.; SPECTOR, P. S. **SAS system for linear models**. 3. ed. Cary: SAS Institute, 1991. 329 p.

MACARI, M.; LIZANA, R. R.; SAKOMURA, N. K. **Crescimento do frango de corte**. Jaboticabal: Funep, 2024. 246 p.

MARÔCO, J. **Análise de equações estruturais: fundamentos teóricos, software & aplicações**. 3. ed. Pero Pinheiro: ReportNumber, 2021. 432 p.

MARUYAMA, G. M. **Basics of structural equation modeling**. Thousand Oaks: Sage Publications, 1998. p. 38-47.

MUTHÉN, B.; ASPAROUHOV, T. Bayesian structural equation modeling: a more flexible representation of substantive theory. **Psychological Methods**, Washington, DC, v. 17, n. 3, p. 313-335, 2012. DOI: 10.1037/a0026802.

NARUSHIN, V. G.; YAKMA, C. Sigmoid model for the evaluation of growth and production curves in laying hens. **Biosystems Engineering**, London, v. 84, n. 3, p. 343-348, 2003. DOI: 10.1016/S1537-5110(02)00286-6.

NEVES, A. B. **Modelo de equações estruturais: uma introdução aplicada**. Brasília, DF: Enap, 2018. 81 p.

NEWMAN, D. A. Missing data: five practical guidelines. **Organizational Research Methods**, Thousand Oaks, v. 17, n. 4, p. 372-411, 2014. DOI: 10.1177/109442811454859.

PREACHER, K. J.; WICHMAN, A. L.; MACCALLUM, R. C.; BRIGGS, N. E. **Latent growth curve modeling**. Thousand Oaks: Sage Publications, 2008. 112 p. DOI: 10.4135/9781412984737.

ROSSEEL, Y. Lavaan: an R package for structural equation modeling. **Journal of Statistical Software**, Ghent, v. 48, n. 2, p. 1-36, 2012. DOI: 10.18637/jss.v048.i02. Disponível em: <<http://lavaan.org/>>.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2024. 480 p.

ROUSH, W. B.; STOCK, R. H.; D'ALFONSO, T. H. Laying hen production responses to least cost rations formulated with stochastic programming or linear programming with a margin of safety. **Poultry Science**, Champaign, v. 73, n. 8, p. 1290-1295, 1994. DOI: 10.3382/ps.0731290.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 3. ed. Belo Horizonte: FUNEP, 2002. 264 p.

SCHREIBER, J. B.; NORA, A.; STAGE, F. K.; BARLOW, E. A.; KING, J. Reporting structural equation modeling and confirmatory factor analysis results: a review. **The Journal of Educational Research**, Philadelphia, v. 99, n. 6, p. 323-337, 2006. DOI: 10.3200/JOER.99.6.323-338.

SHARDA, R.; DELEN, D.; TURBAN, E. **Business intelligence e análise de dados para gestão do negócio**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019. 614 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Livestock and Poultry: world markets and trade**. Washington, DC: USDA, 2025. 18 p.

APÊNDICE A - TRATAMENTO DOS DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA

O tratamento de dados é uma etapa crítica em qualquer análise estatística, especialmente em metodologias complexas como a Modelagem de Equações Estruturais (MEE). Neste caso específico, que abrange um volume massivo de dados de uma empresa avícola, incluindo 1.297 lotes e informações de mais de 39.308.745 aves abatidas em 2023, o tratamento adequado torna-se ainda mais pertinente.

A importância do tratamento de dados

O tratamento de dados envolve uma série de procedimentos destinados a melhorar a qualidade do conjunto de dados antes de submetê-lo à análise estatística. Assim, as variáveis foram filtradas e organizadas, mantendo-se aquelas essenciais para a análise. Também foram retiradas todas as variáveis existentes no conjunto de informações que não seriam necessárias nesta análise, focando apenas em variáveis como pesos semanais, consumo de ração e taxas de mortalidade.

Dessa forma, esse filtro foi crucial para garantir que o modelo capturasse as principais relações entre os indicadores zootécnicos e econômicos, objetivo central da análise. Conforme aponta Hair *et al.* (2021), a preparação adequada de variáveis contínuas e categóricas é vital para garantir a aplicação da Modelagem de Equações Estruturais (MEE). Do mesmo modo, Sharda, Delen e Turban (2019) reforça que, em estudos com grandes volumes de dados, como no presente caso, a estruturação correta das variáveis permite uma análise robusta e livre de distorções.

Tipificação das variáveis para análise

A tipificação correta das variáveis é fundamental para garantir que os dados sejam interpretados de forma precisa nas análises estatísticas. No presente estudo, foi realizada uma distinção cuidadosa entre variáveis contínuas, categóricas e de contagem, com cada tipo recebendo o tratamento adequado para garantir sua correta integração no MEE.

Por isso, as variáveis contínuas, como o peso semanal das aves e o consumo de ração, foram padronizadas usando o Z-score, garantindo a comparabilidade entre variáveis com escalas diferentes. Já as variáveis categóricas,

como Linhagem e Tipo de Aviário, foram convertidas em variáveis indicadoras (dummy), facilitando a inclusão dessas variáveis qualitativas nas análises quantitativas. De acordo com Byrne (2016), a criação e o uso de variáveis dummy são indispensáveis para a análise de dados categóricos dentro do SEM, permitindo que variáveis qualitativas sejam integradas às análises quantitativas de maneira eficaz.

Além disso, o uso de variáveis de contagem, como a mortalidade de aves, apresenta uma abordagem diferenciada para garantir que sua natureza discreta não afete as estimativas. Ibrahim e Mohammed (2021) destacam que a caracterização adequada de variáveis contínuas e categóricas é essencial para garantir a precisão dos índices de ajuste e a robustez dos modelos de equações estruturais.

Remoção de outliers

Os outliers, ou valores atípicos, podem distorcer significativamente os resultados de uma análise estatística, tornando as estimativas menos confiáveis. No presente estudo, os outliers foram identificados e removidos utilizando técnicas como QQ plot e filtros interativos dentro do software Jamovi. A presença de outliers pode inflacionar os erros padrão e comprometer a precisão dos coeficientes de regressão. Segundo Hadi (1992), a detecção robusta de múltiplos outliers em dados multivariados é essencial para assegurar a validade das estimativas do modelo, especialmente em estudos com grandes conjuntos de dados.

Tratamento de dados ausentes

Dados ausentes representam um desafio frequente em estudos de larga escala, impactando a robustez e a validade das análises. Neste estudo, foi adotado o método pairwise deletion para lidar com esse problema, permitindo a utilização de todas as observações disponíveis para cada par de variáveis analisadas. Newman (2014) argumenta que o pairwise deletion é uma abordagem prática para tratar dados ausentes em nível de itens, reduzindo a perda de informações e mantendo consistência nas análises, especialmente em situações de dados esparsos e não sistemáticos.

Normalização e padronização

A padronização foi realizada com base no Z-score, garantindo que variáveis contínuas fossem comparáveis e evitando que diferenças de magnitude distorcessem os resultados. Kline (2016) ressalta que a padronização é uma etapa indispensável em modelos multivariados, como a MEE, para assegurar a comparação entre variáveis em diferentes escalas.

Conversão de variáveis categóricas em indicadores (dummy)

A conversão de variáveis categóricas em variáveis indicadoras foi aplicada para variáveis como Linhagem e Tipo de Aviário. Essa abordagem permitiu que variáveis qualitativas fossem incorporadas nas análises quantitativas de forma precisa e eficiente. Aiken e West (2020) destacam que variáveis dummy melhoram a precisão dos modelos ao capturar efeitos específicos de categorias qualitativas.

Ferramentas e softwares no tratamento de dados

O uso do Jamovi como ferramenta principal mostrou-se eficiente para lidar com grandes volumes de dados e análises estatísticas complexas, como o MEE. Howard e Hoffman (2018) discutem que ferramentas acessíveis como o Jamovi são ideais para pesquisadores que buscam realizar análises complexas sem conhecimento avançado em programação.

APÊNDICE B - SCRIPTS: INTERCEPTOS E INCLINAÇÕES

Uso de scripts para a análise detalhada de interceptos e inclinações

O roteiro apresentado foi utilizado para definir com precisão os interceptos e inclinações das variáveis de crescimento, consumo e mortalidade, conforme detalhado na tabela abaixo. Esse processo garantiu que as relações entre as variações fossem adequadamente modeladas. Além disso, o script permitiu a criação de regressões entre covariáveis, como linhagem e tipo de Aviário, e as variáveis latentes. A utilização deste script automatizou a definição dos coeficientes, reduzindo significativamente o risco de inconsistências causadas pela manipulação manual e garantindo a reprodutibilidade dos resultados.

De acordo com Bentler e Bonett (1980), a automação de processos de modelagem, como a implementação dos interceptos e inclinações das variáveis, não apenas melhora a adequação do modelo, mas também assegura que ele se ajuste corretamente às relações entre as variações visíveis e latentes.

Configuração estatística para análise de crescimento, consumo e mortalidade com interceptos, inclinações e regressões: MEE e MCL

```
# =====
# Definindo interceptos e inclinações para crescimento
# =====
# Intercepto (I_ganho) representa o peso inicial em diferentes idades
# Inclinação (S_ganho) captura a variação no ganho de peso ao longo do ciclo
I_ganho =~ 1*PM0 + 1*PM7 + 1*PM14 + 1*PM21 + 1*PM28 + 1*PM35 +
1*PM36_Abate
S_ganho =~ 0*PM0 + PM7 + PM14 + PM21 + PM28 + PM35 + 1*PM36_Abate

# =====
# Definindo interceptos e inclinações para consumo de ração
# =====
# Intercepto (I_consumo) captura o consumo inicial em diferentes períodos
# Inclinação (S_consumo) reflete a variação no consumo acumulado ao longo do ciclo
I_consumo =~ 1*Cons1_7g + 1*Cons8_21g + 1*Cons22_28g + 1*Cons29_Abate
S_consumo =~ 0*Cons1_7g + Cons8_21g + Cons22_28g + 1*Cons29_Abate
```

```

# =====
# Definindo interceptos e inclinações para mortalidade
# =====
# Intercepto (I_morte) representa a mortalidade inicial ao longo das idades
# Inclinação (S_morte) reflete a variação nas taxas de mortalidade ao longo do ciclo
I_morte =~ 1*Mort7 + 1*Mort14 + 1*Mort21 + 1*Mort28 + 1*Mort35 + 1*Mort42 +
1*Mort43_Abate
S_morte =~ 0*Mort7 + Mort14 + Mort21 + Mort28 + Mort35 + Mort42 +
1*Mort43_Abate

# =====
# Relacionando inclinações e interceptos entre consumo e ganho de peso
# =====
# Inclinação de consumo (S_consumo) é influenciada pela inclinação e intercepto de ganho de
# peso
S_consumo ~ S_ganho

# =====
# Relacionando inclinações e interceptos entre mortalidade, consumo e ganho
# de peso
# =====
# Inclinação de mortalidade (S_morte) é influenciada pelas inclinações e interceptos de
# consumo e ganho de peso
S_morte ~ S_consumo + S_ganho

# =====
# Definindo covariâncias específicas
# =====
# Covariância entre o peso ao abate e o consumo acumulado ao abate
PM36_Abate ~~ Cons29_Abate

# =====
# Covariância entre pesos iniciais consecutivos

```

```
# =====
PM28 ~~ PM35
PM21 ~~ PM28
```

```
# =====
# Covariância entre consumos em períodos consecutivos
# =====
Cons8_21g ~~ Cons22_28g
```

```
# =====
# Covariância entre mortalidade em períodos consecutivos
# =====
Mort7~~Mort14
```

```
# =====
# Restrições de variância específica para mortalidade
# =====
Mort28 ~~ 0.01*Mort28
S_morte ~~ 0.01*S_morte
```

```
# =====
Fonte: Jamovi
```

Explicação detalhada do script

Interceptos e inclinações para variáveis latentes

Crescimento (ganho)

I_ganho: Representa o ponto de partida para o crescimento dos frangos, considerando medidas de peso ao longo do tempo (PM0 até PM36_Abate).

S_ganho: Representa a taxa de crescimento ao longo do tempo, capturando as variações da velocidade do ganho de peso dos frangos em diferentes idades.

Consumo de alimentos (consumo)

I_consumo: Determina o consumo médio inicial de alimentos pelos frangos, com base em medições em diferentes períodos (Cons1_7g até Cons29_Abate).

S_consumo: Mede a taxa de variação no consumo de alimentos ao longo do tempo.

Mortalidade (morte)

I_morte: Representa o nível inicial de mortalidade dos frangos, usando taxas de mortalidade registradas em intervalos específicos (Mort7 até Mort43_Abate).

S_morte: Reflete a taxa de mudança na mortalidade ao longo do tempo.

Correlações entre variáveis latentes

O roteiro especifica correlações entre as inclinações de crescimento S_ganho, de consumo de alimentos S_consumo, e de mortalidade S_morte. Essas correlações são importantes para identificar como a taxa de variação de uma variável, por exemplo, o crescimento, está associada à taxa de variação de outras variáveis, como o consumo de alimentos ou mortalidade.

Significado das notações e símbolos utilizados no script

~ (Til simples) - Regressão:

O símbolo ~ indica uma regressão. Ele é utilizado para modelar a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes. Exemplo: S_ganho ~ Linhagem_Dummy + TipoAviario_Dummy modela o impacto dessas variáveis exógenas na inclinação do crescimento.

~~ (Til duplo) - Covariância:

O símbolo ~~ é usado para especificar covariâncias entre variáveis latentes ou observadas. Ele representa como duas variáveis variam juntas. Exemplo: S_ganho ~~ S_consumo investiga a relação entre as taxas de crescimento e consumo alimentar.

=~ (Igual Til) - Definição de variável latente:

O símbolo =~ é usado para definir variáveis latentes. Ele indica que uma variável latente é medida por um conjunto de variáveis observadas. Exemplo: $I_ganho =~ 1*PM0 + 1*PM7 + \dots$ indica que cada medida de peso contribui igualmente para o intercepto de crescimento.

1* (Um asterisco) - Peso fixado:

O 1* antes de cada variável observada indica que o peso ou carga fatorial é fixado em 1. Isso significa que essas variáveis são definidas como tendo a mesma contribuição inicial para a variável latente. Exemplo: $1*PM0$ fixa a contribuição inicial em 1.

0* (Zero asterisco) - Ponto de referência:

O 0* define o ponto de referência ou âncora para variáveis latentes que têm um componente temporal ou sequencial. Exemplo: $S_ganho =~ 0*PM0 + PM7 + \dots$ fixa $PM0$ como ponto de partida.

+ (Sinal de adição) - Soma ou combinação linear:

O símbolo + é usado para adicionar variáveis ou termos a uma expressão. No contexto do script, + combina múltiplas variáveis observadas para definir uma variável latente ou combina variáveis independentes em uma regressão. Exemplo: $S_consumo \sim I_ganho + S_ganho$ modela o impacto combinado de duas variáveis independentes.

Contextualização dos símbolos no modelo

O uso dessas notações é essencial para a construção do MEE e MCL, permitindo definir variáveis latentes, estabelecer relações internas e testar o impacto de fatores externos. A precisão na aplicação desses símbolos garante análises estatísticas robustas e interpretáveis, oferecendo uma visão detalhada das interações entre crescimento, consumo e mortalidade.

Definição das variáveis latentes

Interceptos e inclinações

Interceptos (I_ganho, I_consumo, I_morte): Definidos como combinações lineares de variáveis observadas (ex.: PM0, PM7 para crescimento), com pesos iguais para cada variável.

Inclinações (S_ganho, S_consumo, S_morte): Incluem uma âncora inicial de 0*, indicando que a primeira medida é o ponto de referência. As subsequentes refletem mudanças ao longo do tempo.

Modelagem das covariâncias e regressões

Covariâncias (~~): As covariâncias entre as variáveis latentes (S_ganho ~ S_consumo etc.) ajudam a entender como as mudanças em uma variável latente afetam outra, permitindo a detecção de possíveis compensações ou trocas entre crescimento, consumo de alimentos e mortalidade.

Regressões (~): As regressões especificam o impacto das variáveis exógenas (Linhagem_Dummy e TipoAviario_Dummy) nas variáveis latentes. Isso é essencial para testar hipóteses sobre o efeito da linhagem dos frangos e o tipo de aviário em seus desempenhos zootécnicos.

Explicação do script utilizado na modelagem

A modelagem de MEE e MCL aplicada neste estudo permite capturar relações entre variáveis latentes e observadas na produção avícola. O script automatizado facilita a configuração de elementos-chave, como interceptos, inclinações e regressões, essenciais para análises robustas. Essa abordagem é crucial para compreender as dinâmicas entre crescimento, consumo e mortalidade, fornecendo uma base sólida para aprimorar estratégias de manejo e desempenho zootécnico.

A Importância do Jamovi e de scripts na MEE e MCL

O roteiro desenvolvido para estruturar o modelo de Modelagem de Equações Estruturais (MEE) e Modelos de Crescimento Latente (MCL) busca

explorar as relações entre variáveis observadas (peso, consumo de alimentos e mortalidade) e variáveis latentes, que representam indicadores subjacentes de desempenho zootécnico dos frangos de corte. A abordagem de interceptos e inclinações permite captar as trajetórias de evolução dessas variáveis ao longo do tempo, fundamentando-se em dados longitudinais.

APÊNDICE C – SOFTWARE E ANÁLISES

Automação e precisão nas análises

A aplicação de scripts na MEE e MCL é essencial para lidar com grandes volumes de dados, como no presente estudo. Esses scripts garantem a padronização das análises, reduzindo o risco de erros humanos e permitindo a execução precisa e eficiente de configurações complexas. Como observado por Civelek (2018), a automação é indispensável para garantir resultados consistentes em análises estatísticas sofisticadas. Muthén e Asparouhov (2012) também destacam que os scripts facilitam a configuração e execução de análises em grandes bancos de dados, assegurando a integridade dos resultados. Além disso, Civelek (2018) enfatiza que o uso de softwares como Jamovi e Lavaan, aliados a scripts bem estruturados, permite uma análise estatística robusta e eficiente, minimizando inconsistências.

O Papel do Jamovi

Embora o uso de scripts seja indispensável em muitas situações, o Jamovi oferece uma interface acessível e intuitiva que reduz significativamente a necessidade de habilidades avançadas em programação. Sua abordagem amigável permite aos pesquisadores concentrarem-se na análise de dados sem comprometer a profundidade das análises. Isso torna o Jamovi uma ferramenta prática para estudos complexos, como os realizados neste trabalho, otimizando o tempo e assegurando a confiabilidade das interpretações.

Estruturação de interceptos e inclinações no crescimento e desempenho

A inclusão das variáveis latentes de interceptos (I_{ganho} , I_{consumo} , I_{morte}) e inclinações (S_{ganho} , S_{consumo} , S_{morte}) permite modelar tanto os pontos iniciais quanto as taxas de variação de crescimento, consumo e mortalidade ao longo do tempo. Essas variáveis são fundamentais para entender a dinâmica de desenvolvimento dos frangos, integrando fatores genéticos, ambientais e de manejo

Dinâmicas e processos na MEE

A MEE é uma técnica estatística multivariada que possibilita a análise simultânea de múltiplas relações dependentes e interdependentes. Ela é

particularmente eficaz para modelar variáveis latentes, que não são diretamente observáveis, mas que interagem com variáveis observadas para fornecer uma visão ampla das dinâmicas zootécnicas.

A modelagem de equações estruturais combina análise fatorial e regressão para capturar relações complexas entre variáveis latentes e observadas, oferecendo uma abordagem poderosa para análises multivariadas (Byrne, 2016). Essa flexibilidade permite modelar dinâmicas complexas, como as que ocorrem em sistemas zootécnicos.

Interceptos: Representam o estado inicial das variáveis, como peso, consumo e mortalidade.

Inclinações: Capturam a taxa de variação dessas variáveis ao longo do tempo, permitindo identificar padrões e tendências.

Correlações e regressões no modelo

Correlações: O modelo especifica correlações entre variáveis latentes, como $S_{\text{ganho}} \sim S_{\text{consumo}}$, para identificar relações importantes, como possíveis compensações entre crescimento e consumo ou crescimento e mortalidade.

Regressões: As regressões envolvendo `Linhagem_Dummy` e `TipoAviario_Dummy` fornecem perspectivas claras sobre como fatores genéticos e ambientais impactam o crescimento, o consumo e a mortalidade. Esses resultados são cruciais para embasar práticas de manejo e estratégias de melhoramento genético.

Neves (2018) ressalta que os coeficientes de correlação e regressão em modelos de equações estruturais são ferramentas indispensáveis para avaliar os impactos de variáveis exógenas sobre variáveis endógenas, especialmente em cenários com múltiplas relações simultâneas. Esse enfoque garante que as análises sejam precisas e orientadas por interpretações robustas.

Justificativa para o uso de modelos de crescimento latente MCL

O MCL foi empregado para analisar trajetórias de crescimento longitudinal. Este modelo permite:

Identificação de Trajetórias: Captura os padrões individuais e coletivos de crescimento, considerando a variabilidade entre lotes.

Análise de Fatores de Influência: Avalia como variáveis exógenas, como tipo de aviário e linhagem, impactam as trajetórias de crescimento.

Byrne (2016) enfatiza que os modelos de crescimento latente são ferramentas poderosas para analisar mudanças ao longo do tempo, proporcionando uma abordagem estrutural para examinar a evolução de variáveis latentes e observadas em estudos longitudinais.

Índice de modificação: Aperfeiçoando o modelo

O Índice de Modificação é uma ferramenta fundamental na simulação estatística, especialmente em metodologias como a Modelagem de Equações Estruturais (MEE) e os Modelos de Crescimento Latente (MCL). Ele fornece informações sobre ajustes potenciais no modelo, identificando caminhos, covariâncias ou restrições cuja alteração pode melhorar o ajuste do modelo aos dados. Esses índices são calculados com base no impacto estimado que uma modificação específica teria sobre a qualidade do ajuste do modelo, como os valores de qui-quadrado.

