



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA (DEG)



VERÔNICA MARIA ARAÚJO MONTEIRO

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS NA
QUALIDADE DO PRODUTO FINAL EM UMA FÁBRICA DE
RAÇÕES**

Lavras – MG

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA (DEG)



VERÔNICA MARIA ARAÚJO MONTEIRO

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS NA
QUALIDADE DO PRODUTO FINAL EM UMA FÁBRICA DE RAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso de
Engenharia Química, para a obtenção do título
de Bacharel.

Profa. Dra. Iara Hernandez Rodriguez
Orientadora

Lavras – MG

2019

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus por ser essencial em minha vida, aos meus pais Lúcio e Jacqueline e às minhas irmãs Maria Lúcia e Débora que sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas, e que me ajudaram, de todas as formas para que esse momento se tornasse realidade

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus por minha vida, família e amigos. Minha gratidão pela universidade pelo ambiente enriquecedor e pela experiência que me fez crescer como pessoa.

Aos professores eu agradeço a orientação exemplar, o empenho e a confiança que ajudaram a tornar possível este sonho tão especial. Quero agradecer imensamente minha professora orientadora Iara, pelo apoio, empenho e paciência ao longo da elaboração do meu projeto final.

Aos meus pais e minha irmãs, que me ajudaram em todo o meu caminho e são minha base. Ao meu namorado pela compreensão nesta fase. Toda a minha gratidão a minha família, tios e primos.

A Rivelli Alimentos S/A e os colaboradores que disponibilizaram espaço, recursos e tempo para a realização do meu trabalho, em especial ao Ruan e Carlos por todos ensinamentos.

Aos meus amigos de estágio Thiago e Vanessa, por toda a ajuda e apoio durante este período tão importante da minha formação acadêmica. Aos meus amigos de Lavras que me proporcionaram uma família longe de casa. As minhas amigas Fernanda e Marina, pelo companheirismo e generosidade ao longo da Engenharia Química.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização da minha pesquisa.

RESUMO

As empresas de rações têm se preocupado cada vez mais em otimizar o processo de produção de ração animal. Assim, se faz necessário adequar a produção a fim de adicionar mais valor ao produto final, tanto em qualidade quanto em custo. O método mais comumente utilizado nas companhias de fabricação de ração é a peletização, um processo que consiste em moldar ingredientes farelados a um formato resistente e duradouro, o pélete. O pélete agrega valor em termos de nutrição e também de resistência ao transporte. O processo de peletização é um tratamento no qual se adiciona calor e umidade à ração.

O objetivo do trabalho foi analisar o efeito da variação de temperatura e da pressão de vapor sobre a qualidade do pélete produzido na fábrica de rações da Rivelli Alimentos S/A. A fim de avaliar parâmetros físicos que afetam a qualidade da ração, foram feitos testes, variando-se na primeira semana a temperatura de dois lotes de ração e mantendo-se os outros parâmetros físicos constantes, e já na segunda semana variando-se apenas a pressão de vapor destes lotes. Amostras de ração foram colhidas para realização de análises do índice de durabilidade do pélete (PDI), da porcentagem de finos e da umidade, constatando-se que a média da durabilidade do pélete é maior em rações sujeitas a temperaturas mais altas. Em relação à umidade da ração foi observado que, rações expostas a pressões de vapor mais baixas apresentam valores mais altos de umidade.

Palavras chave: peletização; índice de durabilidade do pélete (PDI), qualidade.

ABSTRACT

Feed companies are increasingly concerned with optimizing the animal feed production process. Thus, it is necessary to suit the production in order to add more value to the final product, both in quality and cost. The most common method in feed manufacturing companies is pelletizing, a process that consists of shaping bran ingredients into a durable and durable shape, the pellet. The pellet adds value in terms of nutrition as well as transport resistance. Pelleting is a heat treatment in which heat and moisture are added to the feed. The objective of this work was to analyze the effect of temperature and vapor pressure variation on the quality of the pellet produced at Rivelli Alimentos S / A feed mill.

In order to evaluate the influence of the physical parameters on the quality of the diet, tests were performed, varying the temperature of the diet in the first week and keeping the other physical parameters constant, and in the second week varying only the steam pressure.

Feed samples were collected for analysis of PDI, percentage of fines and moisture, showing that the average durability of the pellet (PDI) is higher in diets subjected to higher temperatures. Regarding feed moisture, it was observed that feeds exposed to lower vapor pressures had higher moisture values.

Keywords: pelleting; pellet durability index (PDI); quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de uma matriz de Peletizadora.....	17
Figura 2: Representação de funcionamento de rolo e matriz de uma Peletizadora.....	17
Figura 3: Diagrama T-v para a água.....	18
Figura 4: Esquema do caminho de produção da ração.....	20
Figura 5: Esquema do sistema de pesagem da Fábrica de Rações Rivelli Alimentos S/A.....	21
Figura 6: Esquema do sistema de mistura da Fábrica de Rações Rivelli Alimentos S/A.....	23
Figura 7: Esquema da etapa de peletização na Fábrica de Rações Rivelli Alimentos S/A.....	23
Figura 8: Esquema do sistema de expedição de ração na Fábrica de Rações Rivelli Alimentos S/A.....	24
Figura 9: Variáveis de resposta do sistema controlador.....	26
Figura 10: Válvula controladora da pressão de vapor do condicionador.....	26
Figura 11: Manômetro da válvula controladora de pressão de vapor.....	27
Figura 12: PDI em função da temperatura para 4 dias diferentes de testes e pressão constante de 1,0 bar. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.....	31
Figura 13: Dureza do pélete em função da temperatura para 4 dias diferentes de testes e pressão constante de 1,0 bar. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.....	32
Figura 14: Amperagem em função da temperatura para 4 dias diferentes de testes e pressão constante de 1,0 bar. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.....	32
Figura 15: Porcentagem de finos em função da temperatura para 4 dias diferentes de testes e pressão constante de 1,0 bar. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.....	33
Figura 16. Umidade em função da pressão de vapor para 4 dias diferentes de testes e pressão constante de 1,0 bar. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.....	34
Figura 17. PDI em função da pressão de vapor para 4 dias diferentes de testes e temperatura constante de 82°C. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.....	35
Figura 18. Dureza do pélete em função da pressão de vapor para 4 dias diferentes de testes e temperatura constante de 82°C. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.....	35
Figura 19. Amperagem em função da pressão de vapor para 4 dias diferentes de testes e temperatura constante de 82°C. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.....	36
Figura 20. Porcentagem de finos em função da pressão de vapor para 4 dias diferentes de testes e temperatura constante de 82°C. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.....	36

Figura 21. Umidade em função da pressão de vapor para 4 dias diferentes de testes e temperatura constante de 82°C. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.....37

LISTA DE TABELAS

Tabela A1. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Primeiro dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.....	43
Tabela A2. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Segundo dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.....	43
Tabela A3. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Terceiro dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.....	43
Tabela A4. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Quarto dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.....	44
Tabela A5. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 2 no Primeiro dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.....	44
Tabela A6. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 2 no Segundo dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.....	44
Tabela A7. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 2 no Terceiro dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.....	45
Tabela A8. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 2 no Quarto dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.....	45
Tabela A9. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Primeiro dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.....	45
Tabela A10. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Segundo dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.....	46
Tabela A11. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no terceiro dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.....	46
Tabela A12. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no quarto dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.....	46
Tabela A13. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 2 no primeiro dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.....	47
Tabela A14. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no segundo dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.....	47
Tabela A15. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no terceiro dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.....	47
Tabela A16. Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no quarto dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.....	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. OBJETIVOS.....	13
1.1.1. OBJETIVO GERAL.....	13
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. TRATAMENTO TÉRMICO.....	14
2.2. PELETIZAÇÃO.....	14
2.2.1. EFICIÊNCIA DA PELETIZAÇÃO.....	15
2.2.2. MATRIZ DA PELETIZADORA.....	15
2.3. CONDICIONAMENTO.....	17
2.3.1. O VAPOR USADO NO CONDICIONAMENTO.....	17
2.4. TESTES DE PDI.....	18
2.5. TESTES DE UMIDADE.....	19
2.6. PROCESSO DE PRODUÇÃO NA FÁBRICA DE RAÇÕES RIVELLI.....	19
2.6.1. PESAGEM.....	20
2.6.2. MOAGEM.....	21
2.6.3. MISTURA.....	21
2.6.4. PELETIZAÇÃO.....	22
2.6.5. TRANSPORTE PARA ARMAZENAGEM.....	23
2.6.6. EXPEDIÇÃO.....	24
3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	25
3.1. TESTE DE PDI E PORCENTAGEM DE FINO.....	28
3.2. TESTE DE UMIDADE.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1. EFEITO DA TEMPERATURA.....	30
4.1.1. DURABILIDADE DO PÉLETE (PDI).....	30
4.1.2. DUREZA DO PÉLETE, AMPERAGEM, PORCENTAGEM DE FINOS E UMIDADE.....	31
4.2. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR.....	34
4.2.1. DURABILIDADE DO PÉLETE(PDI).....	34
4.2.2. DUREZA DO PÉLETE, AMPERAGEM, PORCENTAGEM DE FINOS E UMIDADE.....	35
5. CONCLUSÕES.....	38

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
7. APÊNDICE A– TABELAS DE RESULTADOS.....	43

1-INTRODUÇÃO

O Brasil, segundo SINDIRAÇÕES (2019), é o quarto maior produtor de rações do mundo movimentando 1,8 % do PIB nacional, que corresponde a algo em torno de US\$ 9,3 Bilhões/ano, envolvendo toda a cadeia de produção animal, o que merece investimento e atenção de pesquisas. Além disso, é visto que cada vez mais as empresas do ramo estão buscando meios que otimizem a produção de rações diminuindo o custo e aumentando a qualidade do produto.

As rações atuais para animais de produção, tais como aves, suínos, bovinos, entre outros, não são apenas uma mistura de ingredientes necessários ao sustento do animal, mas também misturas preparadas com o objetivo de fornecer maior conversão de energia e ganho de peso e saúde aos animais. Após muitos estudos comprovando sua eficiência, as rações são fabricadas respeitando um processo em que são expostas a fatores físicos que modificam suas características químicas. Como ao aumentar a temperatura da mistura de ingredientes, ocorre a gelatinização do amido, aspecto considerável nutricionalmente na ração.

Essas exposições a fatores físicos são chamadas de tratamentos térmicos, nos quais ocorrem trocas térmicas que favorecem tanto a qualidade nutricional quanto o aspecto físico da ração. Existem três tipos de tratamento térmico conhecidos na fabricação de rações como: peletização, expansão e extrusão.

Como assunto deste trabalho será abordado apenas a peletização. A peletização é o tratamento térmico mais utilizado no processamento de rações e sobre o qual se têm mais informações em relação a custo/benefício para o processo. Segundo Maslovarić (2005), a peletização é um processo que envolve forçar e moldar o material a granel através de uma matriz com dimensões específicas de aberturas e espessuras, e assim conseguir tornar uma ração farelada em uma forma estruturada e resistente, o pélete.

Os benefícios de se realizar um tratamento térmico nas rações estão associados as melhorias nutricionais e ganho de peso do animal. Visando-se conseguir um tratamento térmico correto, deve-se transferir calor e umidade para a ração e, isto se consegue com o controle de propriedades termodinâmicas, tais como umidade, pressão de vapor, temperatura e tempo de condicionamento (Klein, 2009).

Como a peletização é um processo que agrega valor à ração, este é um tema que merece atenção da engenharia de processos. Infelizmente, a maioria das ações tomadas nas fábricas de ração para a melhoria da qualidade dos péletes também afeta o custo total do processo. Como

o tratamento térmico gera um custo alto para as empresas, o objetivo deve ser sempre visar o aproveitamento máximo dos recursos e otimização do processo, visando uma maior qualidade da ração com o menor custo de investimento.

Este trabalho se restringe a analisar a influência de dois parâmetros do processo na qualidade do pélete: a temperatura na saída do condicionador e a pressão de vapor do condicionador. Como parâmetros de resposta serão avaliados: o índice de durabilidade (PDI), a umidade e a dureza do pélete e a amperagem da peletizadora, ligados à energia gasta no processo e à qualidade do produto final.

