

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

FERNANDO MACAGNAN

**PREDIÇÃO DO CONSUMO DE *PELLETS* NO AQUECIMENTO DE AVIÁRIOS DE
FRANGO DE CORTE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

**DOIS VIZINHOS
2021**

FERNANDO MACAGNAN

PREDIÇÃO DO CONSUMO DE *PELLETS* NO AQUECIMENTO DE AVIÁRIOS DE FRANGO DE CORTE

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Profa. Dra. Angélica Signor Mendes

**DOIS VIZINHOS
2021**



[4.0Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

FERNANDO MACAGNAN

PREDIÇÃO DO CONSUMO DE *PELLETS* NO AQUECIMENTO DE AVIÁRIOS DE FRANGO DE CORTE

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

02 de dezembro de 2021

Sabrina Endo Takahashi
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Diandra Masurana Jahn
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**DOIS VIZINHOS
2021**

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus por ter estado ao meu lado, me dando forças para que eu consiga lutar por meus sonhos.

Agradeço aos meus pais Everaldo Macagnan e Cleide da Rosa Macagnan por acreditarem e incentivarem toda minha trajetória, pelo suor de muito trabalho que tiveram para pagar minha faculdade e me sustentar enquanto eu me dediquei aos estudos.

As minhas irmãs Fernanda Macagnan e Sofia Macagnan que sempre estiveram do meu lado, me apoiando.

Aos meus amigos, em especial, Gabriel Ceccon, Giorgia Lucini e Eric Bernardino pela companhia durante a faculdade, trabalhos feitos juntos, pelos conselhos, risadas, encorajamento, e por todos os gestos de amizade.

Agradeço a todo corpo docente da UTFPR-DV que contribuíram para minha formação, me proporcionando um ensino de qualidade.

A minha orientadora Angélica Signor Mendes, pelo tempo e a paciência dedicada e por me fazer repensar algumas questões referentes ao projeto, suas valiosas instruções fizeram toda diferença. Agradeço por todo conhecimento passado e pela motivação.

RESUMO

O *pellets* de pinus é um importante produto consumido mundialmente, vem crescendo cada vez mais ao longo dos anos, pois é uma opção para geração de calor com alta eficiência e praticidade. Além disso, é uma forma de energia limpa e sustentável, muito importante para os dias atuais, onde a preservação do meio ambiente é de suma importância. Este trabalho visa determinar uma equação para prever o consumo de *pellets* em função de variáveis climáticas. Para tal, utilizou-se um banco de dados de um produtor de frangos de corte integrado à uma empresa do setor. Os dados foram coletados no período de 13 de novembro de 2019 a 21 de fevereiro de 2021. As variáveis que compõem o banco de dados são: consumo de energia elétrica e de *pellets*, temperatura ambiente (interna e externa) e umidade relativa do ar (interna e externa). Para atender os objetivos deste trabalho, foi feita uma correlação entre o consumo de *pellets* e as demais variáveis citadas, utilizando a análise de regressão linear múltipla. O *software* utilizado foi o Microsoft Excel. Foi observado que as variáveis temperatura interna mínima, temperatura interna máxima e temperatura média externa apresentaram efeito significativo, sendo estas utilizadas na equação, representando 58 % da variabilidade do consumo de *pellets*, tendo variação de cerca de 82,11 Kg dia⁻¹. São necessários maiores estudos para redução do erro e aumento da precisão na predição de consumo de pellets, levando em consideração demais variáveis.

Palavras-chave: avicultura; *pellets*; ambiência; conforto térmico.