Ao incorporar alterações sugeridas pelo Índice de Modificação, o modelo pode ser refinado para capturar melhor as relações entre variáveis observadas e latentes. No entanto, é crucial que essas alterações sejam fundamentadas teoricamente, para evitar problemas como sobre ajuste, que comprometem a validade externa e a generalização do modelo. Conforme destacado por Byrne (2016), a interpretação dos índices de modificação deve ser guiada por um sólido conhecimento teórico para assegurar que os ajustes propostos reflitam relações reais entre as variáveis.

Além disso, Rosseel (2012) enfatiza que a aplicação de índices de modificação deve ser realizada com cautela, considerando a possibilidade de ajustes que apenas melhorem o ajuste estatístico sem acrescentar valor interpretativo ao modelo. Nesse sentido, a integração de fundamentos teóricos robustos e a validação prática das modificações são indispensáveis para garantir a adequação e a confiabilidade do modelo final.

Uso de índices de modificação para aprimoramento do modelo

Os Índices de Modificação são uma ferramenta poderosa na modelagem de MEE e MCL, especialmente quando se busca melhorar o ajuste do modelo.

Esses índices indicam modificações que podem ser feitas no modelo para melhorar significativamente sua adequação aos dados observados. Eles fornecem sugestões sobre possíveis relações de covariância entre variáveis ou ajustes nas restrições do modelo, como a adição de caminhos ou covariâncias não especificadas inicialmente. Essas modificações podem refinar o modelo, tornando-o mais alinhado aos dados.

Ao incorporar essas modificações, o modelo pode se tornar mais orgânico, aumentando sua explicabilidade e a precisão dos resultados. No entanto, é importante que as alterações sejam teoricamente justificadas para garantir que o modelo permaneça válido e intérprete corretamente as relações entre as variáveis. É crucial evitar o sobre ajuste, garantindo que as modificações melhorem a interpretação e a validade do modelo, e não apenas sua avaliação estatística. Dessa forma, o uso dos Índices de Modificação permite aprimorar a qualidade do modelo, tornando-o mais robusto e com maior poder explicativo.

Complementaridade entre MCL e MEE

A integração do MCL ao MEE oferece uma análise detalhada e holística. Enquanto o MCL permite modelar os padrões de crescimento ao longo do tempo, o MEE explora as interações entre variáveis observadas e latentes, além de avaliar o impacto de fatores exógenos, como linhagem e tipo de aviário, no desempenho dos frangos. Essa combinação possibilita uma visão abrangente das dinâmicas de crescimento, consumo e mortalidade.

Justificativa para o uso de MM e MMG

A escolha pelos Modelos Mistos (MM) e Modelos Mistos Generalizados (MMG) neste estudo baseia-se em sua capacidade de analisar dados com estruturas hierárquicas e alta variabilidade entre grupos. Esses modelos permitem a inclusão de efeitos fixos e aleatórios, sendo ideais para lidar com medidas repetidas e explorar variações que influenciam o desempenho zootécnico dos frangos. Além disso, oferecem flexibilidade para uma análise descritiva detalhada, funcionando como "gavetas separadas" em um armário, onde cada indicador pode ser analisado individualmente (peso, consumo e mortalidade). Essa abordagem contrasta com os Modelos de Equações Estruturais (MEE) e Modelagem de Curvas Latentes (MCL), que tratam todos os indicadores de forma integrada, permitindo a análise do "armário como um todo".

Benefícios do uso de MM e MMG

Modelagem de efeitos hierárquicos: Os MM e MMG capturam a variabilidade entre diferentes lotes, aviários e linhagens, permitindo a inclusão de variáveis como tipo de aviário e densidade populacional. Essa abordagem fornece uma visão específica sobre fatores que afetam o desempenho em diferentes níveis hierárquicos.

Adequação para dados Não-Lineares: O MMG é particularmente útil para lidar com dados com distribuições não normais, como mortalidade e consumo alimentar, garantindo maior precisão na modelagem e permitindo a avaliação de padrões não-lineares associados a especificações zootécnicas. Essa adequação é crucial para explorar características complexas dos sistemas avícolas.

Valor agregado pela complementaridade

Consumo alimentar: O MMG detalha variações no consumo entre diferentes lotes e fases da vida, enquanto o MCL integra essas informações em trajetórias teóricas, permitindo a compreensão de como os fatores temporais afetam o consumo alimentar ao longo do tempo. O MEE, por sua vez, sintetiza essas relações em um modelo geral, avaliando como o consumo interage com outras variáveis latentes, como crescimento e mortalidade.

Mortalidade: A mortalidade, fortemente influenciada por condições ambientais e genéticas, é melhor compreendida com a utilização conjunta de MM, para explorar variações não normais, e MEE, para investigar interações entre variáveis latentes. Essa abordagem integrada possibilita identificar padrões específicos e fatores críticos que impactam diretamente as taxas de mortalidade.

Crescimento: Enquanto o MCL captura trajetórias individuais de crescimento ao longo do tempo, os MM e MMG permitem identificar padrões de variabilidade entre lotes, aviários e linhagens. O MEE complementa essa análise, avaliando o impacto de variáveis exógenas, como tipo de aviário e linhagem, nas trajetórias de crescimento. Essa integração fornece uma visão abrangente e interconectada sobre os fatores que afetam o crescimento.

Essa abordagem integrada oferece uma compreensão profunda e técnica sobre os fatores que influenciam o desempenho zootécnico e produtivo, garantindo que decisões estratégicas sejam baseadas em análises específicas e interconectadas. A sinergia entre os métodos fortalece a capacidade de melhoria

das variáveis que afetam diretamente a eficiência econômica e produtiva na avicultura.

Aplicação prática e impacto na tomada de decisão

O roteiro desenvolvido neste estudo para a aplicação de MEE e MCL, complementado pelos MM e MMG, demonstrou ser uma ferramenta poderosa para interpretar as dinâmicas zootécnicas e econômicas na produção avícola. Ele proporciona:

Modelagem Precisa: Permite uma análise robusta das relações entre variáveis latentes e observadas, fornecendo uma base sólida para interpretações confiáveis.

Percepções estratégicas: Identifica e aprofunda as discussões de cada indicador zootécnico (peso, consumo e mortalidade) de forma separada, garantindo que decisões estratégicas sejam baseadas em informações específicas.

Tomada de Decisão Informada: Fornece subsídios confiáveis para otimizar estratégias de manejo e produção, equilibrando crescimento, consumo e mortalidade.

Essas análises fornecem uma base sólida para a tomada de decisões estratégicas que equilibram crescimento, consumo e mortalidade, maximizando a eficiência produtiva e econômica na avicultura.

APÊNDICE D - ELEMENTOS GRÁFICOS: SETAS, CÍRCULOS E RETÂNGULOS

CÍRCULOS

Os círculos no diagrama representam variáveis latentes, que são aquelas não diretamente observáveis, mas que capturam processos subjacentes importantes. No diagrama, as variáveis latentes incluem:

S_ganho (Inclinação do crescimento): Representa a taxa de crescimento dos frangos ao longo do tempo.

S_consumo (Inclinação do consumo de alimentos): Refere-se à variação no consumo de alimentos ao longo do tempo.

S_morte (Inclinação da mortalidade): Captura a taxa de mortalidade ao longo do ciclo de produção.

I_ganho, I_consumo, I_morte: Referem-se aos interceptos dessas variáveis latentes, que indicam os valores iniciais de crescimento, consumo de alimentos e mortalidade.

Retângulos

Os retângulos no diagrama representam as variáveis observadas, ou seja, as medições diretas realizadas durante o estudo. Exemplos dessas variáveis incluem:

PM0, PM7, PM14: Medem o peso dos frangos em diferentes idades.

Cons1_7g, Cons8_21g: Medem o consumo de alimentos em períodos específicos.

Mort7, Mort14: Representam a mortalidade em semanas específicas.

Setas Unidirecionais (→)

As setas que conectam variáveis indicam relações causais ou influências diretas entre elas. Por exemplo:

TipoAviario_Dummy → **S_ganho**: Indica que o tipo de aviário influencia diretamente a inclinação do crescimento.

Linhagem_Dummy → **S_morte**: Mostra que a linhagem afeta diretamente a inclinação da mortalidade.

Setas Bidirecionais (\leftrightarrow)

As setas bidirecionais entre variáveis latentes representam correlações, ou seja, uma relação mútua entre essas variáveis. Por exemplo:

S_ganho \leftrightarrow **S_consumo**: Reflete uma correlação entre a taxa de crescimento e a taxa de consumo de alimentos.

Setas Pontilhadas (---)

As setas pontilhadas no diagrama conectam as variáveis latentes às variáveis observadas, indicando que as variáveis latentes influenciam diretamente as variáveis observadas. Por exemplo:

I_ganho \rightarrow **PM0, PM7, PM14...**: Mostra que o intercepto do crescimento influencia todas as medições de peso ao longo do tempo.

S_consumo \rightarrow **Cons1_7g, Cons8_21g...**: Indica que a inclinação do consumo de alimentos influencia todas as medições de consumo ao longo do tempo.

Variáveis exógenas

TipoAviario_Dummy (Tipo de aviário)

0 = Climatizado: Refere-se aos aviários com controle climático, onde temperatura, umidade e ventilação são rigorosamente controladas.

1 = Convencional: Refere-se aos aviários sem controle climático, onde as condições ambientais não são rigorosamente gerenciadas, resultando em maior variação de temperatura e ventilação.

Linhagem_Dummy (Linhagem)

0 = Linhagem A: Refere-se à linhagem A, caracterizada por maior crescimento, mas com possível vulnerabilidade em termos de mortalidade.

1 = Linhagem B: Refere-se à linhagem B, que pode apresentar maior eficiência em termos de resistência a doenças e conversão alimentar.

ANEXO A – ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DE PESO

Estatística descritiva das variáveis de desempenho por linhagem e tipo de aviário

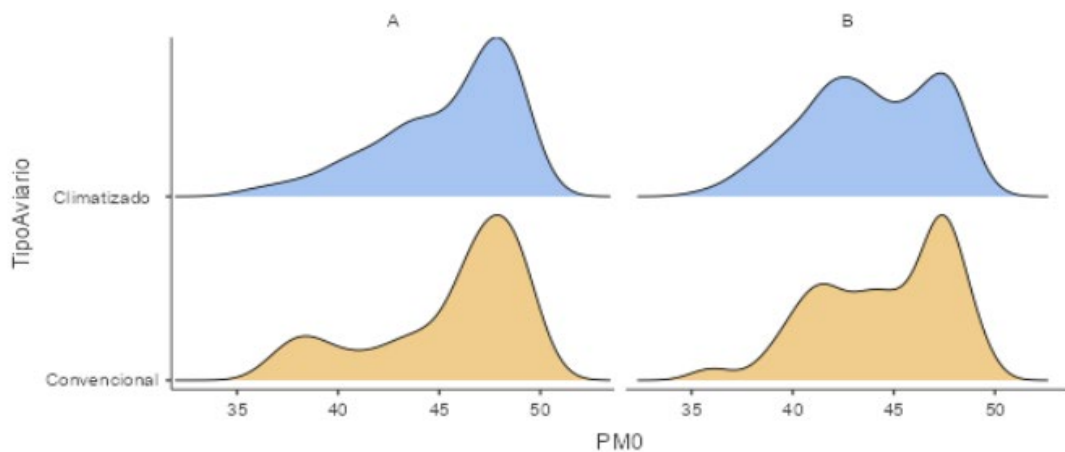
Estatística Descritiva

Estatística Descritiva			PM0	PM7	PM14	PM21	PM28	PM35	PM36_Abate
	Linhagem	TipoAviario							
N	A	Climatizado	302	299	299	300	296	301	300
		Convencional	80	80	79	79	80	80	79
	B	Climatizado	723	716	716	718	713	714	716
Convencional		191	189	186	186	186	185	192	
Omisso	A	Climatizado	0	3	3	2	6	1	2
		Convencional	0	0	1	1	0	0	0
	B	Climatizado	0	7	7	5	10	9	7
Convencional		1	3	6	6	6	7	0	
Média	A	Climatizado	45,44868	189,67893	499,50167	1015,49000	1683,33784	2343,48505	3257,63333
		Convencional	45,45363	178,33750	462,30380	945,10127	1570,07500	2175,16250	3199,53165
	B	Climatizado	43,85885	172,88408	452,65503	925,13231	1558,14727	2198,86134	3180,76397
Convencional		44,51461	160,84656	414,20430	839,27419	1414,79032	1986,65405	3039,73958	
Mediana	A	Climatizado	46,59500	191	508	1019,00000	1701,00000	2353,00000	3250,50000
		Convencional	46,76000	182,50000	478	955,00000	1584,00000	2195,00000	3224
	B	Climatizado	43,80000	176,00000	461,00000	940,50000	1576	2223,00000	3183,00000
Convencional		45,00000	162	418,00000	846,50000	1425,50000	1976,00000	3051,00000	
Moda	A	Climatizado	48,80000	191,00000*	520,00000	1010,00000	1780,00000	2200,00000*	3443,00000
		Convencional	37,20000*	190,00000	485,00000	900,00000	1500,00000	2100,00000*	2898,00000*
	B	Climatizado	40,80000*	180,00000	490,00000	950,00000	1600,00000	2100,00000	2991,00000*
Convencional		40,49000*	172,00000	345,00000*	880,00000	1530,00000*	2100,00000	3132,00000	
Desvio-padrão	A	Climatizado	3,26314	17,57965	48,95371	84,23043	118,20712	138,80066	216,43502
		Convencional	3,72966	20,52411	61,39685	112,83135	151,09883	194,80951	227,68747
	B	Climatizado	3,23552	20,73831	53,20027	97,75202	137,05038	168,94989	234,34658
Convencional		3,27082	22,14442	56,12535	107,10210	133,96762	176,57653	232,12825	
W de Shapiro-Wilk	A	Climatizado	0,90184	0,96502	0,95665	0,98010	0,96525	0,98226	0,99429
		Convencional	0,84858	0,93133	0,95170	0,97523	0,96680	0,98580	0,98669
	B	Climatizado	0,96850	0,98604	0,97188	0,96881	0,98219	0,97323	0,99565
Convencional		0,94082	0,98936	0,98373	0,96905	0,97808	0,98351	0,98846	
p Shapiro-Wilk	A	Climatizado	0,0000000000004252	0,0000012564801783	0,000000940357699	0,0003482177712500	0,0000015203131220	0,0008770464169139	0,3233650738978426
		Convencional	0,0000001451106249	0,0003404252034838	0,0046394617458562	0,1272678582129596	0,0355630173050700	0,5222364291748012	0,5873594787755388
	B	Climatizado	0,0000000000232393	0,0000024344499153	0,0000000001691133	0,0000000000307207	0,0000001267240290	0,0000000003801365	0,0425411247519448
Convencional		0,0000004604921485	0,1718402917889348	0,0295252362645041	0,0003865133067456	0,0050555657957664	0,0282192417376430	0,1218248323809032	