1.1-OBJETIVOS

1.1.1-OBJETIVO GERAL

Como objetivo geral, pretende-se analisar a influência da temperatura e da pressão de vapor sobre a durabilidade do pélete, que é o principal indicador de qualidade de produção. O intuito do trabalho é indicar um valor de temperatura e pressão de vapor preferível para produção da ração visando uma maior qualidade do produto final e um processo mais eficiente.

1.1.2-OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar os valores de parâmetros tais como: dureza, amperagem, umidade e porcentagem de finos, obtidos quando a ração é submetida a diferentes valores de temperatura e pressão de vapor durante o seu processo de fabricação.

2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1-TRATAMENTO TÉRMICO

A eficácia de tratar termicamente uma ração farelada está relacionada com melhorias na digestibilidade de nutrientes, principalmente devido à gelatinização do amido. A qualidade dos péletes também influencia no ganho de peso e melhor conversão alimentar, sendo capaz de ocorrer diminuição dos benefícios da peletização se as aves são alimentadas com péletes com o valor do PDI abaixo de 40% (Cardeal et al., 2014).

O tratamento térmico ao qual a ração é sujeita não é o único fator responsável pela qualidade da ração, tanto nutricionalmente quanto fisicamente, a seleção de ingredientes, secagem, estocagem, entre outras etapas que também interferem no processo (Bellavar&Nones, 2000).

O principal objetivo de tratar termicamente rações é aumentar a sua eficiência alimentar através de alterações físico-químicas e redução de microrganismos. Pressão, temperatura e umidade são variáveis determinantes do processo e o resultado da combinação delas ainda é um assunto complexo de se estudar se tratando de uma fábrica de rações (Klein, 2009).

Para que sejam efetivos os efeitos do processamento de rações sobre o desempenho de frangos de corte, é importante que durante a fabricação seja elevada a qualidade de pélete e reduzida a ocorrência de finos. A melhoria na integridade de péletes que chegam aos comedouros dos frangos pode ser obtida alterando-se os parâmetros de fabricação, tais como granulometria e tipo de ingredientes, temperatura de fabricação, umidade no condicionador entre outros fatores. As perdas em todas as etapas de transporte de ração também são comprovadamente reduzidas em rações peletizada (Cardeal et al., 2014).

2.2-PELETIZAÇÃO

O processo de moldagem de materiais farelados é conhecido como peletização. A peletizadora de rações é um equipamento que transforma grandes quantidades de ração farelada em ração peletizada. O equipamento é composto por uma matriz e um rolo com furos onde a ração é compactada por rolos compressores através dos furos da matriz. Ao passar pelos furos da matriz é cortada por facas ajustáveis de acordo com o comprimento programado para os péletes e deixam o rolo a uma temperatura indicada entre 75 a 93°C (Maramatsu, 2013).

Os péletes, portanto, estando quentes e úmidos, devido   temperatura recebida durante o condicionamento e pela fric o do produto com os anéis da matriz, estão em estado frágil, e devem passar por um processo de resfriamento, utilizando um resfriador com correntes de ar, o que possibilita uma armazenagem e manuseio que não afete a qualidade do produto. O resfriador tem o objetivo de diminuir a temperatura para 2 a 8 C acima da temperatura ambiente e a umidade para 12 a 14%, o que faz evitar fraturas e aparecimento de fungos (Fahrenhol, 2012)

2.2.1-EFICIÊNCIA DA PELETIZA O

A eficiência de uma peletizadora   medida pela sua capacidade de produzir péletes com boa qualidade física e com a taxa ideal de potência para consumo de energia da prensa. Isso não significa que a prensa deva operar com a menor amperagem possível e nem na máxima potência, mas sim atingir a combina o mais econ mica dos dois fatores, mantendo ao mesmo tempo a qualidade do pélete. A eficiência da peletiza o   definida pela quantidade de energia (KWh) usada para produzir uma tonelada de péletes (KWh/T) (Payne et al., 1991).

As peletizadoras atuais são automatizadas, fabricadas com sistemas de escape de amperagem. Uma peletizadora não deve operar a altas temperaturas, temperaturas maiores que 90 C, ou com dureza do pélete muito elevada, pois, a matriz da peletizadora receberá muita carga forçando-a a produzir com maiores parâmetros do que foi construído o equipamento,   o dito forçar a matriz da peletizadora e isto pode diminuir a vida útil da matriz e dos rolos. Portanto, as peletizadoras automáticas industriais têm um sistema de interrup o da opera o caso as variáveis estejam muito acima ou abaixo dos padrões seguros de opera o (Fahrenholz, 2012).

2.2.2-MATRIZ DA PELETIZADORA

A forma o do pélete ocorre pela fric o entre o rolo e a matriz. Todas as outras atividades associadas   opera o, como condicionamento, resfriamento, entre outras, suportam ou aumentam a a o naquele ponto do sistema. Dependendo das características físicas das m terias-primas, uma pressão menor ou maior de trabalho feito pela prensa de péletes   usada na compressão. Caso uma mistura de ingredientes na ra o contenha uma quantidade alta de ingredientes fibrosos, a peletizadora gastar  uma grande quantidade de energia simplesmente comprimindo a mistura para a densidade do sedimento subsequente, a quantidade de energia  

denominada de dureza do pélete e é medida em KWh. A inclusão de extrato etéreo na mistura, que é a porção de lipídios nos ingredientes, interfere no processo de peletização, lubrificando o contato da ração com a parede dos furos da matriz, o que facilita a passagem da ração pela matriz. Porém altas quantidades de extrato etéreo diminui a compactação da ração dentro dos rolos da prensa prejudicando a durabilidade dos péletes (Farenholz, 2012; Schroeder, 2019).

O ponto em que a mistura atingiu a densidade proposta de pélete e começa a fluir através dos orifícios da matriz, existe uma faca que corta os péletes para controlar seu tamanho. O objetivo principal do rolo é forçar a mistura para aglutinar os ingredientes farelados. O espaço entre o rolo e a matriz determina quão grande a força de fricção deve ser. Além do diâmetro final do pélete, a matriz fornece também a sua resistência e qualidade. As matrizes em sua grande maioria são feitas de materiais metálicos e funcionam a altas temperaturas, como 90 a 100°C, sendo um bom condutor de calor (Cavalcanti, Walker & Behnke, Keith, 2005).

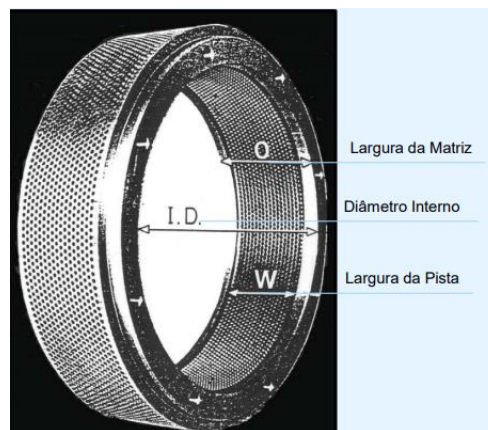


Figura 1. Exemplo de uma matriz de Peletizadora. (Soffioni, 2015).

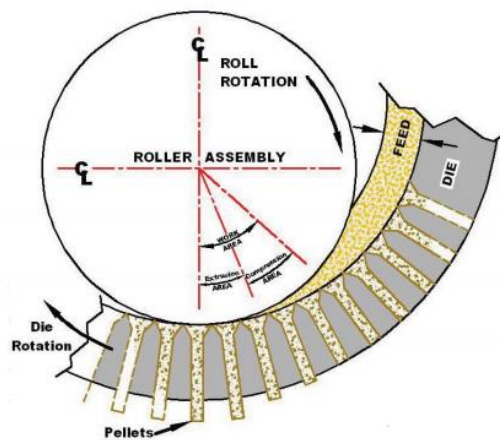


Figura 2. Representação de funcionamento de rolo e matriz de uma Peletizadora. (Soffioni, 2015).

2.3-CONDICIONAMENTO

O condicionamento é uma etapa do processo de peletização que aumenta a capacidade de produção, pois facilita, os processos de produção e, ao mesmo tempo, afeta a qualidade física, nutricional e higiênica dos alimentos produzidos (Sredanović e Lević, 2000, Vukmirović, 2010).

O vapor usado no condicionamento rompe as estruturas do amido, responsável pela gelatinização do amido, assim como a plastificação das proteínas necessárias para a formação de ligações entre as partículas e assim formar péletes duráveis. Os efeitos da temperatura de condicionamento foram estudados por ABDOLLAHI et al. (2011), e, neste estudo foi observado que o aumento de 75°C para 90°C gera uma melhoria na qualidade dos péletes. Segundo MORITZ et al. (2003), a adição de umidade em forma de vapor aumentou o PDI de 67,42% para 69,59% e 71,75% com os níveis crescentes de adição de umidade. O tempo de retenção nesta etapa pode aumentar em até 4,5 pontos percentuais, aumentando-se o tempo em curtos períodos, com 10 segundos a mais (Briggs et al., 1999; Massuqueto. A, 2014).

Segundo Payne et al. (1991), existem muitos tipos de condicionadores para indústrias. Neste trabalho foi estudado o tipo tambor horizontal, modelo que contém pás giratórias em alta velocidade que misturam vapor, melão e outros aditivos na ração. O tempo varia entre 10 e 60 segundos. No processo a ração após ser condicionada vai para a peletizadora. O vapor usado é proveniente de uma caldeira.

2.3.1-O VAPOR USADO NO CONDICIONAMENTO

Quando existe uma mistura de líquido e vapor em equilíbrio, a fase vapor é um vapor saturado e a fase líquida é um líquido saturado. Essa mistura conhecida na termodinâmica como região bifásica é apresentada no diagrama termodinâmico (Figura 3), onde é possível relacionar pressão, temperatura e volume específico de uma substância pura. Na indústria de processamento de alimentos, o vapor saturado é amplamente utilizado, pois a relação entre a pressão e a temperatura é fixa e é possível aquecer rapidamente através do seu calor latente (Moran et al., 2014; Smith et al., 2007).

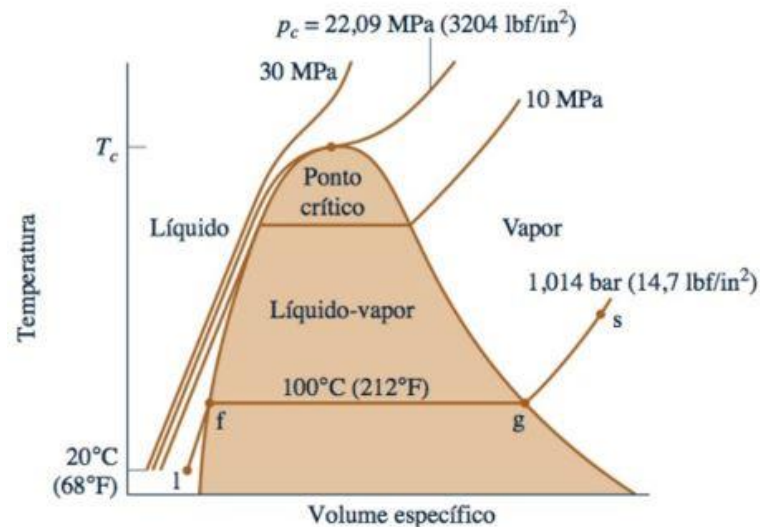


Figura 3. Diagrama T-v para a água. (Moran M. J. et. al, 2014)

O vapor utilizado na etapa de condicionamento é responsável pela adição de temperatura e umidade na ração. A temperatura afeta as reações químicas e bioquímicas que ocorrem na ração, sendo, um parâmetro de grande importância. Quanto maior a temperatura mais rápida será a reação de gelatinização do amido, porém temperaturas maiores que a faixa indicada podem desnaturar proteínas e minerais, afetando a qualidade nutricional da ração. Para fórmulas com alto teor de amido, isto é, compostas por mais de 50% de cereais, a faixa de temperatura indicada é entre 80°C a 90°C. A umidade na ração além de facilitar as reações físico-químicas é um fator determinante que regula e age sobre a passagem da ração no furo da matriz (Klein, 2009; Maramatsu, 2013).

