

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**MAURÍCIO MACEDO DE LACERDA FILHO**

**ESTUDO DAS PERDAS PRODUTIVAS NO TRANSPORTE DE OVOS POR  
MEIO DE ANÁLISE DE VIBRAÇÕES: CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2014**

MAURÍCIO MACEDO DE LACERDA FILHO

**ESTUDO DAS PERDAS PRODUTIVAS NO TRANSPORTE DE OVOS  
POR MEIO DE ANÁLISE DE VIBRAÇÕES: CARACTERIZAÇÃO DO  
PROBLEMA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Adamczuk  
Oliveira

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo R. Novak

PATO BRANCO

2014

Dedico este trabalho à minha família e amigos, pelo amor e carinho oferecido nos momentos que mais precisei.

E a todos professores, acadêmicos e empresas que sempre estiveram dispostos e mostraram um pouco do seu conhecimento no estudo realizado.

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente gostaríamos de agradecer a Deus, aos meus pais Maurício Lacerda e Maria Eunice, minhas irmãs Acássia Lacerda e Gabriela Lacerda, aos familiares e amigos, que sempre nos momentos difíceis estão nos dando apoio e carinho.

Também agradecer a oportunidade de ter visitado e adquirido ovos férteis de uma Avícola da cidade de Pato Branco que abriu as portas ao estudo.

A todos os acadêmicos e professores que conviveram comigo no período da graduação, DCE (Diretório Central dos Estudantes), e no projeto de eficiência energética no período de 2012 a 2013.

Agradeço ao Sr. José Chapim, marceneiro do campus UTFPR - Pato Branco que ajudou a fabricar a caixa do ovoscópio.

Agradeço aos professores orientadores, Dr. Gilson Adamczuk e Dr. Paulo R. Novak, pelo apoio, disposição, dedicação e paciência durante o estudo deste projeto.

Por fim, gostaria de agradecer a integrante da banca avaliadora Prof. Dra Dayse R. Batistus.

*“Nunca desista do que quer conquistar, pois o caminho é longo, se isso não acontecer de imediato, erga sua cabeça e jamais desista de seus objetivos. Lembre-se que você é muito capaz”*

*Maurício Lacerda*

## RESUMO

Esta pesquisa está focada na logística do transporte de ovos, sendo procurado avaliar eventuais perdas na linha de produção de ovos durante o transporte destes, desde a produção até o incubatório. Nessa etapa preliminar, por meio da análise de vibrações, será realizada a caracterização dos ovos. Para tal será feita uma abordagem teórico-conceitual e prática da literatura para compreender o assunto e delinear o direcionamento de futuras pesquisas que venham a contribuir para a melhoria do ciclo da cadeia produtiva de frango, para o processo de transporte de ovos e ainda, para o manuseio desses na fase de incubação.

**Palavras-chave: avicultura, operações pré-porteira, logística do transporte de ovos férteis.**

## **Abstract**

This research is focused on the logistics of transporting eggs being sought to assess losses in egg production line during transportation thereof, from production to the hatchery. At this preliminary stage, through vibration analysis, characterization of the eggs takes place. For such a theoretical-conceptual and practical approach of the literature will be made to understand the subject and outline the direction of future research that will contribute to the improvement of the productive chain of chicken cycle, the process of transport of eggs and also to handling these in the incubation phase.

**Keywords: poultry, pre-gate operations, logistics transportation of fertile eggs.**

## LISTA DE SIMBOLOS

<i>UH</i>	Unidade Haugh
<i>H</i>	Altura da camada densa externa (mm)
<i>W</i>	Peso do ovo (g)

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Posicionamento dos frigoríficos na cadeia produtiva de frango de corte. ....	13
Figura 2: Estrutura do ovo.....	15
Figura 3: Bandeja e caixa para transporte de ovos. ....	18
Figura 4: Caminhão baú.....	18
Figura 5: Unidade Haugh para ovos de qualidade AA, A e B. ....	21
Figura 6: Excitador do tipo mecanismo came-seguidor. ....	23
Figura 7: Mecanismo came-seguidor com bandeja de ovos. ....	24
Figura 8: Desenho esquemático da montagem experimental.....	25
Figura 9: Ovoscópio.....	25
Figura 10: Ovoscópio.....	27
Figura 11: Balde em forma de peneira e Densímetro. ....	28
Figura 12: Baldes com densidades 1070, 1075, 1080 e 1085.....	28
Figura 13: ovos colocados, ovos sobre a superfície, ovos sendo retirados. ....	29
Figura 14: Ovos armazenados na geladeira. ....	29
Figura 15: Acelerômetro, analisador de vibrações e martelo de impacto. ....	30
Figura 16: Teste com peça de nylon. ....	31
Figura 17: Processo de colagem e teste de colagem. ....	31
Figura 18: Teste de ovo com acelerômetro e martelo.....	32
Figura 19: Gráficos do ovo com uma peça (meia de nylon) e ovo com barbante. ....	32
Figura 20: Aceleração, FRF, Impulso e Coerência.....	33
Figura 21: Procedimento de excitação. ....	34
Figura 22: Inversor de frequência.....	34
Figura 23: Posições dos lotes nas bandejas. ....	35
Figura 24: Ovos ensaiados em frequências de 15 a 20 HZ. ....	36
Figura 25: Temperatura dos ovos.....	36
Figura 26: Componentes usados para a análise.....	37
Figura 27: Procedimento da análise.....	37
Figura 28: Gráfico caixa e bigode para frequência 1.....	47
Figura 29: Gráfico de médias para a frequência 2.....	48
Figura 30: Gráfico caixa e bigode em função da posição na caixa.....	53
Figura 31: Gráfico caixa e bigode em função da linhagem e idade. ....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Representa o número de ovos trincados e quebrados.....	19
Tabela 2: Frequência de ressonância da $S_{20}$ - valores de altura da câmara de ar. ....	22
Tabela 3: Relação de gastos.....	26
Tabela 4: Estratos. ....	35
Tabela 5: Ovos com densidade 1070. ....	38
Tabela 6: Ovos com densidade 1080. ....	42
Tabela 7: Ovos com densidade 1085. ....	44
Tabela 8: Ovos com densidade acima de 1085. ....	45
Tabela 9: Cobb slow novo (E1). ....	48
Tabela 10: Cobb slow velho (E2). ....	49
Tabela 11: Hubbard novo (E3). ....	50
Tabela 12: Hubbard velho (E4). ....	51

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>12</b>
2.1 A LOGÍSTICA DO TRANSPORTE DE OVOS E PROBLEMAS RELACIONADOS .....	12
2.1.1 Cadeia Produtiva Avícola de Frangos de Corte .....	12
2.1.2 O Transporte de Ovos e Perdas Relacionadas .....	16
2.1.3 Vibrações no Transporte de Ovos.....	20
2.1.4 Resumo do Capítulo.....	22
2.2 METODOLOGIA.....	23
2.3 Caracterização dos ovos em laboratório .....	26
2.3.1 Coleta dos Ovos e Armazenagem.....	27
2.3.2 Planejamento do Experimento 1 .....	30
2.3.3 Planejamento do Experimento 2 .....	33
2.4 Resultados .....	38
2.4.1 Resultados e Discussão do Experimento 1 .....	38
2.4.2 Resultados e Discussão do Experimento 2 .....	48
<b>3. CONCLUSÕES .....</b>	<b>55</b>
REFERÊNCIAS.....	56
ANEXOS .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia observa-se perdas na linha de produção de ovos durante o transporte desde a produção desses até a incubadora, nos quais as vibrações e impactos de curta duração (buracos e imperfeições das vias) causam danos (trincas/fissuras).

O presente trabalho tem como objetivo principal estudar e avaliar o efeito da vibração mecânica que ocorre durante o trajeto do transporte de ovos, sobre a estrutura física do ovo durante o processo que este sofre e num segundo momento as perdas, compreendendo o deslocamento do veículo granja-incubatório, onde este estudo será realizado através de dois experimentos, experimento 1 será feito análise experimental do comportamento dinâmico de um ovo de galinha, e o experimento 2 através de um came-seguidor que fará testes como fator “choques”, onde serão simulados as imperfeições das vias.

A importância dessa pesquisa se fundamenta na caracterização do problema, a qual permitirá o delineamento de futuras pesquisas que venham a contribuir diretamente para a minimização do mesmo.

## 2. DESENVOLVIMENTO

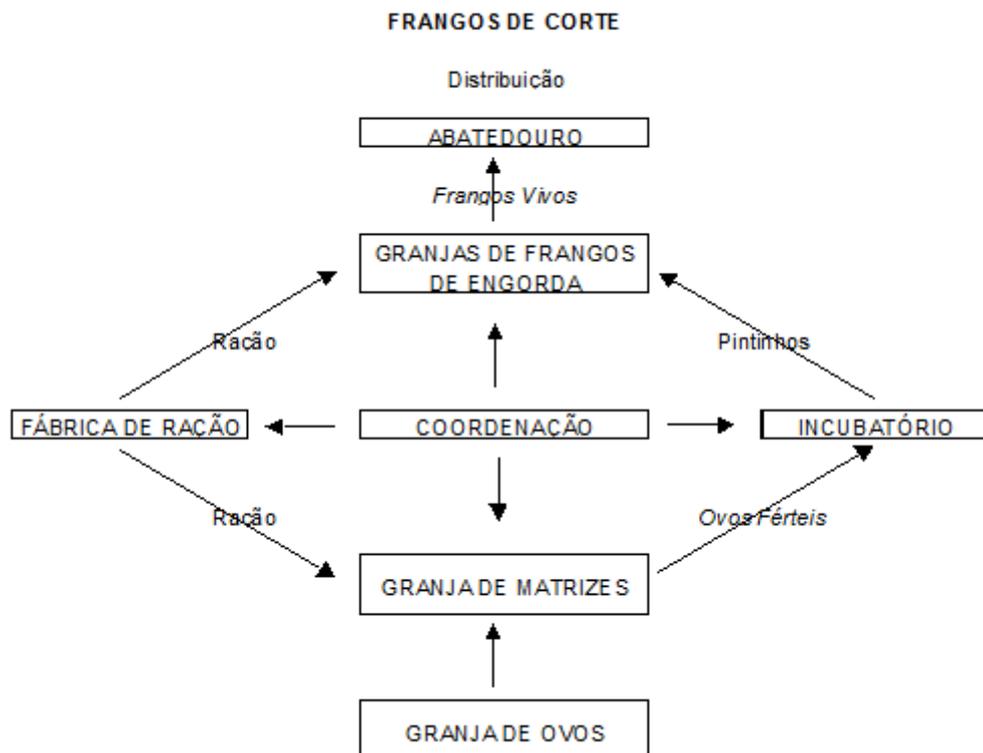
A primeira etapa deste trabalho consiste na realização de uma pesquisa bibliográfica a respeito dos principais estudos realizados na área de perdas produtivas no transporte de ovos por meio de análise de vibrações.

### 2.1 A LOGÍSTICA DO TRANSPORTE DE OVOS E PROBLEMAS RELACIONADOS

Segundo Nazareno (2012) as perdas contabilizadas no transporte de ovos decorrentes da operação Pré-porteira caracterizam-se por ovos trincados e rachados e representam um grande desafio para as empresas integradoras. Além de resultarem em prejuízo, elas ainda apresentam dificuldades no que diz respeito à fonte desta perda, bem como uma maneira de reduzi-las.

#### 2.1.1 Cadeia Produtiva Avícola de Frangos de Corte

A cadeia produtiva avícola de frangos de corte no Brasil vem apresentando grande crescimento nas últimas décadas. Atualmente, encontra-se dividida em diferentes setores: granjas de avós, granjas matrizes, granjas dos integrados e abatedouros, conforme mostrado na Figura 1.



**Figura 1: Posicionamento dos frigoríficos na cadeia produtiva de frango de corte.**  
 Fonte: Lima (1984).

As granjas avozeiras ou de avós (granjas de ovos) que estão sediadas no Brasil obtêm seu plantel por meio da importação das chamadas aves avós, por meio das empresas importadoras e das exportadoras e produtoras de ovos férteis para produção de matrizes. Através de cruzamentos entre as avós importadas, via licença de tecnologia, obtêm-se as linhagens direcionadas para a produção de frango de corte (VIEIRA JR, 2006).

As *granjas de matrizes* são o local onde são produzidos os ovos férteis. Dentre as linhagens disponíveis pelos avozeiros, o matrizeiro entra em contato com a esfera superior da cadeia e adquire as aves, as quais são criadas por um período de seis meses até que se inicie o processo de produção de ovos, o qual perdura por 45 semanas. De acordo com Vocht (1996), o mercado de ovos férteis é transacionado de acordo com o tamanho do ovo, sendo os maiores mais bem remunerados por gerarem pintos maiores (VIEIRA JR, 2006).

Os ovos que são produzidos por lote de reprodutoras têm um custo agregado no momento da postura e é, portanto, simples economia assegurar que sejam da melhor qualidade e que os manejos com os ovos ao longo de todo o

processo mantenham essa qualidade inalterada. Um ovo de qualidade apresenta como características (AZIS, 2011):

- Ser proveniente de aves saudáveis;
- Ser livre de microorganismos;
- Ter boa espessura de casca;
- Forma ovóide com câmara de ar íntegra;
- Ser fértil;
- Não apresentar deformidades;
- Não apresentar trincas.

No manejo dos ovos recomenda-se, que durante a colheita eles sejam acondicionados em bandejas de plástico desinfetadas, pois são laváveis, de fácil desinfecção e possibilitam melhor circulação de gás durante a fumigação (AZIS, 2011).

Após a colheita dos ovos nas matrizes, o tempo de permanência deles nos galpões de produção deve ser o menor possível, uma vez que maiores tempos de permanência representam maiores níveis de contaminação desses ovos. Armazenados na granja, estes devem ser limpos e desinfetados semanalmente, e dotados de termostatos, termômetros, termômetro de bulbo úmido e higrômetros (VAN, 2004; AZIS, 2011).

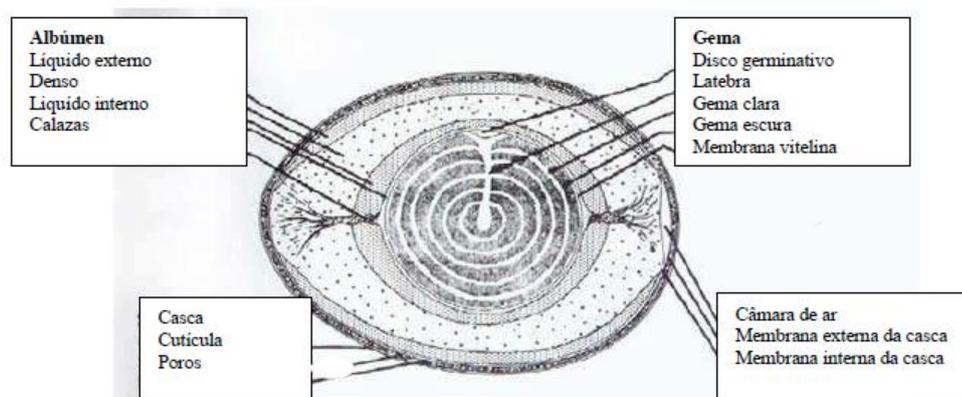
Logo após o processo realizado na granja matriz os ovos são transportados para o incubatório. Nele os ovos são selecionados e separados por lote. Logo na chegada é feita uma terceira desinfecção. Uma quarta desinfecção dos ovos pode ser feita quando os mesmos são retirados da câmara fria (estocagem) e enviados para a sala de pré-aquecimento (fumigação ou pulverização) (VAN, 2004; AZIS, 2011).