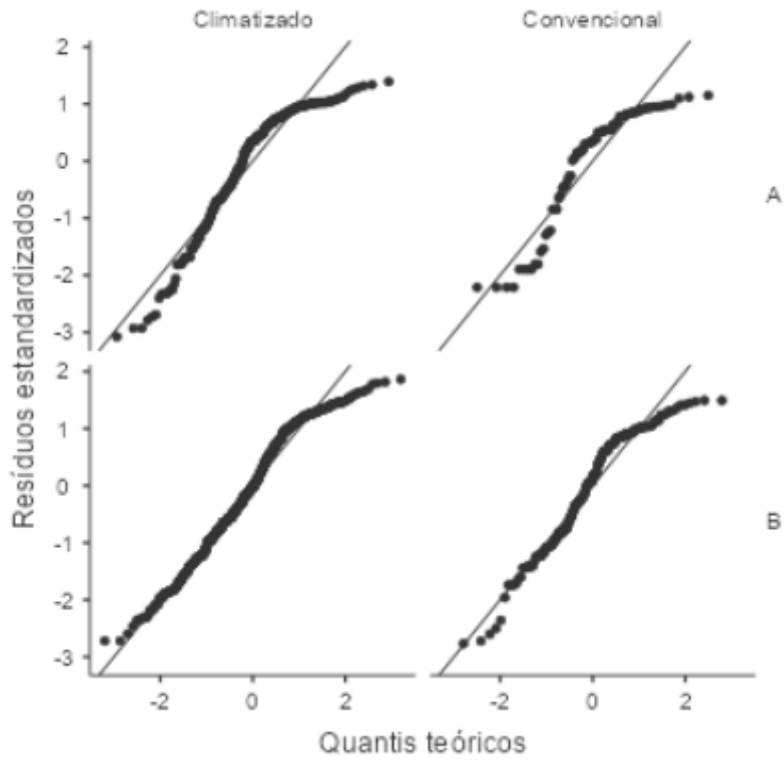
Fonte: Jamovi

Gráficos

PM0

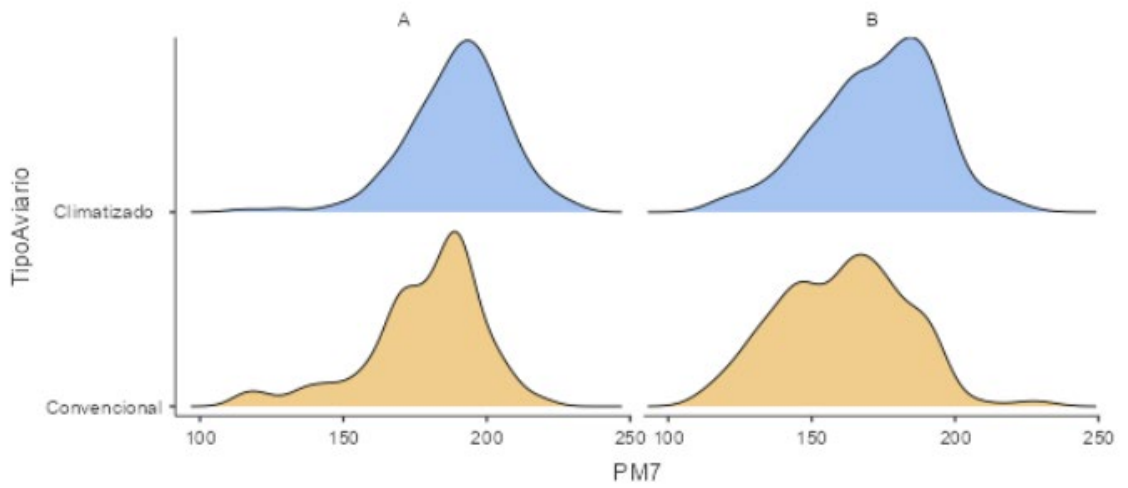


Fonte: Jamovi

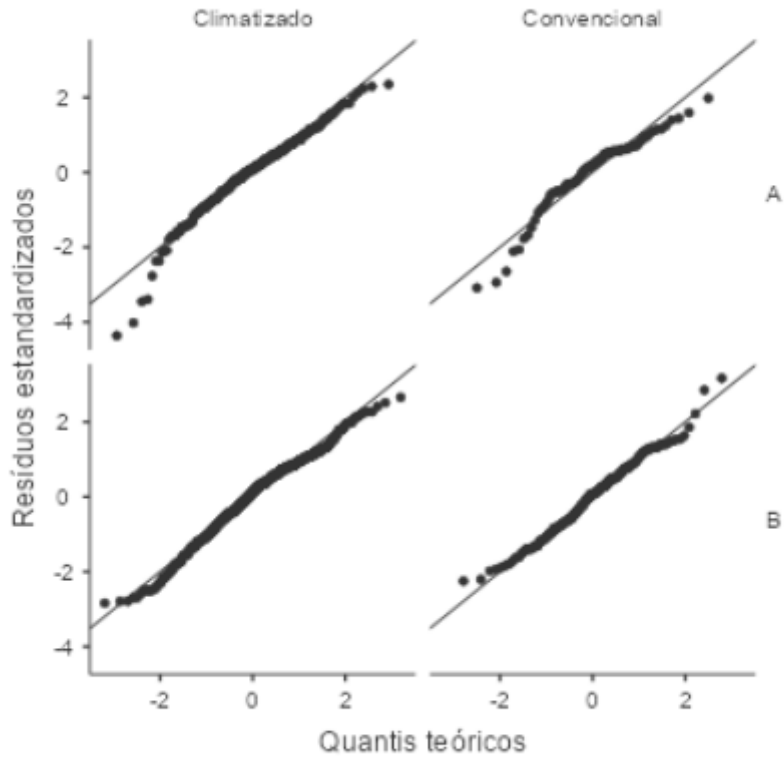


Fonte: Jamovi

PM7

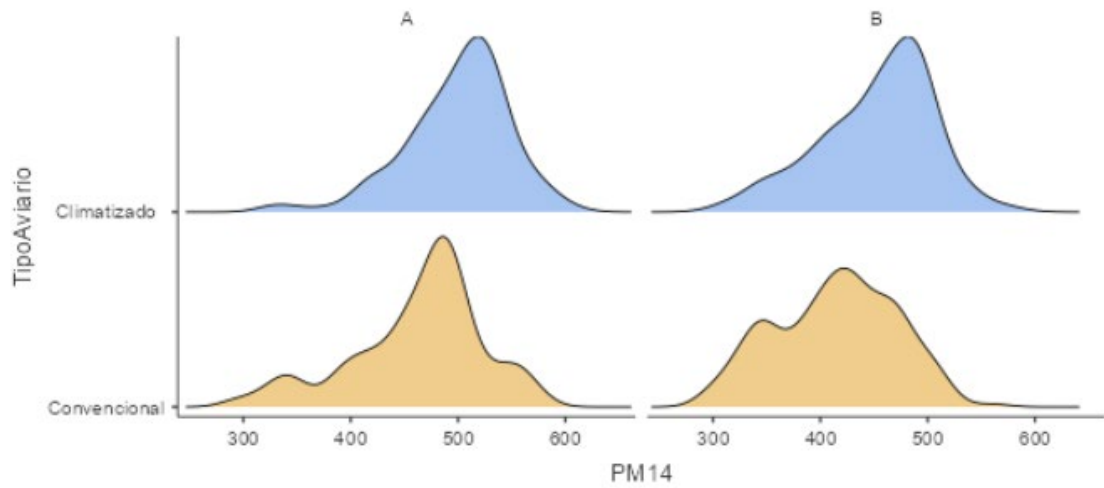


Fonte: Jamovi

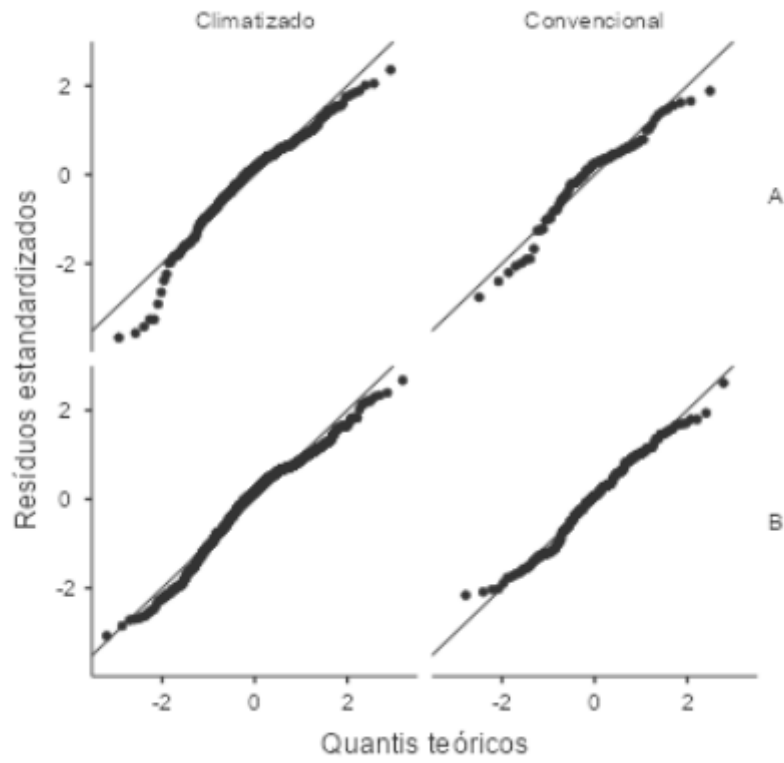


Fonte: Jamovi

PM14

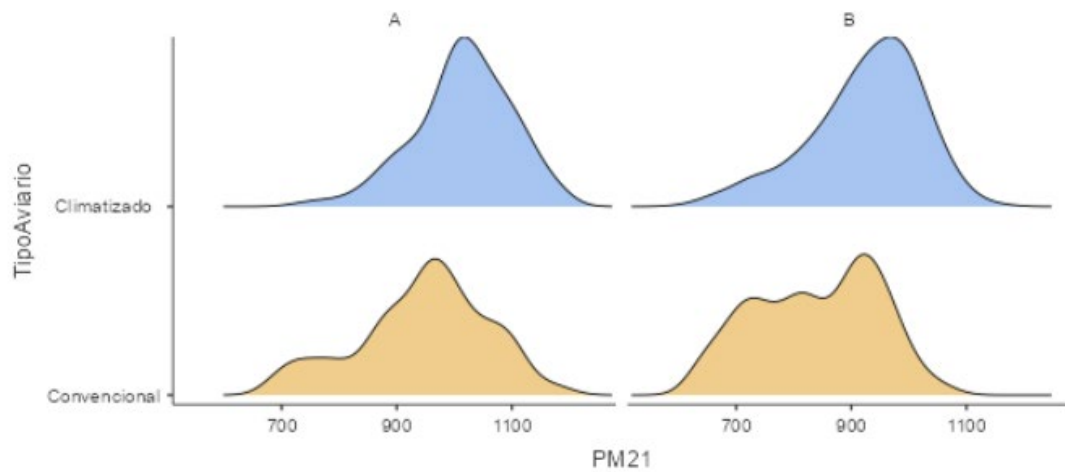


Fonte: Jamovi

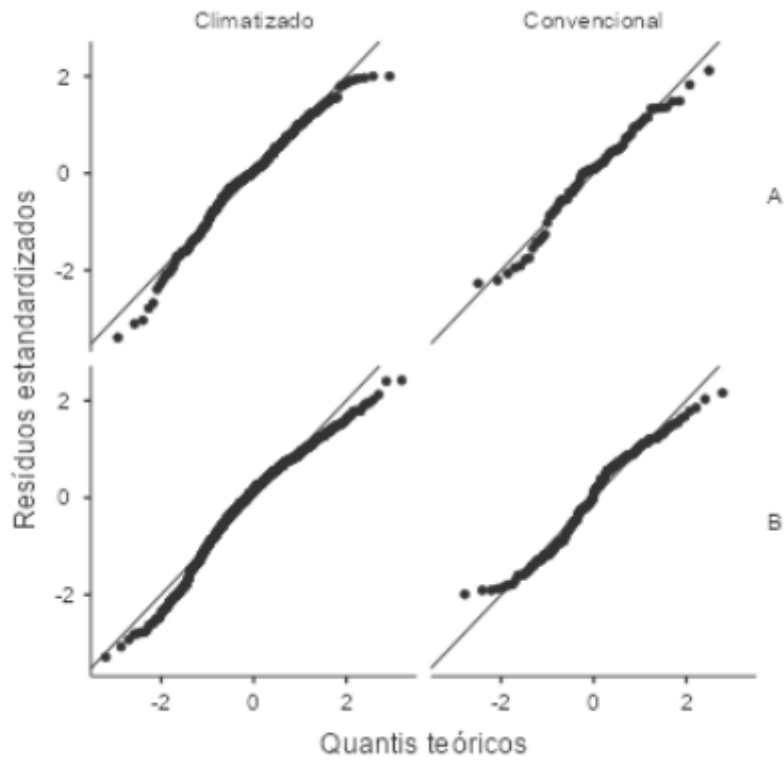


Fonte: Jamovi

PM21

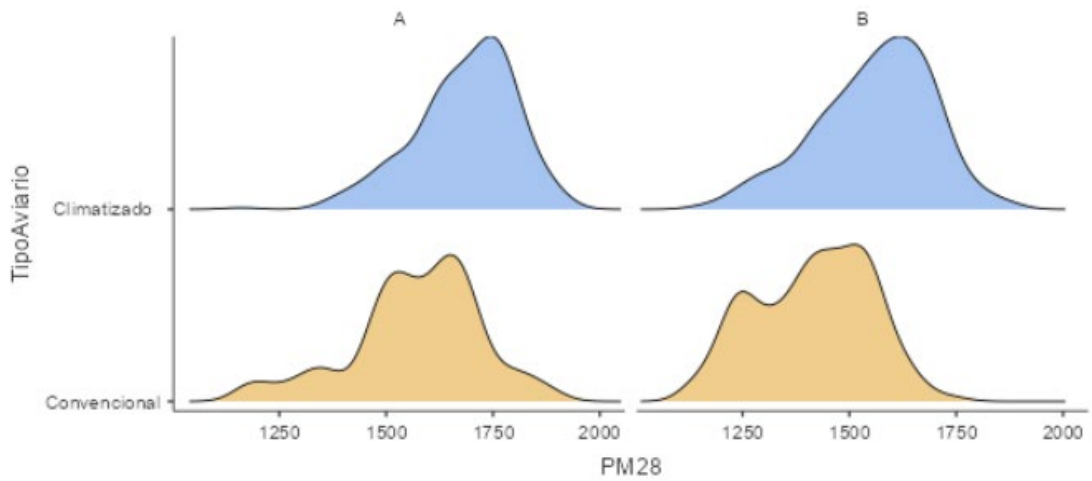


Fonte: Jamovi

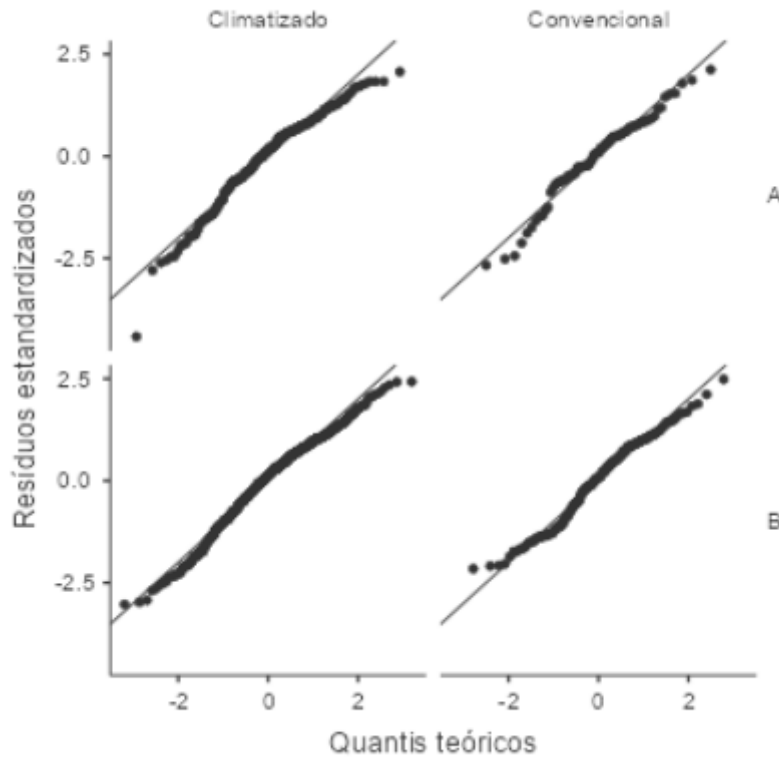


Fonte: Jamovi

PM28

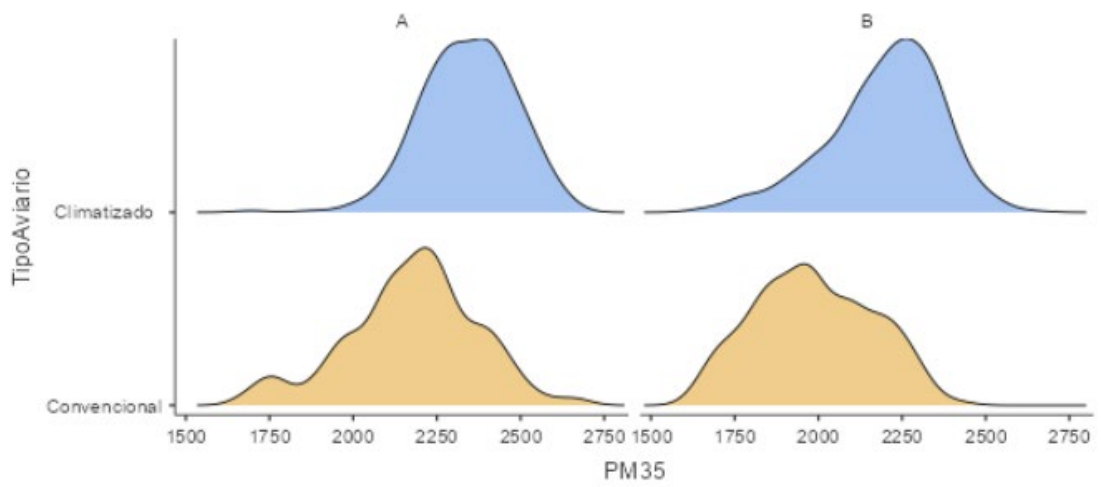


Fonte: Jamovi

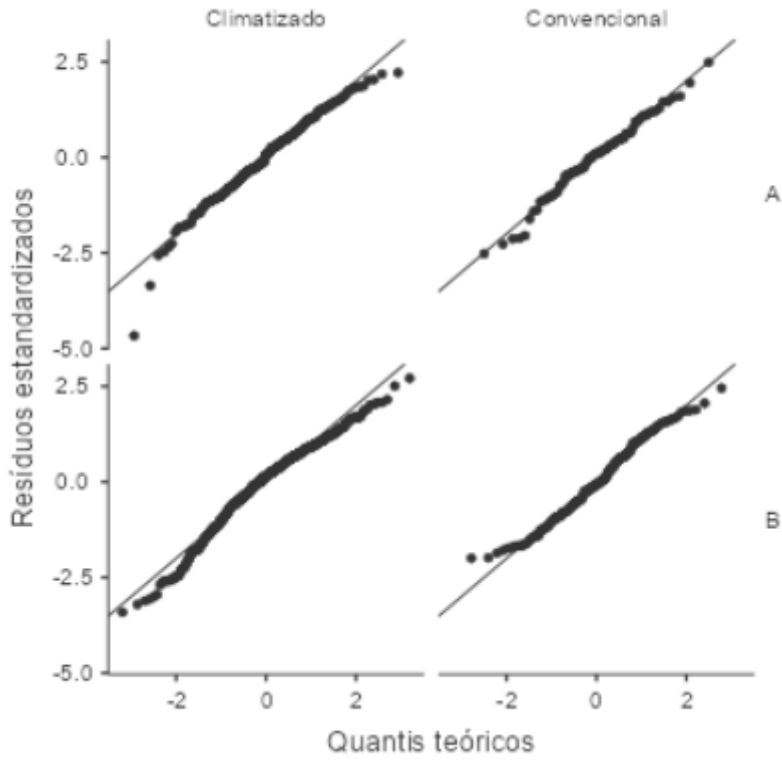


Fonte: Jamovi

PM35

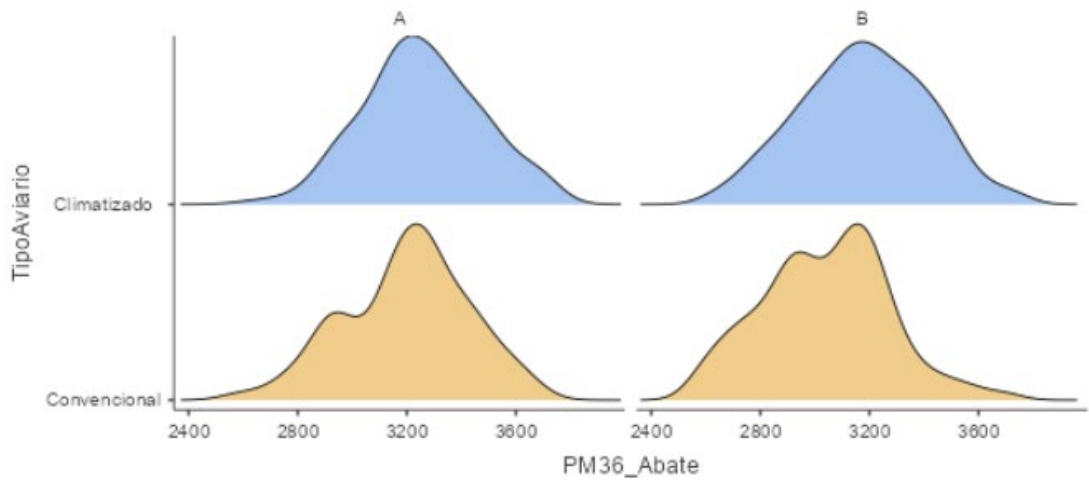


Fonte: Jamovi

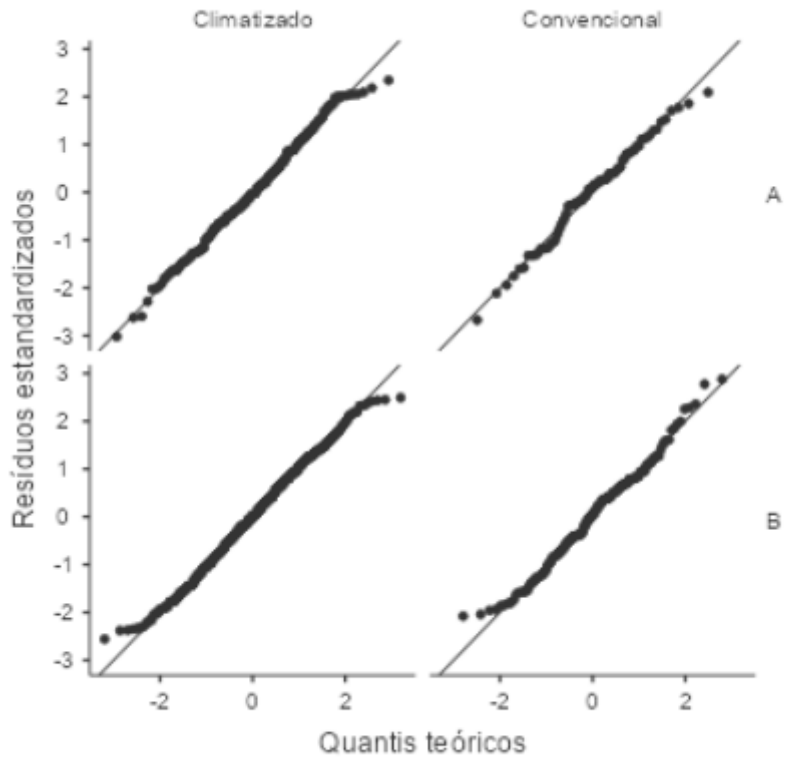


Fonte: Jamovi

PM36_Abate



Fonte: Jamovi



ANEXO B – ANÁLISE ESTATÍSTICA: MMG PARA DADOS DE PESO

Results

Generalized Mixed Model

Model Info

Info		
Model Type	User Model	Generalized model
Model	lme4:glmer	Peso ~ 1 + Linhagem + TipoAviario + Idade + Linhagem:TipoAviario + Linhagem:Idade + TipoAviario:Idade + Linhagem:TipoAviario:Idade + (0+ Linhagem Lote)
Distribution	Gamma	Skewed continuous distribution
Link function	Identity	Coefficients in the same scale of y
Direction	y	Dependent variable scores
Sample size	8985	
Converged	yes	
C.I. method	Wald	

Model Results

Model Fit

Type	R ²	df	LRT X ²	p
Conditional	1.00000	30.00000	47034.42560	< .00000000000000001
Marginal	1.00000	27	47036.42560	< .00000000000000001

Additional Indices

Info	Model Value	Comment
LogLikelihood	-49337.27879	
AIC	98738.55758	Less is better
BIC	98965.86356	Less is better
Deviance	98674.55758	Less is better
Residual DF	8953	
Chi-squared/DF	0.00817	Overdispersion indicator

Fixed Effects Omnibus Tests

	X ²	df	p
Linhagem	3771.95936	1.00000	< .00000000000000001
TipoAviario	2381.39386	1.00000	< .00000000000000001
Idade	846789.05469	6.00000	< .00000000000000001
Linhagem * TipoAviario	134.11735	1.00000	< .00000000000000001
Linhagem * Idade	3961.86750	6.00000	< .00000000000000001
TipoAviario * Idade	2873.54111	6.00000	< .00000000000000001
Linhagem * TipoAviario * Idade	346.81601	6.00000	< .00000000000000001

Parameter Estimates (Fixed Coefficients)

Names	Effect	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		z	p
				Lower	Upper		
(Intercept)	(Intercept)	1215.65830	1.29156	1213.12654	1218.19005	941.23181	< .00000000000000001
Linhagem1	B - A	-84.21411	1.37120	-86.90197	-81.52624	-61.41628	< .00000000000000001
TipoAviario1	Convencional - Climatizado	-78.01800	1.59875	-81.15191	-74.88410	-48.79953	< .00000000000000001
Idade1	linear	2735.45383	3.38485	2728.81876	2742.08891	808.14714	< .00000000000000001
Idade2	quadratic	688.18734	2.42088	683.44187	692.93281	284.27194	< .00000000000000001
Idade3	cubic	9.87965	2.17056	5.62486	14.13444	4.55166	0.000053926363156
Idade4	quartic	63.23738	2.11636	59.08883	67.38593	29.88026	< .00000000000000001
Idade5	quintic	67.57151	2.13538	63.38567	71.75734	31.64377	< .00000000000000001
Idade6	sextic	22.58762	2.35827	17.96487	27.21036	9.57806	< .00000000000000001
Linhagem1 * TipoAviario1	(B - A) * (Convencional - Climatizado)	-24.79744	2.14124	-28.99476	-20.60013	-11.58090	< .00000000000000001
Linhagem1 * Idade1	(B - A) * (linear)	-140.40807	2.62062	-145.54508	-135.27107	-53.57827	< .00000000000000001
Linhagem1 * Idade2	(B - A) * (quadratic)	39.15404	2.91460	33.44075	44.86734	13.43374	< .00000000000000001
Linhagem1 * Idade3	(B - A) * (cubic)	51.04928	2.78533	45.58940	56.50917	18.32790	< .00000000000000001
Linhagem1 * Idade4	(B - A) * (quartic)	12.19609	2.72589	6.85271	17.53947	4.47416	0.0000077658859688
Linhagem1 * Idade5	(B - A) * (quintic)	1.78737	3.07966	-4.24946	7.82421	0.58038	0.5616728664936547
Linhagem1 * Idade6	(B - A) * (sextic)	4.25064	4.09744	-3.78128	12.28256	1.03739	0.2995820384714434
TipoAviario1 * Idade1	(Convencional - Climatizado) * (linear)	-141.26440	3.54401	-148.21147	-134.31734	-39.86008	< .00000000000000001
TipoAviario1 * Idade2	(Convencional - Climatizado) * (quadratic)	34.46592	3.22166	28.15073	40.78112	10.69818	< .00000000000000001
TipoAviario1 * Idade3	(Convencional - Climatizado) * (cubic)	69.07327	3.25630	62.69018	75.45635	21.21222	< .00000000000000001
TipoAviario1 * Idade4	(Convencional - Climatizado) * (quartic)	38.84609	2.85644	33.24682	44.44536	13.59949	< .00000000000000001
TipoAviario1 * Idade5	(Convencional - Climatizado) * (quintic)	17.67518	2.87113	12.04711	23.30325	6.15618	0.000000000772528
TipoAviario1 * Idade6	(Convencional - Climatizado) * (sextic)	6.00978	3.25721	-0.37511	12.39466	1.84507	0.0650607521620909
Linhagem1 * TipoAviario1 * Idade1	(B - A) * (Convencional - Climatizado) * (linear)	-69.21247	3.97207	-76.99864	-61.42630	-17.42478	< .00000000000000001
Linhagem1 * TipoAviario1 * Idade2	(B - A) * (Convencional - Climatizado) * (quadratic)	-27.85891	2.86736	-33.47959	-22.23824	-9.71589	< .00000000000000001
Linhagem1 * TipoAviario1 * Idade3	(B - A) * (Convencional - Climatizado) * (cubic)	-4.74542	2.73305	-10.10282	0.61199	-1.73631	0.0825439360048023
Linhagem1 * TipoAviario1 * Idade4	(B - A) * (Convencional - Climatizado) * (quartic)	-4.78427	3.10599	-10.87272	1.30418	-1.54034	0.1235136317043920
Linhagem1 * TipoAviario1 * Idade5	(B - A) * (Convencional - Climatizado) * (quintic)	-6.04204	3.34418	-12.59740	0.51333	-1.80673	0.0708379830241657
Linhagem1 * TipoAviario1 * Idade6	(B - A) * (Convencional - Climatizado) * (sextic)	0.83447	3.26405	-5.56381	7.23276	0.25566	0.7982220953067110