2.4-TESTES DE PDI

AMERAH et al. (2007) descrevem que a qualidade do pélete é definida como a capacidade dele de suportar a movimentação e transporte, sem se desfazer e gerar alta porção de finos até chegar aos animais. Dois parâmetros físicos determinam a qualidade do pélete, o índice de durabilidade (PDI) e a dureza do pélete. Estes parâmetros são influenciados por vários fatores, como as características dos ingredientes, a formulação, o tamanho das partículas, temperatura de processamento e também outros fatores mecânicos e físicos ligados à linha de produção (LIMA, 2009).

As forças que afetam a qualidade dos péletes são caracterizadas como impacto, compressão e cisalhamento. Os péletes de ração são degradados por duas forças, compressão e força de atrito. Durabilidade do pélete, medido na instalação de processamento de ração, é uma

maneira de prever a qualidade (Thomas e Van der Poel, 1996; Pfof et al., 1962). Baseada nos estudos de Pfof et al., 1962 a norma ASAE, 1997 permitiu determinar o índice de durabilidade do pélete (PDI), definido como a porcentagem de péletes inteiros remanescentes após uma amostra peneirada ter sido submetida a um teste rotacional em um durabilímetro. (Fahrenhol, 2012).

Para simular o cisalhamento e abrasão durante o transporte na prática, o que induz finos na ração, é utilizado o teste de durabilidade. A durabilidade é determinada utilizando-se um equipamento que mede a força necessária para fragmentar o pélete. O teste de durabilidade é definido como a quantidade de finos que retornam dos péletes após serem tratados com agitação mecânica ou pneumática (Skoch et al., 1983; Stevens, 1987; Pfof, 1962).

2.5-TESTES DE UMIDADE

Segundo Schroeder (2018), para aperfeiçoar todo o processo de condicionamento, um equilíbrio entre calor e umidade deve ser encontrado. O vapor é o modo mais fácil de introduzir e controlar calor e umidade, por isso é um componente essencial no processo da peletização.

O teste de umidade corresponde em quantificar a perda em peso sofrida pela amostra quando aquecida em condições nas quais a água e outras substâncias voláteis são removidas.

$$Umidade = \left(\frac{m_A - m_B}{m_C} \right) \times 1000 \quad (2.1)$$

onde:

m_A é a massa do recipiente + amostra antes da secagem, em g

m_B é a massa do recipiente + amostra após a secagem, em g

m_C massa da amostra, em g

2.6-PROCESSO DE PRODUÇÃO NA FÁBRICA DE RAÇÕES RIVELLI

A Rivelli Alimentos filial é classificada como uma fábrica de rações capacitada para a fabricação, estocagem e distribuição de produtos prontos para alimentação animal, com destino as granjas de aves integradas ao sistema Rivelli Alimentos S/A. A empresa, com capacidade de produção de 15000 toneladas por mês, está situada às margens da BR 040 em Minas Gerais, no

município de Ressaquinha onde contribui desde o ano de 1996 com a geração de renda e empregos.

Na Figura 4, são representadas as etapas do processo de produção na fábrica de rações na fábrica da Rivelli Alimentos S/A. As etapas indicadas na figura foram enumeradas de acordo com as seções que serão apresentadas neste trabalho.

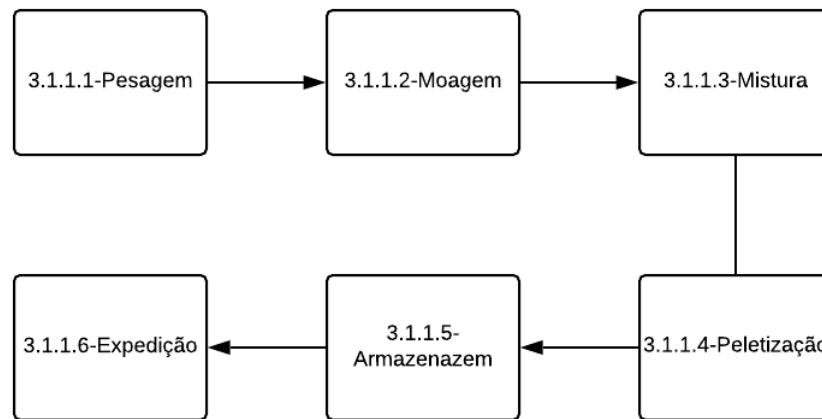


Figura 4. Esquema do caminho de produção da ração.

2.6.1-PESAGEM

O processo de produção inicia promovendo a dosagem dos micro-ingredientes da ração. Estes ingredientes são dosados automaticamente através de roscas, diretamente na "balança de macro", onde é realizada a pesagem conjunta das matérias-primas de acordo com a fórmula cadastrada no sistema.

Os ingredientes líquidos como metionina, lisina e óleo de vísceras, são pesados separadamente em uma balança específica. Feita a pesagem dos ingredientes líquidos, estes permanecem dentro das balanças, até o momento de serem incluídos no misturador principal.

Após a passagem total dos macro-ingredientes para o pré-misturador, a balança já inicia uma nova pesagem. Todo o processo é automatizado e controlado por uma sala de comando que conta com quatro computadores, utilizando os sistemas agrosys e gema. Na Figura 5 pode ser observado o sistema de pesagem da Fábrica de Rações.

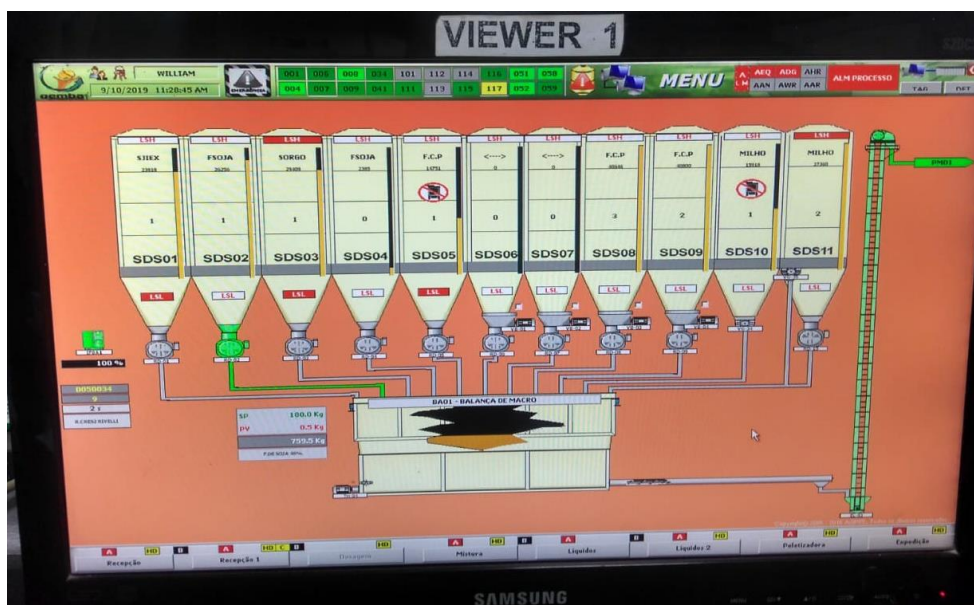


Figura 5. Esquema do sistema de pesagem da Fábrica de Rações Rivelli Alimentos S/A.

2.6.2-MOAGEM

Ao final da pesagem, a balança macro libera os ingredientes (batida) que são transportados por um elevador de canecos até o pré-misturador. À medida que a batida começa a ser misturada, uma eclusa, regula a passagem dos ingredientes para os moinhos, liberando-os conforme a capacidade de moagem.

Moinhos de Martelos, realizam a moagem conjunta dos ingredientes, isto é, a batida completa. O sistema controla o tempo de moagem, variando a velocidade da eclusa: para uma moagem mais grossa, a velocidade será maior e para uma moagem mais fina, a velocidade será menor. A moagem dos ingredientes tem um tempo de duração que varia de 4 minutos a 4 minutos e 30 segundos.

À medida em que a moagem vai sendo processada, a batida é acumulada em um compartimento de armazenagem, chamado pulmão do moinho. Somente após a saída da batida anterior do misturador, é que a gaveta do pulmão do moinho abre, liberando a batida atual para o misturador.

2.6.3-MISTURA

Ao se fechar a gaveta do pulmão dos moinhos, o premix que está no pulmão do Skip é liberado para o misturador de ração e inicia-se a contagem do processo de mistura. O Skip

consiste em uma caçamba com rolamentos, tendo a função de elevador, com capacidade para 5 ton/hora, estando na área próxima a uma balança, com capacidade para 500 kg para pesagem de outros ingredientes (sal, calcário calcítico e fosfato bicálcico). O premix é um composto que contém complexo vitamínico, complexo mineral, aminoácidos, entre outros aditivos nutricionais necessários ao crescimento animal.

O processo de mistura se divide em duas etapas. A primeira etapa é a chamada "mistura seca" que ocorre nos primeiros 45 segundos. Ao final desse tempo, inicia-se a inclusão dos ingredientes líquidos dosados anteriormente (metionina, lisina e óleo de vísceras ou degomado).

A segunda etapa é conhecida como "mistura molhada", que demanda um tempo de mais 45 segundos, começando a contar após a última balança de líquidos esvaziar-se. A metionina e a lisina são incluídas através de um sistema de aspersão por Bucks em "leque". Já o óleo de vísceras ou degomado têm a inclusão feita através de um duto com bicos aspersores. Considerando o tempo de dosagem dos ingredientes líquidos, todo este processo de mistura tem um tempo de duração de 180 segundos. Terminada a contagem dos 180 segundos de mistura, a válvula gaveta do misturador abre-se e a ração é enviada para um compartimento de armazenagem denominado como pulmão do misturador.

2.6.4-PELETIZAÇÃO

Na Figura 6, é possível visualizar as etapas do processo de mistura. As roscas transportadoras da linha de produção são nomeadas THs e numeradas. O sensor do pulmão do misturador aciona a rosca transportadora TH 06 (ponto 1) que conduz a ração até a rosca transportadora TH 07 (ponto 2). Essa rosca transporta até o elevador de canecos (ponto 3) que transporta a ração até o transportador de corrente Redley (ponto 4), para armazenagem nos silos de ração farelada da peletizadora.

A ração sai dos silos para os condicionadores por roscas dosadoras e passa por dois condicionadores recebendo vapor e calor. Já com a temperatura em torno de 80°C e 85°C, a ração passa pela prensa (matriz e sistema de três rolos) e cai no resfriador. O resfriador possui duas câmaras de resfriamento chamadas deck. O primeiro deck é controlado por sensores de nível alto/baixo, sendo o nível alto responsável pela descarga da ração para o pulmão da eclusa, e posteriormente é transportada para a armazenagem. Quando for ração inicial, o triturador é acionado, localizado após o segundo deck.



Figura 6. Esquema do sistema de mistura da Fábrica de Rações Rivelli Alimentos S/A.

2.6.5-TRANSPORTE E ARMAZENAGEM

Após a descarga no pulmão da eclusa a ração é transportada até o transportador de corrente Redley TC2 (ponto 5 da Figura 7) que alimenta o elevador de canecos EL-05 (ponto 6 da figura 7), que leva a ração até o transportador de corrente Redley TC3, para alimentação dos silos de expedição SEX01 e SEX02; ou até o transportador de corrente Redley TC4, que abastece os silos de expedição, representados na Figura 8 por SEX03 ao SEX08.

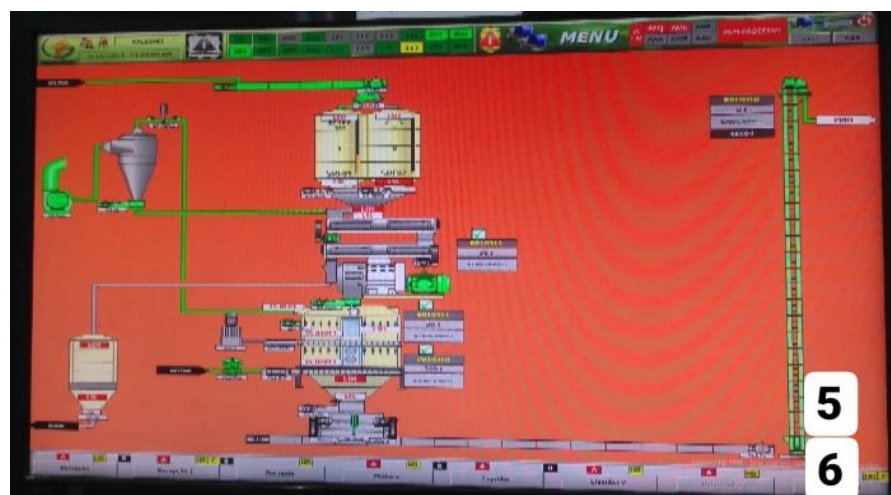


Figura 7. Esquema da etapa de peletização na Fábrica de Rações Rivelli Alimentos S/A.