ABSTRACT

Pinus pellets are an important product consumed worldwide and have been growing more and more over the years, as they are an option for generating heat with high efficiency and practicality. Furthermore, it is a form of clean and sustainable energy, very important for today, where the preservation of the environment is of paramount importance. This work aims to determine an equation to predict pellet consumption as a function of climatic variables. To do so, a database of a broiler producer integrated to a company in the sector was used. Data were collected from November 13, 2019 to February 21, 2021. The variables that make up the database are: consumption of electricity and *pellets*, ambient temperature (indoor and outdoor) and relative humidity (internal and external). To meet the objectives of this work, a correlation was made between the consumption of pellets and the other variables mentioned, using multiple linear regression analysis. The software used was Microsoft Excel. It was observed that the variables minimum internal temperature, maximum internal temperature and average external temperature had a significant effect, which were used in the equation, representing 58% of the variability of pellet consumption, with a variation of about 82.11 Kg day⁻¹. Further studies are needed to reduce error and increase accuracy in predicting pellet consumption, taking into account other variables.

Keywords: poultry farming; *pellets*; ambience; thermal comfort.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	OBJETIVOS.....	9
2.1	Objetivo geral.....	9
2.2	Objetivos específicos.....	9
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	9
3.1	Mercado avícola.....	9
3.1.1	<i>Pellets</i>	10
3.2	Particularidades do <i>pellets</i> de madeira de pinus.....	10
3.3	Ambiência dos aviários.....	11
3.4	Lenha ou <i>Pellet</i> ?.....	12
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1	Local e material experimental.....	14
4.2	Procedimentos.....	14
4.3	Delineamento experimental.....	15
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
6	CONCLUSÃO.....	20

1 INTRODUÇÃO

A carne de frango é um produto com destaque no cenário mundial. Segundo a ABPA (2020), em 2019, a produção de carne de frango no Brasil foi de 13.245 milhões de toneladas, e deste total, 32% foi destinado à exportação. Com isso, podemos ver então, a importância deste setor para nosso país.

O Brasil é o maior exportador e terceiro maior produtor de carne de frango no mundo, apenas o estado do Paraná é responsável por 39,13% das exportações de todo Brasil (ABPA, 2020).

Para o funcionamento de um aviário são necessários diversos equipamentos, ferramentas e mão de obra qualificada. Entre estes equipamentos está presente a máquina de aquecimento alimentada por *pellets*.

O pellet de madeira é o combustível utilizado pela máquina, sendo a matéria prima para sua fabricação a madeira do pinus, que é processado e tendo então, um poder calorífico elevado, além de ser prático, faz pouca sujeira e acima de tudo é sustentável.

A produção mundial de pellets tem aumentado significativamente nos últimos anos. Segundo a ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (2017), a produção era pequena próxima dos anos 2000, e foi superior a 28 milhões de toneladas em 2015, tornando-se uma commodity. Logo, é um ótimo material para ser objeto de estudo, já que está sendo muito utilizada e presente na região sudoeste do Paraná.

Esse tema é relevante nos dias atuais, visto que o uso da lenha in natura está, em algumas regiões e situações, em desuso. Em contrapartida, há um aumento da preferência pelo uso dos *pellets* como forma de aquecimento, pois o pellet é um material mais sustentável, faz menos fumaça, libera uma quantidade menor de cinzas e o principal fator é que pode ser controlado com mais eficácia o aquecimento.

O fato de apresentar um melhor controle sobre o aquecimento, se dá em função da máquina liberar silo apenas a quantidade necessária para queimar e ao atingir a temperatura desejada, a liberação da matéria prima para dentro da máquina e a consequente queima, diminui de velocidade.

Cabe ressaltar que a sustentabilidade do uso dos *pellets* deve-se a ser sub-produto do pinus, como a serragem e a maravalha, mas seu poder calorífico é muito maior que a lenha in natura.

Vale lembrar que a eficiência do aquecimento não se mede apenas pelo consumo de *pellets*, mas também, pelo desempenho dos lotes, que está associado ao adequado controle ambiental interno. Segundo Oliveira et al. (2006), o estresse causado pelo ambiente influencia diretamente os animais, na taxa de consumo de alimentos e, por consequência, seu ganho de peso. Fatores como a temperatura, umidade relativa, vento e radiação produzem variações internas nas aves.