Random Components

Groups	Name	Variance	SD	ICC
Lote	LinhagemA	7.75372	2.78455	
	LinhagemB	7.82752	2.79777	

Nota. Number of Obs: 8985 , Number of groups: Lote 1297

Random Parameters correlations

Groups	name	name2	Cov.	Corr.
Lote	LinhagemA	LinhagemB	4.09394	0.52550

Simple Effects

ANOVA for Simple Effects of Linhagem

Moderator		X ²	df	p
Idade	TipoAviario			
1	Climatizado	14.20000	1.00000	0.0001643703332202
	Convencional	1.12800	1.00000	0.2881043129310415
7	Climatizado	211.88600	1.00000	< .0000000000000001
	Convencional	77.78400	1.00000	< .0000000000000001
14	Climatizado	340.60400	1.00000	< .0000000000000001
	Convencional	202.77100	1.00000	< .0000000000000001
21	Climatizado	378.08100	1.00000	< .0000000000000001
	Convencional	521.32900	1.00000	< .0000000000000001
28	Climatizado	838.76200	1.00000	< .0000000000000001
	Convencional	1070.46200	1.00000	< .0000000000000001
35	Climatizado	1119.24800	1.00000	< .0000000000000001
	Convencional	1459.31400	1.00000	< .0000000000000001
42	Climatizado	347.82500	1.00000	< .0000000000000001
	Convencional	1346.44200	1.00000	< .0000000000000001

Parameter Estimates for simple effects of Linhagem

Moderator			Estimate	SE	95% Confidence Intervals		z	p
Idade	TipoAviario	Effect			Lower	Upper		
1	Climatizado	B - A	-1.55326	0.41219	-2.36115	-0.74538	-3.76829	0.0001643703332203
	Convencional	B - A	-0.84179	0.79243	-2.39492	0.71134	-1.06229	0.2881043129310659
7	Climatizado	B - A	-16.90359	1.16125	-19.17960	-14.62757	-14.55632	< .0000000000000001
	Convencional	B - A	-17.58146	1.99347	-21.48860	-13.67433	-8.81951	< .0000000000000001
14	Climatizado	B - A	-46.94293	2.54358	-51.92825	-41.95760	-18.45545	< .0000000000000001
	Convencional	B - A	-48.15632	3.38182	-54.78457	-41.52808	-14.23977	< .0000000000000001
21	Climatizado	B - A	-90.45180	4.65184	-99.56924	-81.33436	-19.44430	< .0000000000000001
	Convencional	B - A	-105.95283	4.64041	-115.04787	-96.85779	-22.83263	< .0000000000000001
28	Climatizado	B - A	-125.30475	4.32661	-133.78476	-116.82474	-28.96138	< .0000000000000001
	Convencional	B - A	-155.39579	4.74956	-164.70476	-146.08682	-32.71792	< .0000000000000001
35	Climatizado	B - A	-144.69824	4.32514	-153.17536	-136.22112	-33.45516	< .0000000000000001
	Convencional	B - A	-188.54729	4.93567	-198.22102	-178.87356	-38.20096	< .0000000000000001
42	Climatizado	B - A	-76.85312	4.12080	-84.92974	-68.77650	-18.65005	< .0000000000000001
	Convencional	B - A	-159.81431	4.35534	-168.35061	-151.27801	-36.69390	< .0000000000000001

Estimated Marginal Means

Estimate Marginal Means - Linhagem * TipoAviario * Idade

Linhagem	TipoAviario	Idade	Mean	SE	95% Confidence Intervals	
					Lower	Upper
A	Climatizado	1	45.47229	0.34704	44.79210	46.15247
A	Climatizado	7	189.50571	1.00201	187.54181	191.46960
A	Climatizado	14	499.30285	2.28888	494.81673	503.78897
A	Climatizado	21	1015.36417	4.00070	1007.52294	1023.20540
A	Climatizado	28	1683.30089	4.31879	1674.83621	1691.76557
A	Climatizado	35	2343.46987	4.55573	2334.54081	2352.39893
A	Climatizado	42	3257.60915	5.09831	3247.61664	3267.60166
A	Convencional	1	45.45170	0.66737	44.14368	46.75973
A	Convencional	7	178.03430	1.72707	174.64931	181.41929
A	Convencional	14	461.95874	3.04920	455.98241	467.93507
A	Convencional	21	944.88222	4.42245	936.21437	953.55006
A	Convencional	28	1569.88980	4.85977	1560.36483	1579.41477
A	Convencional	35	2174.97195	5.16176	2164.85509	2185.08880
A	Convencional	42	3199.50125	5.63734	3188.45227	3210.55023
B	Climatizado	1	43.91902	0.22346	43.48105	44.35700
B	Climatizado	7	172.60212	0.61078	171.40502	173.79923
B	Climatizado	14	452.35992	1.44963	449.51871	455.20114
B	Climatizado	21	924.91237	2.79789	919.42861	930.39613
B	Climatizado	28	1557.99614	3.52293	1551.09134	1564.90095
B	Climatizado	35	2198.77163	4.19439	2190.55077	2206.99249
B	Climatizado	42	3180.75603	5.34995	3170.27032	3191.24175
B	Convencional	1	44.60991	0.43360	43.76007	45.45976
B	Convencional	7	160.45284	1.08482	158.32662	162.57905
B	Convencional	14	413.80242	2.34803	409.20037	418.40447
B	Convencional	21	838.92939	3.57151	831.92936	845.92942
B	Convencional	28	1414.49401	5.02973	1404.63592	1424.35210
B	Convencional	35	1986.42466	4.62225	1977.36522	1995.48410
B	Convencional	42	3039.68694	5.29631	3029.30635	3050.06752

Nota. Expected means are expressed as the response metric

Referências

- [1] The jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- [2] R Core Team (2024). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.4) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-08-07).
- [3] Gallucci, M. (2019). *GAMlj: General analyses for linear models*. [jamovi module]. Retrieved from <https://gamlj.github.io/>.
- [4] Gallucci, M. (2020). *Model goodness of fit in GAMlj*. [link](#).
- [5] Lüdtke, Ben-Shachar, Patil & Makowski (2020). *Extracting, Computing and Exploring the Parameters of Statistical Models using R*. CRAN. [link](#).

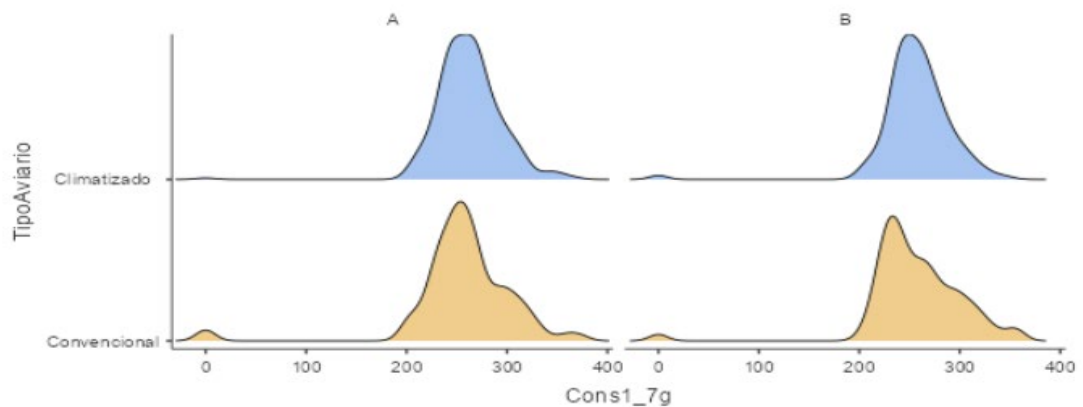
ANEXO C – ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DE CONSUMO

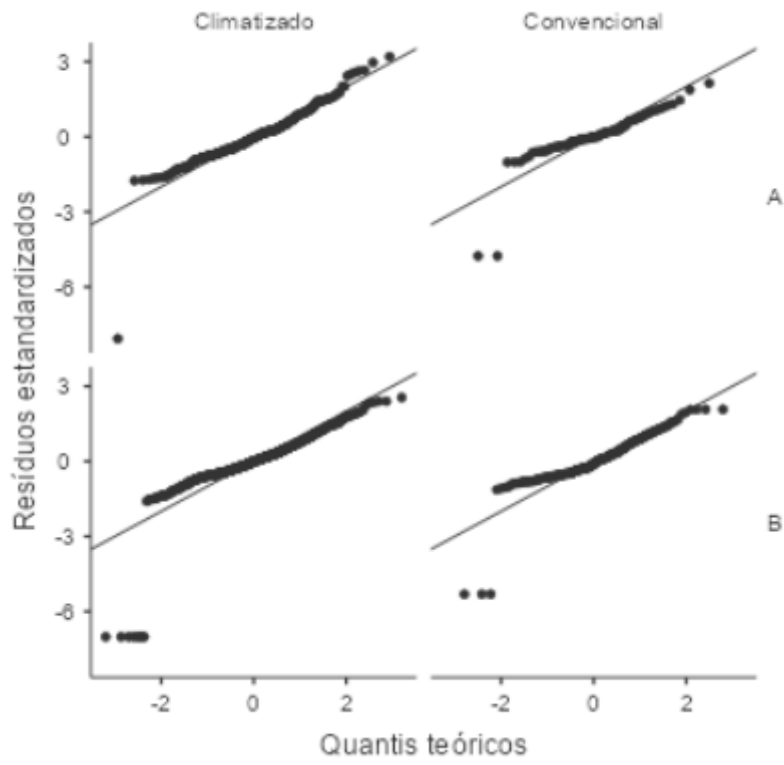
Estatística Descritiva

Estatística Descritiva

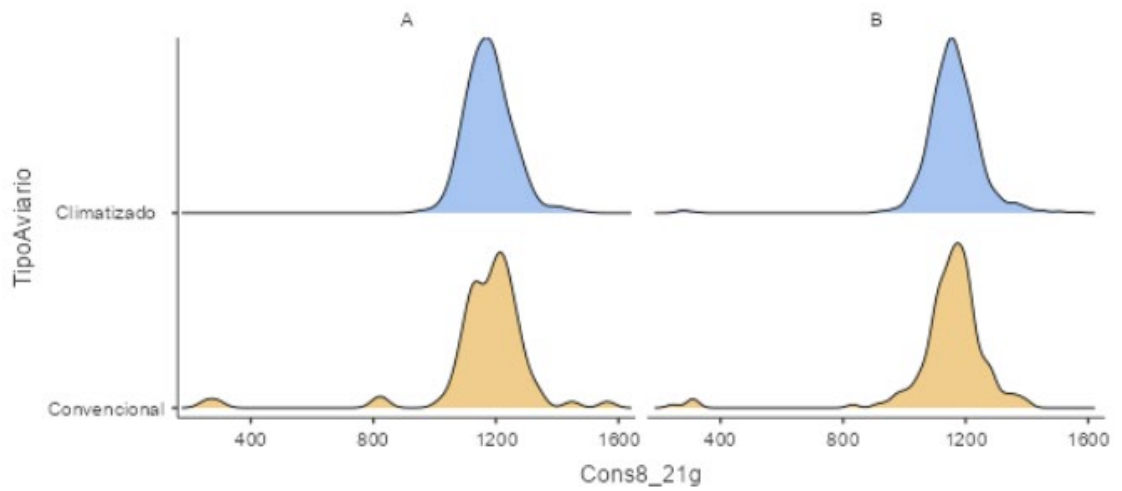
	Linhagem	TipoAviario	Cons1_7g	Cons8_21g	Cons22_28g	Cons29_Abate
N	A	Climatizado	302	302	302	302
		Convencional	80	80	80	80
	B	Climatizado	723	723	723	723
		Convencional	192	192	192	192
Omisso	A	Climatizado	0	0	0	0
		Convencional	0	0	0	0
	B	Climatizado	0	0	0	0
		Convencional	0	0	0	0
Média	A	Climatizado	262.26068	1177.11252	2285.27455	5689.64918
		Convencional	256.60704	1163.65280	2199.88788	5834.42748
	B	Climatizado	257.09911	1159.26299	2174.64914	5540.84957
		Convencional	256.98292	1144.93557	2136.14554	5552.08809
Mediana	A	Climatizado	260.75326	1172.14132	2302.15413	5655.26100
		Convencional	256.11735	1192.26355	2280.41318	5915.84400
	B	Climatizado	256.54756	1157.84088	2192.07055	5544.28800
		Convencional	251.80564	1163.30200	2150.48958	5590.61850
Desvio-padrão	A	Climatizado	32.50897	74.70376	214.21530	441.80381
		Convencional	53.84700	176.34385	338.78242	494.01354
	B	Climatizado	36.65270	101.82452	215.02781	469.95585
		Convencional	48.41102	150.54624	266.30876	436.08384
W de Shapiro-Wilk	A	Climatizado	0.89102	0.97926	0.95415	0.99291
		Convencional	0.76724	0.65921	0.89484	0.98088
	B	Climatizado	0.76134	0.76249	0.94827	0.99737
		Convencional	0.81188	0.64900	0.91700	0.98778
p Shapiro-Wilk	A	Climatizado	0.0000000000000689	0.0002305927062938	0.0000000404064892	0.1627134223966964
		Convencional	0.0000000006325401	0.0000000000024721	0.0000074243134365	0.2755885367050142
	B	Climatizado	< .0000000000000001	< .0000000000000001	0.0000000000000033	0.3022702743796590
		Convencional	0.0000000000000180	< .0000000000000001	0.0000000061320809	0.0971131177389349

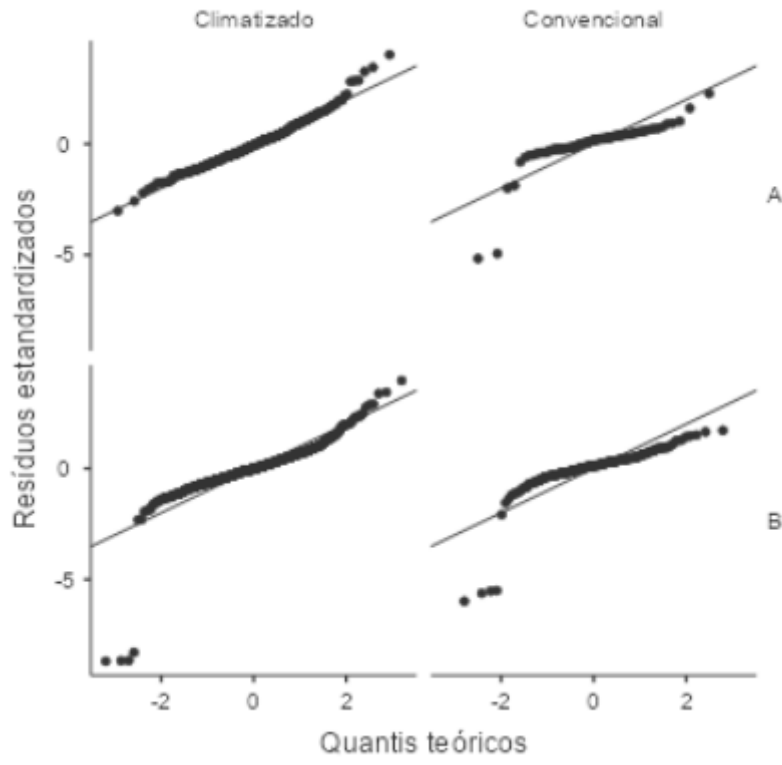
Cons1_7g



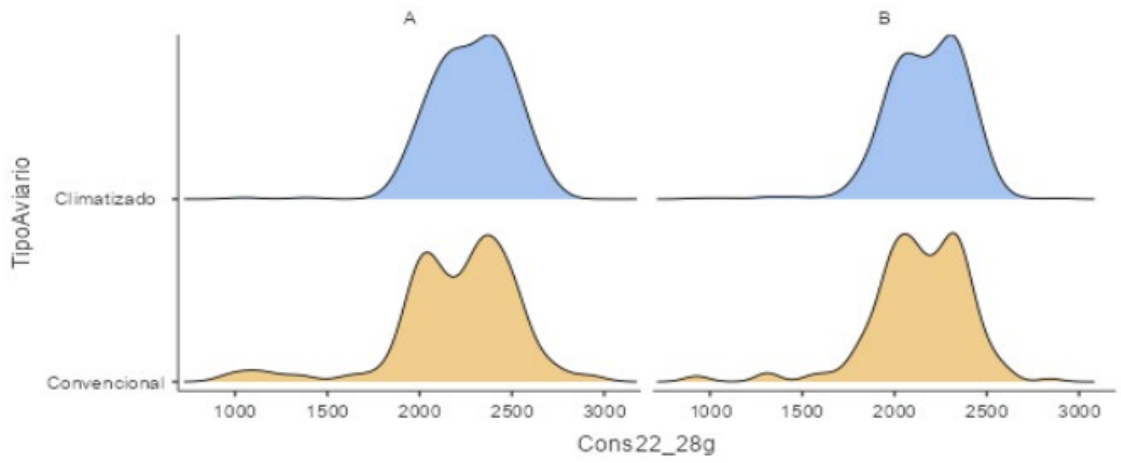


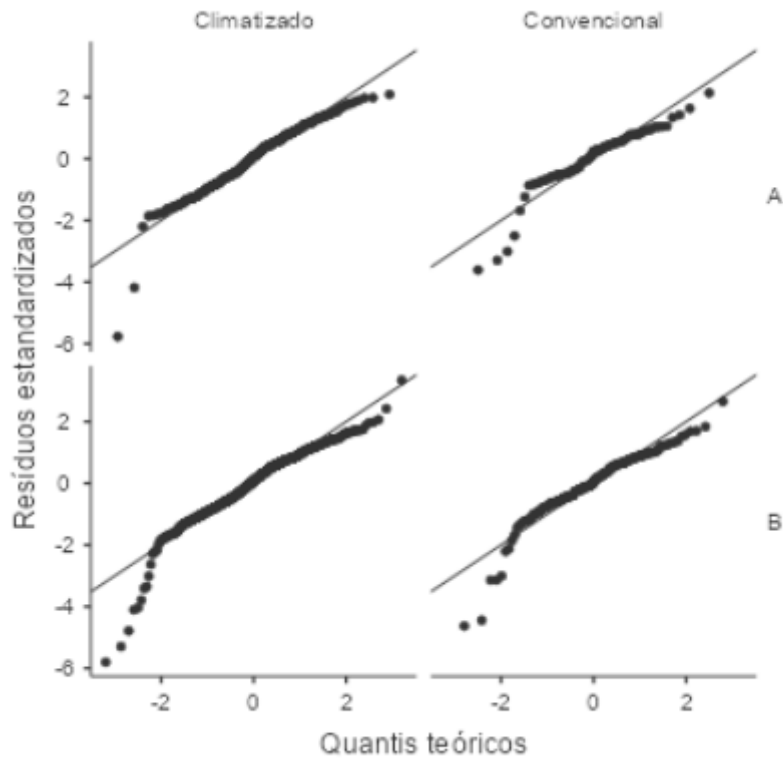
Cons8_21g



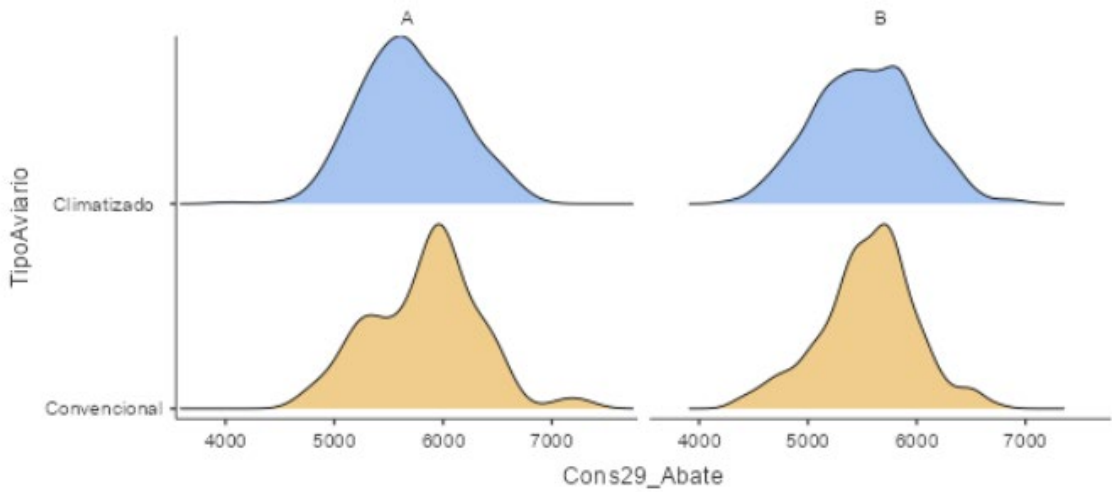


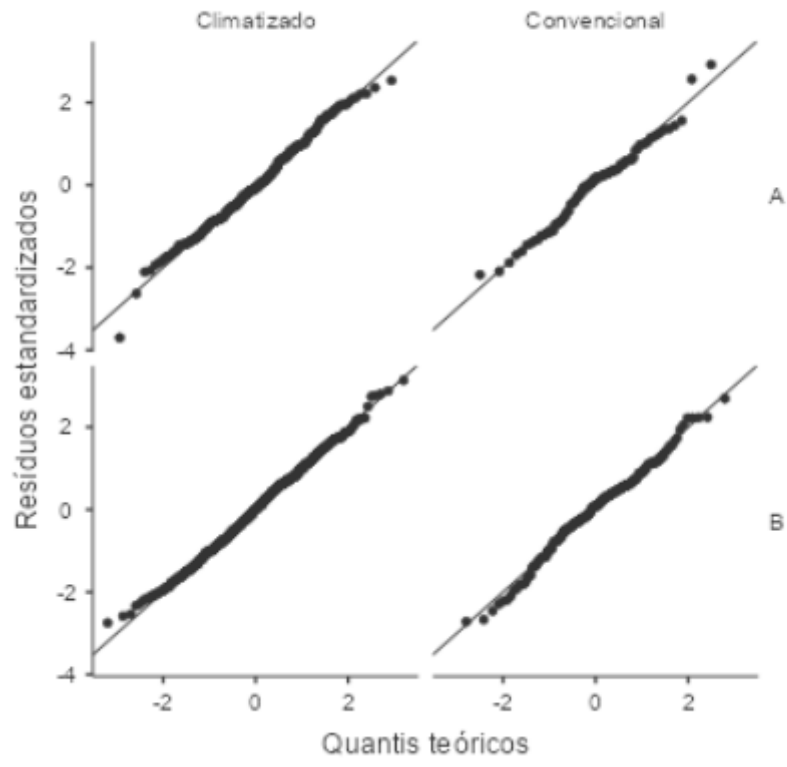
Cons22_28g





Cons29_Abate





ANEXO D – ANÁLISE ESTATÍSTICA: MMG PARA DADOS DE CONSUMO

Generalized Mixed Model

Model Info

Info		
Model Type	User Model	Generalized model
Model	lme4::glmer	Cons_Grs ~ 1 + Linhagem + TipoAviario + Idade + Linhagem:TipoAviario + Linhagem:Idade + TipoAviario:Idade + Linhagem:TipoAviario:Idade + (0+ Linhagem Lote)
Distribution	Gamma	Skewed continuous distribution
Link function	Identity	Coefficients in the same scale of y
Direction	y	Dependent variable scores
Sample size	5175	
Converged	yes	
C.I. method	Wald	