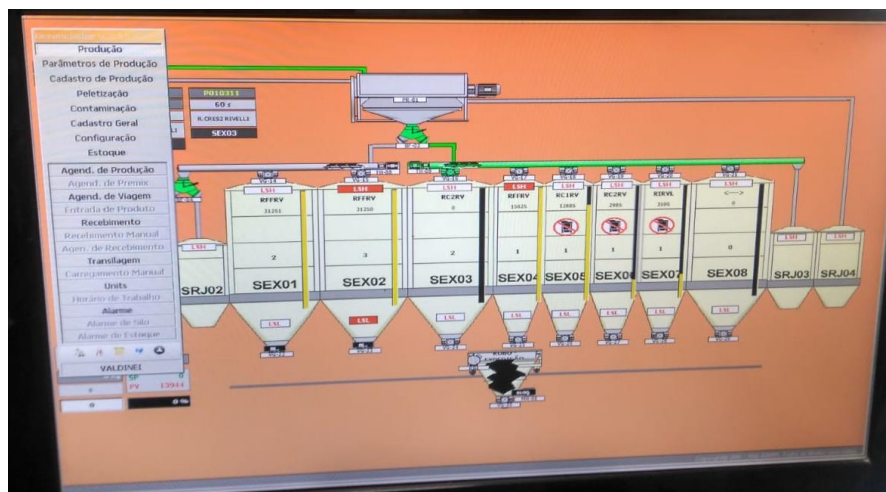


Figura 8. Esquema do sistema de expedição de ração na Fábrica de Rações Rivelli Alimentos S/A.

Os silos são cadastrados no sistema, cada um armazenando um tipo de ração. Cada silo possui uma válvula gaveta (VG), que mantém os silos fechados. De acordo com a ração produzida, o sistema abre apenas a válvula do silo indicado evitando a mistura de produtos.

2.6.6-EXPEDIÇÃO

O carregamento de ração é feito automaticamente, comandado pelo sistema AGPR5. As rações são programadas, pelo programador de ração, no sistema Agrosys, interligando com o setor de balança. O balanceiro programa qual a ração irá para o caminhão já especificado. O manobrista estaciona na área de carregamento, posicionando-se de acordo com as marcações no piso, digita a placa do caminhão em um painel localizado na área de carregamento para que o sistema acione o banco de dados e identifique qual ração carregar, a capacidade do graneleiro, capacidade de cada compartimento e, então, realiza o carregamento nas quantidades adequadas em cada compartimento.

Uma balança com caçamba, de capacidade de 4000 kg, chamada de “robô” se movimenta sobre trilhos até o silo da ração programada no sistema para carregar. Depois de carregada, o robô volta ao caminhão e descarrega no compartimento do graneleiro toda a carga pesada.

Terminado o processo, o caminhão se dirige novamente à balança rodoviária, que através dos sistemas interligados, captura o peso geral carregado pelo robô. O balanceiro emite o “ticket” juntamente com a nota fiscal e os lacres. Ainda na balança o caminhão é lacrado sob a supervisão do balanceiro, antes de ser liberado para fazer a entrega (Manual BPF Rivelli).

3-PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O presente trabalho foi executado na empresa Rivelli Alimentos S/A, situada na Região da Serra da Mantiqueira de Minas Gerais, Brasil. Os dados foram coletados no período compreendido entre Setembro e Outubro de 2019.

A coleta de dados e ambientação foi efetuada de forma direta e participativa, isto é, todas as etapas do processo industrial de fabricação de ração foram acompanhadas pelo discente junto com os técnicos e profissionais da fábrica. Os parâmetros do processo foram coletados através de um sistema de controle automático utilizando-se a plataforma Gemba.

Após um intervalo de estabilização das variáveis do processo de peletização, a coleta de dados se iniciou. Este tempo foi estabelecido conforme a capacidade de produção em ton/hora, pois, o pulmão do resfriador tem uma capacidade de armazenamento de 7000 kg. Para isso, foi calculada a quantidade de ração produzida por minuto e o tempo para se completar os 7000 kg de ração no resfriador da seguinte maneira, usando uma média de produção, segundo histórico da empresa, de $30000 \frac{kg}{h}$:

$$\frac{7000 \text{ kg}}{30000 \frac{kg}{h}} \times 60 \frac{\text{min}}{h} = 14 \text{ min} \quad (3.1)$$

Dessa maneira, foi estabelecido o tempo de estabilização de 14 minutos. Quando um novo valor de uma das variáveis controladas era inserido no controlador esperava-se quatorze minutos para que a amostra fosse recolhida e levada para análise.

O lado direito da Figura 9 apresenta a evolução do valor das propriedades físicas do processo em tempo real, fornecidos por sensores acoplado à linha de produção. As variáveis de processo são: a amperagem, descrita como Prensa A que é mostrada na cor vermelha, a variável apresentada pela cor amarela representa a velocidade de rotação do rolo (RPM), a variável em azul escuro representa a temperatura na saída do condicionador (Cond-temp), a variável na cor rosa mostra o valor da temperatura na prensa (CRT-temp), a variável em azul claro representa a abertura da válvula de passagem de ração farelada, em verde escuro está representada a dureza do pélete em KWh e por fim em laranja representa o valor da pressão de vapor. Já o lado esquerdo da figura, apresenta uma combinação dos gráficos das variáveis citadas acima em função do tempo (em minutos), onde a linha de grade do gráfico é dividida a cada 2 minutos. O gráfico apresenta inicialmente um regime de instabilidade da peletizadora, onde as linhas têm grandes variações e posteriormente um regime estável das propriedades em que as linhas são horizontais.



Figura 9. Variáveis de resposta do sistema controlador.

As variáveis controladas do processo são: a temperatura na saída do condicionador (Cond-tmp), representada na Figura 9 pela cor azul escuro e a pressão de vapor (Vapor-P), representada pela cor laranja. A temperatura na saída do condicionador é ajustada de forma online no controlador e a pressão de vapor é ajustada manualmente na válvula na linha de produção. Os valores da temperatura e pressão são medidos por sensores instalados na linha e os valores são aferidos são mostrados no controlador. A variável Max. RPM do alimentador, que é a velocidade de rotação do rolo da peletizadora, também é uma variável controlada e tentou-se mantê-la constante com o aumento ou diminuição da temperatura, a fim de evitar-se uma sobrecarga na peletizadora.

A regulação da pressão de vapor foi feita manualmente, usando-se uma chave de fenda. A válvula redutora de pressão de conexão rosqueada (ponto 1 na Figura 10), foi sendo regulada e o manômetro, apresentado na Figura 11, permitia realizar a leitura do valor da pressão.

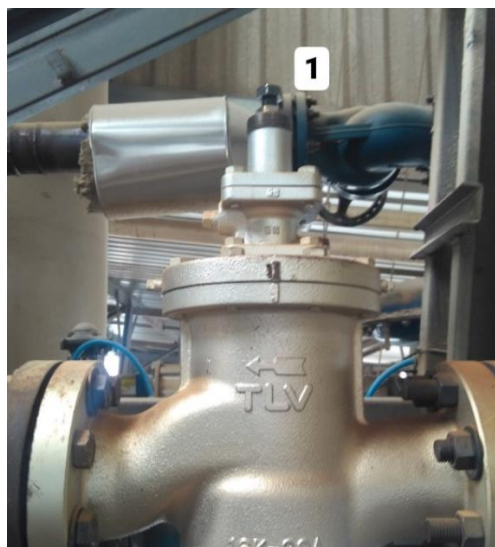


Figura 10. Válvula controladora da pressão de vapor do condicionador.



Figura 11. Manômetro da válvula controladora de pressão de vapor.

A unidade produz quatro tipos de fases de rações conforme a idade dos frangos que irão consumir o produto. A produção de rações da Rivelli é majoritariamente para o consumo dos frangos da própria empresa. No presente estudo, foram analisadas as fases “Crescimento 1” e “Crescimento 2”. A grande diferença na formulação entre as fases crescimento 1 e crescimento 2 consiste na quantidade adicionada de extrato etéreo. O extrato etéreo fornece aos frangos a porção de energia necessária para o crescimento. Frangos alimentados com ração crescimento 1 necessitam de menos energia e mais nutrientes, portanto, a ração crescimento 1 tem menos quantidade de extrato etéreo que a ração crescimento 2.

A cada semana, é feita na fábrica uma verificação nas fórmulas das fases produzidas na unidade. Por este motivo, as fórmulas dos quatro tipos de ração são alteradas a cada semana, sendo este um parâmetro controlado apenas pelo setor financeiro. Por este motivo, foram realizados os testes comparando-se as rações produzidas em uma mesma semana. Na primeira semana, foi realizado o teste de temperatura. Assim, rações das fases Crescimento 1 e Crescimento 2, foram fabricadas alterando-se o valor da temperatura, durante 4 dias. Na segunda semana, foi realizado o teste de pressão de vapor, então, durante 4 dias da mesma semana, as rações das fases Crescimento 1 e Crescimento 2 foram fabricadas variando-se a pressão de vapor.

Na primeira semana de testes, a variável de processo modificada foi a temperatura na saída do condicionador. A pressão de vapor foi mantida em 1,0 bar e a temperatura foi variada em um intervalo de 74 e 86°C, ou até que a peletizadora automática entrasse em sobrecarga. A temperatura padrão do processo é de 80°C.

Na segunda semana de testes, a pressão de vapor foi a variável de processo modificada. Neste caso, a temperatura na saída do condicionador foi mantida em 82°C e a pressão de vapor foi variada em um intervalo de 0,6 e 2,2 bar, ou até a sobrecarga da peletizadora.

Após a coleta das amostras de ração, foram realizados os testes de PDI (durabilidade do pélete) e porcentagem de finos (quantidade de ração que não foi peletizada). Testes de umidade foram realizados posteriormente. Coletadas em triplicatas durante intervalos preestabelecidos conforme a estrutura da fábrica as amostras foram armazenadas em sacos plásticos apropriados para essa finalidade, com capacidade para 1kg.

O intervalo de variação da temperatura e pressão de vapor foi proposto pelo responsável da unidade, dentro dos padrões de operação de segurança da empresa. Altas pressões de vapor podem ocasionar aumentos repentinos de temperatura, que podem gerar uma possível sobrecarga na peletizadora, que para seu bom funcionamento não deve operar em temperaturas fora dos padrões de segurança. Portanto, não foi possível alcançar toda a faixa de variação proposta da pressão de vapor. A pressão de vapor padrão na unidade é mantida em 1,0 bar.

A peletizadora tem um dump chute, que é um equipamento de segurança de emergência que de forma automática força seu desligamento quando esta atinge o valor de 550 amperes, a fim de evitar um possível superaquecimento. Como a temperatura é diretamente proporcional à amperagem, temperaturas mais altas que a faixa indicada forçam a peletizadora a aumentar a amperagem. Portanto, os testes com variação de temperatura foram realizados no intervalo proposto ou até que a peletizadora sofresse uma sobrecarga.

3.1-TESTES DE PDI E PORCENTAGEM DE FINOS

A durabilidade do pélete (PDI) é o indicador de qualidade de produção mais relevante na fábrica de rações. O teste foi realizado nas 3 amostras coletadas a cada intervalo e para todas as amostras. A avaliação do PDI foi feita coletando-se três amostras de 1 kg de ração resfriada na saída da peletizadora. As amostras eram pesadas e colocadas em um agitador de peneiras por dois minutos, em uma peneira com tamanho de abertura de 2,80 mm (Tyler 7). Ao final, a porção de péletes era pesada (produto retido na peneira). A porcentagem de finos foi calculada pela porcentagem da diferença em peso da amostra inicial e da amostra retida na peneira.