O incubatório é o lugar onde os ovos férteis serão armazenados e terão os cuidados necessários para o desenvolvimento embrionário adequado, garantindo assim a viabilidade do pintinho nascer e a qualidade do mesmo. Os ovos permanecem nessa sala de incubação por aproximadamente 19 dias. O período de incubação é dividido em duas fases distintas: fase de incubação que corresponde as primeiras 450 horas, sujeita a variações; e fase de nascimento, correspondente as últimas 54 horas, também podendo variar (AZIS, 2011).

Depois do nascimento, os pintos são transportados para as Granjas dos Integrados. Esta é a fase de engorda dos frangos, na qual o produtor é responsável pelos investimentos em instalações e equipamentos, e pela mão-de-obra. Ao final do ciclo de engorda, o pagamento dos lotes de aves varia de acordo com índices de eficiência atingidos no processo (conversão alimentar, mortalidade, tempo de engorda) (VAN, 2004).

A idade da matriz é um dos fatores que influenciam o peso, a qualidade e a composição do ovo. Matrizes mais jovens tendem a produzir ovos mais leves e, conseqüentemente, pintos mais leves, além de ovos com menor eclodibilidade e mortalidade embrionária elevada, comparada aos ovos de matrizes adultas (DALANEZI, 2004).

Os ovos são constituídos por: casca, membrana da casca, gema e clara ou albúmen. Também possui partes em menor proporção como o disco germinativo, a calaza, a câmara de ar, a cutícula e as membranas da casca, como mostra a Figura 2, abaixo (ALCÂNTARA, 2012).



**Figura 2: Estrutura do ovo**  
**Fonte: ALCÂNTARA (2012).**

Segundo Alcântara (2012), a casca é constituída por uma armação de substâncias orgânicas e minerais e representa de 8 a 11% dos constituintes do ovo, possui 94% de carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), 1,4% de carbonato de Magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), 3% de glicoproteínas, mucoproteínas, colágeno e mucopolissacarídeos. A parte mineral é composta por 98,2% de carbonato de cálcio; 0,9% de carbonato de magnésio; e 0,9% de fosfato de cálcio (ORNELLAS, 2001). Nesta pode se observar

a existência de pequenos poros, os quais possibilitam a troca gasosa entre o meio interno e externo do ovo. Estes são cobertos por uma cutícula composta de cera que protege o ovo da perda de água e impede a penetração de microrganismos (BENITES,2005).

A membrana da casca é formada por duas camadas: uma externa, mais espessa, denominada de “esponjosa”, próxima à casca; e outra interna, mais fina conhecida como “mamilária”. Ambas são formadas por fibras protéicas inter cruzadas. Esta estrutura confere resistência à casca e impermeabiliza o conteúdo dos ovos de microrganismos (RAMOS, 2008).

A câmara de ar, que é um espaço formado entre a membrana interna e externa da casca, se forma durante o momento da postura, quando ocorre o resfriamento do ovo ao passar da temperatura corporal da ave. Neste momento para a temperatura ambiente ocorre contração da membrana interna e o vácuo resultante favorece a entrada de ar na câmara (BENITES, 2005).

A clara do ovo é constituída de 88,5% de água e 13,5% de proteína (RAMOS, 2008). Junto à clara também encontra-se a calazas, esta apresenta-se aderida à membrana vitelina da gema e tem a função de manter a gema centralizada no interior do ovo, impedindo seu deslocamento (BENITES,2005).

A gema é uma emulsão de gordura em água (52%) composta por um terço de proteínas (16%), dois terços de lipídios (34%), vitaminas solúveis em lipídios A, D, E e K, glicose, lecitina e sais minerais, envolta pela membrana vitelina (CLOSA, 1999).

### 2.1.2 O Transporte de Ovos e Perdas Relacionadas

O transporte de ovos ocorre frequentemente em diferentes condições climáticas, bem como em diferentes condições de deslocamento, os quais variam em decorrer da distância e também do modal de transporte utilizado (ferrovias, rodovias, estradas rurais). Além disso, os horários em que o transporte dos ovos é realizado também é variável. Essas combinações influenciam diretamente na qualidade do produto e são as principais responsáveis pelas perdas, entre elas: desenvolvimento embrionário inadequado, morte de embriões, trincas nas cascas e pintos de corte com baixa qualidade (NAZARENO,2013).

Quando o transporte ocorre da granja para o incubatório, o mesmo deve ser realizado uma vez ao dia, nos horários mais frescos, caso seja verão. Deve-se utilizar um caminhão de transporte de ovos, o qual precisa ser diariamente higienizado e fumigado pelo menos duas vezes por semana, assim como as caixas e bandejas, nas quais os ovos serão acomodados durante o transporte. Essas também devem ser sempre mantidas limpas. Se os ovos forem transportados por longa distância, deve-se ter o cuidado de manter a climatização entre 20 a 22°C e umidade entre 70 e 75% pois a temperatura do interior do caminhão deve ser igual à temperatura da granja. O resfriamento dos ovos recém-carregados deve ser sempre evitado, especialmente se o veículo já estiver carregado com ovos de outras granjas. Se ocorrer resfriamento nestes, o volume de albúmen e da gema diminuem, aumentando assim o volume da câmara de ar, o qual permite que o ar contaminado seja sugado para dentro do ovo. Esses devem estar sempre em condições igualmente adequadas de higienização e desinfecção no baú do caminhão. Também é preciso instruir o motorista sobre os cuidados com a carga a ser transportada, em todo o percurso, inclusive sobre os cuidados com o veículo de transporte, que garantam seu adequado funcionamento (AZIS, 2011).

Já no transporte realizado para o interior das incubadoras deve-se evitar choques mecânicos com as estruturas do incubatório, objetivando assim garantir a integridade física dos ovos a serem incubados. Deve-se ainda ter o cuidado para que não haja alterações climáticas nestes. O horário ideal de incubação deve ser determinado em função da idade da matriz, do tempo de estocagem dos ovos, do horário previsto para o início dos trabalhos e da retirada dos pintinhos. Outra variável a ser considerada é a época do ano em que o transporte será realizado, pois as diferenças entre temperaturas de verão e inverno, associadas ao inadequado manejo da temperatura no incubatório, podem ocasionar quedas na percentagem de eclosão e na qualidade dos pintinhos (AZIS, 2011).

Os ovos incubados ou comerciais são transportados em caminhões baú, fechados com sistema de climatização, carregados em bandejas de plástico em polietileno de alta densidade, para 30 ovos com dimensões de 300 x 300 mm, onde são colocados dentro de caixa de transporte de plástico com dimensões externas de 630 mm de comprimento, 325 mm de largura e 300 mm de altura e espessura 3 mm, com abertura nas laterais de 32 x 11 mm e no fundo de 20 x 20 mm, sendo que

suportam oito (8) bandejas de ovos empilhadas, equivalente a duzentos e quarenta (240) ovos (NAZARENO, 2013).

À Figura 3 mostra como são as bandejas e caixa de transporte.



**Figura 3: Bandeja e caixa para transporte de ovos.**  
**Fonte: Dantasrotol (2013).**

À Figura 4 abaixo mostra um caminhão baú de transportes de ovos e as caixas sendo acopladas em seu interior.



**Figura 4: Caminhão baú.**  
**Fonte: Nazareno (2013).**

Nazareno (2013), fez a análise do nível de vibração, do número de choques e do número de ovos trincados durante o transporte. Este experimento foi realizado durante três estações do ano: primavera, verão e outono. Foram transportados matrizes novas, intermediárias e velhas, sendo que a temperatura controlada destes são diferentes durante o transporte no baú do caminhão. Os estudos foram feitos durante o mesmo trajeto. Para fazer as análises, a autora usou quatro acelerômetros triaxiais e data *loggers*. A pesquisa constatou uma diferença

estatística entre as estradas de terra e de asfalto. A estrada de asfalto exerce maior vibração na carga de ovos do que a de terra, sendo que o motorista dirige com maior cuidado na estrada de terra a qual apresenta-se com pista bastante irregular. Na estrada de asfalto o motorista obteve velocidades mais altas e observaram-se, assim que existe um maior número de frenagem.

O nível de vibração no transporte de ovos vai depender do tamanho da carga, do tipo de embalagem, da qualidade da estrada, da velocidade, do veículo de transporte, da distância percorrida, do tipo de suspensão do veículo do número de eixos do caminhão, bem como calibragem de pneus e do tipo de amortecedores utilizados (BERARDINELLI 2003).

A seguir a Tabela 1 mostra o número de ovos trincados e quebrados durante o trajeto do estudo e Nazareno (2012).

**Tabela 1: Representa o número de ovos trincados e quebrados.**

<b>Viagens</b>	<b>Carga total de ovos no caminhão</b>	<b>Número de ovos trincados</b>	<b>Ovos Trincados (%)</b>	<b>Número de ovos quebrados</b>	<b>Ovos Quebrados (%)</b>
1	72.480	690	0,95	340	0,46
2	112.080	994	0,88	240	0,22
3	86.644	440	0,51	145	0,17
<b>Média</b>	<b>90.401,33</b>	<b>708</b>	<b>0,78</b>	<b>241,67</b>	<b>0,27</b>
<b>Perda total(%)</b>	<b>1,05</b>				

**Fonte: Nazareno (2012).**

Segundo Nazareno (2012), o maior número de ovos quebrados foi da viagem 1, atribuído ao maior nível de vibrações e aos choques que a carga sofreu durante o percurso. As idades de matrizes velhas e intermediárias foram as quem apresentaram o maior número de ovos trincados e quebrados, devido à falta de cálcio que os mesmos apresentavam.

### 2.1.3 Vibrações no Transporte de Ovos

Os efeitos da vibração no transporte de ovos foram estudados por Berardinelli (2003), o qual simulou e avaliou a influência dos níveis de vibração em caminhões de ovos sobre os parâmetros que descrevem a qualidade do ovo: unidade *Haugh* (uma medida de qualidade interna de um ovo), força da membrana vitelina e altura da camada de ar. As medidas de vibrações mecânicas foram realizadas durante o transporte de carga com ovos e observadas com uma faixa de frequência de 5-20 Hz condicionando, assim, uma diminuição de 28% na unidade *Haugh*, houve uma redução de 18% da força da membrana vitelínica e aumento na altura da camada de ar do ovo. Demonstrando que estes ovos podem parecer cerca de 10 dias mais velhos em relação aos ovos que não sofrem nenhum nível de vibração. Os três índices de qualidade foram avaliados, após 8 dias de armazenamento.

A unidade *Haugh* é uma medida norte-americana que correlaciona a altura da camada densa externa com o peso do ovo. Quanto mais fresco o ovo, maior será sua altura, que com o tempo diminui. A fórmula possui 2 variáveis: H = altura da camada densa externa em mm e W = peso do ovo em gramas:

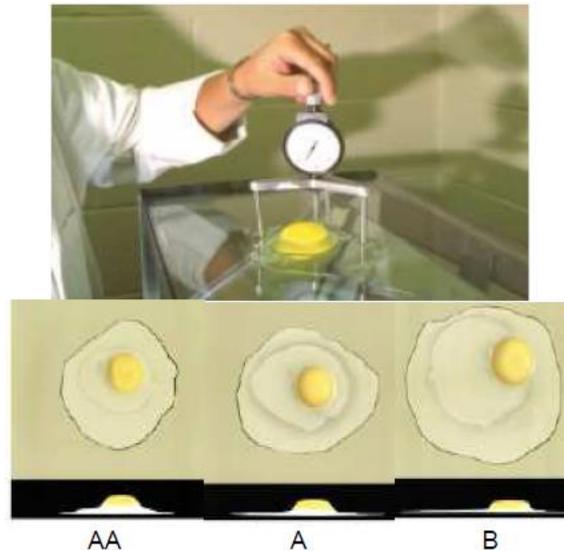
$$UH = 100 \times \log(H - 1,7W^{0,37} + 7,6)$$

São obtidos valores de 0 a 100, sendo que na prática, não se encontram os extremos.

Aplicando a técnica:

- Pesa-se o ovo;
- O ovo é quebrado em mesa própria, de vidro provida de espelho na parte inferior para facilitar a observação de possíveis manchas na gema e na clara;
- Mede-se a altura da camada densa externa com um micrômetro;
- Com os valores da altura e do peso, consulta-se a tabela de conversão e obtém-se o valor da UH;
- Para que os ovos sejam considerados de qualidade excelente (AA) devem apresentar valores de UH superiores a 72; ovos de qualidade alta (A), entre 60 e 72 UH e ovos de qualidade inferior (B), com valores de UH inferiores a 60. Estes últimos são

considerados de qualidade ruim, como visto na Figura 5 (USDA, 2000).



**Figura 5: Unidade Haugh para ovos de qualidade AA, A e B.  
Fonte: Adaptado USDA (2000).**

Os altos níveis de vibração podem aumentar a chance do aparecimento de trincas e rachaduras, além de ocasionar o agitação dos elementos constituintes do ovo (KETELAERE, 2004; MERTENS, 2006; ALTUNTAS, 2008; NAZARENO, 2012). Durante o trajeto do caminhão, também existira uma força que atua nos ovos, fazendo com que esses se agitem dentro das bandejas de plástico de forma contínua, podendo causar danos na casca do ovo.

No trabalho de KEMPS (2004), propõe-se técnicas para a medição da resistência do material de casca de ovo. Existem vários métodos para determinar o módulo de elasticidade de um material. Sendo usado módulo de elasticidade estático (tensão-deformação) e módulo de elasticidade dinâmico (testes sônicos ou ultra-sônicos). No entanto esse estudo foi feito para determinar a medição das propriedades mecânicas de casca de ovo, que é muito difícil de obter, devido à natureza frágil e a curva da casca do ovo. Esse estudo foi feito com base na preocupação de que as pessoas consumissem os ovos contaminados depois de terem sido danificados (Bain, 1990).

O estudo do PERIANU (2010), aborda em uma investigação numérica do comportamento estrutural-acústico de um ovo que foi executada. Um modelo de

elemento finito tridimensional (FE) foi desenvolvido para simular o comportamento dinâmico da casca do ovo. O objetivo foi analisar os efeitos de variações em determinados parâmetros geométricos e materiais do ovo. Verificou-se que houve modificações geométricas (espessura da casca de ovo, tamanho do ovo). Através de testes feitos por ele algumas variações da altura da câmara de ar foi constatada em seus estudos de simulação numérica do comportamento estrutural-acústico como mostra na Tabela 2 abaixo, que representa a frequência de ressonância da S 20 modo calculados para vários valores de altura da câmara de ar.

**Tabela 2: Frequência de ressonância da S<sub>20</sub> - valores de altura da câmara de ar.**

<b>Altura da Câmara de ar (mm)</b>	<b>Peso do ovo (g)</b>	<b>RF S<sub>20</sub> (Hz)</b>
4	66.85	4190
5,374	65.60	4200
6,920	64	4220
8,623	62.06	4250
10,465	59.77	4285

**Fonte: PERIANU (2010).**

A frequência de ressonância da S 20 (RF S 20) foi apenas influenciada pela altura da câmara de ar. Os resultados podem ser explicados pela relação inversamente proporcional entre a massa e a frequência natural. O aumento da altura da câmara de ar reduz a massa total de ovos e, portanto, a frequência natural da estrutura irá aumentar ligeiramente (PERIANU, 2010).