Model Results

Model Fit

Type	R ²	df	LRT X ²	p
Conditional	1.00000	18.00000	24322.74659	< .00000000000000001
Marginal	1.00000	15	24324.74659	< .00000000000000001

Additional Indices

Info	Model Value	Comment
LogLikelihood	-33098.18637	
AIC	66236.37275	Less is better
BIC	66367.40464	Less is better
Deviance	66196.37275	Less is better
Residual DF	5155	
Chi-squared/DF	0.00799	Overdispersion indicator

Fixed Effects Omnibus Tests

	X ²	df	p
Linhagem	386.64092	1.00000	< .0000000000000001
TipoAviario	0.00114	1.00000	0.9730630686733733
Idade	529415.00076	3.00000	< .0000000000000001
Linhagem * TipoAviario	12.95243	1.00000	0.0003195058596265
Linhagem * Idade	545.26761	3.00000	< .0000000000000001
TipoAviario * Idade	356.76904	3.00000	< .0000000000000001
Linhagem * TipoAviario * Idade	591.36413	3.00000	< .0000000000000001

Parameter Estimates (Fixed Coefficients)

Names	Effect	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		z	p
				Lower	Upper		
(Intercept)	(Intercept)	2318.61054	2.94697	2312.83324	2324.38784	786.77910	< .0000000000000001
Linhagem1	B - A	-80.73659	4.10598	-88.78605	-72.68713	-19.66319	< .0000000000000001
TipoAviario1	Convencional - Climatizado	-0.16159	4.78540	-9.54300	9.21983	-0.03377	0.9730643759838753
Idade1	linear	3850.30332	5.55866	3839.40598	3861.20066	692.66707	< .0000000000000001
Idade2	quadratic	1277.99220	4.04178	1270.06859	1285.91581	316.19525	< .0000000000000001
Idade3	cubic	510.12304	4.06797	502.14810	518.09798	125.40003	< .0000000000000001
Linhagem1 * TipoAviario1	(B - A) * (Convencional - Climatizado)	-20.59429	5.72231	-31.81244	-9.37614	-3.59895	0.0003225065309100
Linhagem1 * Idade1	(B - A) * (linear)	-158.26578	8.00428	-173.95756	-142.57400	-19.77265	< .0000000000000001
Linhagem1 * Idade2	(B - A) * (quadratic)	-57.20678	5.66930	-68.32101	-46.09254	-10.09062	< .0000000000000001
Linhagem1 * Idade3	(B - A) * (cubic)	-1.41295	6.02114	-13.21694	10.39104	-0.23467	0.8144778136633408
TipoAviario1 * Idade1	(Convencional - Climatizado) * (linear)	42.09534	6.10812	30.12084	54.06985	6.89170	0.0000000000061741
TipoAviario1 * Idade2	(Convencional - Climatizado) * (quadratic)	77.82633	4.69271	68.62663	87.02603	16.58453	< .0000000000000001
TipoAviario1 * Idade3	(Convencional - Climatizado) * (cubic)	49.94889	5.19012	39.77406	60.12373	9.62384	< .0000000000000001
Linhagem1 * TipoAviario1 * Idade1	(B - A) * (Convencional - Climatizado) * (linear)	-79.88151	5.05183	-89.78524	-69.97779	-15.81240	< .0000000000000001
Linhagem1 * TipoAviario1 * Idade2	(B - A) * (Convencional - Climatizado) * (quadratic)	-91.10033	5.35617	-101.60069	-80.59997	-17.00850	< .0000000000000001
Linhagem1 * TipoAviario1 * Idade3	(B - A) * (Convencional - Climatizado) * (cubic)	-62.31643	6.03830	-74.15406	-50.47881	-10.32020	< .0000000000000001

Random Components

Groups	Name	Variance	SD	ICC
Lote	LinhagemA	365.58074	19.12017	
	LinhagemB	315.49071	17.76206	

Nota. Number of Obs: 5175 , Number of groups: Lote 1297

Simple Effects

ANOVA for Simple Effects of Linhagem

Moderator		X ²	df	p
Idade	TipoAviario			
7	Climatizado	1.73400	1.00000	0.1879479217706951
	Convencional	0.18900	1.00000	0.6638172935450807
21	Climatizado	8.45600	1.00000	0.0036377095430215
	Convencional	4.69700	1.00000	0.0302104178925906
28	Climatizado	136.07400	1.00000	< .0000000000000001
	Convencional	42.90800	1.00000	0.0000000000573629
42	Climatizado	214.18900	1.00000	< .0000000000000001
	Convencional	865.69500	1.00000	< .0000000000000001

Parameter Estimates for simple effects of Linhagem

Moderator			Estimate	SE	95% Confidence Intervals		z	p
Idade	TipoAviario	Effect			Lower	Upper		
7	Climatizado	B - A	-3.54415	2.69175	-8.81988	1.73157	-1.31667	0.1879479217706677
	Convencional	B - A	-2.16808	4.98812	-11.94463	7.60846	-0.43465	0.6638172935450485
21	Climatizado	B - A	-18.19913	6.25834	-30.46525	-5.93301	-2.90798	0.0036377095430220
	Convencional	B - A	-17.18434	7.92884	-32.72458	-1.64410	-2.16732	0.0302104178925931
28	Climatizado	B - A	-111.02315	9.51757	-129.67725	-92.36905	-11.66507	< .0000000000000001
	Convencional	B - A	-62.12619	9.48426	-80.71500	-43.53738	-6.55045	0.0000000000573629
42	Climatizado	B - A	-148.99135	10.18033	-168.94443	-129.03826	-14.63521	< .0000000000000001
	Convencional	B - A	-282.65633	9.60675	-301.48521	-263.82745	-29.42269	< .0000000000000001

Estimated Marginal Means

Estimate Marginal Means - Linhagem * TipoAviario * Idade

Linhagem	TipoAviario	Idade	Mean	SE	95% Confidence Intervals	
					Lower	Upper
A	Climatizado	7	262.77763	2.32545	258.21982	267.33543
A	Climatizado	21	1177.45136	5.48066	1166.70946	1188.19326
A	Climatizado	28	2285.46341	8.22562	2269.34149	2301.58534
A	Climatizado	42	5689.95183	10.53226	5669.30897	5710.59468
A	Convencional	7	261.43384	4.25613	253.09197	269.77571
A	Convencional	21	1161.96314	7.13072	1147.98718	1175.93910
A	Convencional	28	2197.84625	10.41911	2177.42516	2218.26734
A	Convencional	42	5834.94322	10.75661	5813.86066	5856.02578
B	Climatizado	7	259.23348	1.43322	256.42442	262.04253
B	Climatizado	21	1159.25223	3.88693	1151.63398	1166.87048
B	Climatizado	28	2174.44026	6.36110	2161.97274	2186.90779
B	Climatizado	42	5540.96048	8.97146	5523.37674	5558.54422
B	Convencional	7	259.26576	2.71644	253.94164	264.58988
B	Convencional	21	1144.77880	5.95424	1133.10871	1156.44890
B	Convencional	28	2135.72006	7.29899	2121.41430	2150.02582
B	Convencional	42	5552.28689	9.26211	5534.13348	5570.44030

Nota. Expected means are expressed as the response metric

Referências

- [1] The jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- [2] R Core Team (2024). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.4) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-08-07).
- [3] Gallucci, M. (2019). *GAMLj: General analyses for linear models*. (jamovi module). Retrieved from <https://gamlj.github.io/>.
- [4] Gallucci, M. (2020). *Model goodness of fit in GAMLj*. [link](#).
- [5] Lüdtke, Ben-Shachar, Patil & Makowski (2020). *Extracting, Computing and Exploring the Parameters of Statistical Models using R*. CRAN. [link](#).

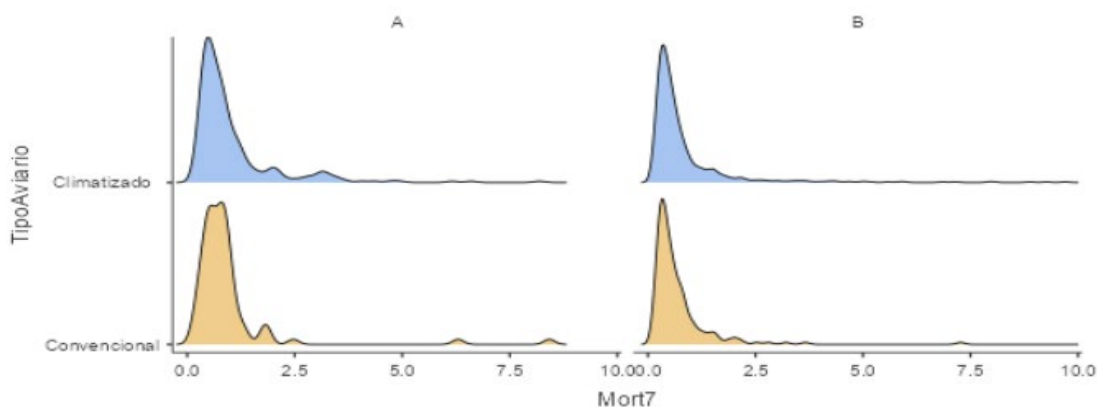
ANEXO E – ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DE MORTALIDADE

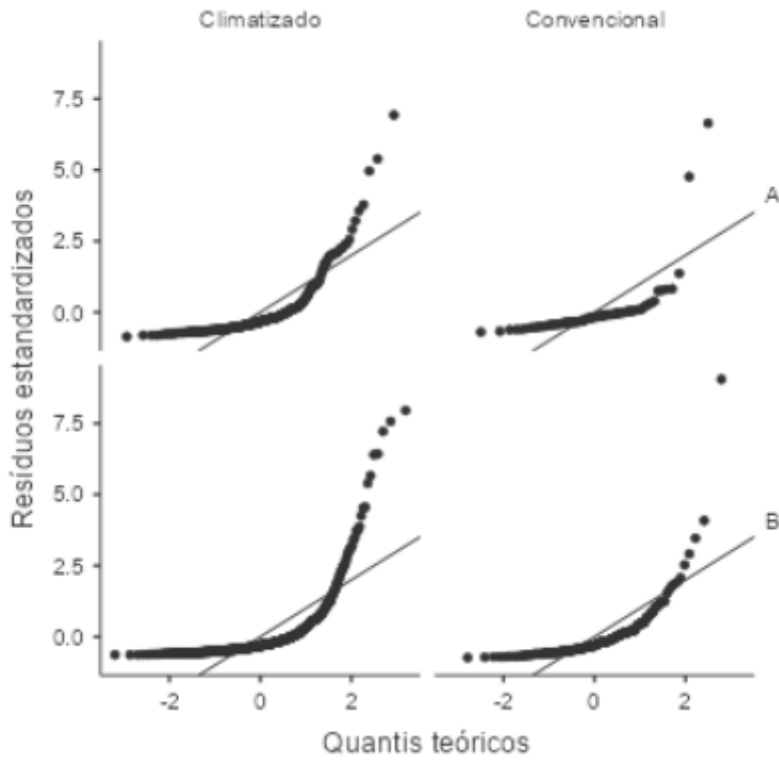
Estatística Descritiva

Estatística Descritiva

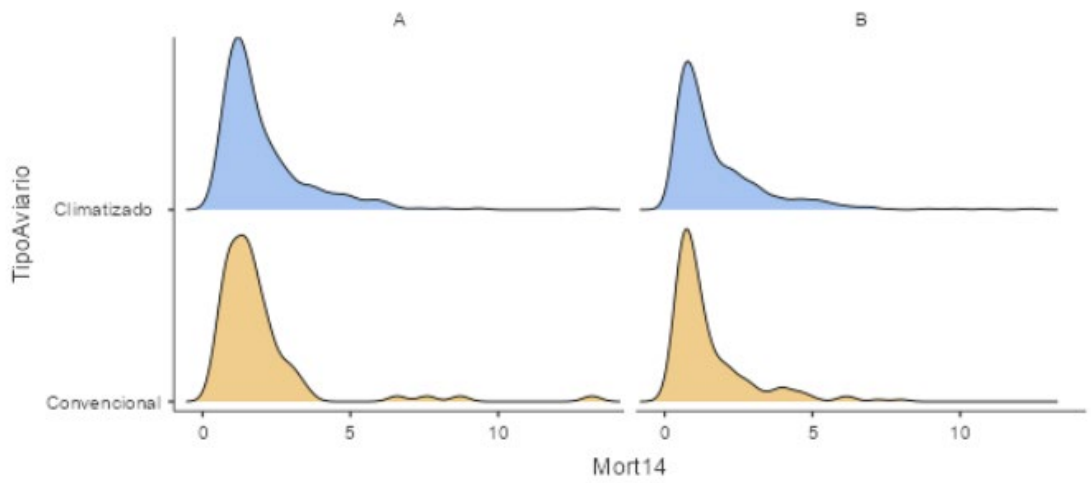
	Linhagem	TipoAviario	Mort7	Mort14	Mort21	Mort28	Mort35	Mort42	Mort43_Abate
N	A	Climatizado	301	302	302	302	302	302	302
		Convencional	80	80	80	80	80	80	80
	B	Climatizado	714	723	723	723	723	723	723
		Convencional	189	192	192	192	192	192	192
Omisso	A	Climatizado	1	0	0	0	0	0	0
		Convencional	0	0	0	0	0	0	0
	B	Climatizado	9	0	0	0	0	0	0
		Convencional	3	0	0	0	0	0	0
Média	A	Climatizado	1.04392	2.05129	3.01652	3.47523	4.14924	5.27974	6.41215
		Convencional	0.93200	1.91213	3.36025	3.91475	4.55337	5.63338	6.96438
	B	Climatizado	0.85141	1.79237	2.75711	3.13216	3.58567	4.33964	5.49726
		Convencional	0.69228	1.49130	2.77828	3.26005	3.76870	4.60302	5.92771
Mediana	A	Climatizado	0.71000	1.51500	2.25000	2.69000	3.40000	4.66500	5.59500
		Convencional	0.74500	1.48500	2.79000	3.39500	4.29500	5.19500	6.04000
	B	Climatizado	0.51000	1.18000	1.95000	2.30000	2.90000	3.62000	4.33000
		Convencional	0.47000	1.01000	2.13000	2.95500	3.35500	4.03000	5.06500
Desvio-padrão	A	Climatizado	1.03064	1.56597	2.14218	2.20121	2.27056	2.45897	3.18882
		Convencional	1.12691	1.87588	2.42255	2.47395	2.51814	2.59783	3.98511
	B	Climatizado	1.11224	1.67258	2.19151	2.26796	2.32788	2.48013	3.71750
		Convencional	0.72666	1.35743	2.09099	2.16896	2.33192	2.64648	3.44635
Mínimo	A	Climatizado	0.16000	0.37000	0.51000	0.63000	0.77000	1.07000	1.23000
		Convencional	0.15000	0.40000	0.77000	1.01000	1.48000	1.97000	2.12000
	B	Climatizado	0.15000	0.00000	0.00000	0.12000	0.28000	0.54000	0.66000
		Convencional	0.16000	0.00000	0.13000	0.24000	0.39000	0.51000	0.63000
Máximo	A	Climatizado	8.19000	13.20000	19.75000	19.98000	20.53000	22.47000	22.47000
		Convencional	8.42000	13.17000	15.37000	15.51000	15.63000	15.82000	27.57000
	B	Climatizado	9.70000	12.46000	15.10000	15.40000	15.89000	17.10000	27.37000
		Convencional	7.27000	8.00000	9.11000	9.48000	10.47000	12.73000	15.72000