Nos primeiros dias de vida os animais exigem altas temperaturas. De acordo com (FURLAN, 2006), os pintainhos aguentam até 37 C° sem prejuízos, porém a temperatura ideal é de 33 a 35 C°, dependendo da linhagem. Isso indica que a principal preocupação do produtor, na maioria das vezes, é como aquecer o aviário, pois no fim da terceira semana, a temperatura deve ser mantida a 24 C°.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar uma equação preditora do consumo de *pellets* pela máquina de aquecimento em aviários de frango de corte, em função de variáveis climáticas.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar as variáveis que causam maior efeito no aquecimento do aviário;
- Determinar equação que prediz a quantidade de *pellets* consumida por lote;
- Analisar se a eficiência da máquina de aquecimento está diretamente relacionada com as variáveis significativas coletadas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Mercado avícola

Segundo COELHO (2001), no Brasil da década de 70, o consumo per capita de frango era de 4,0 kg e, em 2000, se tornou 25,0 kg. Já no ano de 2019, o consumo subiu para 42,84 kg (ABPA, 2020). Isso mostra o aumento considerável do consumo, pois é uma carne rica em proteína, pouca gordura e baixo custo comparada com as demais fontes.

No Brasil, em 2019, existiam mais de 51 milhões de matrizes para frango de corte, um aumento de 3,0 % em relação ao ano de 2018 (EMBRAPA, 2020). Sendo o Brasil o país que mais exporta carne de frango no mundo, chegando a 4,2 milhões de toneladas em 2019 (ABPA, 2020).

A exportação de carne é um ótimo negócio para a economia nacional, pois ao invés de vendermos diretamente os cereais, é processado os grãos, feito a ração que alimentamos as aves, e posteriormente temos a carne. Vendemos os produtos geralmente em dólar, excelente para o Brasil que tem um clima de maioria tropical, favorável para a economia e o manejo, desde que se utilize adequadamente as tecnologias de controle ambiental, além de uma grande área para explorar.

3.1.1 *Pellets*

De acordo com Quéno (2019, p. 2),

“O pellet é um biocombustível granulado à base de biomassa vegetal moída e compactada em alta pressão. O calor gerado pela fricção na passagem pelos furos da matriz peletizadora provoca a transformação dos componentes lignocelulósico [...]”.

A biomassa neste caso é a madeira de pinus, que é transformada em maravalha e posteriormente prensada e se torna o *pellet*.

Este mercado está muito em alta nos últimos anos, levando em conta que estamos adotando medidas ambientalmente corretas, prezando por um meio ambiente ecologicamente sustentável, assim como está descrito na nossa na Constituição Federal de 1988, quando em seu artigo 225, caput, possui a seguinte redação:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988).

Portanto, os *pellets* vêm atendendo uma nova exigência de mercado, uma fonte limpa e sustentável, sendo que o pinus é uma madeira oriunda de plantios florestais. Em uma análise realizada por Pöyry (2021), apontou-se que, no mundo, foram produzidos 46 milhões de toneladas de *pellets*, algo muito significativo, visto que em 1990 a produção era insignificante.

3.2 Particularidades de *pellets* de madeira de pinus

Com base nas normas da ARAUPEL (ARAUPEL, 2021), empresa de grande referência paranaense, seus *pellets* possuem as seguintes características:

Diâmetro: 6mm;

Umidade: menor que 10%;

Poder calorífico: acima de 4.600kcal/kg;

Cinzas: menor que 0.7%;

Finos: menor que 1%;

Densidade: maior que 600kg/m³.

O poder calorífico (PCI) e umidade dos produtos de madeira pode ser observado no quadro 1.

Quadro 1 - Comparação do poder calorífico inferior de produtos de madeira

Produto	PCI (Kcal/kg)	Umidade (%)
<i>Pellet</i>	4600	7
Briquete	4500	5 a 12
Cavaco	2100 a 2400	35 a 45
Serragem	2100 a 2400	35 a 45
Lenha	2500 a 3000	16 a 30

. Fonte: Paulo Gomes de Aviz, 2016.