#### 2.1.4 Resumo do Capítulo

A avicultura moderna é caracterizada pela obtenção de máximo desempenho e rendimento da ave, sendo fundamental o processo de incubação artificial, que ocorre iniciando nas granjas avós até as incubadoras onde esse processo tem por objetivo produzir pintinhos com qualidade e que esta produção possibilite atender a demanda do mercado consumidor.

Para obter essa qualidade os ovos são analisados durante o processo de produção até o incubador. Durante o transporte ocorrem vibrações e esforços físicos causando assim algumas modificações físicas, químicas, biológicas e funcionais que ocorrem, afetando a qualidade do produto.

## 2.2 METODOLOGIA

O procedimento metodológico contempla a descrição de etapas que foram desenvolvidas na realização deste trabalho.

Foram utilizados equipamentos e softwares para a aquisição de sinais, conforme listados abaixo:

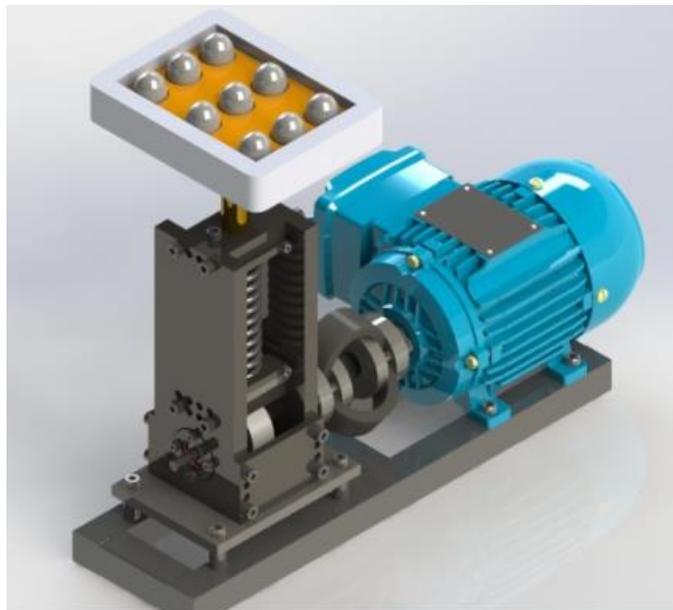
- Acelerômetro *tipo ICP-marca Metravib*;
- Analisador de vibrações dB4 de 4 canais;
- Martelo de impacto da marca Endevco;
- Ovoscópio;
- Excitador de vibrações acoplado com um inversor de frequência (Figura 6);
- Matlab (versão 2010);
- dBFa SUITE-01dB (gravador, analisador, pós-processamento no sistema computacional);



Figura 6: Excitador do tipo mecanismo came-seguidor.  
Fonte: Zardo F.; Daros R. (2013).

O estudo foi feito com pequenas quantidades de ovos férteis e comerciais doados ou adquiridos por uma empresa privada, onde foi possível ter o conhecimento e as caracterizações destes. Os trabalhos foram desenvolvidos no laboratório de Vibrações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Pato Branco.

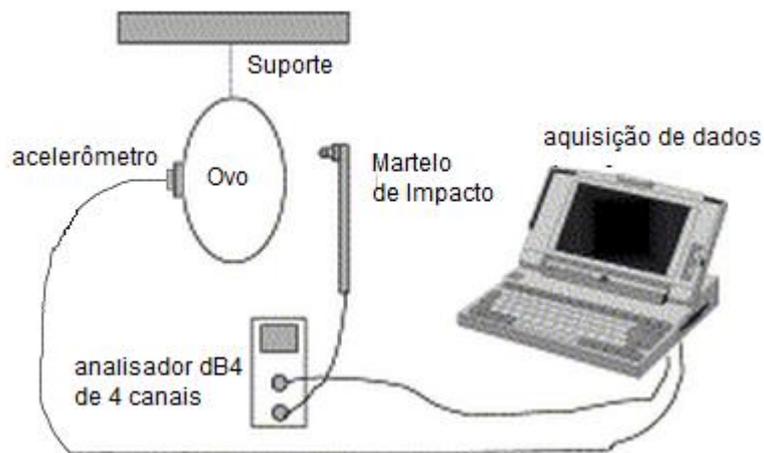
Os ensaios seguiram uma lógica de planejamento experimental dos ensaios, após um melhor conhecimento de todos os fatores durante a caracterização do problema.



**Figura 7: Mecanismo came-seguidor com bandeja de ovos.**  
Fonte: Adaptado de Zardo F.; Daros R. (2013).

O ensaio dos ovos foram realizado sob condições de vibrações entre uma frequência de 0 a 20 Hz (faixa normal em veículos de carga) em laboratório, acondicionados em embalagens similares a do transporte. Incluindo testes como fator de “choques”, onde foi simulados as imperfeições das vias.

Foi realizado uma análise experimental do comportamento dinâmico de um ovo de galinha. Similar a realizada em Coucke (2003). Onde temos equipamentos mais sofisticados, que este usou para fazer essa experiência, foi seguido os seus dados e resultados comparando-os, a simulação foi como na Figura 8.



**Figura 8: Desenho esquemático da montagem experimental.**  
**Fonte: autor.**

Coucke (2003) fez análise modal experimental, o qual determinou os modos de vibrações, frequências naturais e fatores de amortecimento entre 2000 e 7000 Hz.

Antes e após os ensaios foi necessário investigar as trincas, sendo que foi usado um método de inspeção que é a ovoscopia, aparelho projetado para observação da casca do ovo. Em um ambiente escuro, colocados sobre o orifício, sendo observada se o ovo está trincado ou não. A fabricação deste, foi constituído de madeira (MDF) para ser construída uma caixa, lâmpada de 150W ligada a um interruptor de campainha, como na Figura 9. (JONATAN, 2009).



**Figura 9: Ovoscópio.**  
**Fonte: JONATAN(2009).**

Para realizar estes experimentos, foi fabricado estes protótipos, devido ao fato de não existir esses aparelhos no laboratório. Abaixo a relação de gastos na Tabela 3.

**Tabela 3: Relação de gastos**

<b>Ovoscópio</b>	<b>Preço unitário (R\$#)</b>	<b>Componentes da bandeja do came-seguidor</b>	<b>Preço (R\$#)</b>
Madeira MDF	—	Bandeja para ovos de polietileno (8 un.)	40,00
Porta Lâmpada	4,20	Aço 1020 para encaixe da bandeja	—
Pulsador Blanc	8,30		
Lâmpada Incandescente (200WX127V)	5,90		
Pino chato monobloco	4,50		
Fio Paralelo 2X1,5mm -2 metros	2,90		
Caixa luz eletroduto	1,35		
<b>Total</b>	<b>R\$27,15</b>		<b>R\$40,00</b>

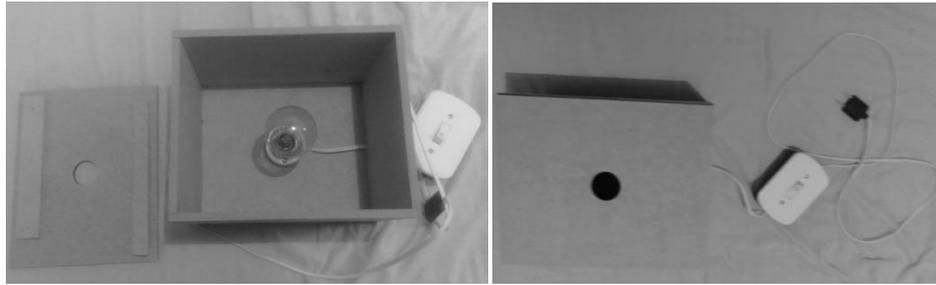
**Fonte: Autor.**

### 2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS OVOS EM LABORATÓRIO

A presente pesquisa teve início com a leitura e análise do trabalho desenvolvido por COUCKE (2003). Subsequentemente, no laboratório de Vibrações, na sala H009 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Pato Branco, executou-se alguns testes com ovos comerciais com o intuito de verificar a possibilidade de obtenção de resultados próximos aos de COUCKE. Ao se constatar a proximidade dos resultados, prosseguiu-se com o estudo.

O procedimento de montagem do teste foi feito conforme a Figura 8.

Para verificar se houve trincas nos ovos antes do teste foi construído um ovoscópio, o qual facilitou a análise da qualidade dos ovos. Esse protótipo foi feito em madeira (MDF), posteriormente foi feita uma instalação com porta lâmpada, lâmpada Incandescente (200X127W), pino chato monobloco, fio paralelo 2X1,5mm de 2 metros, caixa luz eletroduto. Como na Figura 10 abaixo:



**Figura 10: Ovoscópio.**  
**Fonte: Autor.**

### 2.3.1 Coleta dos Ovos e Armazenagem

A coleta foi realizada em uma empresa onde contribuiu ao estudo, apresentou o funcionamento desta, e separando ovos para o estudo, sendo de 5(cinco) lotes de matrizes: velhas, intermediarias e novas.

Onde foram classificados pelo método de densidade.

A densidade é a relação entre a massa de um material e o volume por ele ocupado, ou seja, a densidade determina a quantidade de matéria que está presente em uma unidade de volume (SILVA,2013).

Componentes para o teste de densidade:

- 4(quatro) Baldes;
- 1(um) Balde em Forma de peneira;
- Água;
- Sal;
- Densímetro (instrumento destinado a medir a densidade de líquidos puros ou soluções sem o auxílio de uma balança.);



**Figura 11: Balde em forma de peneira e Densímetro.**  
**Fonte: Autor.**

Para a avaliação da gravidade específica utilizou-se o princípio da flutuação, onde em cada balde com água, foi colocado uma determinada quantidade de sal, após ser misturado foi medido a densidade com um densímetro de petróleo para líquidos, obtendo assim densidades de: 1070, 1075, 1080 e 1085(g/cm<sup>3</sup>) como na Figura 12, sendo que esse processo foi seguido conforme recomendação feita por Hamilton (1982).



**Figura 12: Baldes com densidades 1070, 1075, 1080 e 1085.**  
**Fonte: Autor.**

Após estarem definidas as densidades do líquido contido nos baldes, foi alocado um lote de ovos no balde com densidade 1070, Figura 13, nos quais os ovos que permaneciam sobre a superfície da água foram retirados, separados por lote e densidade. O processo foi repetido nos quatro baldes e com todos os ovos. Desta forma todos os ovos foram classificados quanto à densidade.



**Figura 13: ovos colocados, ovos sobre a superfície, ovos sendo retirados.**  
Fonte: Autor.

Após esse procedimento os ovos foram levados para Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Pato Branco, e armazenados em uma geladeira com uma temperatura de  $-0,7^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 14: Ovos armazenados na geladeira.**  
Fonte: Autor.

Para a execução da pesquisa foi enviado um memorando solicitando a liberação de uso de ovos férteis para a Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA - UTFPR, protocolo nº 2013-012, a qual foi aceita. Posteriormente foi dada a continuidade no estudo. O memorando supracitado encontra-se no Anexo nº 1.

### 2.3.2 Planejamento do Experimento 1

O experimento 1 foi realizado de acordo como o estudo de COUCKE (2003), sendo utilizados os seguintes equipamentos:

- Acelerômetro tipo ICP-marca Metravib;
- Analisador de vibrações dB4 de 4 canais;
- Martelo de impacto da marca Endevco.



**Figura 15: Acelerômetro, analisador de vibrações e martelo de impacto.**  
Fonte: Autor.

Antes de se fazer o estudo nos ovos férteis, foram usados ovos comerciais para ajuste dos parâmetros do experimento 1 (um), em duas etapas.

Na primeira etapa o ovo foi colocado dentro de uma peça (meia de nylon) com dois cortes laterais pequenos, os quais têm por objetivo facilitar o acesso ao acelerômetro e ao impacto do martelo. A peça de nylon é amarrada por um barbante e pendurada numa bancada de aço, conforme Figura 16.



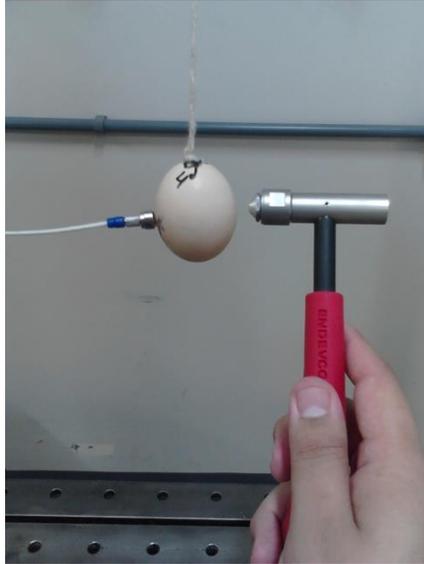
**Figura 16: Teste com peça de nylon.**  
**Fonte: Autor.**

Na segunda etapa colou-se um barbante no ovo com cola (gel), Figura 17.



**Figura 17: Processo de colagem e teste de colagem.**  
**Fonte: Autor.**

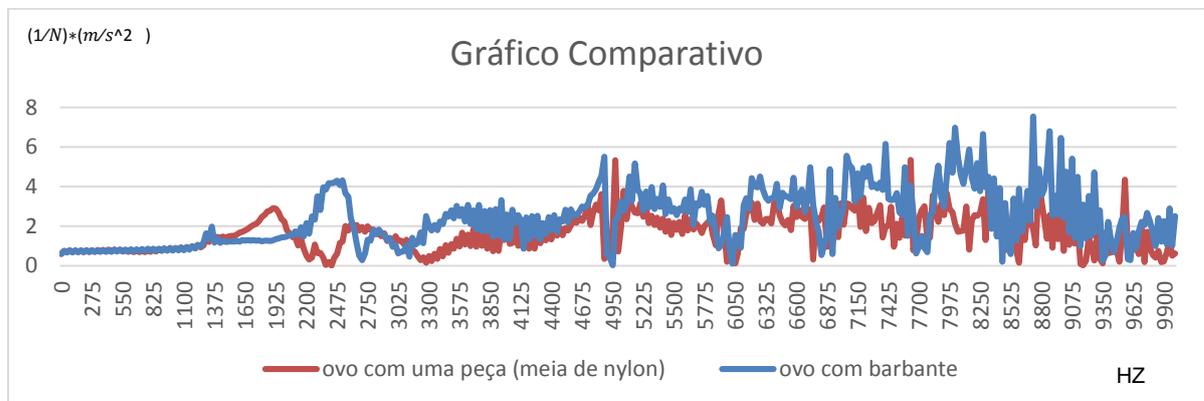
Logo após foram marcados, com caneta, dois pontos em paralelo, na região lateral do ovo. Um dos pontos foi destinado para a fixação do acelerômetro enquanto o outro para ser excitado com o martelo. Após a marcação, o ovo foi pendurado na bancada, Figura 18. O acelerômetro foi fixado no ovo por meio de uma resina.