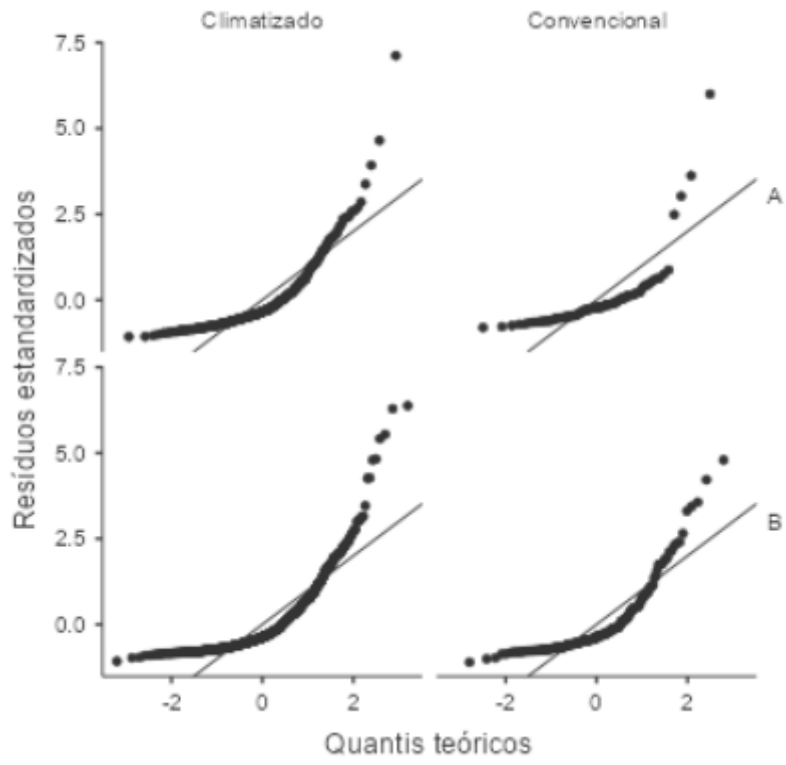
Mort7



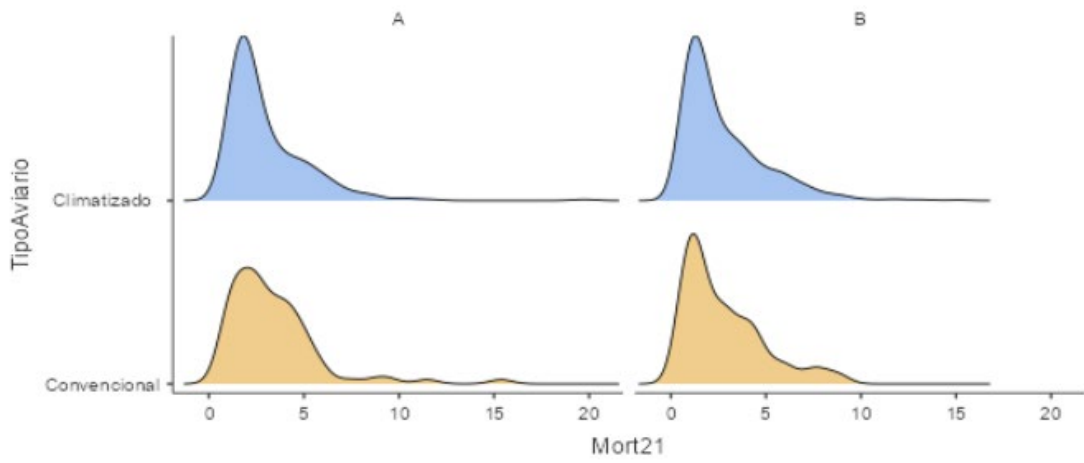


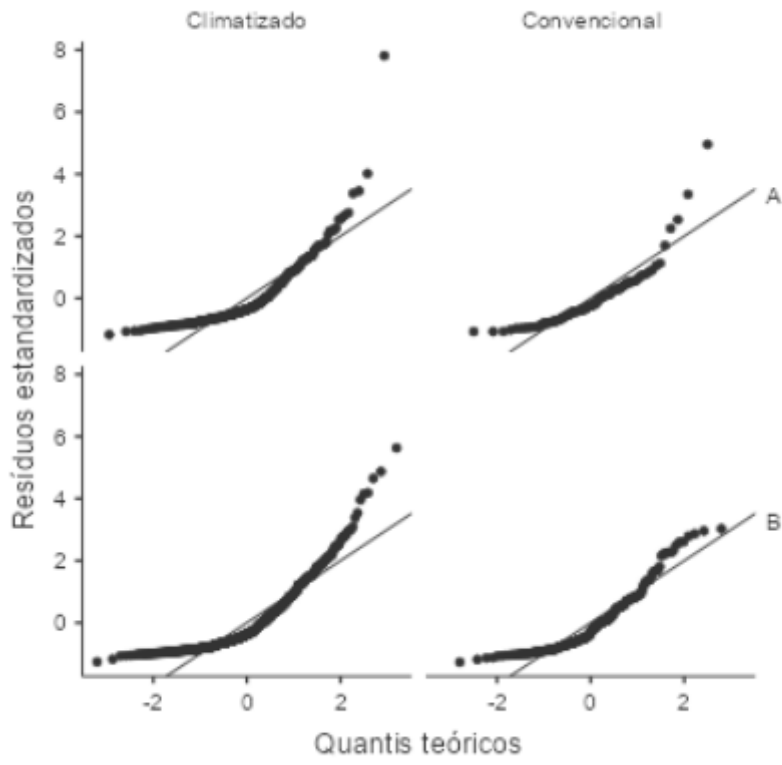
Mort14



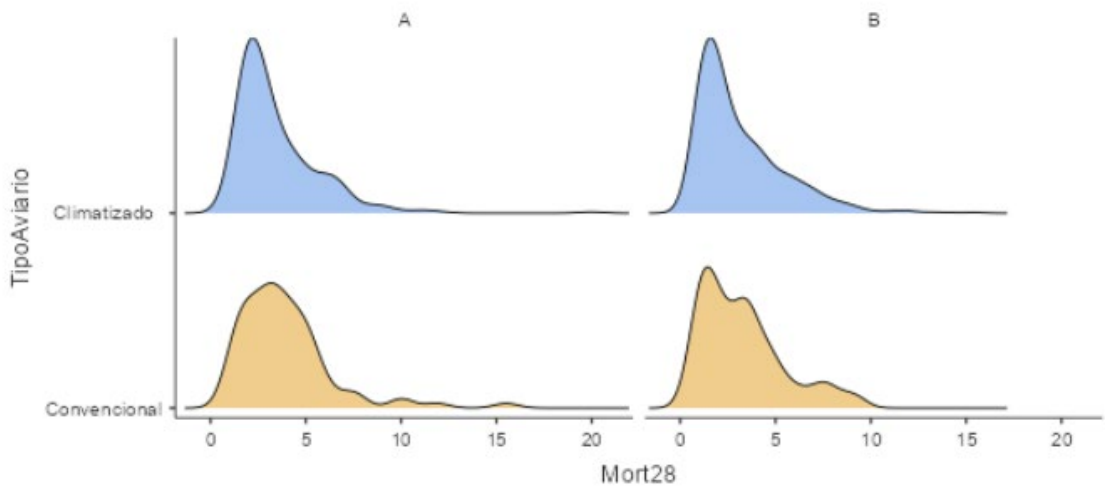


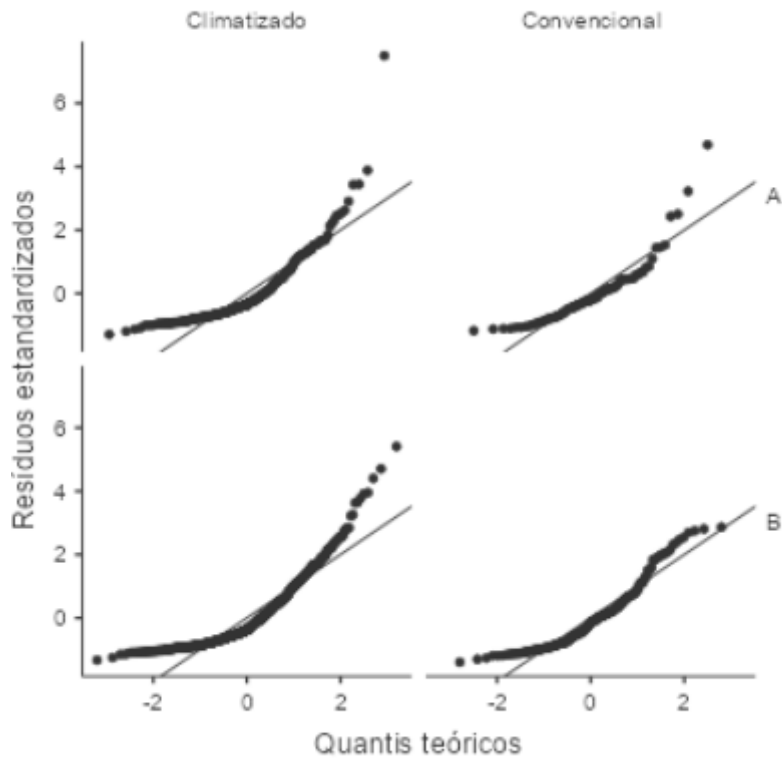
Mort21



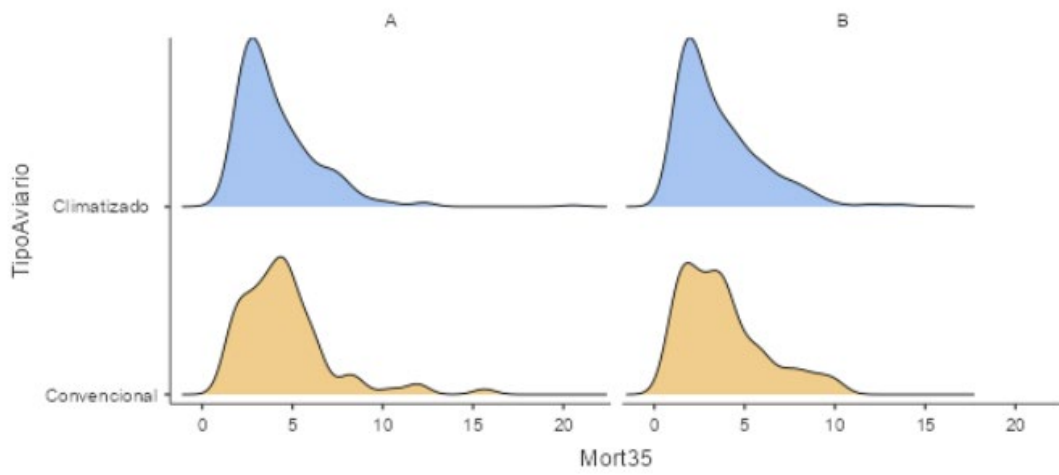


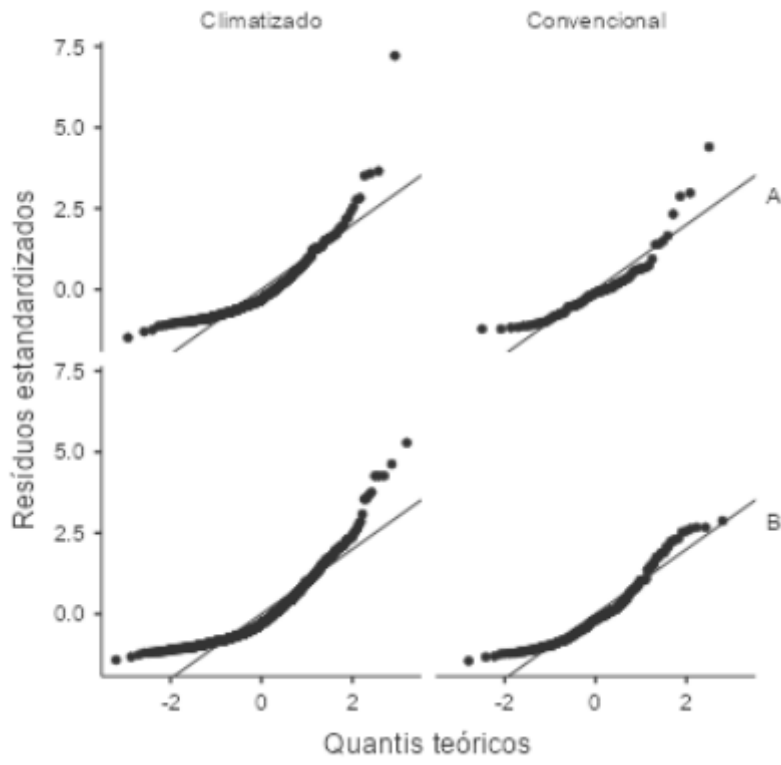
Mort28



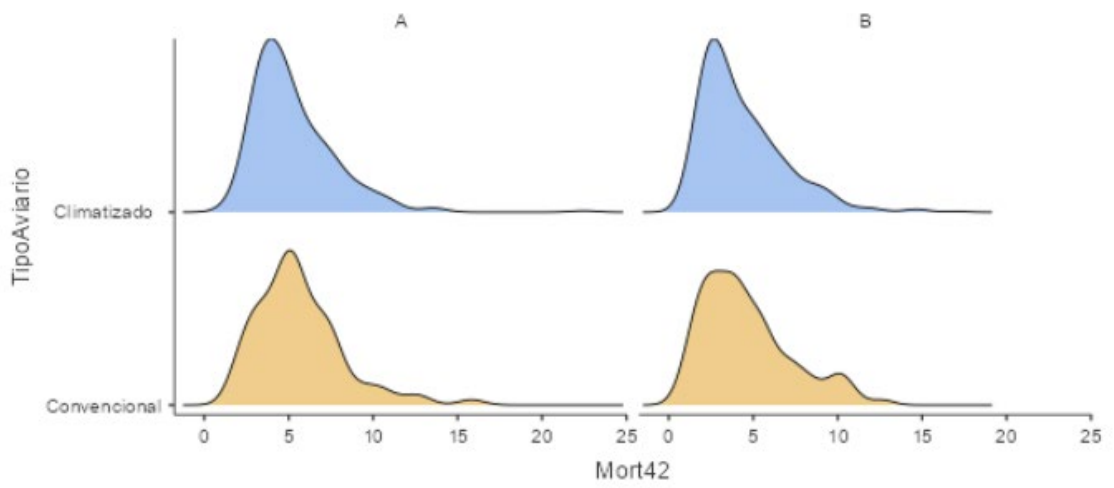


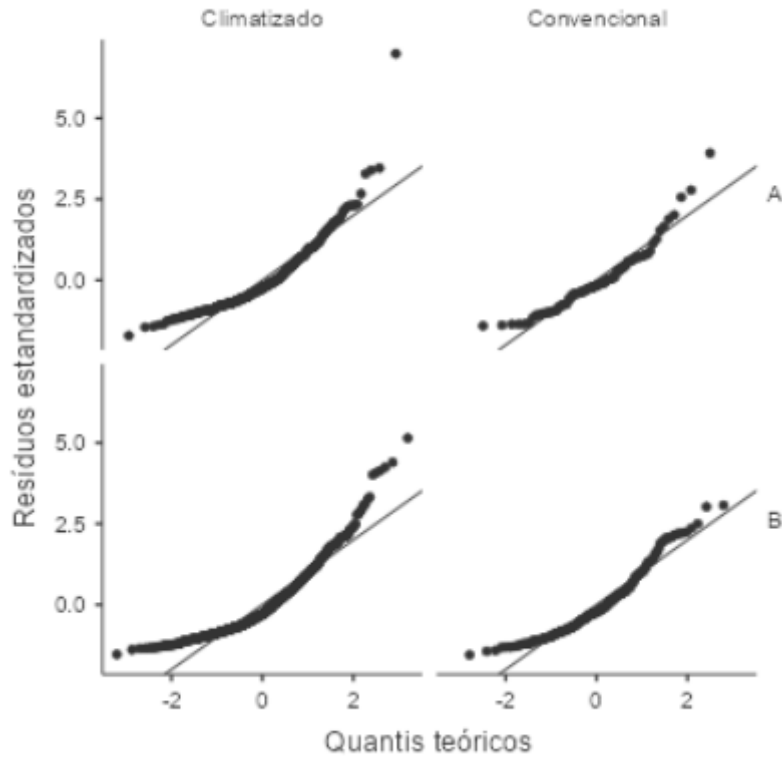
Mort35



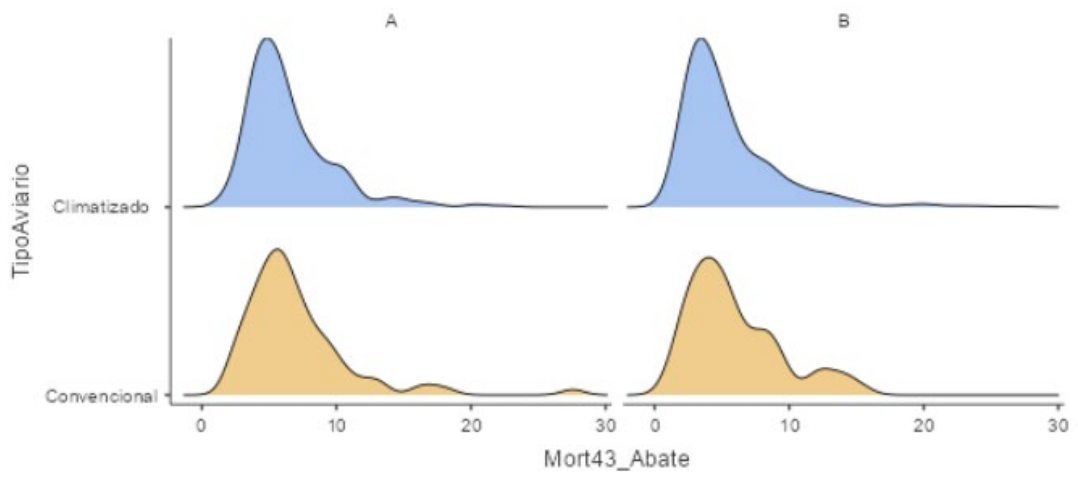


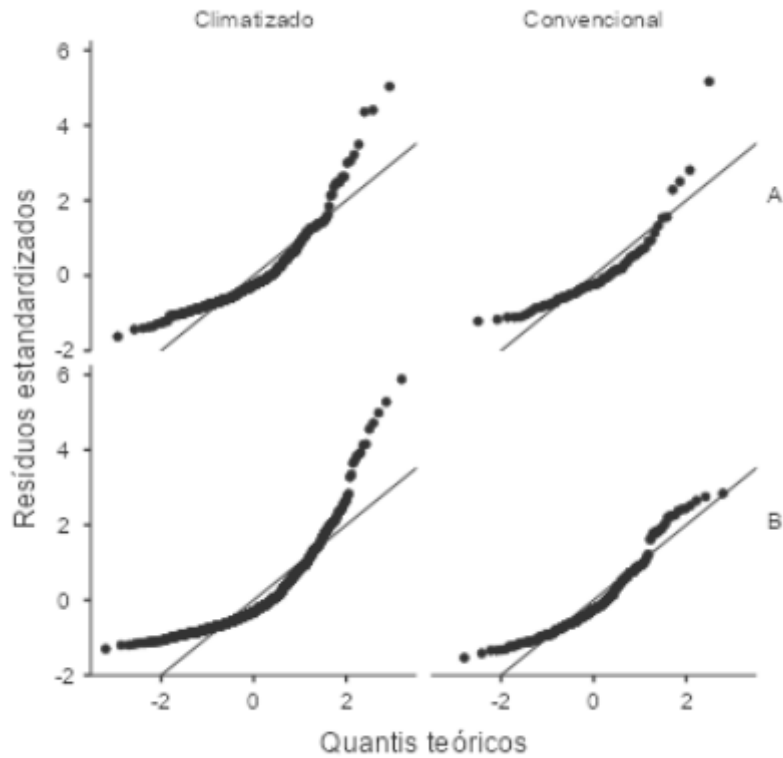
Mort42





Mort43_Abate





Referências

- [1] The jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- [2] R Core Team (2024). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.4) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-08-07).
- [3] Gallucci, M., Jentschke, S. (2021). *SEMLj: jamovi SEM Analysis*. [jamovi module]. For help please visit <https://semlj.github.io/>.
- [4] Rosseel, Y. (2019). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1-36. [link](#).
- [5] Epskamp S., Stuber S., Nak J., Veenman M., Jorgensen T.D. (2019). *semPlot: Path Diagrams and Visual Analysis of Various SEM Packages' Output*. [R Package]. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=semPlot>.

ANEXO F – ANÁLISE ESTATÍSTICA: MM PARA MORTALIDADE

Mixed Model

Model Info

Info		
Model Type	Mixed Model	Linear Mixed model for continuous y
Model	lmer	Mort ~ 1 + Linhagem + TipoAviario + Idade + Linhagem:TipoAviario + Linhagem:Idade + TipoAviario:Idade + (1 Lote)
Distribution	Gaussian	Normal distribution of residuals
Direction	y	Dependent variable scores
Optimizer	bobyqa	
DF method	Satterthwaite	
Sample size	9066	
Converged	yes	
Y transform	none	
C.I. method	Wald	

Model Results

Model Fit

Type	R ²	df	LRT X ²	p
Conditional	0.83405	22	12219.90049	< .0000000000000001
Marginal	0.31549	21	8974.28438	< .0000000000000001

Fixed Effects Omnibus Tests

	F	df	df (res)	p
Linhagem	14.37999	1	1292.62766	0.0001562736363917
TipoAviario	1.16963	1	1292.62723	0.2796790727386252
Idade	1879.80523	6	7750.85743	< .0000000000000001
Linhagem * TipoAviario	0.36951	1	1292.62756	0.5433807411517111
Linhagem * Idade	19.57404	6	7750.83029	< .0000000000000001
TipoAviario * Idade	10.95907	6	7750.92285	0.0000000000034197

Parameter Estimates (Fixed coefficients)

Names	Effect	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		df	t	p
				Lower	Upper			
(Intercept)	(Intercept)	3.46967	0.07775	3.31726	3.62208	1292.62780	44.62432	<.0000000000000001
Linhagem1	B - A	-0.58956	0.15551	-0.89439	-0.28474	1292.62790	-3.79127	0.0001567868658332
TipoAviario1	Convencional - Climatizado	0.16807	0.15551	-0.13676	0.47290	1292.62772	1.08079	0.2799933297239769
Idade1	linear	4.40897	0.04182	4.32700	4.49095	7751.02572	105.43196	<.0000000000000001
Idade2	quadratic	0.07846	0.04181	-0.00350	0.16043	7751.00342	1.87650	0.0606235879422994
Idade3	cubic	0.45979	0.04179	0.37788	0.54171	7750.88061	11.00225	<.0000000000000001
Idade4	quartic	0.11122	0.04177	0.02934	0.19310	7750.77890	2.66259	0.0077701790694795
Idade5	quintic	-0.22797	0.04176	-0.30984	-0.14611	7750.73512	-5.45865	0.0000000494601303
Idade6	sextic	0.07750	0.04176	-0.00437	0.15936	7750.72493	1.85565	0.0635407757618110
Linhagem1 * TipoAviario1	(B - A) * (Convencional - Climatizado)	-0.18905	0.31101	-0.79871	0.42060	1292.62756	-0.60787	0.5433807411517111
Linhagem1 * Idade1	(B - A) * (linear)	-0.72216	0.07010	-0.85957	-0.58475	7750.96415	-10.30231	<.0000000000000001
Linhagem1 * Idade2	(B - A) * (quadratic)	-0.14001	0.07009	-0.27740	-0.00261	7750.94639	-1.99747	0.04580943292817805
Linhagem1 * Idade3	(B - A) * (cubic)	0.08726	0.07006	-0.05008	0.22459	7750.84861	1.24546	0.213000023598448
Linhagem1 * Idade4	(B - A) * (quartic)	0.15628	0.07004	0.01899	0.29356	7750.76767	2.23137	0.0256850819672993
Linhagem1 * Idade5	(B - A) * (quintic)	0.05617	0.07002	-0.08109	0.19344	7750.73282	0.80219	0.4224703485597294
Linhagem1 * Idade6	(B - A) * (sextic)	0.01578	0.07002	-0.12148	0.15304	7750.72472	0.22534	0.8217217044857166
TipoAviario1 * Idade1	(Convencional - Climatizado) * (linear)	0.59807	0.07856	0.44407	0.75206	7751.17462	7.61275	0.0000000000000300
TipoAviario1 * Idade2	(Convencional - Climatizado) * (quadratic)	-0.06015	0.07855	-0.21413	0.09382	7751.14136	-0.76578	0.4438314626904144
TipoAviario1 * Idade3	(Convencional - Climatizado) * (cubic)	-0.01090	0.07848	-0.16475	0.14295	7750.95807	-0.13888	0.8895490057411826
TipoAviario1 * Idade4	(Convencional - Climatizado) * (quartic)	0.18353	0.07843	0.02979	0.33728	7750.80613	2.34005	0.0193064216102267
TipoAviario1 * Idade5	(Convencional - Climatizado) * (quintic)	-0.09434	0.07841	-0.24804	0.05936	7750.74067	-1.20315	0.2289539170812072
TipoAviario1 * Idade6	(Convencional - Climatizado) * (sextic)	0.03735	0.07840	-0.11634	0.19104	7750.72543	0.47636	0.6338310026451398

Random Components

Groups	Name	Variance	SD	ICC
Lote	(Intercept)	4.12878	2.03194	0.75756
Residual		1.32133	1.14949	