Com isso pode-se ver a grande vantagem do uso do *pellet*: maior poder calorífico que outros materiais de origem florestal, além de ser compacto e não fazer sujeira, atraindo roedores e insetos, no caso da lenha, que é o combustível mais usado neste setor. Há vantagem também no quesito mão de obra, pois se comparado com a lenha é necessário extrair da floresta, deixar secar por pelo menos 90 dias e possuir um amplo espaço para armazenagem.

3.3 Ambiência dos aviários

A Figura 1 abaixo, apresenta a programação do controle da ambiência, que é aplicado nos aviários, visando maior rentabilidade no desenvolvimento das aves. Percebe-se que leva-se em conta os principais manejos de acordo com a idade, sendo eles a temperatura, ventilação e iluminação.

[...] o comportamento alimentar tem importante interação com a temperatura ambiente, pois pintos quando em ambiente de baixa temperatura apresentam respostas comportamentais, tais como agregação, objetivando reduzir a perda de calor para o meio e manter a homeostase térmica. Assim, quanto menor a temperatura ambiente maior será o tempo que os animais permanecerão agregados e, com isto, reduzem o número de idas ao comedouro [...]. (FURLAN, 2006).

Figura 1 - Guia de manejo fornecido pela empresa integradora.

CONCEITOS DE REGULAGEM PARA CONTROLADOR DE AMBIÊNCIA
ADILSON REFFAETI - AGOSTO - 2015

MENU - AJUSTES				
TEMPERATURA		AQUECIMENTO		
Idade	Desejada	Liga	Desliga	
0	35,0	34,5	35,0	
1	34,0	33,5	34,0	
2	33,0	32,5	33,0	
3	32,0	31,5	32,0	
4	31,0	30,5	30,8	
5	30,0	29,5	29,8	
6	29,0	28,0	28,5	
8	28,0	27,0	27,5	
11	27,0	26,0	26,5	
15	26,0	25,0	25,5	
19	25,0	23,5	24,0	
21	24,0	22,5	23,0	
23	23,0	21,5	22,0	
25	22,0	20,0	21,0	
29	21,0	19,0	20,0	

MENU - AJUSTES - VENTILAÇÃO MINIMA			
IDADE		ALTA 3/4	
Verão	Inverno	Ligado	Desligado
0 dia	0 dia	85	95
4 dia	6 dia	105	75
7 dia	9 dia	125	55
10 dia	12 dia	155	25
12 dia	16 dia	170	10
14 dia	20 dia	180	0

PARA ALTAS Umidades e Produção de Gas

MENU - AJUSTES - ADEQUADA 3/5			
IDADE		ADEQUADA 3/5	
Verão	Inverno	Ligado	Desligado
0 dia	0 dia	65	115
4 dia	6 dia	85	95
7 dia	9 dia	105	75
10 dia	12 dia	135	45
12 dia	16 dia	150	30
14 dia	20 dia	170	10

MENU - AJUSTES - TIMER					
IDADE	BRILHO	LUX	RAMPA	LIGA	DESLIGA
0	99%	40	0 min	00:00	23:59
1	99%	40	2 min	21:00	20:00
7	70%	30	5 min	21:30	20:00
10	65%	25	5 min	22:30	20:00
12	55%	20	8 min	23:30	20:00
14	50%	15	10 min	00:00	20:00
16	45%	13	8 min	23:30	20:00
21	40%	10	5 min	22:30	20:00
25	30%	5	5 min	22:00	20:00
26	20%	1	5 min	21:00	20:00

MENU - AJUSTES - BAIXA			
IDADE		BAIXA	
Verão	Inverno	Ligado	Desligado
0 dia	0 dia	45	195
4 dia	6 dia	85	155
7 dia	9 dia	105	135
10 dia	12 dia	135	105
12 dia	16 dia	150	90
14 dia	20 dia	170	70

Para temperaturas EXTREMAS (-)
OBS: A VENTILAÇÃO MINIMA deve ser adequada OBSERVANDO o % de umidade e nível de CO² (Aumentar ou Diminuir).