**Figura 18: Teste de ovo com acelerômetro e martelo.**  
**Fonte: Autor.**

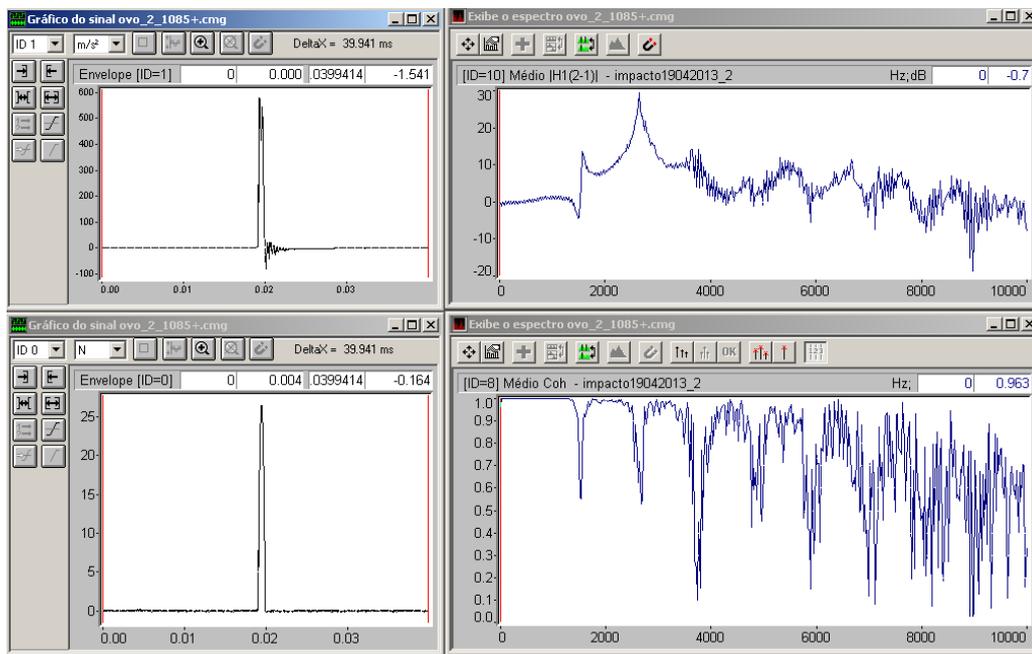
Após acionar o programa para o início da leitura, com o martelo de impacto, o ovo foi excitado por três vezes, gerando os dados capturados e registrados pelo sistema.

O mesmo experimento foi realizado para as duas situações descritas nas etapas 1 e 2. A comparação entre as duas análises permitiu constatar que a peça de nylon dissipava o impacto recebido pelo martelo com maior rapidez e ainda, no gráfico gerado, percebeu-se maior quantidade de ruídos. Por outro lado, a utilização do barbante mostrou-se mais adequada por apresentar gráfico com menor número de ruídos. A Figura 19 apresenta-se a comparação desses.



**Figura 19: Gráficos do ovo com uma peça (meia de nylon) e ovo com barbante.**  
**Fonte: Autor.**

Prosseguindo o estudo com a etapa 2 (dois), foram ajustados os parâmetros do equipamento com ovos comerciais, após, foram iniciados os testes e análise nos ovos férteis, sendo que estes foram selecionados por densidades (1070, 1075, 1080, 1085, acima 1085), onde cada ovo teve os critérios anotados como: lote, idade, classificação e linhagem, ensaiando 15 ovos de cada densidade obtemos Função Resposta Frequência (FRF), aceleração, impulso e coerência, como apresentado na Figura 20.



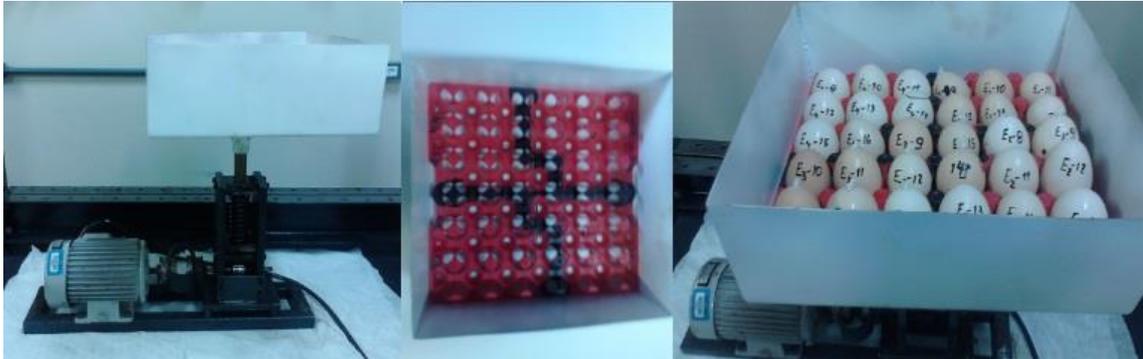
**Figura 20: Aceleração, FRF, Impulso e Coerência.**  
**Fonte: Autor.**

Para determinar as frequências de cada ovo, utilizou-se de um programa de análise modal desenvolvido em MATLAB.

### 2.3.3 Planejamento do Experimento 2

O experimento 2(dois) utilizou-se um mecanismo came-seguidor, onde no seguidor estava fixo uma caixa, sendo que dentro desta colocava-se a bandeja de plástico com 30 ovos, ensaiando os ovos por frequências de 5hz, 10Hz, 15Hz e 20Hz, com um tempo de 120 (cento e vinte) minutos de excitação. A cada

15(quinze) minutos era desligado e analisado os ovos no ovoscópio quanto a existência de trincas. O ajuste dos parâmetros do equipamento foi realizado com ovos comerciais e assim dado continuidade com ovos férteis. Figura 21.



**Figura 21: Procedimento de excitação.**  
Fonte: Autor.

O controle da frequência de excitação foi realizado por meio de um inversor de frequência da marca Moeller, como mostrado na Figura 22.



**Figura 22: Inversor de frequência.**  
Fonte: Autor.

Como os ovos férteis são de duas linhagens de matriz novas e velhas *cobb slow* e *Hubbard*, foram separados e gerados 4 (quatro) estratos  $E_1, E_2, E_3$  e  $E_4$  como na Tabela 4, na qual em cada frequência movida, tem-se 4 (quatro) posições diferentes, como na Figura 23.

Tabela 4: Estratos.

Estratos	Lote	Idade (semanas)	Classificação	Linhagem	Quantidade de ovos
$E_1$	15	26	novo	cobb slow	30
$E_2$	16	57	velho	cobb slow	30
$E_3$	11	31	novo	Hubbard	30
$E_4$	5	67	velho	Hubbard	30

Fonte: Autor.

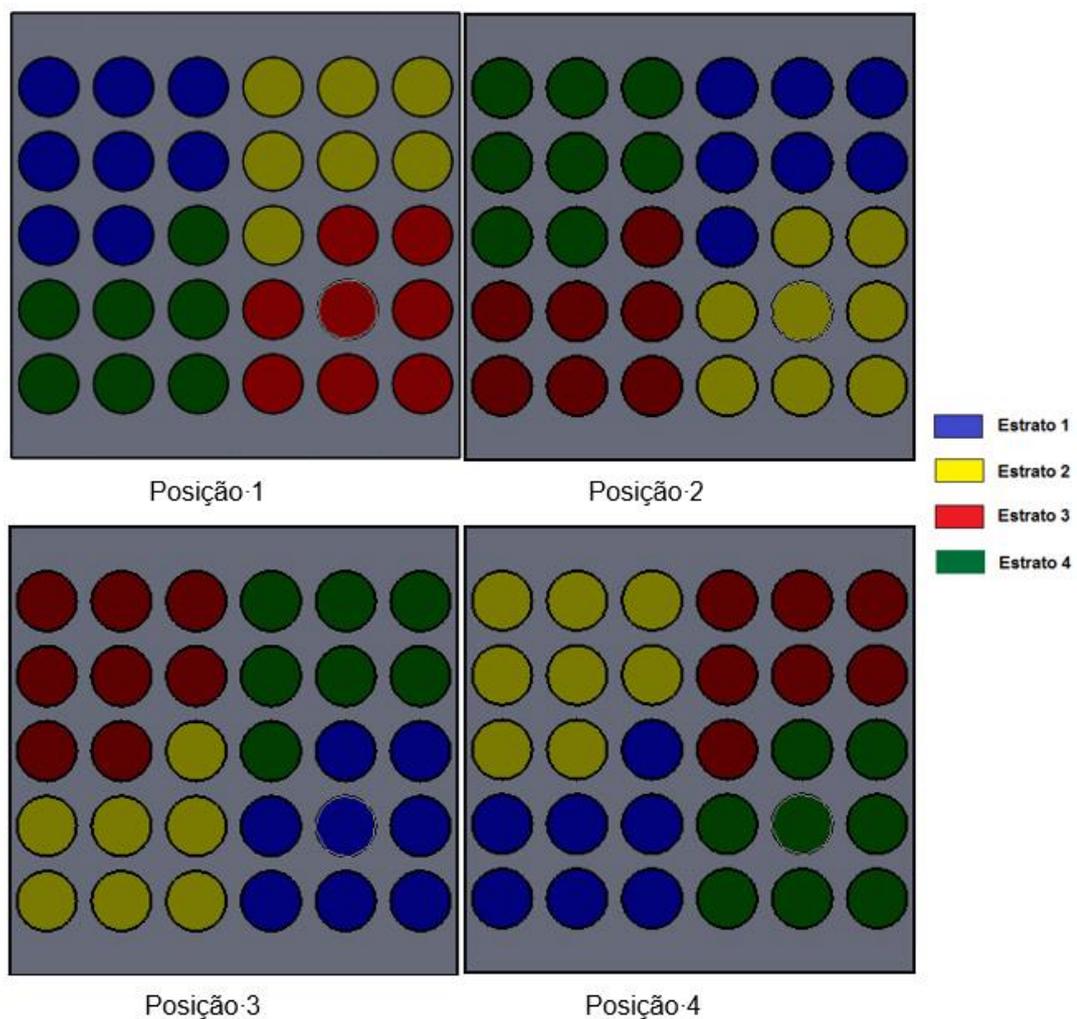
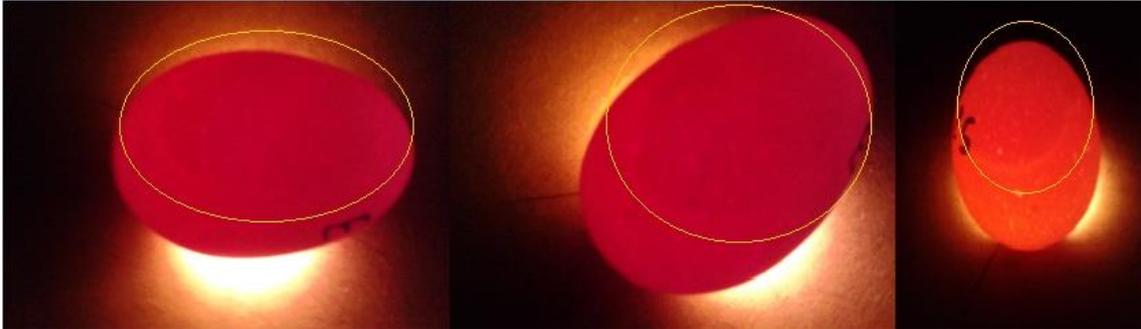


Figura 23: Posições dos lotes nas bandejas.  
Fonte: Autor.

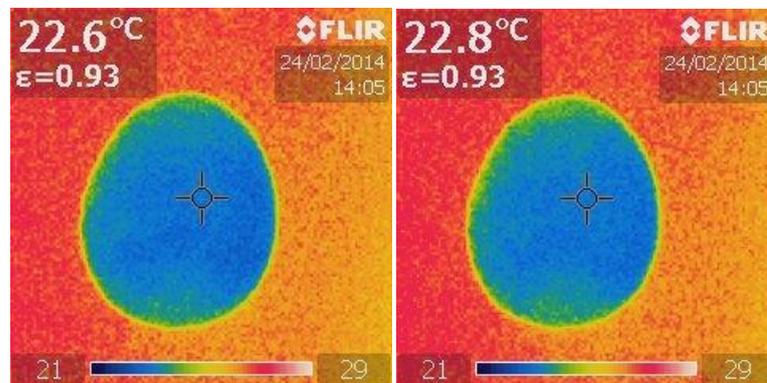
Chegou-se à conclusão de que os ovos submetidos à vibração cujas frequência foram de 15 e 20 HZ, tiveram a câmara de ar e membrana interna da casca rompida. Na análise no ovoscópio, quando girado o ovo a câmara de ar

acompanhou o giro. Já nos ovos que não sofreram vibração, a câmara de ar não foi danificada e permaneceu fixa. Demonstração na Figura 24.



**Figura 24: Ovos ensaiados em frequências de 15 a 20 HZ.**  
**Fonte: Autor.**

Após a excitação dos ovos nas diversas frequências relatadas, passou-se para a análise de *Haugh* em cada estrato gerado. Antes da análise os ovos foram retirados da geladeira e deixados sobre mesas para que ficassem com a mesma temperatura do ambiente. Desta forma foi medida a temperatura desses com uma câmera termográfica *Flir*, Figura 25.



**Figura 25: Temperatura dos ovos.**  
**Fonte: Autor.**

Materiais usados para análise de *Haugh*:

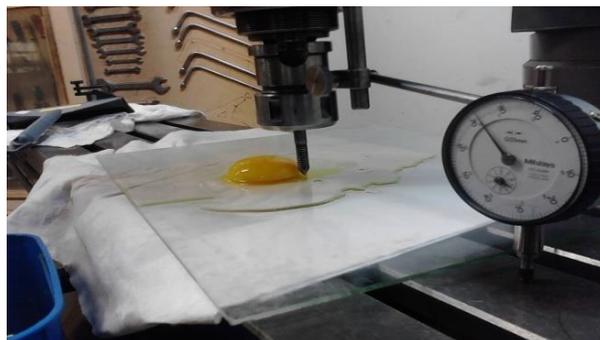
- Balança de precisão (Diamond A04);
- Relógio comparador (Mitutoyo);
- Superfície plana de vidro;
- Fresa;

- Parafuso;
- Rodo de pia; (Figura 26)



**Figura 26: Componentes usados para a análise.**  
**Fonte: Autor.**

O experimento foi realizado da seguinte maneira: primeiro foi regulado a altura do relógio comparador com da bancada da fresa e do parafuso alocado na fresa sobre a superfície de vidro, assim tendo a altura em milímetros (mm) como na Figura 27. Logo após este procedimento, foi preciso pesar o ovo e quebrá-lo sobre a superfície de vidro, encostando a ponta do parafuso sobre a parte superior do albúmen do ovo, obtendo assim a altura do albúmen, através do relógio comparador em Milímetros.



**Figura 27: Procedimento da análise.**  
**Fonte: Autor.**

Depois de ter obtido os valores das duas variáveis:  $H$  = altura da camada densa externa em mm e  $W$  = peso do ovo em gramas. Foi calculada a unidade Haugh (1) e analisado assim a qualidade do ovo.

$$HU = 100 \times \log(H - 1,7W^{0,37} + 7,6) \quad (1)$$

Para que os ovos sejam considerados de qualidade excelente devem apresentar valores de UH superiores a 72; ovos de qualidade alta, entre 60 e 72 UH e ovos de qualidade inferior, com valores de UH inferiores a 60. Estes últimos são considerados de qualidade ruim. Os resultados encontra-se na Tabela 10 e 11.