Da quantidade de péletes retidos na peneira, era coletada uma amostra de 500g, que posteriormente era colocada em um durabilímetro mecânico, com 50 rpm por um período de dez minutos, para realização do teste de durabilidade. Após um período de dez minutos, a

amostra era colocada novamente sob agitação como uso de um agitador magnético, na mesma peneira de 2,80 mm por dois minutos. Após dois minutos, a porção de péletes retidos na peneira era pesada. A durabilidade do pélete foi calculada pela porcentagem de péletes retidos em função de 500 gramas de produto, segundo a expressão:

$$PDI = \left(\frac{X_B}{X_A} \right) \times 100 \quad (3.2)$$

onde:

X_A é o peso dos péletes antes de passar no durabilímetro

X_B é o peso dos péletes depois de passar no durabilímetro

3.2-TESTE DE UMIDADE

A análise da umidade das rações foi realizada através de análise via úmida, usando-se cápsulas metálicas apropriadas. As cápsulas foram enumeradas e foi anotado seu peso a cada procedimento. Foram pesados 2 g de cada amostra e colocadas em estufa a 100°C por 75 minutos. Após os 75 minutos, as cápsulas foram retiradas da estufa e colocadas em um dessecador com sílica gel por 25 minutos, tempo em que as cápsulas chegaram à temperatura ambiente e pesou-se novamente cada cápsula. Em seguida, as cápsulas voltaram para a estufa por 15 minutos para chegarem a uma massa constante. Posteriormente, foram colocadas no dessecador por 25 minutos e pesadas novamente. O menor peso foi considerado na análise. A umidade foi calculada pela seguinte expressão:

$$Umidade \left(\frac{g}{kg} \right) = \left(\frac{m_A - m_B}{m_C} \right) \times 1000 \quad (2.1)$$

onde:

m_A é a massa do recipiente + amostra antes da secagem, em g

m_B é a massa do recipiente + amostra após a secagem, em g

m_C massa da amostra, em g

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os valores medidos do índice de durabilidade do pélete (PDI) em função da temperatura e em função da pressão de vapor nas duas fases de ração (Crescimento 1 e Crescimento 2). Também serão mostrados os resultados de outros parâmetros relevantes no processo tais como: a dureza do pélete, a amperagem da peletizadora, a porcentagem de finos contida na ração final e a umidade da ração peletizada.

4.1-EFEITO DA TEMPERATURA

4.1.1-DURABILIDADE DO PÉLETE (PDI)

Na figura 12 são apresentados os valores do índice de durabilidade do pélete (PDI) em função da temperatura realizados nos quatro de testes para as Fases de crescimento 1 e 2. A figura apresenta um valor médio e o desvio padrão do valor do PDI medido para 3 amostras coletadas para cada temperatura. É possível observar um aumento do PDI em função da temperatura para os 4 dias de teste sendo possível verificar que mesmo realizando-se os testes em dias diferentes e usando-se matérias-primas provenientes de fornecedores distintos, o PDI tende a aumentar com o aumento da temperatura. Esse aumento do PDI se reflete em uma durabilidade melhor dos péletes. Percebe-se que a Fase Crescimento 1 apresenta valores mais altos de PDI que a Fase Crescimento 2, indicando que a formulação da ração (composição) pode influenciar fortemente sobre a durabilidade do pélete, como a porcentagem de extrato etéreo na Fase Crescimento 2 é maior do que na Fase Crescimento 1 foi possível notar que este componente influencia de forma negativa na durabilidade do pélete. Para temperaturas superiores a 82°C é possível verificar um aumento da amperagem até a peletizadora entrar em sobrecarga, quando atinge 550 amperes. Para algumas condições de teste não foi possível atingir o tempo necessário de estabilização pois ao alcançar temperaturas mais elevadas de teste, a peletizadora desligava afim de evitar sobrecarga, desestabilizando os valores dos parâmetros e inviabilizando o teste.

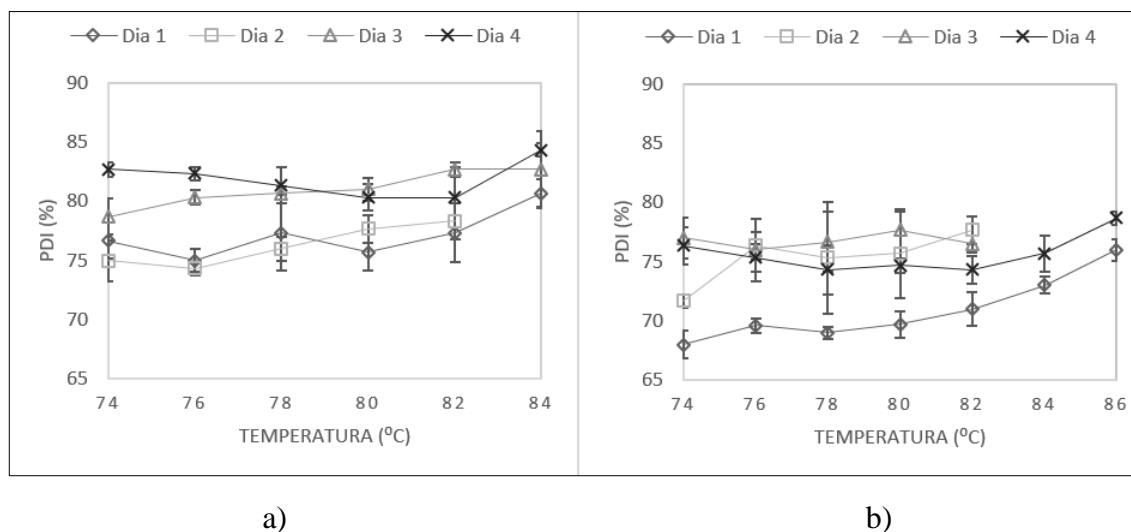


Figura 12. PDI em função da temperatura para 4 dias diferentes de testes e pressão constante de 1,0 bar. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.

A partir dos resultados de PDI em função da temperatura, foi proposto manter uma temperatura de 82°C para os testes com variação de pressão, valor abaixo do máximo atingido nos testes com variação de temperatura. Isto porque, apesar de altas temperaturas refletirem em um valor alto de PDI, quando a ração é exposta esta faixa de temperatura por um longo período de tempo, pode ocorrer a perda de nutrientes necessários ao crescimento animal, tais como proteínas e aminoácidos. A matriz da peletizadora da unidade pode chegar a 7°C acima da temperatura na saída do condicionador e a ração ao passar pela matriz pode receber calor proveniente da matriz por condução. Por este motivo a temperatura de 82°C é a temperatura de segurança, afim de evitar que a ração seja exposta a temperatura de 90°C ou acima desta, (valor citado na revisão bibliográfica como o máximo indicado). Considera-se que em 82°C ainda não há degradação significativa de proteínas, portanto será a temperatura considerada para os testes de pressão.

4.1.2- DUREZA DO PÉLETE, AMPERAGEM, PORCENTAGEM DE FINOS E UMIDADE

Na figura 13 é apresentado o valor da dureza do pélete em função da temperatura para os quatro dias de teste e para as duas fases de crescimento. Nos quatro dias de teste foi observado que a dureza do pélete apresenta de modo geral um padrão decrescente em função da temperatura. Isto significa que, a redução da temperatura não seria favorável ao processo em

termos de dureza do pélete, uma vez que uma dureza elevada se reflete em um aumento de carga da matriz da peletizadora.

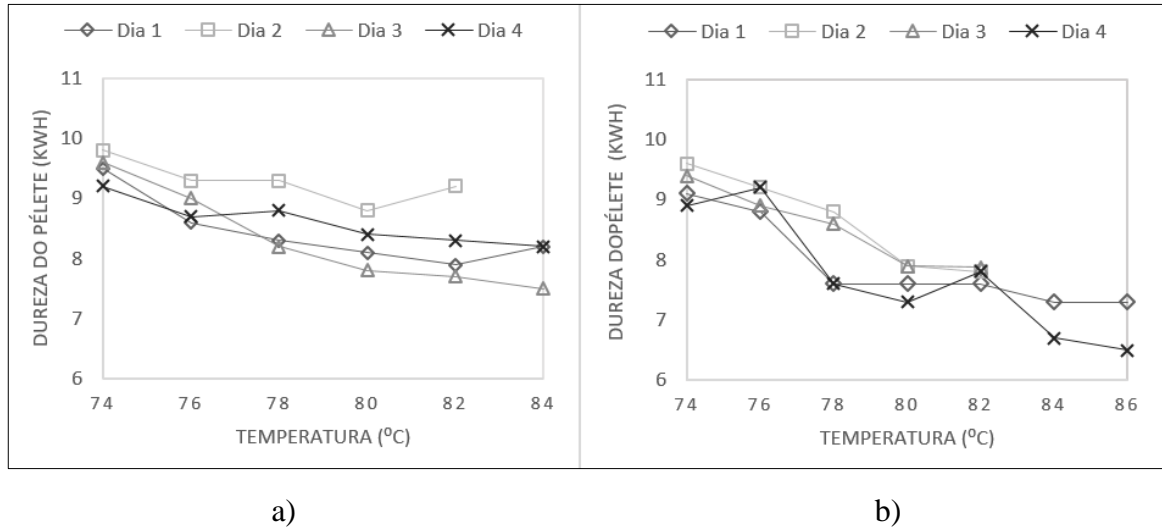


Figura 13. Dureza do pélete em função da temperatura para 4 dias diferentes de testes e pressão constante de 1,0 bar. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.

A amperagem da peletizadora está diretamente ligada ao gasto energético do processo e segurança de operação do equipamento. Se a peletizadora necessita de uma voltagem maior para operar, mais energia será gasta. É possível observar na Figura 14 que, na temperatura mais baixa de teste (74°C), a amperagem apresenta o valor mais alto e depois observa-se um padrão decrescente da amperagem com o aumento da temperatura, isto para as duas fases de razão.

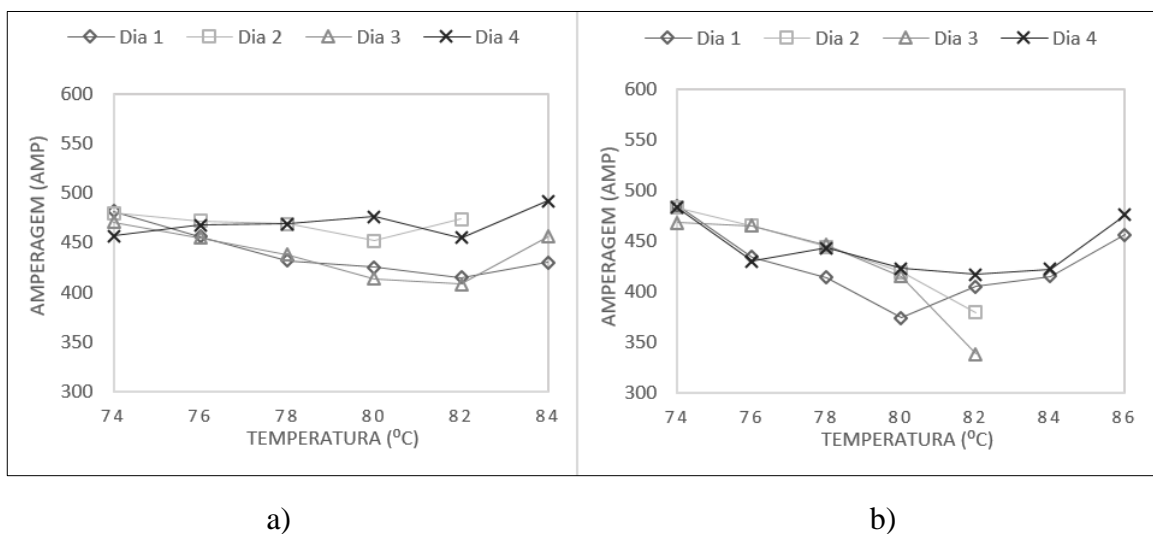


Figura 14. Amperagem em função da temperatura para 4 dias diferentes de testes e pressão constante de 1,0 bar. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.