MENU - AJUSTES - VENTILAÇÃO					
IDADE	0 a 3	4 a 6	8 a 15	16 a 23	24 a 30
Dif. Liga	00,8	00,6	00,5	00,4	00,3
Dif. Desliga	00,3	00,3	00,3	00,3	00,3

MENU - AJUSTES - REFRIGERAÇÃO		
MODOS	TEMPERATURA	TEMPO
	LIGA	DESLI.
RF - 1		
RF - 2		

MENU - AJUSTES - UMIDADE - %		
MODOS	LIGA ABAIXO	DESLIGA ACIMA
RF-1		
RF-2		

MENU - AJUSTES		
INLET	TRANSIÇÃO	ENTRADA DE AR
PRESÃO TRABALHO	COM GRUPO	PRESÃO TRABALHO

A PRESÃO É RESPONSÁVEL PELA UNIFORMIDADE DA VELOCIDADE DE AR

Fonte: Fernando Macagnan

Resumindo, com temperaturas muito abaixo das desejadas, os pintainhos priorizam manter o calor, e por instinto se amontoam para tentar manter a temperatura corporal interna. Com isso não se alimentam, piorando a conversão alimentar e gerando perdas ao produtor.

3.4 Lenha ou *Pellet*?

Essas duas fontes de biomassa com alto poder calorífico são muito usadas no ramo avícola para se chegar na temperatura desejada. Porém, elas são bem diferentes.

Segundo Silva (2014), as lenhas de reflorestamento que são liberadas para venda são pinus e eucalipto, porém, o pinus apesar de ser mais barato é pouco procurado pelos avicultores por ter pouca qualidade na queima e aquecimento. Já o eucalipto é pouco procurado pelo preço elevado.

Consequentemente, Silva (2014) relata que os avicultores extraem ou adquirem árvores nativas para este fim, porém se trata de uma madeira ilegal e gera prejuízos ao nosso ecossistema.

Em conversa com o senhor Everaldo Macagnan¹, proprietário de 16 aviários de frango de corte, ele explanou que prefere o *pellet*, pois não há falta da matéria prima, exige local para depósito menor, faz menos sujeira e cinzas na hora da queima e, principalmente, utiliza uma demanda de mão de obra menor. Diz ele que necessitaria de um funcionário a mais cada núcleo de quatro aviários se o aquecimento fosse a lenha.

¹ 1 - Informação fornecida por Everaldo Macagnan, em sua propriedade, em abril de 2021.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e material experimental

Foi utilizado um banco de dados coletado em propriedade integrada à empresa do setor avícola, localizada na zona rural de Dois Vizinhos/Paraná. Foi alvo da avaliação um aviário de 16 metros de largura por 150 metros de comprimento. Sua forração é de cortinas laminadas de polietileno, laminação dupla e plastificada, da cor branca. Telhado de Aluzinco. Esse aviário possui duas máquinas de aquecimento fabricadas especificamente para utilização de *pellets* com as seguintes definições: Dimensões do aquecedor; 2,60 m largura com silo; 1,85 m altura; 2,50 m comprimento (com porta fechada); 1 Foguista 1/3 CV; 1 Motoredutor 1/15 CV; 1 Motor de 3 CV ou 4 CV; Tipo de Instalação: externa; capacidade do silo de 400 kg. Os *pellets* são feitos da maravalha prensada de pinus de uma empresa localizada na região.

4.2 Procedimentos

Para a composição do banco de dados, foi monitorado e registrado o consumo de *pellets* das duas máquinas de aquecimento presentes no aviário. Também foram coletadas as temperaturas (máxima e mínima) e umidades relativa do ar (máxima e mínima) na área interna do aviário que foram captadas por três sensores, distribuídos no começo, meio e fim do aviário a aproximadamente 2,0 metros do chão que transmitem as informações para o painel de controle.

Outro dado coletado que tem grande relevância é o consumo de energia do aviário, além da umidade relativa do ar e temperatura média encontrada no dia, as duas variáveis foram coletadas da estação climática do município sendo testada sua correlação com as demais variáveis.

Os dados foram coletados no período de 13 de novembro de 2019 a 21 de fevereiro de 2021. Estas coletas de dados ocorreram durante dez lotes para haver uma maior precisão. Os lotes duram em média 28 dias alojados e 15 dias de intervalo.