## 2.4 RESULTADOS

### 2.4.1 Resultados e Discussão do Experimento 1

As tabelas de 5 a 9, encontram-se os resultados das frequências obtidas para os ovos de densidade 1070, 1075, 1080, 1085 e acima de 1085.

**Tabela 5: Ovos com densidade 1070.**

(continua)

	<b>OVO 1</b>	<b>OVO 2</b>	<b>OVO 3</b>	<b>OVO 4</b>	<b>OVO 5</b>	<b>OVO 6</b>	<b>OVO 7</b>	<b>OVO 8</b>
<b>Linhagem</b>	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Velho	Cobb Slow Velho	Cobb Slow Velho	Hubbard Velho
<b>Diâmetro (mm)</b>	41,80	44,65	45,10	44,15	45,85	47,50	46,95	43,10
<b>Altura (mm)</b>	55,00	52,30	54,15	56,45	60,00	60,95	64,70	59,65
<b>Frequência 1</b>	1140,67	999,92	1054,17	1142,56	1155,14	936,35	1125,23	1364,48
<b>Fator de Amort, 1</b>	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,03	0,02
<b>Frequência 2</b>	1744,70	1629,29	2072,03	2020,40	2051,25	1624,56	2027,50	1865,15
<b>Fator de Amort, 2</b>	0,13	0,09	0,08	0,06	0,07	0,04	0,08	0,10
<b>Frequência 3</b>	1958,36	3136,55	-	-	4658,78	2241,48	4346,70	2306,42
<b>Fator de Amort, 3</b>	0,05	0,01	-	-	0,01	0,03	0,02	0,03
<b>Frequência 4</b>	4223,80	-	-	-	-	4177,75	5329,31	3231,68
<b>Fator de Amort, 4</b>	0,00	-	-	-	-	0,03	0,02	0,04

Fonte: Autor.

Tabela 5: Ovos com densidade 1070.

(conclusão)

	OVO 1	OVO 2	OVO 3	OVO 4	OVO 5	OVO 6	OVO 7	OVO 8
<b>Linhagem</b>	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Velho	Cobb Slow Velho	Cobb Slow Velho	Hubbard Velho
<b>Frequência 5</b>	-	-	-	-	-	5130,63	-	4815,64
<b>Fator de Amort, 5</b>	-	-	-	-	-	0,02	-	0,01
<b>Frequência 6</b>	-	-	-	-	-	5810,00	-	5648,92
<b>Fator de Amort, 6</b>	-	-	-	-	-	0,01	-	0,01
<b>Frequência 7</b>	-	-	-	-	-	6387,00	-	-
<b>Fator de Amort, 7</b>	-	-	-	-	-	0,01	-	-

Fonte: Autor.

Tabela 5: Ovos com densidade 1070.

(continua)

	OVO 9	OVO 10	OVO 11	OVO 12	OVO 13	OVO 14	OVO 15
<b>Linhagem</b>	Hubbard Velho						
<b>Diâmetro (mm)</b>	44,05	42,20	43,00	44,90	42,65	44,30	42,30
<b>Altura (mm)</b>	51,55	54,50	60,35	57,00	57,80	56,95	55,05
<b>Frequência 1</b>	1143,10	1163,22	1109,74	1187,61	1271,35	1145,49	1391,42
<b>Fator de Amort, 1</b>	0,01	0,04	0,00	0,02	0,04	0,00	0,02
<b>Frequência 2</b>	1726,73	1690,19	1930,24	1831,98	1892,04	1949,08	2350,03
<b>Fator de Amort, 2</b>	0,14	0,08	0,05	0,15	0,10	0,10	0,09
<b>Frequência 3</b>	2010,13	2744,19	2272,89	2174,24	2196,45	4990,63	4952,79
<b>Fator de Amort, 3</b>	0,06	0,02	0,06	0,10	0,09	0,01	0,02
<b>Frequência 4</b>	2325,02	5149,00	4379,48	4497,75	4543,11	5098,20	-
<b>Fator de Amort, 4</b>	0,09	0,02	0,02	0,02	0,03	0,00	-

Fonte: Autor.

**Tabela 5: Ovos com densidade 1070.**

(conclusão)

	<b>OVO 9</b>	<b>OVO 10</b>	<b>OVO 11</b>	<b>OVO 12</b>	<b>OVO 13</b>	<b>OVO 14</b>	<b>OVO 15</b>
<b>Linhagem</b>	Hubbard Velho						
<b>Fator de Amort, 5</b>	0,02	0,01	0,02	-	-	0,02	-
<b>Frequência 6</b>	-	7065,59	6142,37	-	-	-	-
<b>Fator de Amort, 6</b>	-	0,01	0,02	-	-	-	-

Fonte: Autor.

**Tabela 6: Ovos com densidade 1075.**

	<b>OVO 1</b>	<b>OVO 2</b>	<b>OVO 3</b>	<b>OVO 4</b>	<b>OVO 5</b>	<b>OVO 6</b>	<b>OVO 7</b>	<b>OVO 8</b>
<b>Linhagem</b>	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio
<b>Diâmetro (mm)</b>	44,20	39,45	44,00	43,55	43,30	43,05	40,25	42,95
<b>Altura (mm)</b>	57,20	53,80	56,95	56,25	55,50	56,75	62,00	59,05
<b>Frequência 1</b>	1025,94	1139,92	1185,86	1543,40	1500,92	1043,73	1049,65	1142,68
<b>Fator de Amort, 1</b>	0,05	0,01	0,02	0,11	0,14	0,01	0,03	0,01
<b>Frequência 2</b>	1759,56	1980,07	2017,33	2119,88	2230,39	1897,94	1774,11	1938,28
<b>Fator de Amort, 2</b>	0,07	0,07	0,05	0,08	0,04	0,10	0,03	0,03
<b>Frequência 3</b>	4576,39	4046,63	3576,72	4639,40	3084,91	4423,32	4314,07	3384,97
<b>Fator de Amort, 3</b>	0,03	0,00	0,00	0,04	0,03	0,03	0,02	0,05
<b>Frequência 4</b>	-	4840,83	-	-	5688,43	-	4978,82	-
<b>Fator de Amort, 4</b>	-	0,02	-	-	0,00	-	0,01	-
<b>Frequência 5</b>	-	-	-	-	-	-	5972,29	-
<b>Fator de Amort, 5</b>	-	-	-	-	-	-	0,01	-

Fonte: Autor.

Tabela 6: Ovos com densidade 1075.

	<b>OVO 9</b>	<b>OVO 10</b>	<b>OVO 11</b>	<b>OVO 12</b>	<b>OVO 13</b>	<b>OVO 14</b>	<b>OVO 15</b>
<b>Linhagem</b>	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Velho	Cobb Slow Velho	Cobb Slow Velho	Cobb Slow Velho	Hubbard Novo
<b>Diâmetro (mm)</b>	44,00	43,00	44,65	44,75	46,10	44,60	42,75
<b>Altura (mm)</b>	56,55	58,60	59,20	61,90	61,65	59,05	58,65
<b>Frequência 1</b>	1291,63	1207,26	1044,88	1192,15	1043,62	1196,83	1097,05
<b>Fator de Amort, 1</b>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
<b>Frequência 2</b>	1931,97	2304,49	1813,04	2068,22	1559,73	1548,44	1793,71
<b>Fator de Amort, 2</b>	0,11	0,07	0,04	0,11	0,11	0,12	0,06
<b>Frequência 3</b>	2207,47	4856,13	4658,86	4656,44	1845,21	2779,18	4202,87
<b>Fator de Amort, 3</b>	0,04	0,03	0,02	0,02	0,08	0,02	0,02
<b>Frequência 4</b>	3349,86	5823,24	-	5684,61	2194,89	4761,60	5102,45
<b>Fator de Amort, 4</b>	0,03	0,02	-	0,02	0,08	0,02	0,02
<b>Frequência 5</b>	4473,10	6633,70	-	-	2954,55	5830,29	-
<b>Fator de Amort, 5</b>	0,03	0,02	-	-	0,10	0,02	-
<b>Frequência 6</b>	-	-	-	-	4577,31	6564,81	-
<b>Fator de Amort, 6</b>	-	-	-	-	0,01	0,01	-

Fonte: Autor.

**Tabela 6: Ovos com densidade 1080.**

	<b>OVO 1</b>	<b>OVO 2</b>	<b>OVO 3</b>	<b>OVO 4</b>	<b>OVO 5</b>	<b>OVO 6</b>	<b>OVO 7</b>	<b>OVO 8</b>
<b>Linhagem</b>	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Velho
<b>Diâmetro (mm)</b>	40,50	42,60	41,40	41,10	43,85	44,45	44,10	43,50
<b>Altura (mm)</b>	55,00	56,55	52,35	52,80	58,50	55,95	54,30	63,65
<b>Frequência 1</b>	1255,70	1292,22	1398,16	1442,53	1252,17	1241,98	1406,43	1225,07
<b>Fator de Amort, 1</b>	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,05
<b>Frequência 2</b>	1936,36	2513,48	2554,81	2671,48	2146,52	2142,25	2659,16	2372,05
<b>Fator de Amort, 2</b>	0,18	0,09	0,06	0,06	0,05	0,02	0,06	0,11
<b>Frequência 3</b>	2437,33	4015,06	-	5602,24	2472,83	2432,30	5598,22	2952,51
<b>Fator de Amort, 3</b>	0,08	0,03	-	0,02	0,08	0,12	0,03	0,00
<b>Frequência 4</b>	5029,03	-	-	-	2987,20	3001,20	-	4284,49
<b>Fator de Amort, 4</b>	0,03	-	-	-	0,00	0,01	-	0,02
<b>Frequência 5</b>	-	-	-	-	3662,59	5338,48	-	5067,84
<b>Fator de Amort, 5</b>	-	-	-	-	0,04	0,02	-	0,02
<b>Frequência 6</b>	-	-	-	-	-	-	-	5742,49
<b>Fator de Amort, 6</b>	-	-	-	-	-	-	-	0,02

Fonte: Autor.

Tabela 7: Ovos com densidade 1080.

	OVO 9	OVO 10	OVO 11	OVO 12	OVO 13	OVO 14	OVO 15
<b>Linhagem</b>	Cobb Slow Velho	Cobb Slow Velho	Hubbard Novo	Hubbard Novo	Hubbard Novo	Hubbard Velho	Hubbard Velho
<b>Diâmetro (mm)</b>	45,00	44,90	41,90	41,50	43,50	44,00	43,20
<b>Altura (mm)</b>	64,30	58,90	54,00	53,60	55,55	54,65	57,90
<b>Frequência 1</b>	1185,84	1278,94	1407,86	1281,94	1392,15	1485,71	1349,88
<b>Fator de Amort, 1</b>	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,14	0,01
<b>Frequência 2</b>	1993,09	2179,03	2389,58	1921,67	2358,43	2163,75	2295,28
<b>Fator de Amort, 2</b>	0,03	0,06	0,04	0,12	0,05	0,10	0,05
<b>Frequência 3</b>	4542,97	4537,60	4728,38	2280,61	5126,38	3660,07	4708,70
<b>Fator de Amort, 3</b>	0,00	0,03	0,04	0,09	0,01	0,00	0,03
<b>Frequência 4</b>	6478,70	-	-	3024,75	-	-	5826,57
<b>Fator de Amort, 4</b>	0,01	-	-	0,03	-	-	0,01
<b>Frequência 5</b>	-	-	-	5253,91	-	-	-
<b>Fator de Amort, 5</b>	-	-	-	0,02	-	-	-
<b>Frequência 6</b>	-	-	-	7154,00	-	-	-
<b>Fator de Amort, 6</b>	-	-	-	0,00	-	-	-

Fonte: Autor.

**Tabela 7: Ovos com densidade 1085.**

	<b>OVO 1</b>	<b>OVO 2</b>	<b>OVO 3</b>	<b>OVO 4</b>	<b>OVO 5</b>	<b>OVO 6</b>	<b>OVO 7</b>	<b>OVO 8</b>
<b>Linhagem</b>	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Médio	Cobb Slow Velho	Cobb Slow Velho	Hubbard Novo
<b>Diâmetro (mm)</b>	42,10	41,40	41,75	44,20	43,40	46,00	46,50	44,25
<b>Altura (mm)</b>	54,90	54,80	54,55	54,75	58,90	62,05	59,15	59,25
<b>Frequência 1</b>	1463,28	2158,39	2205,27	1640,65	1391,87	1306,64	1511,00	1350,50
<b>Fator de Amort, 1</b>	0,02	0,12	0,09	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02
<b>Frequência 2</b>	2361,77	3298,04	2241,37	2721,86	2431,08	2260,69	2522,87	2267,33
<b>Fator de Amort, 2</b>	0,09	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>Frequência 3</b>	2416,22	4844,23	-	3401,86	5076,33	5015,99	3535,45	3274,03
<b>Fator de Amort, 3</b>	0,10	0,03	-	0,10	0,03	0,01	0,01	0,01
<b>Frequência 4</b>	5158,81	-	-	4800,63	5255,83	5940,75	3623,07	4675,13
<b>Fator de Amort, 4</b>	0,02	-	-	0,04	0,00	0,01	0,00	0,03
<b>Frequência 5</b>	-	-	-	-	-	-	-	5703,14
<b>Fator de Amort, 5</b>	-	-	-	-	-	-	-	0,03

Fonte: Autor.

**Tabela 8: Ovos com densidade 1085.**

(continua)

	<b>OVO 9</b>	<b>OVO 10</b>	<b>OVO 11</b>	<b>OVO 12</b>	<b>OVO 13</b>	<b>OVO 14</b>	<b>OVO 15</b>
<b>Linhagem</b>	Hubbard Novo						
<b>Diâmetro (mm)</b>	40,85	41,10	45,60	42,30	43,55	44,20	42,00
<b>Altura (mm)</b>	53,80	56,45	58,45	57,95	55,90	59,10	54,70
<b>Frequência 1</b>	1360,81	959,26	2353,97	1364,42	1472,15	1327,01	1201,95
<b>Fator de Amort, 1</b>	0,02	0,04	0,06	0,03	0,03	0,03	0,07
<b>Frequência 2</b>	2377,71	2482,68	3989,01	2389,13	2538,77	2291,01	2303,78

Fonte: Autor.

**Tabela 8: Ovos com densidade 1085.**

(conclusão)

<b>Fator de Amort, 2</b>	0,03	0,04	0,00	0,06	0,04	0,03	0,09
<b>Frequência 3</b>	5510,38	3217,45	5363,29	3600,95	3474,41	4111,12	5158,48
<b>Fator de Amort, 3</b>	0,02	0,03	0,02	0,05	0,00	0,02	0,02
<b>Frequência 4</b>	-	4895,71	6611,58	5221,78	5294,89	5134,03	6212,38
<b>Fator de Amort, 4</b>	-	0,02	0,02	0,02	0,06	0,02	0,02
<b>Frequência 5</b>	-	-	7594,73	6315,59	6439,51	-	-
<b>Fator de Amort, 5</b>	-	-	0,03	0,02	0,01	-	-
<b>Frequência 6</b>	-	-	-	7647,99	-	-	-
<b>Fator de Amort, 6</b>	-	-	-	0,02	-	-	-

Fonte: Autor.