Nota. Number of Obs: 9066 , Number of groups: Lote 1297

Simple Effects

ANOVA for Simple Effects of Linhagem

Moderator		F	Num df	Den df	p
Idade	TipoAviario				
7	Climatizado	1.11700	1.00000	1875.60000	0.2906962986329626
	Convencional	1.55700	1.00000	1438.98000	0.2122508942302928
14	Climatizado	2.62000	1.00000	1870.77000	0.1056844111969442
	Convencional	2.42500	1.00000	1437.89000	0.1196357348637997
21	Climatizado	3.37500	1.00000	1870.77000	0.0663573886972184
	Convencional	2.81400	1.00000	1437.89000	0.0936578175964339
28	Climatizado	5.55700	1.00000	1870.77000	0.0185106396485417
	Convencional	3.85800	1.00000	1437.89000	0.0497150876073226
35	Climatizado	13.29000	1.00000	1870.77000	0.0002740834761195
	Convencional	7.14800	1.00000	1437.89000	0.0075882137532788
42	Climatizado	34.54200	1.00000	1870.77000	0.0000000049268627
	Convencional	15.23200	1.00000	1437.89000	0.0000994616149276
45	Climatizado	33.15900	1.00000	1870.77000	0.0000000099061913
	Convencional	14.72500	1.00000	1437.89000	0.0001297514578013

Parameter Estimates for simple effects of Linhagem

Moderator		Effect	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		df	t	p
Idade	TipoAviario				Lower	Upper			
7	Climatizado	B - A	-0.16544	0.15654	-0.47245	0.14156	1875.59635	-1.05689	0.2906962986329635
	Convencional	B - A	-0.35450	0.28406	-0.91172	0.20272	1438.98009	-1.24795	0.2122508942302931
14	Climatizado	B - A	-0.25321	0.15643	-0.56001	0.05359	1870.76881	-1.61868	0.1056844111969449
	Convencional	B - A	-0.44227	0.28401	-0.99939	0.11485	1437.89468	-1.55723	0.1196357348638001
21	Climatizado	B - A	-0.28738	0.15643	-0.59418	0.01942	1870.76881	-1.83707	0.0663573886972190
	Convencional	B - A	-0.47643	0.28401	-1.03355	0.08069	1437.89468	-1.67752	0.0936578175964345
28	Climatizado	B - A	-0.36876	0.15643	-0.67556	-0.06196	1870.76881	-2.35730	0.0185106396485419
	Convencional	B - A	-0.55781	0.28401	-1.11493	-0.00070	1437.89468	-1.96406	0.0497150876073229
35	Climatizado	B - A	-0.57028	0.15643	-0.87708	-0.26348	1870.76881	-3.64557	0.0002740834761195
	Convencional	B - A	-0.75934	0.28401	-1.31646	-0.20222	1437.89468	-2.67364	0.0075882137532789
42	Climatizado	B - A	-0.91939	0.15643	-1.22619	-0.61259	1870.76881	-5.87727	0.0000000049268627
	Convencional	B - A	-1.10845	0.28401	-1.66556	-0.55133	1437.89468	-3.90285	0.0000994616149276
45	Climatizado	B - A	-0.90079	0.15643	-1.20759	-0.59399	1870.76881	-5.75837	0.0000000099061913
	Convencional	B - A	-1.08985	0.28401	-1.64696	-0.53273	1437.89468	-3.83737	0.0001297514578013

Estimated Marginal Means

Estimate Marginal Means - Linhagem * Idade

Linhagem	Idade	Mean	SE	df	95% Confidence Intervals	
					Lower	Upper
A	7	1.00941	0.14314	1850.46031	0.72868	1.29014
A	14	1.98729	0.14310	1848.35701	1.70664	2.26793
A	21	3.16101	0.14310	1848.35701	2.88036	3.44165
A	28	3.66985	0.14310	1848.35701	3.38921	3.95050
A	35	4.34473	0.14310	1848.35701	4.06409	4.62538
A	42	5.47682	0.14310	1848.35701	5.19617	5.75746
A	45	6.70206	0.14310	1848.35701	6.42142	6.98271
B	7	0.74944	0.09396	1970.84442	0.56517	0.93370
B	14	1.63954	0.09379	1957.46352	1.45561	1.82348
B	21	2.77910	0.09379	1957.46352	2.59517	2.96304
B	28	3.20657	0.09379	1957.46352	3.02263	3.39050
B	35	3.67992	0.09379	1957.46352	3.49599	3.86386
B	42	4.46290	0.09379	1957.46352	4.27896	4.64683
B	45	5.70674	0.09379	1957.46352	5.52281	5.89068

Estimate Marginal Means - TipoAviario * Idade

TipoAviario	Idade	Mean	SE	df	95% Confidence Intervals	
					Lower	Upper
Climatizado	7	0.95116	0.07975	2014.86125	0.79475	1.10757
Climatizado	14	1.92066	0.07968	2008.04788	1.76440	2.07693
Climatizado	21	2.89257	0.07968	2008.04788	2.73630	3.04884
Climatizado	28	3.30897	0.07968	2008.04788	3.15270	3.46524
Climatizado	35	3.86883	0.07968	2008.04788	3.71257	4.02510
Climatizado	42	4.80544	0.07968	2008.04788	4.64917	4.96170
Climatizado	45	5.95181	0.07968	2008.04788	5.79554	6.10808
Convencional	7	0.80768	0.15332	1938.05022	0.50699	1.10838
Convencional	14	1.70617	0.15315	1929.91095	1.40580	2.00653
Convencional	21	3.04754	0.15315	1929.91095	2.74717	3.34790
Convencional	28	3.56745	0.15315	1929.91095	3.26709	3.86782
Convencional	35	4.15582	0.15315	1929.91095	3.85545	4.45618
Convencional	42	5.13428	0.15315	1929.91095	4.83391	5.43464
Convencional	45	6.45699	0.15315	1929.91095	6.15663	6.75736

Referências

- [1] The jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- [2] R Core Team (2024). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.4) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-08-07).
- [3] Gallucci, M. (2019). *GAMlj: General analyses for linear models*. [jamovi module]. Retrieved from <https://gamlj.github.io/>.
- [4] Gallucci, M. (2020). *Model goodness of fit in GAMlj*. . [link](#).
- [5] Lüdtke, Ben-Shachar, Patil & Makowski (2020). *Extracting, Computing and Exploring the Parameters of Statistical Models using R*. CRAN. [link](#).

ANEXO G – ANÁLISE ESTATÍSTICA: MEE E MCL

Structural Equation Modelling

Models Info

Estimation Method	ULS
Optimization Method	NLMINB
Number of observations	1297
Free parameters	66
Standard errors	Standard
Scaled test	None
Converged	TRUE
Iterations	149
Model	$L_ganho = \sim 1*PM0 + 1*PM7 + 1*PM14 + 1*PM21 + 1*PM28 + 1*PM35 + 1*PM36_Abate$ $S_ganho = \sim 0*PM0 + PM7 + PM14 + PM21 + PM28 + PM35 + 1*PM36_Abate$ $L_consumo = \sim 1*Cons1_7g + 1*Cons8_21g + 1*Cons22_28g + 1*Cons29_Abate$ $S_consumo = \sim 0*Cons1_7g + Cons8_21g + Cons22_28g + 1*Cons29_Abate$ $L_morte = \sim 1*Mort7 + 1*Mort14 + 1*Mort21 + 1*Mort28 + 1*Mort35 + 1*Mort42 + 1*Mort43_Abate$ $S_morte = \sim 0*Mort7 + Mort14 + Mort21 + Mort28 + Mort35 + Mort42 + 1*Mort43_Abate$ $S_consumo \sim S_ganho$ $S_morte \sim S_consumo + S_ganho$ $PM36_Abate \sim \sim Cons29_Abate$ $PM28 \sim \sim PM35$ $PM21 \sim \sim PM28$ $Cons8_21g \sim \sim Cons22_28g$ $Mort7 \sim \sim Mort14$ $Mort28 \sim \sim 0.01*Mort28$ $S_morte \sim \sim 0.01*S_morte$

Overall Tests

Model tests

Label	χ^2	df	p
User Model	298.31521	123	
Baseline Model	31582.18161	153	

Fit indices

SRMR	RMSEA	95% Confidence Intervals		RMSEA p
		Lower	Upper	
0,04383	0,03266	0,02844	0,03690	0,9999999999986366

User model versus baseline model

	Model
Comparative Fit Index (CFI)	0.99442
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.99306
Bentler-Bonett Non-normed Fit Index (NNFI)	0.99306
Relative Noncentrality Index (RNI)	0.99442
Bentler-Bonett Normed Fit Index (NFI)	0.99055
Bollen's Relative Fit Index (RFI)	0.98825
Bollen's Incremental Fit Index (IFI)	0.99443
Parsimony Normed Fit Index (PNFI)	0.79633

Estimates

Parameters estimates

Dep	Pred	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		β	z	p
				Lower	Upper			
S_consumo	S_ganho	2.23645	0.53960	1.17885	3.29404	0.60302	4.14465	0.0000340326702770
S_morte	S_consumo	-1.73560	0.20270	-2.13288	-1.33831	-1.03269	-8.56236	< .0000000000000001
S_morte	S_ganho	0.56550	0.54351	-0.49976	1.63075	0.09072	1.04046	0.2981285399510836

Measurement model

Latent	Observed	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		β	z	p
				Lower	Upper			
L_ganho	PM0	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.30268		
	PM7	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.30268		
	PM14	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.30268		
	PM21	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.30268		
	PM28	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.30268		
	PM35	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.30268		
	PM36_Abate	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.30268		
S_ganho	PM0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
	PM7	4.46105	0.92426	2.64953	6.27256	0.36567	4.82663	0.0000013886561590
	PM14	6.58932	1.40074	3.84391	9.33473	0.54012	4.70416	0.0000025491609983
	PM21	6.54445	1.39568	3.80896	9.27994	0.53644	4.68907	0.0000027445524355
	PM28	5.09409	1.07881	2.97967	7.20851	0.41756	4.72197	0.0000023356571444
	PM35	4.37295	0.90979	2.58980	6.15610	0.35845	4.80657	0.0000015354450211
	PM36_Abate	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.08197		
L_consumo	Cons1_7g	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.25904		
	Cons8_21g	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.25904		
	Cons22_28g	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.25904		
	Cons29_Abate	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.25904		
S_consumo	Cons1_7g	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
	Cons8_21g	0.00500	0.06876	-0.12977	0.13976	0.00152	0.07268	0.9420638157433481
	Cons22_28g	1.50333	0.09518	1.31679	1.68987	0.45702	15.79515	<.0000000000000001
	Cons29_Abate	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.30400		
L_morte	Mort7	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.77843		
	Mort14	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.77843		
	Mort21	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.77843		
	Mort28	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.77792		
	Mort35	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.77843		
	Mort42	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.77843		
	Mort43_Abate	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.77843		
S_morte	Mort7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
	Mort14	0.55678	0.03887	0.48059	0.63296	0.28447	14.32438	<.0000000000000001
	Mort21	1.13095	0.05136	1.03028	1.23161	0.57783	22.02001	<.0000000000000001
	Mort28	1.19982	0.04896	1.10386	1.29578	0.61261	24.50595	<.0000000000000001
	Mort35	1.17408	0.05280	1.07059	1.27756	0.59986	22.23658	<.0000000000000001
	Mort42	1.02060	0.04794	0.92663	1.11457	0.52145	21.28738	<.0000000000000001
	Mort43_Abate	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.51092		

Variances and Covariances

Variable 1	Variable 2	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		β	z	p
				Lower	Upper			
PM36_Abate	Cons29_Abate	0.69396	0.02947	0.63619	0.75173	0.81068	23.54440	<.0000000000000001
PM28	PM35	0.20748	0.03457	0.13972	0.27525	0.49792	6.00128	0.0000000019576649
PM21	PM28	0.10362	0.03701	0.03108	0.17616	0.43343	2.79966	0.0051155691601272
Cons8_21g	Cons22_28g	0.43673	0.03117	0.37563	0.49782	0.50958	14.01074	<.0000000000000001
Mort7	Mort14	0.23987	0.03040	0.18028	0.29946	0.68776	7.88967	0.0000000000000031
Mort28	Mort28	0.01000	0.00000	0.01000	0.01000	0.00999		
S_morte	S_morte	0.01000	0.00000	0.01000	0.01000	0.03831		
PM0	PM0	0.90838	0.03523	0.83933	0.97744	0.90838	25.78322	<.0000000000000001
PM7	PM7	0.45667	0.03589	0.38632	0.52701	0.45667	12.72319	<.0000000000000001
PM14	PM14	0.14694	0.04087	0.06683	0.22704	0.14694	3.59503	0.0003243503864891
PM21	PM21	0.15409	0.04302	0.06977	0.23842	0.15409	3.58164	0.0003414399497179
PM28	PM28	0.37090	0.04205	0.28848	0.45331	0.37090	8.82064	<.0000000000000001
PM35	PM35	0.46817	0.03710	0.39546	0.54089	0.46817	12.61885	<.0000000000000001
PM36_Abate	PM36_Abate	0.83038	0.03329	0.76514	0.89562	0.83038	24.94687	<.0000000000000001
Cons1_7g	Cons1_7g	0.93290	0.03101	0.87211	0.99369	0.93290	30.07967	<.0000000000000001
Cons8_21g	Cons8_21g	0.93311	0.03106	0.87224	0.99398	0.93311	30.04544	<.0000000000000001
Cons22_28g	Cons22_28g	0.78715	0.03623	0.71615	0.85815	0.78715	21.72916	<.0000000000000001
Cons29_Abate	Cons29_Abate	0.88246	0.03166	0.82041	0.94452	0.88246	27.87330	<.0000000000000001
Mort7	Mort7	0.39405	0.03148	0.33236	0.45575	0.39405	12.51788	<.0000000000000001
Mort14	Mort14	0.30869	0.03007	0.24975	0.36762	0.30869	10.26616	<.0000000000000001
Mort21	Mort21	0.05114	0.03448	-0.01643	0.11872	0.05114	1.48341	0.1379658199298062
Mort35	Mort35	0.02485	0.03510	-0.04394	0.09364	0.02485	0.70809	0.4788907485605378
Mort42	Mort42	0.11400	0.03312	0.04909	0.17892	0.11400	3.44199	0.0005774464959676
Mort43_Abate	Mort43_Abate	0.12503	0.03290	0.06056	0.18951	0.12503	3.80075	0.0001442584937494
L_ganho	L_ganho	0.09162	0.02167	0.04914	0.13409	1.00000	4.22753	0.0000236265816784
S_ganho	S_ganho	0.00672	0.00311	0.00063	0.01281	1.00000	2.16192	0.0306243893846037
L_consumo	L_consumo	0.06710	0.01379	0.04007	0.09414	1.00000	4.86447	0.0000011476584991
S_consumo	S_consumo	0.05881	0.01139	0.03649	0.08113	0.63637	5.16485	0.0000002406378550
L_morte	L_morte	0.60595	0.01481	0.57692	0.63497	1.00000	40.91443	<.0000000000000001
L_ganho	S_ganho	0.03564	0.00814	0.01970	0.05159	1.43658	4.38127	0.0000117989632322
L_ganho	L_consumo	0.02966	0.01121	0.00769	0.05163	0.37826	2.64589	0.0081476599396364
L_ganho	L_morte	0.01847	0.01298	-0.00697	0.04390	0.07837	1.42301	0.1547318952808558
S_ganho	L_consumo	-0.00939	0.00315	-0.01556	-0.00322	-0.44204	-2.98154	0.0028680287156269
S_ganho	L_morte	-0.00120	0.00271	-0.00652	0.00411	-0.01886	-0.44392	0.6571000536688150
L_consumo	L_morte	0.15745	0.00902	0.13977	0.17513	0.78083	17.45284	<.0000000000000001

Intercepts

Variable	Intercept	SE	95% Confidence Intervals		z	p
			Lower	Upper		
PM0	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	0.9999999999999947
PM7	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	0.9999999999999936
PM14	0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	0.00000	0.9999999999999944
PM21	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	0.9999999999999993
PM28	0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	0.00000	0.9999999999999922
PM35	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	0.9999999999999998
PM36_Abate	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	0.9999999999999805
Cons1_7g	0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	0.00000	0.9999999999999782
Cons8_21g	0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	0.00000	0.9999999999999822
Cons22_28g	0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	0.00000	0.9999999999999769
Cons29_Abate	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	0.9999999999999989
Mort7	0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	0.00000	0.9999999999999998
Mort14	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	0.9999999999999984
Mort21	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	1.0000000000000000
Mort28	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	0.9999999999999993
Mort35	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	0.9999999999999993
Mort42	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	0.9999999999999987
Mort43_Abate	-0.00000	0.02778	-0.05444	0.05444	-0.00000	0.9999999999999980
I_ganho	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
S_ganho	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
I_consumo	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
S_consumo	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
I_morte	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
S_morte	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		

Defined parameters

Label	Description	Parameter	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		β	z	p
					Lower	Upper			
IE1	S_ganho \Rightarrow S_consumo \Rightarrow S_morte	p37*p38	-3.88157	1.01557	-5.87204	-1.89109	-0.62273	-3.82207	0.0001323376273350

ANEXO H - MODELOS GLM PARA VELOCIDADE DE GANHO EM FUNÇÃO DA LINHAGEM E DO TIPO DE AVIÁRIO

Generalized Linear Model

Model Info

Info		
Model Type	User Model	Generalized model
Model	stats::glm	Vel_Ganho ~ 1 + Linhagem + TipoAviario + Linhagem:TipoAviario
Distribution	Gamma	Skewed continuous distribution
Link function	Identity	Coefficients in the same scale of y
Direction	y	Dependent variable scores
Sample size	1210	
Converged	yes	
C.I. method	Wald	

[6]

Model Results

Model Fit

R ²	df	X ²	p
0,24663	3	0,00003	< .00000000000000001

[7]

Additional indices

Info	Model Value	Comment
LogLikelihood	1398,32298	
AIC	-2786,64597	Less is better
BIC	-2761,15409	Less is better
Deviance	0,00008	Less is better
Residual DF	1206	
Chi-squared/DF	0,00000	Overdispersion indicator

Omnibus tests

	X ²	df	p	η ²
Linhagem	121,26098	1	< .00000000000000001	1170681,57969
TipoAviario	181,31432	1	< .00000000000000001	1750450,39513
Linhagem * TipoAviario	0,59282	1	0,4413302641443287	5723,23263

Parameter Estimates (Coefficients)

Name	Effect	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		z	p
				Lower	Upper		
(Intercept)	(Intercept)	299.99084	0.00296	299.98504	299.99664	101390.23900	< .0000000000000001
Linhagem1	B - A	-0.06516	0.00592	-0.07676	-0.05356	-11.01101	< .0000000000000001
TipoAviario1	Convencional - Climatizado	-0.07969	0.00592	-0.09129	-0.06809	-13.46692	< .0000000000000001
Linhagem1 * TipoAviario1	(B - A) * (Convencional - Climatizado)	-0.00911	0.01184	-0.03231	0.01408	-0.76995	0.4413323539473905

Post Hoc Tests

Comparison						
Linhagem	vs	Linhagem	Difference	SE	z	P _{Tukey}
A	-	B	0.06516	0.00592	11.01101	< .0000000000000001

Comparison						
TipoAviario	vs	TipoAviario	Difference	SE	z	P _{Tukey}
Climatizado	-	Convencional	0.07969	0.00592	13.46692	< .0000000000000001

Estimated Marginal Means

Estimate Marginal Means - Linhagem

Linhagem	Mean	SE	95% Confidence Intervals	
			Lower	Upper
A	300.02342	0.00495	300.01371	300.03313
B	299.95826	0.00324	299.95190	299.96462

Nota. Expected means are expressed as the response metric

Estimate Marginal Means - TipoAviario

TipoAviario	Mean	SE	95% Confidence Intervals	
			Lower	Upper
Climatizado	300.03069	0.00269	300.02540	300.03597
Convencional	299.95100	0.00527	299.94066	299.96133

Nota. Expected means are expressed as the response metric

ANEXO I - MODELOS GLM PARA VELOCIDADE DE CONSUMO EM FUNÇÃO DA LINHAGEM E DO TIPO DE AVIÁRIO

Generalized Linear Model

Model Info

Info		
Model Type	User Model	Generalized model
Model	stats::glm	Vel_Cons ~ 1 + Linhagem + TipoAviario + Linhagem:TipoAviario
Distribution	Gamma	Skewed continuous distribution
Link function	Identity	Coefficients in the same scale of y
Direction	y	Dependent variable scores
Sample size	1210	
Converged	yes	
C.I. method	Wald	

[6]

Model Results

Model Fit

R ²	df	X ²	p
0.06009	3	0.00005	0.000000000000000001

[7]

Additional indices

Info	Model Value	Comment
LogLikelihood	31.80370	
AIC	-53.60740	Less is better
BIC	-28.11552	Less is better
Deviance	0.00075	Less is better
Residual DF	1206	
Chi-squared/DF	0.00000	Overdispersion indicator

Omnibus tests

	X ²	df	p	η ²
Linhagem	26.90823	1	0.0000002133482584	33865.18318
TipoAviario	23.84884	1	0.0000010420458038	30014.80695
Linhagem * TipoAviario	1.44143	1	0.2299074216447328	1814.10761

Parameter Estimates (Coefficients)

Name	Effect	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		z	p
				Lower	Upper		
(Intercept)	(Intercept)	300.00332	0.00915	299.98539	300.02126	32780.82830	<.0000000000000001
Linhagem1	B - A	-0.09494	0.01830	-0.13081	-0.05906	-5.18673	0.0000002140194181
TipoAviario1	Convencional - Climatizado	-0.08940	0.01830	-0.12527	-0.05352	-4.88419	0.0000010385703345
Linhagem1 * TipoAviario1	(B - A) * (Convencional - Climatizado)	0.04395	0.03661	-0.02780	0.11570	1.20062	0.2298968269971749