A porcentagem de finos é um parâmetro de qualidade de produção que representa o quanto de ração farelada não foi peletizada, isto é, a quantidade de ração farelada que ao passar pela peletizadora não se associou aos péletes. A figura 15 apresenta o valor médio e o desvio padrão da porcentagem de finos medidos nos quatro dias de testes e nas duas fases de ração. Não foi possível verificar um único padrão que represente o comportamento da variação da porcentagem de finos em função da temperatura. A porcentagem de finos está ligada aos espaços vazios existentes entre o rolo e a matriz, e é vista como um parâmetro de erro intrínseco do projeto e produtividade. E como observada não tem influencia de variações nos parâmetro de operação.

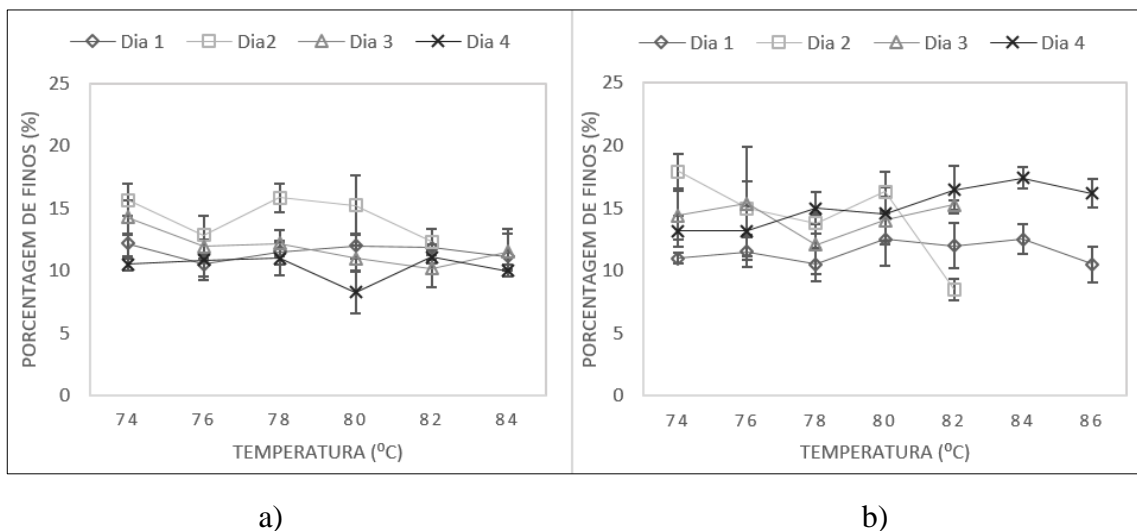


Figura 15. Porcentagem de finos em função da temperatura para 4 dias diferentes de testes e pressão constante de 1,0 bar. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.

Outro fator importante no processo é a umidade do pélete. Este parâmetro não apresentou um único padrão de comportamento com a variação de temperatura nos quatro dias de testes e nas duas fases de ração (Figura 16). Como o vapor usado no processo é uma mistura de líquido saturado e vapor saturado, ao aumentar a temperatura mantendo-se a pressão de vapor constante era esperado valores menores de umidade. Uma das possíveis explicações para este comportamento pode ser a curta faixa de variação de temperatura adotada nos testes.

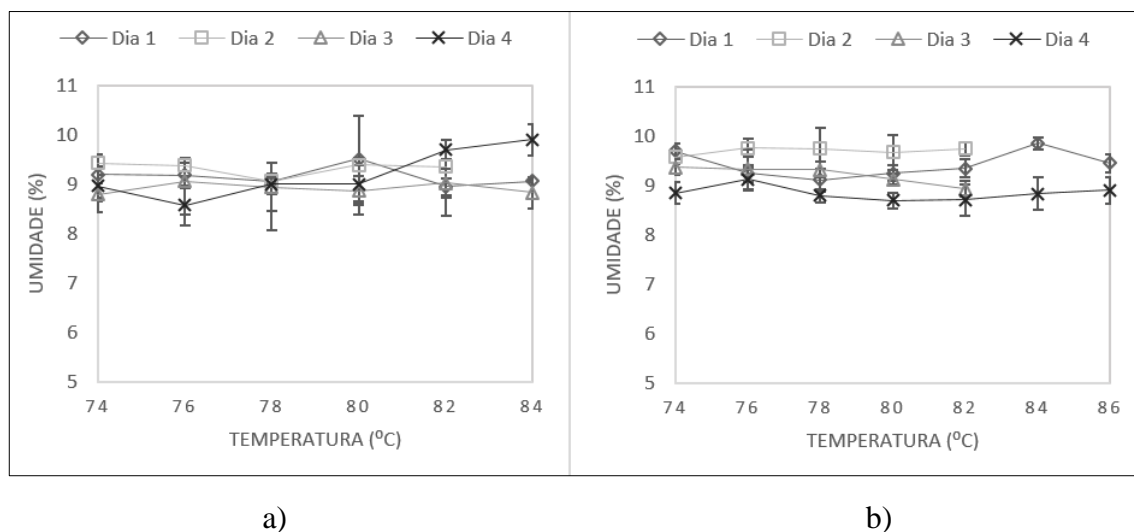


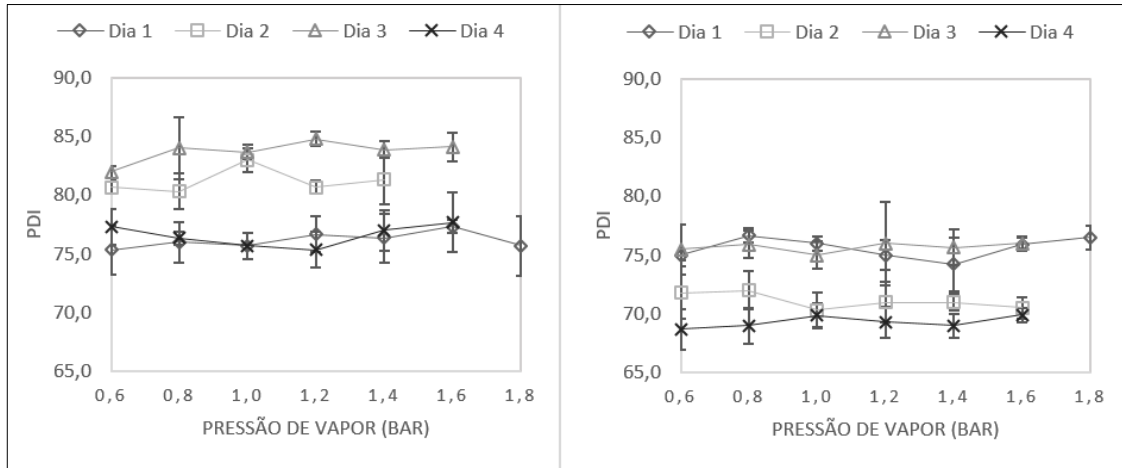
Figura 16. Umidade em função da temperatura para 4 dias diferentes de testes e pressão constante de 1,0 bar. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.

Portanto, a partir dos resultados anteriores pode se dizer que, o aumento da temperatura tem influência positiva nos parâmetros de processo da ração tais como: PDI, dureza do pélete e amperagem. Porém, este aumento de temperatura deve ser controlado, pois pode interferir nas características nutricionais da ração.

4.2-EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR

4.2.1-DURABILIDADE DO PÉLETE (PDI)

A figura 17 apresenta os valores de PDI medidos nos 4 dias de testes e nas duas fases de ração em função da pressão de vapor. É possível observar que, a pressão de vapor não afeta significativamente o índice de durabilidade do pélete. O valor do PDI se manteve praticamente constante para todos os valores de pressão. Embora o mesmo comportamento seja observado para todos os dias de teste e nas duas fases, o valor do PDI sofreu uma variação significativa comparando-se as duas fases. Podemos observar que a fase crescimento 1 apresenta valores de PDI maiores que a fase crescimento 2, esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que os ingredientes podem variar ao longo dos dias.



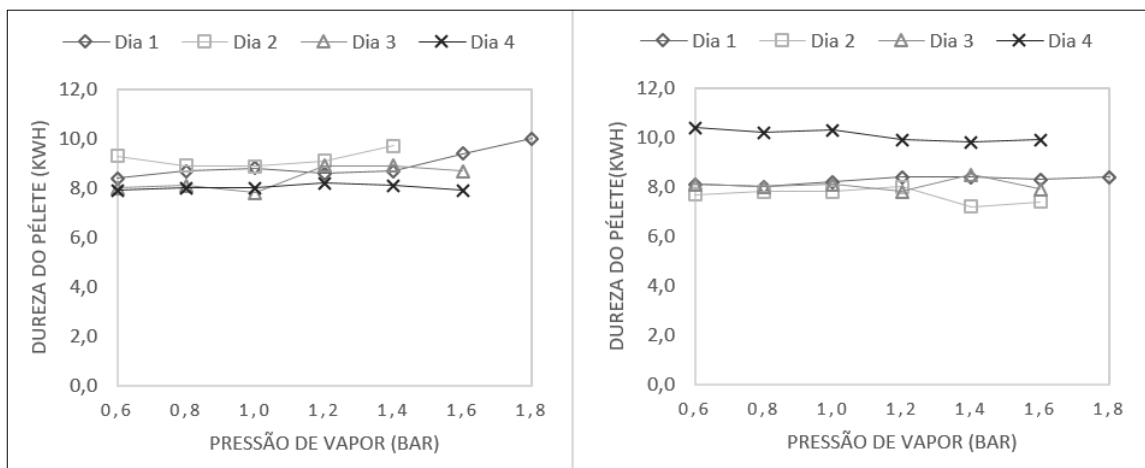
a)

b)

Figura 17. PDI em função da pressão de vapor para 4 dias diferentes de testes e temperatura constante de 82°C. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.

4.2.2-DUREZA DO PÉLETE, AMPERAGEM, PORCENTAGEM DE FINOS E UMIDADE

De acordo com os resultados apresentados nas Figuras 18 e 19, não foi possível verificar um padrão único de comportamento da dureza e da amperagem da peletizadora em função da pressão de vapor. Era esperado que a variação da pressão de vapor tivesse um efeito sobre o valor da amperagem pelas condições mais brandas de operação.



a)

b)

Figura 18. Dureza do pélete em função da pressão de vapor para 4 dias diferentes de testes e temperatura constante de 82°C. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.

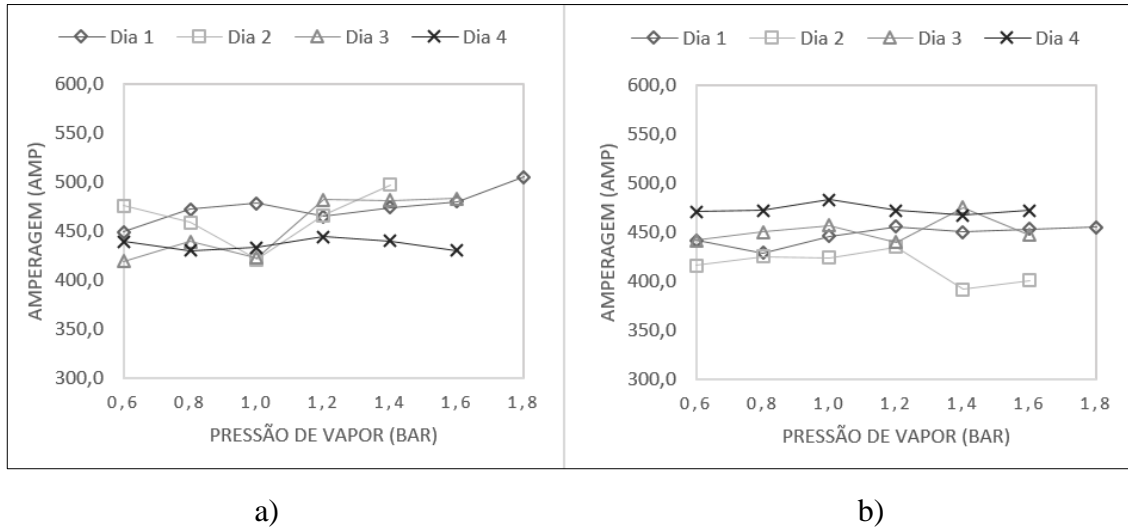


Figura 19. Amperagem em função da pressão de vapor para 4 dias diferentes de testes e temperatura constante de 82°C. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.