**Tabela 8: Ovos com densidade acima de 1085.**

	<b>OVO 1</b>	<b>OVO 2</b>	<b>OVO 3</b>	<b>OVO 4</b>	<b>OVO 5</b>	<b>OVO 6</b>	<b>OVO 7</b>	<b>OVO 8</b>
<b>Linhagem</b>	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Novo	Cobb Slow Velho	Cobb Slow Velho	Hubbard Novo	Hubbard Novo	Hubbard Novo
<b>Diâmetro (mm)</b>	43,25	40,50	41,10	42,70	45,00	43,00	41,30	43,45
<b>Altura (mm)</b>	55,00	57,65	54,95	63,25	60,50	56,75	55,25	53,90
<b>Frequência 1</b>	2399,59	1569,89	1390,46	1490,26	1490,52	1402,11	1412,90	1428,10
<b>Fator de Amort, 1</b>	0,06	0,01	0,00	0,03	0,00	0,04	0,03	0,03
<b>Frequência 2</b>	3564,73	2659,39	2568,30	2516,74	4899,57	2550,68	2439,82	2555,82
<b>Fator de Amort, 2</b>	0,06	0,02	0,06	0,04	0,03	0,07	0,05	0,05
<b>Frequência 3</b>	4981,21	4690,53	3579,51	3570,34	5912,62	4879,59	4780,46	3518,37
<b>Fator de Amort, 3</b>	0,02	0,00	0,05	0,00	0,03	0,02	0,03	0,01
<b>Frequência 4</b>	-	5479,07	4984,04	4810,54	6683,52	5421,91	-	5141,98
<b>Fator de Amort, 4</b>	-	0,04	0,00	0,02	0,03	0,02	-	0,03
<b>Frequência 5</b>	-	6649,90	6371,75	-	-	6590,34	-	-
<b>Fator de Amort, 5</b>	-	0,03	0,02	-	-	0,01	-	-

Fonte: Autor.

**Tabela 9: Ovos com densidade acima de 1085.**

	<b>OVO 9</b>	<b>OVO 10</b>	<b>OVO 11</b>	<b>OVO 12</b>	<b>OVO 13</b>	<b>OVO 14</b>	<b>OVO 15</b>
<b>Linhagem</b>	Hubbard Novo						
<b>Diâmetro (mm)</b>	43,10	41,40	42,60	44,50	43,40	43,10	41,00
<b>Altura (mm)</b>	55,50	58,75	58,00	58,10	55,50	54,25	51,70
<b>Frequência 1</b>	1375,94	1403,48	1340,02	1515,81	1490,55	1393,84	1538,92
<b>Fator de Amort, 1</b>	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Frequência 2</b>	2434,74	2431,38	2337,76	2514,06	2448,86	2407,95	2523,58
<b>Fator de Amort, 2</b>	0,06	0,04	0,03	0,02	0,07	0,02	0,06
<b>Frequência 3</b>	3417,52	3447,11	3187,53	5282,66	4464,95	3370,19	3681,38
<b>Fator de Amort, 3</b>	0,03	0,00	0,03	0,02	0,00	0,01	0,03
<b>Frequência 4</b>	4803,65	5025,24	4634,93	6468,89	4764,30	5037,19	5448,34
<b>Fator de Amort, 4</b>	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,05	0,04
<b>Frequência 5</b>	5375,58	6778,78	5669,11	-	-	6196,40	6481,49
<b>Fator de Amort, 5</b>	0,02	0,02	0,04	-	-	0,01	0,04
<b>Frequência 6</b>	6489,18	-	6373,59	-	-	-	-
<b>Fator de Amort, 6</b>	0,01	-	0,02	-	-	-	-

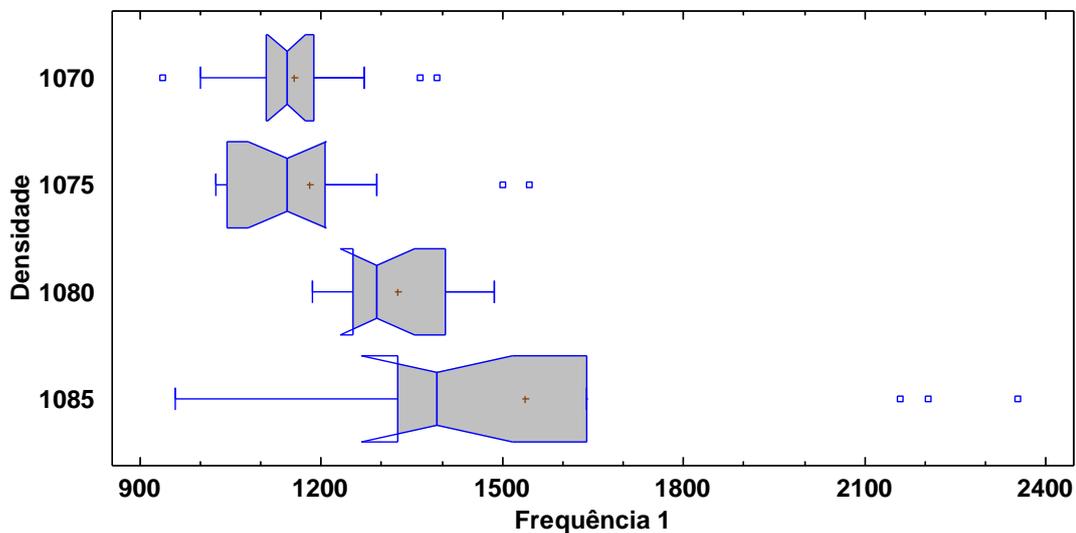
Fonte: Autor.

Optou-se por analisar somente as duas primeiras frequências por serem as mais evidentes. Após realizar a análise da variância com dois fatores (MANOVA) observou-se que a frequência 1 não depende da linhagem ( $p = 0,189 > 0,05$ ), mas exclusivamente da densidade ( $p = 0,0002 < 0,05$ ). Resultado semelhante foi obtido para a frequência 2 que também não depende da linhagem ( $p = 0,684 > 0,05$ ), mas exclusivamente da densidade ( $p = 0,0001 < 0,05$ ).

Sendo assim, partiu-se para uma análise apenas com relação à densidade para as duas primeiras frequências. Para a frequência 1 utilizou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, que testa a hipótese nula que as medianas dos quatro estratos são iguais (1070, 1075, 1080 e 1085). Os dados dos grupos são

primeiro combinados e ranqueados do menor ao maior valor. O ranque médio é então calculado para os dados em cada estrato. Desde que o valor  $p < 0,05$ , existe diferença estatística significativa entre os estratos ao nível de 95% de nível de confiança.

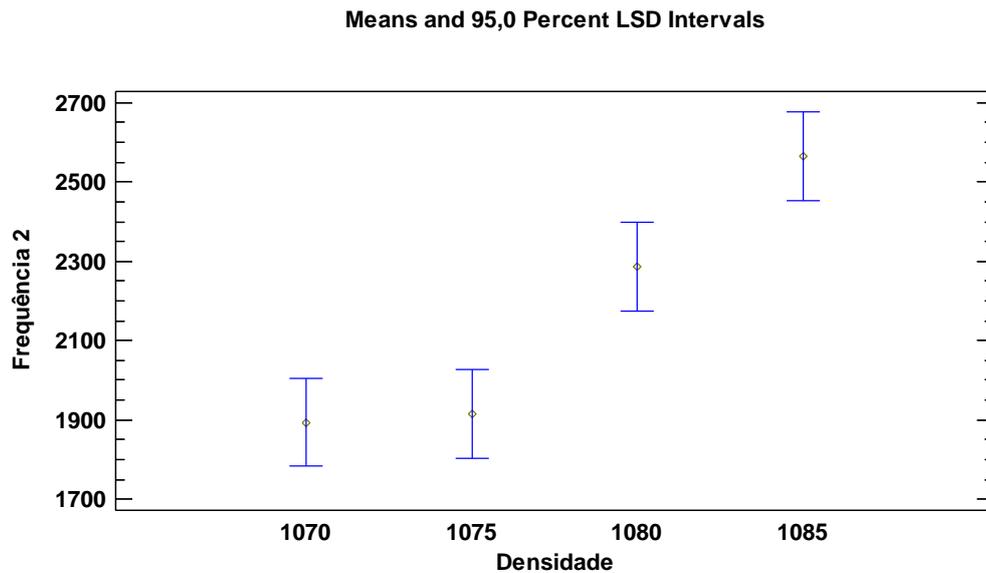
Para determinar quais medianas são significativamente diferentes com relação à frequência 1, utilizou-se um gráfico caixa e bigode (*Box-and-Whisker*), Figura 28, analisando comprimento do entalhe que apresenta o intervalo de 95% de confiança para a mediana.



**Figura 28:** Gráfico caixa e bigode para frequência 1  
**Fonte:** Autor.

Observa-se que existem 02 grupos homogêneos: grupo 1 (1070 e 1075) com uma frequência 1 mediana de 1143 Hz e grupo 2 (1080 e 1085) com uma frequência 1 mediana de 1363 Hz onde conclui-se que a densidade influencia de forma direta na frequência 1.

Para a frequência 2 foi possível utilizar a ANOVA (não houve violação que impedisse o teste). O resultado mostrou que existe diferença entre as densidades, com relação às médias da frequência 1 ( $p = 0,0001 < 0,05$ ). Conforme pode ser visto na Figura 29 existem três grupos homogêneos: grupo 1 (1070 e 1075) com uma frequência 2 média de 1905 Hz, grupo 2 (1080) com uma frequência 2 média de 2286 Hz e finalmente o grupo 3 (1085) com uma frequência 2 média de 2565 Hz, onde conclui-se que a densidade influencia de forma direta na frequência 2.



**Figura 29: Gráfico de médias para a frequência 2**  
**Fonte: Autor.**

#### 2.4.2 Resultados e Discussão do Experimento 2

No experimento 2 foi obtido trinca de ovos na frequência de 15 e 20 Hz no tempo de agitação de 120 minutos. Esse número não foi viável para citar no estudo e chegar a uma conclusão.

Assim, após ter realizado os procedimentos experimentais, foram obtidos os dados relacionados no item 2.3.1, sendo calculado a unidade de *Haugh* e verificada, desta forma, a qualidade do ovo.

**Tabela 9: Cobb slow novo (E1).**

(continua)

Ovos	Altura (mm)	Diâmetro (mm)	Freq. HZ	Densidade	Peso do ovo (g)	Altura do albúmen denso (mm)	Unidade Haugh (UH)
1	55	41,8	5	1070	47,9	5,76	79,52
2	57,2	44,2	5	1075	57,3	7,23	85,90
3	53,8	39,45	5	1075	43,6	5,79	81,41
4	53,3	41,75	5	1075	47,1	8,38	94,96
5	59,9	40,6	5	1075	49,7	8,65	95,60
6	55	40,5	5	1080	46,8	7,11	88,40
7	56,55	42,6	5	1080	53,6	7,42	88,10
8	52,35	41,4	5	1080	45,8	6,76	86,70
9	52,8	41,1	10	1080	45,7	7,03	88,30

**Fonte: Autor.**

**Tabela 10: Cobb slow novo (E1).**

(conclusão)

Ovos	Altura (mm)	Diâmetro (mm)	Freq. HZ	Densidade	Peso do ovo (g)	Altura do albúmen denso (mm)	Unidade Haugh (UH)
10	51,2	42,95	10	1080	54,4	6,20	80,22
11	51,95	41,1	10	1080	45	4,85	74,02
12	56,5	42,8	10	1080	52,5	6,51	82,93
13	57	40,4	10	1080	47,7	5,50	77,79
14	55,25	41,8	10	1080	49,8	7,43	89,28
15	54,9	42,1	10	1085	50,9	5,99	80,03
16	54,8	41,4	15	1085	49,2	5,55	77,56
17	54,55	41,75	15	1085	48,9	6,81	85,98
18	56,75	41,4	15	1085	51,3	4,68	69,74
19	51,1	40,2	15	1085	42,6	4,11	68,99
20	58,75	40,9	15	1085	52,7	6,03	79,65
21	57,5	41	15	1085	52,4	6,08	80,10
22	58,2	42,6	15	1085	55,3	5,91	77,86
23	55	43,25	15	1085+	54,7	6,39	81,40
24	57,65	40,5	20	1085+	45,6	6,48	85,09
25	54,95	41,1	20	1085+	48,9	5,18	74,90
26	55,45	41	20	1085+	48,6	6,50	84,18
27	53,1	40,25	20	1085+	45,5	4,82	73,55
28	51,1	41,05	20	1085+	44,8	4,51	71,34
29	55,75	41,7	20	1085+	51,3	6,68	84,40
30	53,35	41,4	20	1085+	48,3	6,73	85,69

Fonte: Autor.

**Tabela 10: Cobb slow velho (E2).**

(continua)

Ovos	Altura (mm)	Diâmetro (mm)	Freq. HZ	Densidade	Peso do ovo (g)	Altura do albúmen denso (mm)	Unidade Haugh (UH)
1	60	45,85	5	1070	64,5	2,94	41,45
2	60,95	47,5	5	1070	68,5	6,67	78,87
3	64,7	46,95	5	1070	71	7,49	83,63
4	61,25	41,6	5	1070	67,6	6,94	81,01
5	63,5	42,45	5	1070	56,9	3,15	50,06
6	58	45,55	5	1070	62,1	5,56	72,65
7	59,2	44,65	5	1075	62,3	3,88	56,09
8	61,9	44,75	10	1075	61,3	4,43	62,69
9	61,65	46,1	10	1075	67,4	4,52	60,71
10	59,05	44,6	10	1075	60,7	5,19	70,10
11	63,5	44,3	10	1075	64,9	4,42	60,84
12	72,8	45	10	1075	75,9	6,51	75,39

Fonte: Autor.

Tabela 11: Cobb slow velho (E2).

(conclusão)

Ovos	Altura (mm)	Diâmetro (mm)	Freq. HZ	Densidade	Peso do ovo (g)	Altura do albúmen denso (mm)	Unidade Haugh (UH)
13	61,35	43,8	10	1075	61,4	3,81	55,76
14	58,4	42,8	10	1075	55,2	5,2	72,44
15	63	45,6	10	1075	67	4,38	59,38
16	63,65	43,5	15	1080	63,1	5,58	72,44
17	64,3	45	15	1080	68,8	5,67	71,05
18	58,9	44,9	15	1080	61,6	5,52	72,52
19	60,8	44	15	1080	60,7	5,43	72,13
20	60,8	46,35	15	1080	69,6	6,41	76,64
21	57,3	43,85	15	1080	57,1	4,58	66,15
22	61,25	44	15	1080	61,9	6,12	77,06
23	63	45,5	20	1080	68,5	3,28	44,06
24	65	44,65	20	1080	67,3	6,43	77,53
25	62,05	46	20	1085	69,1	5,9	72,85
26	59,15	46,5	20	1085	64,2	3,15	45,04
27	59,5	45,55	20	1085	65	5,77	73,27
28	63,25	42,7	20	1085+	64,6	2,6	35,26
29	60,5	45	20	1085+	59,2	4,52	64,59
30	61,4	46,7	20	1085+	69,1	5,93	73,09

Fonte: Autor.

Tabela 11: Hubbard novo (E3).