4.3 Delineamento experimental

Inicialmente aplicou-se aos dados o Teste F de significância global, o qual permite inferir se o modelo é útil para prever a quantidade de *pellets* consumidos, com base nas demais variáveis utilizadas. Quando o valor-p do teste F for menor que 0,05, há evidências estatísticas de que pelo menos uma das variáveis está relacionada com o consumo de *pellets*. Dessa forma, sendo possível prosseguir para o teste de significância individual, e identificar as variáveis que podem contribuir para a previsão do consumo de *pellets*. A interpretação do teste de significância individual é igual ao teste de significância global, levando-se em consideração o valor-p.

Após identificar as variáveis significativas, procedeu-se a análise de regressão linear múltipla. A regressão linear múltipla permite o uso de várias variáveis para prever, no caso do presente estudo, o consumo de *pellets* por um determinado aviário. Ao utilizar mais de uma variável, espera-se a diminuição do erro de previsão.

O modelo de previsão adotado foi:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

Em que \hat{y} corresponde a quantidade prevista do consumo de *pellets* (kg dia⁻¹); b corresponde aos coeficientes do modelo de regressão; e x corresponde as variáveis utilizadas na previsão.

Também foi realizada a análise de correlação da variável “consumo de *pellets* (kg.dia⁻¹)” com as variáveis obtidas no ambiente interno (umidade relativa mínima, umidade relativa máxima, temperatura mínima, temperatura máxima) e no ambiente externo (umidade relativa média, temperatura média).

A interpretação do coeficiente de correlação se deu conforme apontado por Dancey; Reidy (2006), em que: $r = 0$ indica que não há correlação linear entre as variáveis; $r = 0,10$ até $0,30$ corresponde a uma correlação fraca; $r = 0,40$ até $0,60$ à correlação moderada; $r = 0,70$ até 1 , à correlação forte (para ambos os casos, negativa ou positiva).

Os dados foram tabulados e analisados utilizando o *software* Excel.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do teste F de significância global foi possível averiguar que o modelo é útil para prever o consumo de *pellets*, ou seja, há evidências estatísticas ($p < 0,05$) de que pelo menos uma das variáveis analisadas esteja relacionada com o consumo de *pellets* (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância sobre a análise de regressão das observações das variáveis consumo de *pellets*, umidade relativa mínima interna, umidade relativa máxima interna, temperatura mínima interna, temperatura máxima interna, umidade relativa média externa, temperatura média externa.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F de significação
Regressão	2523735,191	420622,5	0,00*
Resíduo	1817654,88	6609,654	
Total	4341390,071		

* $p < 0,05$: significativo ao nível de 95% de confiança.

Dessa forma, através do teste de significância individual, foi possível identificar quais das variáveis analisadas estão relacionadas ao consumo de *pellets*. Ao observar a Tabela 2, verifica-se que apenas as variáveis temperatura mínima interna (TC-I Mínima), temperatura máxima interna (TC-I Máxima), e temperatura média externa (TC-E Média) foram significativas ($p < 0,05$).

Tabela 2. Erro padrão e valor-p (teste de significância individual) das variáveis analisadas (umidade relativa mínima interna, umidade relativa máxima interna, temperatura mínima interna, temperatura máxima interna, umidade relativa média externa, temperatura média externa) e estatística de regressão das variáveis significativas (temperatura mínima interna, temperatura máxima interna, temperatura média externa).

Variáveis	Erro padrão	Valor-P
Interseção	85,99752717	0,23686
UR-I Mínima	0,532498411	0,27038
UR-I Máxima	0,591762429	0,21703
TC-I Máxima	3,436171446	0,00000
TC-I Mínima	3,066986108	0,00012
UR-E Média	0,479791696	0,59402
TC-E Média	1,618755064	0,00000
Estatística de Regressão		
R ²		58,13%
Erro padrão		82,11

Ainda na Tabela 3, ao observar o R^2 pode-se inferir que as variáveis significativas, juntas, explicam aproximadamente 58% da variabilidade do consumo de *pellets*. Apesar de apresentar boa correlação, o erro padrão pode ser considerado alto (82,11). O erro padrão é uma medida de variação da média amostral em relação à média da população, portanto, ajuda a verificar nesse caso a confiabilidade da média amostral calculada. Dessa forma, podemos considerar que a média de *pellets* estimada por lote pode variar para mais ou para menos em 82,11 kg, utilizando o modelo de equação quando considerado as variáveis analisadas.