A Figura 20 apresenta o valor da porcentagem de finos em função da pressão de vapor. Na fase Crescimento 1 não há uma variação significativa no valor da porcentagem de finos conforme a pressão de vapor varia para os 4 dias de teste. Já na fase Crescimento 2, é possível observar uma variação na porcentagem de finos, no entanto, somente para alguns dias de testes, não podendo afirmar que este comportamento tem relação com a variação da pressão de vapor.

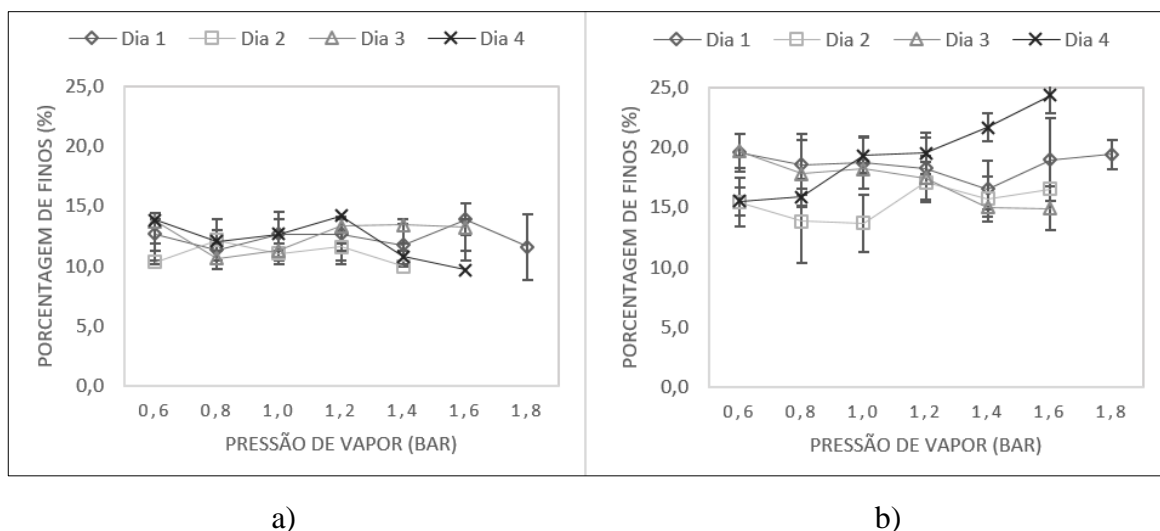


Figura 20. Porcentagem de finos em função da pressão de vapor para 4 dias diferentes de testes e temperatura constante de 82°C. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.

Os resultados da umidade em função da pressão de vapor são apresentados na Figura 21. De forma geral, observa-se o mesmo padrão de comportamento para as fases Crescimento

1 e 2 e para todo os dias de teste. Para valores de pressão de vapor mais baixos a umidade da ração apresentou valores mais altos. Como a média da umidade tem valores abaixo da faixa de umidade desejada, que é compreendida entre 12 e 14%, o fato de pressões menores adicionar umidade na ração é interessante para a produção local. Este comportamento era esperado, pois para valores de pressão mais baixos o vapor pode ser vapor úmido, isto é, vapor comum que contém umidade vinda de moléculas de água não-vaporizadas sendo distribuídas como vapor. Verifica-se que a pressão de vapor teve interferência nos valores da umidade da ração, pois a ração é sujeita a vapor saturado (mistura líquido-vapor). Assim, a mudança na pressão de vapor gera partículas de água não vaporizadas que são carregadas para dentro do vapor distribuído.

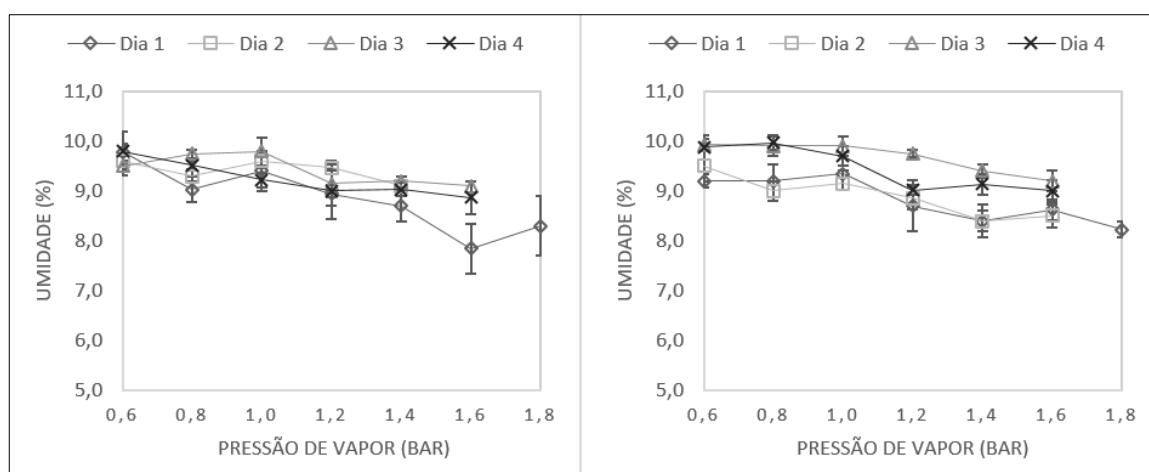


Figura 21. Umidade em função da pressão de vapor para 4 dias diferentes de testes e temperatura constante de 82°C. a) Fase Crescimento 1; b) Fase Crescimento 2.

Ao observar os resultados dos testes de pressão nota-se que as variáveis de resposta do processo não se mantêm padronizadas apenas mantendo-se parâmetros físicos semelhantes. Foram observados diferentes resultados para uma mesma temperatura/pressão em dias diferentes. Este comportamento poderia ser explicado pela diferença nos ingredientes utilizados, que têm uma grande relevância e influencia diretamente nos parâmetros de processo. Por exemplo, utilizar farelo de soja com características físicas mais resistentes, ditos “duros”, interfere diretamente na dureza do pélete, que é a resistência dos ingredientes. Neste caso, a amperagem também é influenciada e a produção se torna dependente deste parâmetro, porque deve ser lenta e calculada para não desarmar a peletizadora com frequência.

5-CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem observar um padrão de comportamento da dureza do pélete e da amperagem da peletizadora com a temperatura. Péletes expostos a temperaturas mais baixas apresentam valores mais altos de dureza e amperagem. A média da durabilidade do pélete (PDI) se mostra mais alta em rações sujeitas a temperaturas mais altas. Então, conclui-se através destes parâmetros que, não é vantajoso para a empresa operar a temperaturas muito baixas.

Conforme os resultados apresentam, temperaturas mais altas do que a adotada como padrão de produção da empresa (80°C), são favoráveis ao processo por influenciar positivamente nos parâmetros tais como: dureza, amperagem e PDI. Porém, é importante ressaltar que altas temperaturas (maiores que 82°C), podem degradar nutrientes, o que poderia ser inviável em termos de qualidade nutricional da ração.

Além disso, é possível observar um padrão de comportamento na umidade da ração, em função da pressão de vapor. Para pressões mais baixas, a umidade alcança valores mais altos. Entende-se por meio deste resultado que, a operação a pressões mais baixas poderia trazer benefícios para a unidade.

Ressalta-se também que, a qualidade da ração e suas propriedades físicas são fortemente dependentes da matéria-prima usada na fabricação.

Embora para a faixa de temperatura e pressão de vapor estudada não tenha sido possível estabelecer padrões claros de comportamento de alguns parâmetros do processo, o trabalho torna-se valioso no sentido de que foram adquiridos novos conhecimentos sobre o processo de peletização e sobre o funcionamento da unidade de produção.

6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdollahi, M. R. (2011). Influence of feed processing on the performance, nutriente utilization and gut development of poultry and feed quality (Tese de doutorado). Massey University, Palmerston North, New Zealand. Recuperado de https://mro.massey.ac.nz/xmlui/bitstream/handle/10179/2990/02_whole.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Amerah, A. M.; Ravindran, V.; Lentle, R. G.; Thomas, D. G. Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. Poultry Science, Champaign, v. 86, n. 12, p. 2615-2623, 2007. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18029808>

Bellaver, Cláudio & Nones, Kátia (2000, abril). A importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. IV Simpósio Goiano de Avicultura, Goiânia, GO, Brasil, Recuperado de http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_arquivos/palestras_t8l15r4z.pdf

Briggs, J.L.; Maier, D.E.; Watkins, B.A.; Behnke, K.C. Effect of ingredients and processing parameters on pellet quality. Poultry Science, v.78, p.1464-1471, 1999.

Cardeal, P.C., Rocha, J.S.R., Ferreira, H.C., Santos, C.H., Pompeu, M.A., Cunha, C.E., Baião, N.C., Lara, L.J.C.. (2014). Efeito do transporte de péletes sobre sua qualidade: Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.66, n.5, p.1618-1622, 2014. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v66n5/0102-0935-abmvz-66-05-01618.pdf>

Cavalcanti, Walker & Behnke, Keith. (2005). Effect of Composition of Feed Model Systems on Pellet Quality: A Mixture Experimental Approach. II. Cereal Chemistry - CEREAL CHEM. 82. 455-461. 10.1094/CC-82-0455. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/43d9/1d59f6cda3cf69aa6f12e61ac1c33b832ec7.pdf>.

Compêndio brasileiro de nutrição animal. Método nº 27. Sindirações; p.132.

Fahrenheit A. C. (2012). Evaluating factors affecting pellet durability and energy consumption in a pilot feed mill and comparing methods for evaluating pellet durability (Tese de doutorado). Department of Grain Science and Industry College of Agriculture - Kansas State University, Manhattan, Kansas, United States. Recuperado de <https://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/13633/AdamFahrenheit2012.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

Grenier, J. H., Pomeroy, B., & Stern, M. (2015). The effects of accounting standard precision, auditor task expertise, and judgment frameworks on audit firm litigation exposure. *Contemporary Accounting Research*, 32(1), 336-357. Recuperado de <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=36cc60da-dd97-4656-bc7f-1822c0e53422%40sessionmgr120&vid=0&hid=115>. doi:10.1111/1911-3846.12092.

Klein, A. A. Peletização de Rações: Aspectos Técnicos, Custos e Benefícios e Inovações Tecnológicas. In: 21º Congresso Brasileiro de Avicultura e 27ª Conferência FACTA, 2009, Porto Alegre - RS. Peletização de Rações: Aspectos Técnicos, Custos e Benefícios e Inovações Tecnológicas, 2009. p. 173-193. Recuperado de <https://home.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais2012/ccs/peletizacao%20de%20racoes%20na%20nutricao%20de%20aves.pdf>.

Lima, M. F., Couto, H. P., Corte Real, G. S. C. P., Soares, R. T. R. N., Gomes, A. V. C., Curvello, F.A. Valores energéticos de rações expandidas em diferentes temperaturas para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352016000300725.

Manual BPF da Fábrica de Rações Rivelli Alimentos S.A. Elaborado por Dep. Técnico e Aprovado por Carlos Rivelli em 2018.

Maslovarić, Marijana D., Vukmirović, Đuro M., Čolović, Radmilo R., Spasevski, Nedeljka J., Jovanović, Rade D., Tolimir, Nataša V. (2015). Pelleting properties and pellet quality of apple pomace. *Food and Feed Research*. 42. 147-154. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/289494804_Pelleting_properties_and_pellet_quality_of_apple_pomace. doi:10.5937/FFR1502147M.

Massuquetto, Andréia (2014). Avaliação da forma física da dieta e do tempo de condicionamento no processo de peletização de dietas para frangos de corte (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. Recuperado de <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/35072/R%20-%20D%20%20ANDREIA%20MASSUQUETTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Maramatsu, Keysuke. (2013). Aplicação de modelagem preditiva no processo de peletização de rações para frango de corte (Dissertação de Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. Recuperado de <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34683/R%20-%20T%20%20KEYSUKE%20MURAMATSU.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Moran M. J., Shapiro H. N., Boettner D. D. e Bailey M. B. (2014). Princípios de Termodinâmica para Engenharia, LTC Editora: 7ª edição, Rio de Janeiro.