(continua)

Ovos	Altura (mm)	Diâmetro (mm)	Freq. HZ	Densidade	Peso do ovo (g)	Altura do albúmen denso (mm)	Unidade Haugh (UH)
1	58,65	42,75	5	1075	56,3	8,48	93,05
2	54	41,9	5	1080	48,3	6,23	82,56
3	53,6	41,5	5	1080	48,1	6,38	83,59
4	55,55	43,5	5	1080	55,4	6,05	78,83
5	57,21	43,65	5	1080	57,6	6,70	82,49
6	56,45	44	5	1080	57,9	6,42	80,54
7	58,5	45,45	5	1080	64,8	6,44	78,41
8	60,9	43,95	5	1080	62,4	6,10	76,74
9	57,9	44	10	1080	57,9	6,32	79,85
10	55,8	40,65	10	1080	43	5,71	81,11
11	59,25	44,25	10	1085	61,7	5,30	70,64
12	53,8	40,85	10	1085	47	5,37	77,12
13	56,45	41,1	10	1085	50,2	4,60	69,55
14	58,45	45,6	10	1085	62,5	6,38	78,74

Fonte: Autor.

Tabela 12: Hubbard novo (E3).

(conclusão)

Ovos	Altura (mm)	Diâmetro (mm)	Freq. HZ	Densidade	Peso do ovo (g)	Altura do albúmen denso (mm)	Unidade Haugh (UH)
15	57,95	42,3	10	1085	54,9	5,58	75,56
16	55,9	43,55	15	1085	55,5	4,68	67,82
17	59,1	44,2	15	1085	59	4,25	61,96
18	54,7	42	15	1085	50,2	5,96	80,08
19	55,6	42,3	15	1085	52,4	5,90	78,85
20	57	43,5	15	1085	57	5,70	75,68
21	56,75	43	15	1085+	55,2	6,04	78,83
22	55,25	41,3	15	1085+	48,7	5,98	80,76
23	54,25	43,1	15	1085+	52,2	5,82	78,36
24	53,9	43,45	20	1085+	53	6,32	81,52
25	55,5	43,1	20	1085+	54,5	4,21	63,82
26	58,75	41,4	20	1085+	52,8	6,42	82,24
27	58	42,6	20	1085+	54,1	5,25	73,30
28	58,1	44,5	20	1085+	59,9	4,87	67,59
29	55,5	43,4	20	1085+	53,4	4,96	71,21
30	51,7	41	20	1085+	45,3	5,47	78,54

Fonte: Autor.

Tabela 12: Hubbard velho (E4).

(continua)

Ovos	Altura (mm)	Diâmetro (mm)	Freq. HZ	Densidade	Peso do ovo (g)	Altura do albúmen denso (mm)	Unidade Haugh (UH)
1	59,65	43,1	5	1070	56,3	4,09	61,67
2	51,55	44,05	5	1070	56,9	4,15	61,98
3	54,5	42,2	5	1070	49,1	4,43	68,57
4	60,35	43	5	1070	55,4	2,89	47,44
5	57	44,9	5	1070	55,9	5,12	71,49
6	57,8	42,65	5	1070	53,4	3,05	51,10
7	56,95	44,3	5	1070	52,9	4,84	70,40
8	55,05	42,3	10	1070	52,8	4,95	71,38
9	54,4	43,25	10	1080	43,2	3,56	63,47
10	59,2	42,15	10	1080	49,2	3,8	62,47
11	53,4	43,15	10	1080	55,8	2,58	42,35
12	58,2	43,45	10	1080	54,8	2,74	45,66
13	56,05	44,2	10	1080	41,6	4,52	72,97
14	57,15	44,3	10	1080	52,5	5,87	78,60
15	55,25	44,2	10	1080	55,1	4,82	69,26
16	57,2	44	15	1080	59,8	7,91	89,13
17	60,1	43,45	15	1080	56,6	4,4	64,66

Fonte: Autor.

Tabela 13: Hubbard velho (E4).

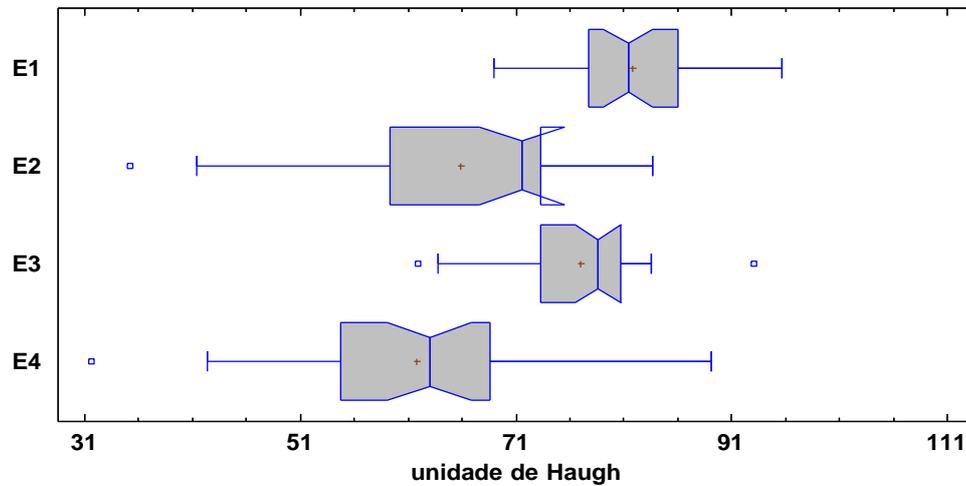
(conclusão)

Ovos	Altura (mm)	Diâmetro (mm)	Freq. HZ	Densidade	Peso do ovo (g)	Altura do albúmen denso (mm)	Unidade Haugh (UH)
18	59	43,3	15	1080	51,3	4,5	68,14
19	56,6	43,6	15	1080	51,6	3,89	62,08
20	55,25	42,5	15	1080	54,2	4,55	67,23
21	58,05	43,2	15	1080	50,3	3,57	59,39
22	58,15	42,3	15	1080	53,8	4,54	67,33
23	54,65	44	20	1080	55,4	4,74	68,41
24	57,9	43,2	20	1080	56,6	2,04	31,64
25	57,6	43,35	20	1080	57,3	3,72	57,02
26	56	44	20	1080	55,2	3,63	57,19
27	59,2	42,75	20	1080	56,8	3,04	48,60
28	56,6	43,85	20	1080	53	4,52	67,52
29	55	43,4	20	1070	48,1	2,86	52,30
30	56,05	43,2	20	1080	53,6	3,34	54,69

Fonte: Autor.

Num primeiro momento investigou-se a posição dos ovos na caixa (estratos E1, E2, E3 e E4). Utilizou-se o teste não paramétrico *Kruskal-Wallis*, que testa a hipótese nula de que as medianas dos quatro estratos são iguais. Os dados dos grupos são, inicialmente, combinados e ranqueados do menor ao maior valor. O ranque médio é então calculado para os dados em cada estrato. Desde que o valor  $p < 0,05$ , existe diferença estatística significativa entre os estratos ao nível de 95% de confiança.

Para determinar quais medianas são significativamente diferentes, utilizou-se um gráfico caixa e bigode (*Box-and-Whisker*), Figura 30, por meio do qual foi analisado o comprimento do entalhe que apresenta o intervalo de 95% de confiança para a mediana.



**Figura 30: Gráfico caixa e bigode em função da posição na caixa.**  
**Fonte: Autor.**

Observa-se a existência de 03 grupos: grupo 1 (E1 e E3), grupo 2 (E2) e grupo 3 (E4), de onde conclui-se que a posição na caixa influenciou na unidade de *Haugh*. Isso sugere que, em condições de transporte, posição é um fator a ser analisado em futuras investigações. Também cabe comentar que, embora a diferença estatística exista, a mediana dos quatro estratos permite classificar os ovos com qualidade alta (>60) ou excelente (>72).

A seguir analisa-se o principal objetivo, no que diz respeito à influência da vibração na qualidade do ovo, que compreende verificar se existe influência da frequência (05, 10, 15 e 20 Hz) na qualidade do ovo, para um tempo fixado de 120 minutos de ensaio. Utilizou-se o teste não paramétrico *Kruskal-Wallis*, que testa a hipótese nula que as medianas dos quatro estratos são iguais. Com um valor  $p = 0,19 > 0,05$ , observou-se que, para 120 minutos de exposição, para os quatro níveis de frequência, não houve diferença estatística, o que pode ser ilustrado pela Figura 31.

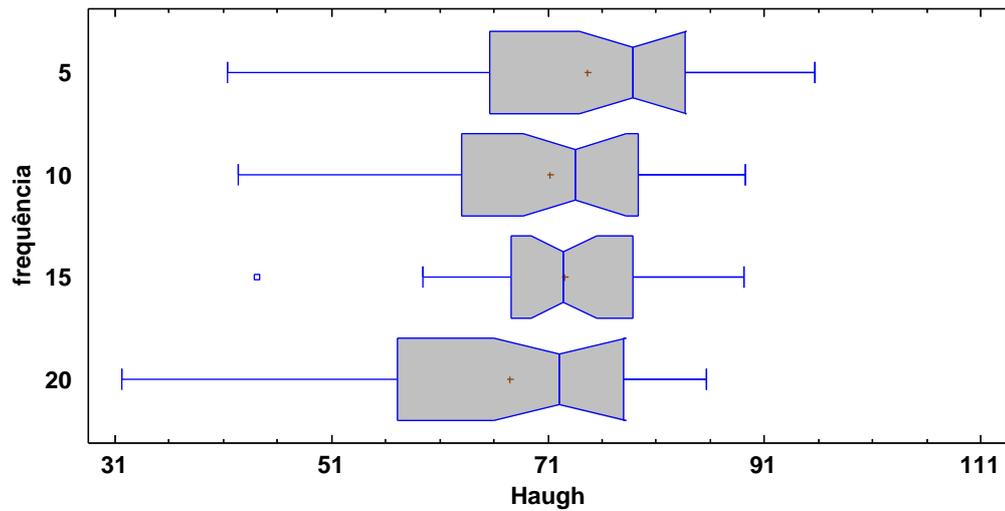


Figura 31: Gráfico caixa e bigode em função das frequências ensaiadas.  
Fonte: Autor.

A seguir analisou-se a existência de influência da linhagem e da idade destas em relação à qualidade dos ovos pela unidade de Haugh. Utilizou-se o teste não paramétrico *Kruskal-Wallis*, que testa a hipótese nula de que as medianas dos quatro estratos são iguais. Houve diferença estatística com um valor  $p = 0,00001 < 0,05$ . Observam-se três grupos homogêneos: grupo 1 (*Hubbard* velho), grupo 2 (*Cobb Slow* velho) e o grupo 3 (*Hubbard* novo e *Cobb Slow* novo). Embora o grupo 1 ainda apresente uma mediana classificada como de qualidade alta, existe uma clara indicação de que a idade da matriz contribui para obtenção de ovos de melhor qualidade, mesmo que expostos à vibração.

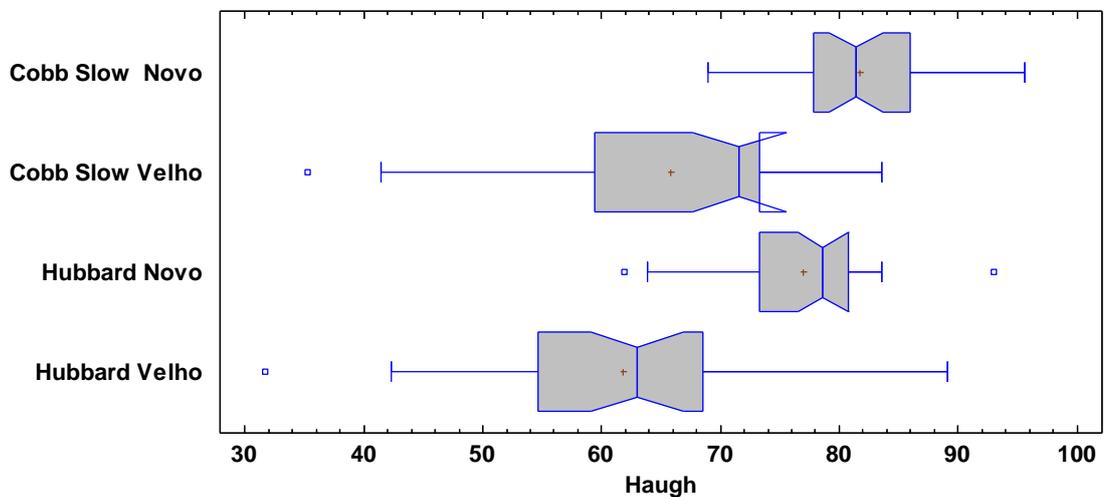


Figura 31: Gráfico caixa e bigode em função da linhagem e idade.  
Fonte: Autor.

### 3. CONCLUSÕES

Com o objetivo de avaliar eventuais perdas na linha de produção de ovos férteis durante o transporte destes, a partir de sua caracterização, conclui-se que nos experimentos realizados, foram obtidos resultados interessantes. No experimento 1(um), a frequência não dependeu da linhagem e sim da densidade, sendo que a densidade influencia de forma direta nas frequências 1 e 2 realizadas no estudo.

Para a frequência 2 os resultados mostraram que existe diferença entre as densidades. Existem três grupos homogêneos: grupo 1 (1070 e 1075) com uma frequência 2 média de 1905 Hz, grupo 2 (1080) com uma frequência 2 média de 2286 Hz e finalmente o grupo 3 (1085) com uma frequência 2 média de 2565 Hz, onde conclui-se que densidade influencia de forma direta na frequência 2.

Os resultados do experimento 1 podem ser utilizados em estudos de melhoria das condições de transporte. Para tal, pretende-se no futuro, realizar o acompanhamento de vibrações durante o transporte. Esse acompanhamento irá permitir estudar se essas frequências são excitadas e possível influência na degradação dos ovos (perda de qualidade ou danos físicos como trincas).

No experimento 2(dois) não houve diferença estatística para os quatro níveis de frequência de excitação, onde existe uma clara indicação de que a idade da matriz contribui para ovos de melhor qualidade, mesmo que expostos à vibração.

Os resultados do experimento 2 ainda são preliminares, devido ao experimento não ter simulado na íntegra as condições reais de transporte.

Para trabalhos futuros, foi detectado através dos experimentos, que é necessário realizar investigações por meio do equipamento *shaker*, por esse ser mais preciso. Outros fatores a serem analisados dizem respeito às condições de transporte e posição das bandejas.

## REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, J. B.; **Qualidade físico-química de ovos comerciais: Avaliação e manutenção da qualidade.**2012.

ALTUNTAS, E.; ŞEKEROĞLU, A.; **Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs**; Original Research Article *Journal of Food Engineering*, Volume 85, Issue 4, April 2008, Pages 606-612

AZIS, W. G. A.; TEIXEIRA, L. F. A.; **Manejo de ovos férteis: Cuidados da coleta até o nascimento** (2011).

BENITES, C. I.; FURTADO, P. B. S.; SEIBEL, N. F. **Características e aspectos nutricionais do ovo.** In: SOUZ-SOARES, L. A.; SIEWERDT, F. *Aves e ovos.* Pelotas: UFPEL, 2005.

BERARDINELLI, A.; DONATI, V.; GIUNCHI, A.; GUARNIERI, A.; RAGNI, L.; **Effects of Transport Vibrations on Quality Indices of Shell Eggs**; Original Research Article *Biosystems Engineering*, Volume 86, Issue 4, December 2003, Pages 495-502

CLOSA, S. J.; MARCHESICH, C.; CABRERA, M.; MORALES, J. C. M. Composición de huevos de gallina y codorniz. **Archivos Latinoamericanos de nutrición**, Caracas, v. 49, n.2. 1999. Disponível em: [http://www.alanrevista.org/ediciones/1999-2/composicion\\_huevos\\_gallina\\_codorniz.asp](http://www.alanrevista.org/ediciones/1999-2/composicion_huevos_gallina_codorniz.asp). Acesso em: 12 de setembro de 2013.