Após identificação das variáveis significativas procedeu-se novamente a análise de regressão apenas sobre essas variáveis, para obtenção dos coeficientes (Tabela 3) a serem utilizados no modelo para prever o consumo de *pellets*, os quais serão explicados na sequência.

Tabela 3. Coeficientes a serem utilizados no modelo de regressão para previsão do consumo de *pellets*.

Variáveis	Coefficiente
Interseção (b_0)	-279,6930286
TC-I Máxima (b_1)	18,27134871
TC-I Mínima (b_2)	13,52306646
TC-E Média (b_3)	-23,38155923

O coeficiente de interseção corresponde ao b_0 da equação, ou seja, quando a temperatura mínima interna (TC-I Mínima), temperatura máxima interna (TC-I Máxima), e temperatura média externa (TC-E Média) forem iguais a zero.

O coeficiente b_1 está relacionado a temperatura interna máxima, correspondendo ao aumento previsto a cada 1 °C, mantida as demais variáveis constantes.

O coeficiente b_2 está relacionado a temperatura interna mínima, correspondendo ao aumento previsto a cada 1 °C, mantida as demais variáveis constantes.

O coeficiente b_3 está relacionado a temperatura externa média, correspondendo a diminuição prevista a cada 1 °C, mantida as demais variáveis constantes.

O modelo de previsão então se dá:

$$\hat{y} = -279,6930286 + 18,27134871 \cdot x_1 + 13,52306646 \cdot x_2 - 23,38155923 \cdot x_3$$

Em que \hat{y} corresponde a quantidade prevista do consumo de pellets (kg dia⁻¹); x_1 corresponde a temperatura interna mínima; x_2 a temperatura interna máxima; e x_3 a temperatura externa média.

Dessa forma, seria possível demonstrar o exemplo a seguir, considerando a temperatura mínima interna (23 °C), temperatura máxima interna (30°C), e temperatura média externa (35 °C) que o consumo de *pellets* foi igual a zero.

$$\hat{y} = -279,6930286 + 18,27134871 \cdot 23 + 13,52306646 \cdot 30 - 23,38155923 \cdot 35$$

$$\hat{y} = -272.11$$

Apenas a correlação com a variável temperatura média externa foi classificada como moderada (-0,42) negativa, ou seja, conforme uma variável aumenta, a outra diminui. As correlações observadas do consumo de *pellets* com as demais variáveis analisadas, foram classificadas como fracas (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficientes de correlação do consumo de *pellets* com as variáveis umidade relativa mínima interna, umidade relativa máxima interna, temperatura mínima interna, temperatura máxima interna, umidade relativa média externa, temperatura média externa, CO2 mínimo interno, CO2 máximo interno e consumo de energia elétrica do aviário.

Variáveis	Coeficiente de correlação (r)
UR-I Mínima	-0.250429702
UR-I Máxima	-0.296353313
TC-I Máxima	0.325254934
TC-I Mínima	0.336592645
UR-E Média	-0.002260401
TC-E Média	-0.428963563
CO2-I Mínima	0.289429192
CO2-I Máxima	0.187960772
Consumo de Energia Elétrica	-0.024493111

Equações de predição insumos, consumo e demais fatores vindo sendo utilizadas em diversas variáveis do setor animal, favorecendo o planejamento e eficiência dos processos. Azevedo et. al. (2010) ao avaliarem equações sugeridas para determinação do consumo de massa seca por bovinos, sugeriram que novas equações seriam mais eficientes para este, incluindo a variável grupo genético,

separando as espécies mestiças e Nelore, já que, com utilização de equações para cada qual o erro da predição de consumo de massa seca diminui aumentando a eficiência da equação para o cálculo em condições tropicais.