Post Hoc Tests

Comparison						
Linhagem	vs	Linhagem	Difference	SE	z	P _{Tukey}
A	-	B	0.09494	0.01830	5.18673	0.0000002508286678

Comparison						
TipoAviario	vs	TipoAviario	Difference	SE	z	P _{Tukey}
Climatizado	-	Convencional	0.08940	0.01830	4.88419	0.0000011781183398

Estimated Marginal Means

Estimate Marginal Means - Linhagem

Linhagem	Mean	SE	95% Confidence Intervals	
			Lower	Upper
A	300.05079	0.01531	300.02076	300.08083
B	299.95586	0.01003	299.93618	299.97554

Nota. Expected means are expressed as the response metric

Estimate Marginal Means - TipoAviario

TipoAviario	Mean	SE	95% Confidence Intervals	
			Lower	Upper
Climatizado	300.04802	0.00833	300.03168	300.06436
Convencional	299.95863	0.01630	299.92665	299.99060

Nota. Expected means are expressed as the response metric

ANEXO J - MODELOS GLM PARA VELOCIDADE DE MORTALIDADE EM FUNÇÃO DA LINHAGEM E DO TIPO DE AVIÁRIO

Generalized Linear Model

Model Info

Info		
Model Type	User Model	Generalized model
Model	stats::glm	Vel_Mort ~ 1 + Linhagem + TipoAviario + Linhagem:TipoAviario
Distribution	Gamma	Skewed continuous distribution
Link function	Identity	Coefficients in the same scale of y
Direction	y	Dependent variable scores
Sample size	1210	
Converged	yes	
C.I. method	Wald	

[6]

Model Results

Model Fit

R ²	df	X ²	p
0.03854	3	0.28919	0.0000000005012232

[7]

Additional indices

Info	Model Value	Comment
LogLikelihood	-559.07519	
AIC	1128.15038	Less is better
BIC	1153.64226	Less is better
Deviance	7.21513	Less is better
Residual DF	1206	
Chi-squared/DF	0.00625	Overdispersion indicator

Omnibus tests

	X ²	df	p	η ²
Linhagem	14.60019	1	0.0001329008779631	1.94557
TipoAviario	12.70582	1	0.0003645195697010	1.69313
Linhagem * TipoAviario	1.93311	1	0.1644187257455566	0.25760

Parameter Estimates (Coefficients)

Name	Effect	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		z	p
				Lower	Upper		
(Intercept)	(Intercept)	4.98979	0.01534	4.95991	5.02005	325.25358	< .0000000000000001
Linhagem1	B - A	0.11825	0.03068	0.05785	0.17814	3.85393	0.0001162350046753
TipoAviario1	Convencional - Climatizado	0.10830	0.03068	0.04849	0.16877	3.52962	0.0004161557819972
Linhagem1 * TipoAviario1	(B - A) * (Convencional - Climatizado)	-0.08510	0.06136	-0.20583	0.03474	-1.38676	0.1655134402052065

Post Hoc Tests

Comparison						
Linhagem	vs	Linhagem	Difference	SE	z	P _{Tukey}
A	-	B	-0.11825	0.03068	-3.85393	0.0001223591137598

Comparison						
TipoAviario	vs	TipoAviario	Difference	SE	z	P _{Tukey}
Climatizado	-	Convencional	-0.10830	0.03068	-3.52962	0.0004318285894705

Estimated Marginal Means

Estimate Marginal Means - Linhagem

Linhagem	Mean	SE	95% Confidence Intervals	
			Lower	Upper
A	4.93066	0.02552	4.88060	4.98073
B	5.04891	0.01704	5.01549	5.08234

Nota. Expected means are expressed as the response metric

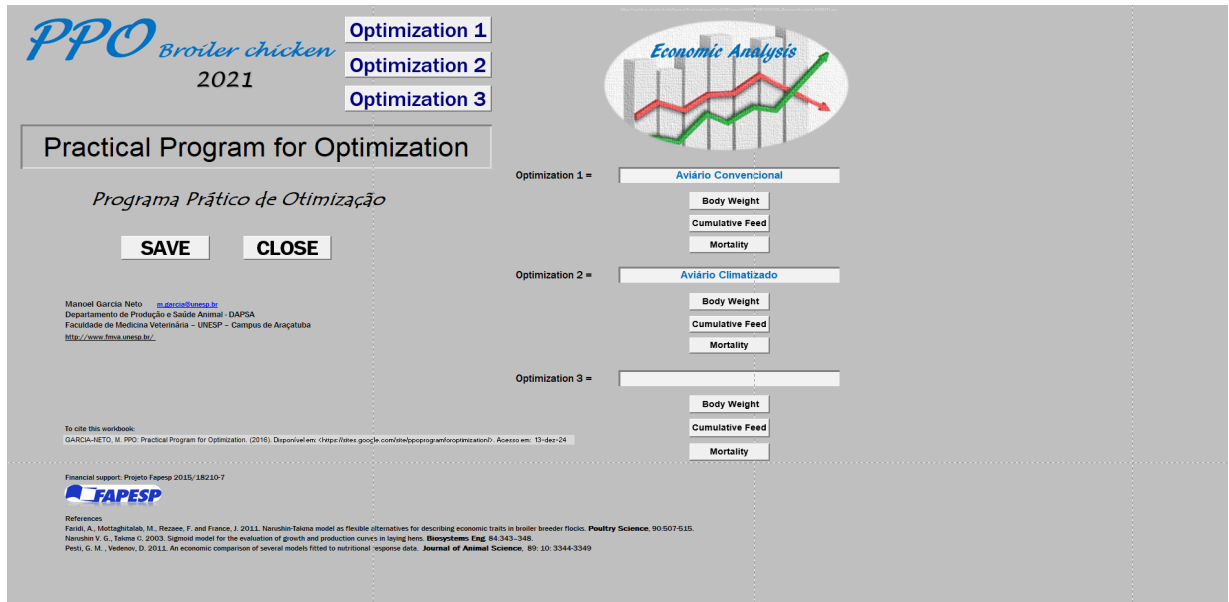
Estimate Marginal Means - TipoAviario

TipoAviario	Mean	SE	95% Confidence Intervals	
			Lower	Upper
Climatizado	4.93564	0.01368	4.90880	4.96248
Convencional	5.04394	0.02746	4.99005	5.09782

Nota. Expected means are expressed as the response metric

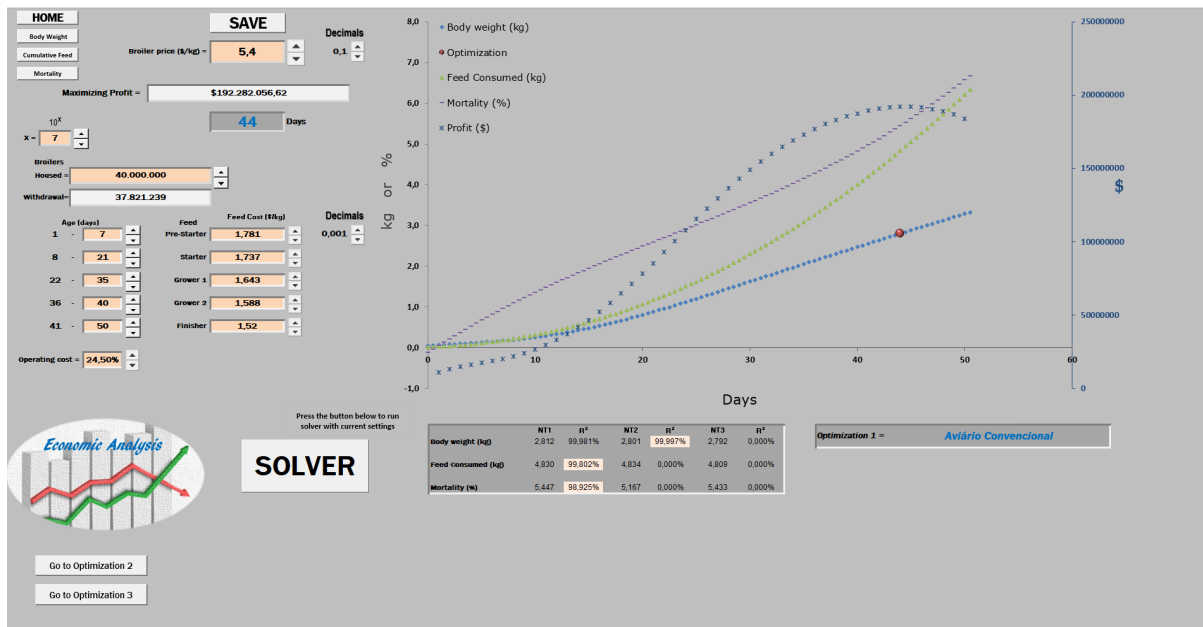
ANEXO K – INTERFACE PPO: SIMULAÇÕES DE DESEMPENHO ECONÔMICO

Figura 24 - Interface do Programa Prático de Otimização (PPO) para análise econômica e produtiva em sistemas de criação avícola (Convencional versus climatizado)



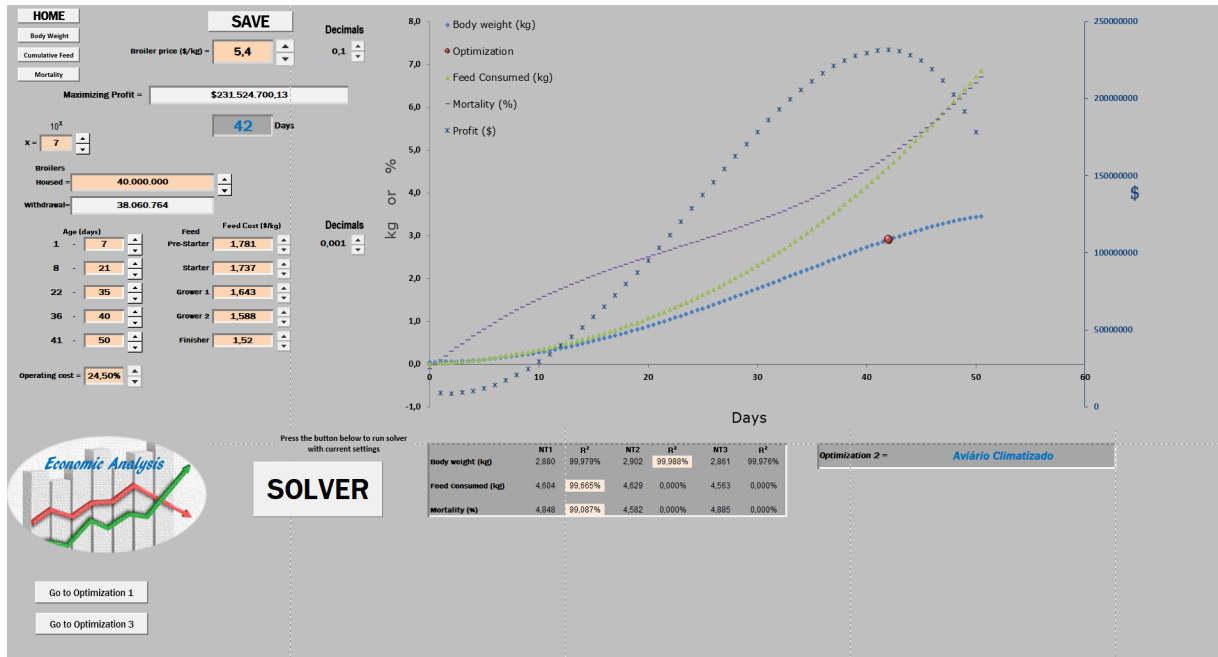
Fonte: Programa Pratico de Otimização (PPO)

Figura 25 - Simulação de desempenho econômico e produtividade em aviário convencional utilizando o PPO: peso corporal, consumo de ração, mortalidade e lucro projetado



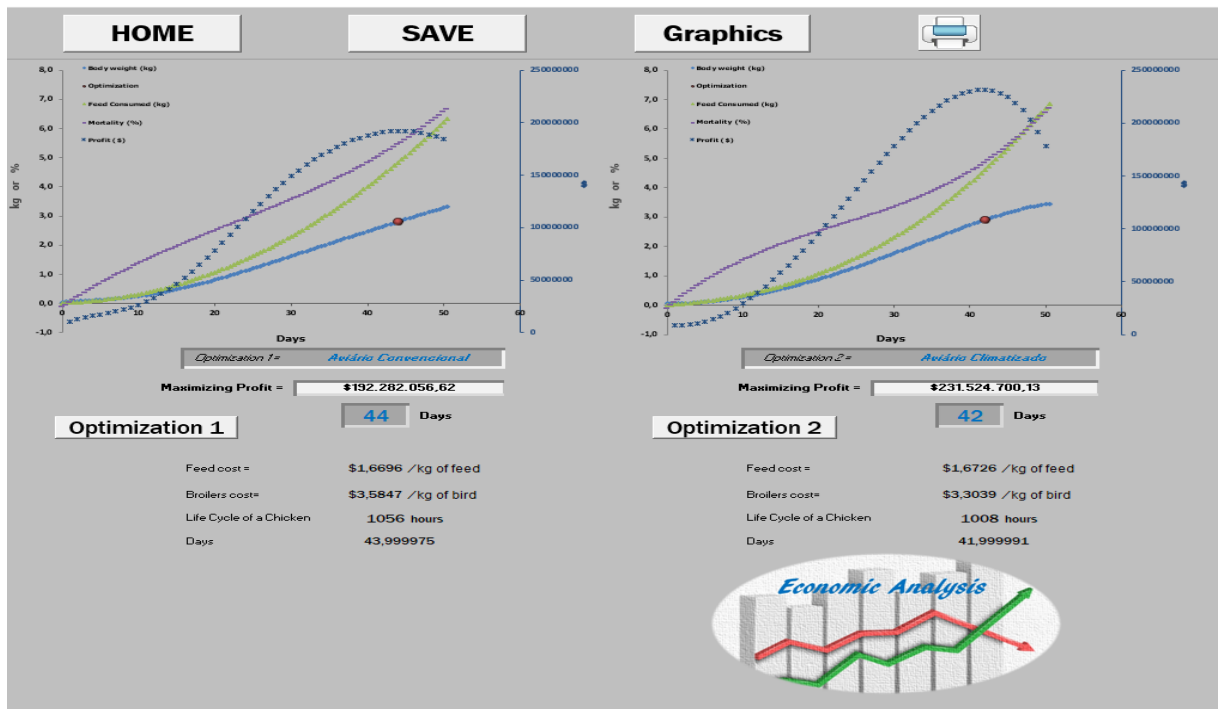
Fonte: Programa Pratico de Otimização (PPO)

Figura 26 - Simulação de desempenho econômico e produtividade em aviário climatizado utilizando o PPO: peso corporal, consumo de ração, mortalidade e lucro projetado



Fonte: Programa Pratico de Otimização (PPO)

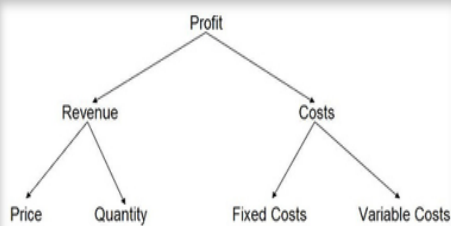
Figura 27 - Análise comparativa de desempenho zootécnico e econômico entre aviários convencional e climatizado.



Fonte: Programa Pratico de Otimização (PPO)

Figura 28 - Análise comparativa de desempenho econômico entre aviários convencional e climatizado com nivelamento de avaliações para dias iguais de abate

Aviário Convencional				Aviário Climatizado			
Day	Profit	Revenue	Cost	Day	Profit	Revenue	Cost
1	10727150	13098949	2371799	1	9094331	11155846	2061515
2	12867831	16478089	3610258	2	8855545	12761139	3905595
3	14618564	19859104	5240539	3	9292436	15322591	6030155
4	16101090	23363849	7262760	4	10378328	18821715	8443387
5	17442034	27119122	9677088	5	12086548	23240058	11153510
6	18768619	31252358	12483740	6	14390349	28559115	14168766
7	20203950	35886922	15682972	7	17262819	34760242	17497423
8	21950977	41137315	19186338	8	20766979	41824570	21057590
9	24031492	47104690	23073199	9	24793305	49732911	24939607
10	26529111	53873018	27343907	10	29314082	58465677	29151596
11	29507385	61506228	31998843	11	34301087	68002782	33701695
12	33008112	70046517	37038406	12	39725500	78323552	38598051
13	37050891	79513906	42463015	13	45557808	89406629	43848821
14	41633887	89906990	48273103	14	51767720	101229881	49462161
15	46735614	101204726	54469112	15	58324071	113770297	55446226
16	52317527	113369015	61051488	16	65194730	127003896	61809166
17	58327119	126347799	68020680	17	72346503	140905619	68559115
18	64701255	140078388	75377133	18	79745038	155449229	75704191
19	71369480	154490764	83121284	19	87354722	170607205	83252483
20	78257111	169510671	91253560	20	95138584	186350635	91212051
21	85287962	185062331	99774369	21	103058190	202649103	99590913
22	92868785	201070725	108201940	22	111550090	219470576	107920486
23	100465657	217463388	116997731	23	120119596	236781284	116661688
24	108009692	234171751	126162060	24	128723658	254545605	125821947
25	115436841	251132051	135695210	25	137317318	272725934	135408616
26	122688444	268285875	145597431	26	145853584	291282559	145428975
27	129711475	285580404	155868929	27	154283311	310173522	155890211
28	136458552	302968421	166509869	28	162555069	329354484	166799415
29	142887770	320408132	177520362	29	170615010	348778578	178163569
30	148962405	337862874	188900469	30	178406727	368396262	189989535
31	154650541	355300732	200650192	31	185871109	388155156	202284046
32	159924650	372694118	212769468	32	192946187	407999881	215053693
33	164761154	390019324	225258170	33	199566972	427871884	228304912
34	169139989	407256085	238116096	34	205665286	447709258	242043972
35	173044180	424387152	251342972	35	211169581	467446548	256276966
36	176914566	441397892	264483326	36	216497940	487014545	270516606
37	180296414	458275919	277979505	37	221095231	506340078	285244847
38	183179766	475010760	291830994	38	224878795	525345775	300466980
39	185563666	491593950	306037185	39	227761761	543949829	316188068
40	187419394	508016770	320597376	40	229652795	562065728	332412933
41	189401851	524274005	334872154	41	231172376	579601980	348429605
42	190875610	540359743	349484133	42	231524850	596461813	364936963
43	191836856	556269194	364432337	43	230604002	612542847	381938846
44	192282454	571998135	379715680	44	228297948	627736747	399438799
45	192209816	587542778	395332962	45	224488774	641928839	417440066
46	191616794	602899657	411282863	46	219052138	654997705	435945567
47	190501591	618065532	427563940	47	211856836	666814721	454957885
48	188862680	633037303	444174623	48	202764326	677243576	474479250
49	186698740	647811947	461113207	49	191628206	686139724	494511518
50	184008605	662386456	478377851	50	178293636	693349792	515056156



Fonte: Programa Prático de Otimização (PPO)

Tabela 44 - Composição dos custos operacionais (ICPFrango/Embrapa)

Item de Custo	Participação (%)	Descrição
Nutrição	73,76	Representa a maior parcela dos custos, incluindo todos os insumos alimentares.
Pintos de um dia	13,37	Custo inicial com os pintos de um dia no lote.
Mão de obra	3,78	Custos com trabalhadores envolvidos no manejo.
Transporte	2,97	Inclui o custo de logística de transporte de aves e insumos.
Depreciação	2,01	Depreciação de equipamentos e estruturas.
Custo de capital	1,64	Custos financeiros associados ao gerenciamento de capital na produção.
Energia elétrica e cama	1,46	Refere-se ao gasto com energia e cama para o alojamento.
Manutenção e Funrural	0,65	Custos com manutenção de equipamentos e taxas obrigatórias.
Diversos/Outros	0,18	Pequenos custos adicionais não categorizados.
Sanidade	0,18	Custo com vacinas e medicamentos preventivos.

Fonte: Embrapa

Tabela 45 - Custos ajustados das rações para otimização 1 (Convencional) e otimização 2 (Climatizado)

Tipo de Ração	Idade (dias)	Custo por tonelada (R\$)	Custo por tonelada (US\$)
Pré-Inicial	1 a 7	1781	307,21
Inicial	8 a 21	1737	299,67
Crescimento 1	22 a 35	1643	283,47
Crescimento 2	36 a 40	1588	273,95
Final	41 a 50	1520	262,23

Fonte: Elaborado pelo autor, banco de dados

Tabela 46 - Pesos médios por tipo de aviário

Climatizado		Convencional	
Idade (Dias)	Peso (Kg)	Idade (Dias)	Peso (Kg)
0	0,044	0	0,045
7	0,178	7	0,166
14	0,466	14	0,429
21	0,952	21	0,871
28	1,595	28	1,461
35	2,242	35	2,044
45,85	3,203	47,52	3,086

Fonte: Elaborado pelo autor, banco de dados

Tabela 47 - Consumo médios por tipo de aviário

Climatizado		Convencional	
Idade (Dias)	Consumo acumulado (Kg)	Idade (Dias)	Consumo acumulado (Kg)
0	0,000	0	0,0000
7	0,259	7	0,2569
14	0,456	14	0,4560
21	1,165	21	1,1504
28	2,207	28	2,1549
35	2,994	35	2,9940
45,85	5,584	47,52	5,6350

Fonte: Elaborado pelo autor, banco de dados

Tabela 48 - Mortalidade medias por tipo de aviário

Climatizado		Convencional	
Idade (Dias)	Mortalidade acumulada (%)	Idade (Dias)	Mortalidade acumulada (%)
0	0,000	0	0,000
7	0,909	7	0,764
14	1,869	14	1,615
21	2,834	21	2,949
28	3,233	28	3,453
35	3,752	35	3,999
42	4,617	42	4,906
45,85	5,767	47,52	6,233

Fonte: Elaborado pelo autor