COUCKE, P.; KETELAERE, B.; **Experimental analysis of the dynamic, mechanical behaviour of a chicken egg**; Original Research Article *Journal of Sound and Vibration*, Volume 266, Issue 3, 18 September 2003, Pages 711-721

COUCKE, P.; KETELAERE, B.: **Eggshell Crack Detection based on Acoustic Resonance Frequency Analysis**; Original Research Article *Journal of Agricultural Engineering Research*, Volume 76, Issue 2, June 2000, Pages 157-163

DANTASROTOL; **Imagem de Bandejas de plásticos para ovos.** Disponível em: <[http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-500986682-bandeja-plastica-para-ovos-\\_JM#!/calificacions](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-500986682-bandeja-plastica-para-ovos-_JM#!/calificacions)>. Acessado em 02 de setembro de 2013.

DALANEZI, J.A.; MENDES, A.A.; GARCIA, E. A.; GARCIA, R. G.; MOREIRA, J.; TAKITA, T.S.; PAZ, I.C.L.A. **Efeito da idade da matriz sobre o rendimento e qualidade da carne de frangos de corte.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 24. n. 4 p. 685-690, 2004.

HAMILTON, R. M. G. **Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality**. Poultry Science, Ithaca, v. 61, p. 2022-2039, 1982.

JONATAN; **Ovoscópio**, 2009; Disponível

em:<<http://agronegocioavicultura.blogspot.com.br/2009/08/ovoscopio.html>>Acessado em 04 de setembro de 2013.

KEMPS,B.; KETELAERE,B.; BAMELIS,F.; GOVAERTS,T.; MERTENS,K.; KAMERS,B.; TONA,K.; DECUYPERE,E.; BAERDEMAEKER,J.; **Development of a Methodology for the Calculation of Young's Modulus of Eggshell using Vibration Measurements**; Original Research ArticleBiosystems Engineering, Volume 89, Issue 2, October 2004, Pages 215-221

NAZARENO, A. C.; **Ambiência pré-porteira; avaliação das condições bioclimáticas e das operações pré-eclosão na qualidade de pintos de corte**.Tese (Doutorado em física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012, p. 85-117.

NAZARENO, A. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; CAMARGO, J. R.; MEDEIROS, S. R. R.; **Caracterização do microclima dos diferentes layouts de caixas no transporte de ovos férteis**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.3, p.327–332, 2013.

ORNELLAS, L. H. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos**. 7. ed. São Paulo: Editora Metha, 2001.

PERIANU, C.; KETELAERE, B.; PLUYMERS, B. ; DESMET, W. ; DEBAERDEMAEKER, J. ; DECUYPERE, E.; **Finite element approach for simulating the dynamic mechanical behaviour of a chicken egg**; Original Research ArticleBiosystemsEngineering, Volume 106, Issue 1, May 2010, Pages 79-85.

SILVA, M. M. A.; **APLICAÇÃO DE RECURSOS ALTERNATIVOS EM AULAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO NA CIDADE DE ANGICOS-RN**, Monografia -Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Angicos, 2013.

VAN, N. W.; MEINDERTS, J.; BONNIER, P.; KASPER, H.; **A incubação de ovos por galinhas e na incubadora**; Fundação Agromisa, Wageningen, 2004.

VIEIRA JR, P. A.; LIMA, F.; BELIK, W.; **Agentes e instituições da cadeia produtiva do frango de corte**; In: VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología Rural, 2006, Quito. Anais do VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología Rural, (2006).

ZARDO, F.; DAROS, R.; **FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITO DE ALUMÍNIO REFORÇADO COM SiC NANOMÉTRICO UTILIZANDO VIBRAÇÃO NO PROCESSAMENTO**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná Pato Branco, 2013.

WANG, J.; JIANG,R.S.; YU, Y.; **Relationship between dynamic resonance frequency and egg physical properties**; Original Research Article Food Research International, Volume 37, Issue 1, January 2004, Pages 45-50

RAMOS, B. F. S. **Gema de ovo composição em aminas biogénicas e influência da gema na fração volátil de creme de pasteleiro**. 2008.111f.Dissertação (Mestrado em Controlo de qualidade) – Faculdade de farmácia,Universidade do Porto, Porto.

USDA. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS. **National Nutrient Database for Standard Reference, release 25 – food group 1: Dairy and Egg Products**.2012. Disponível em:<http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/SR25/reports/sr25fg01.pdf>. Acesso em 12 de setembro de 2013.

USDA. **UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Egg-Grading Manual. Washington**. n.75, 2000. Disponível em: <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELDEV3004502>. Acesso em 12 de setembro de 2013.

## ANEXOS

## DOCUMENTOS DE LICENÇA DO PROJETO.



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
Câmpus Dois Vizinhos  
Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA



## MEMORANDO DE ENCAMINHAMENTO

PARA: **Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA**

Encaminho documentos pertinentes à análise do "Projeto intitulado: Estudo das perdas produtivas no transporte de ovos por meio de análise de vibrações: caracterização do problema." A pesquisa será desenvolvida no TCC2 pelo aluno Maurício Macedo de Lacerda Filho.

Salientamos que o uso de ovos férteis é importante pelo rigor metodológico da pesquisa, uma vez que os dados obtidos serão analisados e comparados com histórico de perdas de transporte de ovos férteis por empresa parceira, das linhagens e idades mencionadas no formulário unificado.

Pato Branco, 16 de dezembro de 2013.

Prof.<sup>a</sup> Gilson Adamczuk Oliveira

Coordenador do Projeto

Fone: (46)32202675

E-mail: gilson@utfpr.edu.br



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
Câmpus Dois Vizinhos  
Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA



## REQUERIMENTO

Eu, Gilson Adamczuk Oliveira, Professor(a) do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco, venho pelo presente, requerer que seja avaliado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UTFPR-DV, o Projeto intitulado: Estudo das perdas produtivas no transporte de ovos por meio de análise de vibrações: caracterização do problema.

Contato: Gilson Adamczuk Oliveira

Celular: (46)99178691

Ramal: 2675

E-mail: gilson@utfpr.edu.br

Pato Branco, 16 de dezembro de 2013.

Prof<sup>a</sup>. Gilson Adamczuk Oliveira

Coordenador do Projeto

Fone: (46)32202675

E-mail: gilson@utfpr.edu.br



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
Câmpus Dois Vizinhos  
Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA



11.9.2.5 Duração:	
<i>Utilize esta tabela para o preenchimento de um fármaco. Copie, cole e preencha a tabela, quantas vezes forem necessárias, até que todos os fármacos sejam contemplados. No campo "fármaco", deve-se informar o(s) nome(s) do(s) princípio(s) ativo(s) com suas respectivas Denominação Comum Brasileira (DCB) ou Denominação Comum Internacional (DCI)</i>	
11.9.3 Outros cuidados pós-operatórios:	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
11.9.3.1 Descrição:	
11.10 Exposição / Inoculação / Administração:	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
11.10.1 Fármaco / Outro(s):	
11.10.2 Dose (UI ou mg/kg):	
11.10.3 Via de administração:	
11.10.4 Frequência:	
11.10.5 Duração:	
<i>Utilize esta tabela para o preenchimento de um fármaco. Copie, cole e preencha a tabela, quantas vezes forem necessárias, até que todos os fármacos sejam contemplados. No campo "fármaco", deve-se informar o(s) nome(s) do(s) princípio(s) ativo(s) com suas respectivas Denominação Comum Brasileira (DCB) ou Denominação Comum Internacional (DCI)</i>	
11.11 Extração de material biológico:	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
11.11.1 Material biológico:	11.11.2 Quantidade:
11.11.3 Frequência:	11.11.4 Método de coleta:
<i>Utilize esta tabela para o preenchimento de um material biológico. Copie, cole e preencha a tabela, quantas vezes forem necessárias, até que todos os materiais sejam contemplados.</i>	
12. Finalização	
12.1 Será realizada a eutanásia?	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
12.1.1 Se sim, qual será o método de indução de morte? O embrião não terá processo de eclosão. A morte ocorrerá por não eclosão (0,5% a 1,5% diário a partir do 6º dia conforme manual Cobb-Vantress), uma vez que os ovos ficarão estocados em geladeira e os experimentos durarão (entre classificação, recebimento e execução dos testes) mais 30 dias.	
12.1.2 Descrição:	
12.1.3 Substância, dose, via:	
12.1.4 Em caso de método restrito, justifique:	
12.2 Destino dos animais após o experimento:	
12.3 Forma de descarte da carcaça:	
12.4 Resumo dos procedimentos (relatar todos os procedimentos com os animais):	
13. Termo de Responsabilidade	
<b>(LEIA CUIDADOSAMENTE ANTES DE ASSINAR)</b>	
Eu, Gilson Adamczuk Oliveira (nome do responsável), certifico que:	
a) li o disposto na Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, e nas demais normas aplicáveis à utilização de animais em ensino e/ou pesquisa, especialmente as Resoluções Normativas do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA;	
b) este estudo não é desnecessariamente duplicativo, possuindo mérito científico e a equipe participante deste projeto/aula foi treinada e é competente para executar os procedimentos descritos neste protocolo;	
c) não existe método substitutivo que possa ser utilizado como uma alternativa ao projeto.	
Assinatura:	
Data:	16 /12 /2013
14. Anexar o projeto de pesquisa conforme modelo da DIRPPG da UTFPR/DV em pdf ( <a href="http://www.utfpr.edu.br/doisvizinhos">http://www.utfpr.edu.br/doisvizinhos</a> ), ou projeto de extensão conforme modelo da DIREC da UTFPR/DV em pdf ( <a href="http://www.utfpr.edu.br/doisvizinhos">http://www.utfpr.edu.br/doisvizinhos</a> ), ou plano de aula com todas as informações pertinentes.	
15. Quando cabível, anexar o termo de consentimento livre e esclarecido do proprietário ou responsável pelo animal.	
16. Este formulário refere-se à solicitação de análise do projeto de pesquisa/ensino/extensão/treinamento envolvendo o uso de animais e não possui caráter autorizador, o mesmo será obrigatoriamente submetido ao comitê de ética no uso de animais da UTFPR podendo ser indeferido, deferido, solicitados esclarecimentos e/ou alterações para apresentar conformidade antes de ser executado.	
17. Será necessária a anuência do responsável:	
- No caso de projeto de pesquisa ou treinamento: DIRPPG	
- No caso de aula prática: Coordenação do curso	
- No caso de projeto de extensão: DIREC	
18. Resolução da CEUA:	
 <b>Prof. Dr. Mário Alves da Cunha</b> Diretor de Pesquisa e Pós-Graduação UTFPR - Câmpus Pato Branco	
A Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA, na sua reunião de ____ / ____ / ____, APROVOU os procedimentos éticos apresentados neste Protocolo.  Assinatura: _____ Presidente da Comissão	

Estrada para Boa Esperança, Km 04 - Cx. Postal 157 - CEP 85660-000 - Dois Vizinhos - PR - Brasil  
Telefone Geral +55 (46) 3536-8900 - ceua@utfpr.edu.br



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
Câmpus Dois Vizinhos  
Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA



DECLARAÇÃO

PARA: **Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA**

Declaro que a fase experimental do “Projeto intitulado: Estudo das perdas produtivas no transporte de ovos por meio de análise de vibrações: caracterização do problema” não iniciou, aguardando parecer do comitê de ética.

Pato Branco , 16 de dezembro de 2013.

Prof<sup>ª</sup>. Gilson Adamczuk Oliveira

Coordenador do Projeto

Fone: (46)32202675

E-mail: gilson@utfpr.edu.br



**PROJETO DE PESQUISA / AULA PRÁTICA**

<b>Título:</b>	Estudo das perdas produtivas no transporte de ovos por meio de análise de vibrações: caracterização do problema
<b>Área Temática:</b>	30800005 - Engenharia de produção (informação de área dada pelo autor)
<b>Pesquisador / Professor:</b>	Gilson Adamczuk Oliveira
<b>Instituição:</b>	UTFPR câmpus Pato Branco.
<b>Versão:</b>	001

PARECER CONSUBSTANCIADO DA CEUA	Protocolo nº 2013-012
<b>Título:</b> Estudo das perdas produtivas no transporte de ovos por meio de análise de vibrações: caracterização do problema	
<b>Pesquisador/Professor:</b> Gilson Adamczuk Oliveira	
<b>Área temática:</b> 30800005 - Engenharia de produção (informação de área dada pelo autor)	
<b>Instituição:</b> UTFPR câmpus Pato Branco.	
<b>Financiamento:</b> Não há.	
<b>Apresentação do Projeto:</b> Esta pesquisa está focada na logística do transporte de ovos, procurando mensurar prejuízos durante o transporte de ovos da granja de matrizes ao incubatório. Por meio de análise de parâmetros que reproduzem características do terreno e dos veículos. Os resultados servirão de subsídio para propor soluções na cadeia produtiva avícola.	
<b>Objetivo:</b> Estudar índices de trincas de ovos de 02 linhagens comerciais, submetidos a condições laboratoriais que reproduzem situação de campo para propor soluções em logística e transporte.	
<b>Avaliação dos Riscos e Benefícios:</b> O experimento envolve a utilização de ovos embrionados, oriundos de incubatório de empresa parceira a UTFPR, trasladados em veículos até o local do experimento, em condições de temperatura controlada (tipo estoque de ovos para incubação). Na natureza os ovos após postura continuam o processo de desenvolvimento com a formação das estruturas internas. Na galinha, objeto de estudo, no primeiro dia inicia-se a formação do trato alimentar, formação da placa e tubo neural (21 horas pós-postura), formação dos somitos, aparecimento de ilhotas de sangue e, início da formação dos olhos. No segundo dia ocorre, a formação de vasos sanguíneos; coração começa a bater, "a fechamento do canal neural para a formação do tubo neural" grifo nosso, formação da vesícula auditiva e formação	



Ministério da Educação  
 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
 Câmpus Dois Vizinhos  
**Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA**



<p>de regiões do futuro cérebro e vesículas cerebrais. Desta forma, considerando a capacidade de sentir como ocorrendo apenas no segundo dia. Por outro lado, o manejo de transporte de ovos realizado em a temperatura controlada (refrigerada) para o processo de desenvolvimento e o embrião não se desenvolve logo não há capacidade de sentir o estresse provocado pela manipulação. Adicionado a isso devemos observar que o material do experimento será acondicionado em geladeiras portanto, não atingindo a temperatura ideal de desenvolvimento que é 36 a 38°C. Os riscos foram sanados pela conservação por temperatura pós-postura e na manipulação do experimento.</p>
<p><b>Comentários e Considerações sobre a Pesquisa / Aula Prática:</b>          Apresenta relevância científica e aplicação em produção animal.</p>
<p><b>Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:</b>          Foram preenchidos de forma satisfatória.</p>
<p><b>Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:</b>          Nada consta.</p>
<p><b>Situação do Parecer:</b>          APROVADO</p>

Dois Vizinhos, 11 de fevereiro de 2014.

Assinado por:  
 Patricia Franchi de Freitas