Já Santos et. Al. (2021), através de um banco de dados sobre cabras e ovelhas, buscaram ajustar equações para predição da produção ruminal de proteína bruta microbiana (MCP) de pequenos ruminantes, os quais tiveram resultado de variáveis significativas para nutrientes digestíveis totais, matéria orgânica digestível e energia metabolizável, enquanto outras variáveis testadas, inclusive espécies não foram significativas, utilizando esses parâmetros para predição de MCP. Porém ao validar a equação não obtiveram resposta satisfatória, sendo sugeridos novos ajustes de equação e inclusão de novos parâmetros que possibilitam a predição.

Ao estudar estimativas de consumo voluntário por bovinos, Sousa e Moreira (2017) ressaltam que a predição de consumo é um processo longo de estudo e que é dificultado pelas inúmeras variáveis que influenciadoras, porém que com mais estudos pode-se chegar a equações eficientes.

6 CONCLUSÃO

Há evidências de que a temperatura máxima e mínima interna e média externa estejam relacionadas com o consumo de *pellets*, as quais explicam juntas 58% da variabilidade desse consumo.

É necessário inserir outras variáveis para melhorar a previsão do consumo de *pellets* e reduzir o erro padrão.

REFERÊNCIAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2020**. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf>. Acesso em: 03 de abril de 2021.

ARAUPEL. **Araupellet**. Disponível em: <https://www.araupele.com.br/produtos/biomassa/>. Acesso em 05 de abril de 2021.

AVIS, Paulo Gomes de. **Análise de Mercado de Pellets de Madeira no Brasil**. 2016. 41 f. Monografia apresentada pela Universidade Federal do Paraná para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira.

AZEVÊDO, J. A. G. et al. Predição de consumo de matéria seca por bovinos de corte em confinamento. In: **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR CORTE**. [s.l: s.n.]. p. 193.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 18 de abril de 2021.

COELHO, C. N., A Agricultura, os Acordos de Liberalização do Comércio e a ALCA. **Revista de Política Agrícola**. Brasília – DF. v 1. p. 53-68, out./dez., 2001.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed, 2006. 608p.

EMBRAPA. **Central de Inteligência de Aves e Suínos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 10 de abril de 2021.

FURLAN, R. L.; (2006). Influência da Temperatura na Produção de Frangos de Corte - **VII Simpósio Brasil Sul de Avicultura 04 a 06 de abril de 2006** – Chapecó, SC – Brasil.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Aspectos técnicos da produção de pellets de madeira 1488 Ci. Fl., Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1478-1489, jul./set. 2019 Statistics Division Forestry Production and Trade. Roma: FAO, [2019]. Disponível em: Acesso em: 04 de setembro de 2019.

OLIVEIRA, Gisele Andrade de. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa. Vol. 35. N° 4. Jul/ago 2006.

PÖYRY. Pöyry view point, Global market, players and trade to 2020. London: Pöyry, 2010. Disponível em: <<http://www.poyry.co.uk/sites/www.poyry.co.uk/files/110.pdf>>. Acesso em: 29 de março de 2021.

Quéno, L. R. M.; Souza, A. N.; Costa, A. F.; Vale. Aspectos técnicos da produção de pellets de madeira. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1478-1489, jul./set. 2019.

SANTOS, S. A. et al. Metabolizable Protein: 1. Predicting Equations to Estimate Microbial Crude Protein Synthesis in Small Ruminants. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, n. June, p. 1–9, 2021.

SILVA, Veridiane Camargo da. **Alternativas de Aquecimento de Aviários Frente à Problemática do Uso de Lenha como Fonte de Energia**. Dissertação de Mestrado em Geografia na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Francisco Beltrão – PR. 2014.

SOUSA, J. M. S.; MOREIRA, A. L. Modelos de predição e métodos de medição. **Nutritime Ltda**, v. 14, n. 02, 2017.