Payne, J., Wolter, R., Smith, T., Winowiski, T., Dearsley, G., Strom, L. Manual de peletização. Borregaard Ligno Tech. p. 60, 1991.

Pfost, H.B., R.M. Allen, G. Gutekunst, W. Monti, and R.L. Stroup. 1962. Chapter 4: A Standard Method of Measuring Pellet Quality. Proceedings of the 1962 Feed Production School sponsored by the Midwest Feed Manufacturers Association. Recuperado de <https://books.google.com.br/books?id=y2grAAAAYAAJ&pg=PA310&lpg=PA310&dq=Proceedings+of+the+1962+Feed+Production+School+sponsored+by+the+Midwest+Feed+Manufacturers+Association&source=bl&ots=x2hOS-kZAB&sig=ACfU3U1vARpW5Ruab5e2C3QIOad7thrIxQ&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwiQ25XA1YXmAhXXLLkGHdi0DU8Q6AEwAXoECAoQAQ#v=onepage&q=Proceedings%20of%20the%201962%20Feed%20Production%20School%20sponsored%20by%20the%20Midwest%20Feed%20Manufacturers%20Association&f=false>.

Skoch, E. R., S. F. Binder, C. W. Deyoe, G. L. Allee, and K. C. Behnke. 1983. Effects of pelleting conditions on performance of pigs fed a corn-soybean meal diet. J. Anim. Sci. 57(4): 922. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037784019490037X>.

Smith, J. M., Van Ness, H. C. e Abbott, M. M., Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química, 7a Ed., LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 2007.

Stevens, C.A. 1987. Starch gelatinization and the influence of particle size, steam pressure and die speed on the pelleting process. Ph.D. Dissertation. Kansas State University, Manhattan. Recuperado de <https://www.worldcat.org/title/starch-gelatinization-and-the-influence-of-particle-size-steam-pressure-and-die-speed-on-the-pelleting-process/oclc/18533787>.

Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal - SINDIRAÇÕES. (2019). História do SINDIRAÇÕES. Recuperado de <https://sindiracoes.org.br/institucional/historia-do-sindiracoes/>.

Soffioni, E. (2015, setembro). Peletização. XIV Congresso CBNA PET 2105, Ribeirão Preto, São Paulo, SP, XIV. Recuperado de <http://cbna.com.br/arquivos/Palestra-6---Eduardo-Soffioni.pdf>.

Schroeder, B. (2018). Aplicação de modelagem no processo de fabricação de rações para parametrização de peletizadora (Trabalho de conclusão de curso). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Recuperado de <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/200534>.

Thomas, M. and A.F.B. van der Poel. 1996. Physical quality of pelleted animal feed 1. Criteria for pellet quality. Animal Feed Sci. and Tech. 61(1-4): 89-112.

ZhengChang, R.. (2019, 24 de maio). Método de tratamento e análise de bloqueio na peletizadora [Blog]. Recuperado de <http://www.zhengchang.com.br/metodo-de-tratamento-e-analise-de-bloqueio-na-peletizadora/>.

7-APÊNDICE A

Tabela A1- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Primeiro dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
74,00	28490,00	9,50	1,00	482,00	12,17	76,67	9,20
76,00	29220,00	8,60	1,00	456,00	10,50	75,00	9,18
78,00	29220,00	8,30	1,00	432,00	11,50	77,33	9,05
80,00	29220,00	8,10	1,00	425,00	12,00	75,67	9,52
82,00	29220,00	7,90	1,00	415,00	11,83	77,33	8,95
84,00	29220,00	8,20	1,00	430,00	11,16	80,67	9,07

Tabela A2- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Segundo dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
74,00	27560,00	9,80	1,00	480,00	15,67	75,00	9,43
76,00	27810,00	9,30	1,00	472,00	12,83	74,33	9,38
78,00	28300,00	9,30	1,00	469,00	15,83	76,00	9,07
80,00	28670,00	8,80	1,00	452,00	15,25	77,67	9,39
82,00	28470,00	9,20	1,00	474,00	12,33	78,33	9,36

Tabela A3 - Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Terceiro dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
74,00	27280,00	9,60	1,00	471,00	14,27	78,67	8,80
76,00	29120,00	9,00	1,00	455,00	11,97	80,33	9,06
78,00	29770,00	8,20	1,00	438,00	12,17	80,67	8,94
80,00	29770,00	7,80	1,00	414,00	11,00	81,00	8,87
82,00	29770,00	7,70	1,00	408,00	10,17	82,67	9,03
84,00	29770,00	7,50	1,00	399,00	11,50	82,67	8,83

Tabela A4- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Quarto dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
74,00	28670,00	9,20	1,00	457,00	10,50	82,67	8,97
76,00	30580,00	8,70	1,00	468,00	10,83	82,33	8,58
78,00	31820,00	8,80	1,00	469,00	11,00	81,33	9,00
80,00	31960,00	8,40	1,00	476,00	8,30	80,33	9,00
82,00	31980,00	8,30	1,00	455,00	11,10	80,33	9,70
84,00	32620,00	8,20	1,00	492,00	10,00	84,33	9,90

Tabela A5- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 2 no Primeiro dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
74,00	29770,00	9,10	1,00	485,00	11,00	68,00	9,70
76,00	29770,00	8,80	1,00	434,00	11,50	69,60	9,25
78,00	29770,00	7,60	1,00	414,00	10,50	69,00	9,11
80,00	29770,00	7,60	1,00	374,00	12,50	69,70	9,25
82,00	29770,00	7,60	1,00	405,00	12,00	71,00	9,35
84,00	29770,00	7,30	1,00	415,00	12,50	73,00	9,85
86,00	29770,00	7,30	1,00	456,00	10,50	76,00	9,45

Tabela A6- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 2 no Segundo dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
74,00	28040,00	9,60	1,00	483,00	17,93	71,67	9,58
76,00	28110,00	9,20	1,00	465,00	15,00	76,33	9,76
78,00	28110,00	8,80	1,00	444,00	13,8	75,33	9,75
80,00	28110,00	7,90	1,00	419,00	16,33	75,67	9,67
82,00	28110,00	7,80	1,00	379,00	8,52	77,67	9,75

Tabela A7- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 2 no Terceiro dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
74,00	28140,00	9,40	1,00	468,00	14,40	77,00	9,37
76,00	29220,00	8,90	1,00	465,00	15,37	76,00	9,33
78,00	27560,00	8,60	1,00	446,00	12,07	76,67	9,32
80,00	28110,00	7,90	1,00	415,00	14,03	77,67	9,13
82,00	28110,00	7,88	1,00	338,00	15,25	76,50	8,93

Tabela A8- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 2 no Quarto dia com a fórmula 1, teste variando a temperatura.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
74,00	30320,00	8,90	1,00	483,00	13,17	76,33	8,85
76,00	30320,00	9,20	1,00	430,00	13,18	75,33	9,12
78,00	32510,00	7,60	1,00	443,00	15,00	74,33	8,80
80,00	32520,00	7,30	1,00	423,00	14,54	74,67	8,70
82,00	32520,00	7,80	1,00	417,00	16,47	74,33	8,71
84,00	32520,00	6,70	1,00	422,00	17,40	75,67	8,83
86,00	32520,00	6,50	1,00	476,00	16,18	78,67	8,90

Tabela A9- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Primeiro dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
82,00	29770,00	8,40	0,60	449,00	12,67	75,33	9,78
82,00	30320,00	8,70	0,80	472,00	11,37	76,00	9,03
82,00	30320,00	8,80	1,00	478,00	12,65	75,67	9,40
82,00	30320,00	8,60	1,20	465,00	12,69	76,67	8,94
82,00	30320,00	8,70	1,40	474,00	11,74	76,33	8,70
82,00	28670,00	9,40	1,60	480,00	13,89	77,33	7,85
82,00	28310,00	10,00	1,80	505,00	11,59	75,67	8,30

Tabela A10 - Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no Segundo dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
82,00	28670,00	9,30	0,60	476,00	10,33	80,67	9,08
82,00	28670,00	8,90	0,80	459,00	12,17	80,33	8,65
82,00	28670,00	8,88	1,00	421,00	11,04	83,00	9,60
82,00	28670,00	9,10	1,20	466,00	11,61	80,67	9,47
82,00	28510,00	9,70	1,40	497,00	9,96	81,33	9,29

Tabela A11- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no terceiro dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
82,00	28570,00	8,00	0,60	419,00	13,73	82,00	9,50
82,00	30320,00	8,10	0,80	439,00	10,62	84,00	9,74
82,00	30320,00	7,80	1,00	423,00	11,30	83,67	9,80
82,00	30320,00	8,90	1,20	482,00	13,35	84,00	9,15
82,00	30320,00	8,90	1,40	481,00	13,41	83,87	9,20
82,00	30320,00	9,10	1,60	483,00	13,24	84,12	9,10

Tabela A12- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no quarto dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor.

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
82,00	30870,00	7,90	0,60	439,00	13,86	77,33	9,80
82,00	30320,00	8,00	0,80	430,00	12,05	76,33	9,52
82,00	30320,00	8,00	1,00	433,00	12,67	75,67	9,22
82,00	30320,00	8,20	1,20	444,00	14,17	75,33	9,00
82,00	30320,00	8,10	1,40	440,00	10,78	77,00	9,03
82,00	30320,00	7,90	1,60	430,00	9,69	77,67	8,87

Tabela A13- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 2 no primeiro dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
------------------	-------------------------	------------------------	------------	-----------------	-------------------	---------------	-------------------

82,00	30320,00	8,10	0,60	442,00	19,58	75,00	9,20
82,00	30320,00	8,00	0,80	429,00	18,54	76,67	9,20
82,00	30320,00	8,20	1,00	446,00	18,70	76,00	9,34
82,00	30320,00	8,40	1,20	456,00	18,26	75,00	8,70
82,00	30320,00	8,40	1,40	450,00	16,55	74,22	8,40
82,00	30320,00	8,30	1,60	453,00	18,96	75,90	8,62
82,00	30320,00	8,40	1,80	455,00	19,41	76,50	8,23

Tabela A14 - Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no segundo dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
82,00	30320,00	7,70	0,60	416,00	15,42	71,80	9,50
82,00	30320,00	7,80	0,80	425,00	13,86	72,00	9,00
82,00	30320,00	7,80	1,00	424,00	13,69	70,33	9,15
82,00	30320,00	8,00	1,20	435,00	17,10	71,00	8,86
82,00	30320,00	7,20	1,40	392,00	15,71	71,00	8,40
82,00	30320,00	7,40	1,60	401,00	16,52	70,50	8,50

Tabela A15- Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no terceiro dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
82,00	30320,00	8,10	0,60	442	19,69	75,50	9,93
82,00	30320,00	8,00	0,80	450	17,82	75,90	9,91
82,00	30320,00	8,10	1,00	457	18,20	75,00	9,90
82,00	30320,00	7,80	1,20	440	17,46	76,00	9,75
82,00	30320,00	8,50	1,40	475	15,00	75,66	9,40
82,00	30320,00	7,90	1,60	447	14,92	76,00	9,20

Tabela A16 - Apresentação dos resultados na fase Crescimento 1 no quarto dia com a fórmula 2, teste variando a pressão de vapor

Temp. Cond. (°C)	Taxa de produção (Kg/h)	Dureza do pélete (KWh)	P.V. (bar)	Amperagem (Amp)	Média % Finos (%)	Média PDI (%)	Média Umidade (%)
82,00	30320,00	10,40	0,60	471,00	15,50	68,69	9,88
82,00	30320,00	10,20	0,80	472,00	15,86	69,00	9,96

82,00	30320,00	10,30	1,00	483,00	19,33	69,85	9,70
82,00	30320,00	9,90	1,20	472,00	19,50	69,30	9,02
82,00	30320,00	9,80	1,40	467,00	21,67	68,99	9,14
82,00	30320,00	9,90	1,60	472,00	24,35	69,90	9,00
