

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM AVIÁRIO DE CORTE

ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY IN THE AVIAN CUTTING

João Nonis Júnior* e Márcia Marcondes Altimari Samed

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção, Av. Colombo, 5790, CEP 87.020-900, Maringá – Paraná. *Autor para correspondência. E-mail: jjonis@gmail.com

Resumo

No agronegócio, assim como em qualquer atividade produtiva, a variação de fontes energéticas e sua utilização consciente são de extrema importância para um sistema econômico sustentável. Sendo o Brasil o maior produtor de aves de corte, este trabalho analisou a eficiência energética em um aviário visando buscar as reais condições encontradas nestes ambientes. Através de diagramas de causa e efeito foi possível visualizar claramente os pontos em que a eficiência estava prejudicada, possibilitando a elaboração de um plano de ação através da ferramenta 5W1H e propor a correção dos problemas, buscando também o monitoramento constante dos equipamentos. Durante a pesquisa foram observadas situações em que os motores utilizados apresentavam baixa eficiência nominal, estando também abaixo das normas atuais, além de motores superdimensionados, que também prejudica a eficiência energética, e lâmpadas fluorescentes com baixo fator de potência. Embora a maioria dos equipamentos apresentasse boa eficiência nominal e boas condições de manutenção, foi proposta no plano de ação a substituição de alguns equipamentos e um plano de manutenção preventiva para garantir que a eficiência nominal seja obtida. Considerando que o aviário foi construído de acordo com regras impostas pelo abatedouro, assim como os equipamentos utilizados, acredita-se que a maioria dos aviários de corte brasileiros se encontre em situações semelhantes possuindo boa eficiência energética, embora existam alguns pontos que possam ser melhorados com mais investimento.

Palavras-chave: aviário, frango de corte, eficiência energética, sustentabilidade.

Abstract

In agribusiness, as at any productive activity, the diversity of energy sources and their conscious use have very importance for a sustainable economic system. Brazil is the largest chicken producer of the world, so this paper analyzed the energy efficiency in a chicken house in order to get the actual conditions in this production system. Through Ishikawa diagrams could clearly see the points where the efficiency was impaired and generate an action plan through 5W1H to propose the correction of the seen problems and seek the constant monitoring of equipment. During the research were observed situations where the used motors had low efficiency rating, being below the current standards, oversized engines, which also affect the energy efficiency, and fluorescent lamps with low power factor. Although most

of the equipment present a good efficiency rating and well maintained, has been proposed in the actions plans the replacement of some equipment and a preventive maintenance plan to ensure that the nominal efficiency will be obtained. Whereas the chicken house has been constructed in accordance with rules required by the slaughterhouse, as well as the equipment used, it is believed that most Brazilian's chicken house is on similar situations and have a good energy efficiency, although there are some points to be improved if the investments are increased.

Key-words: *chicken house, broiler, energy efficiency, sustainability.*

1. Introdução

Este trabalho visa obter informações sobre o consumo de fontes de energia em um aviário de corte, analisar sua eficiência e propor melhorias, reduzindo assim o consumo energético e os custos de produção.

A criação de frangos de corte é uma atividade econômica que gera renda ao produtor rural e alimento à população, sendo que para ser viável e se obter produtos de qualidade com poucas perdas são necessários diversos cuidados durante o crescimento das aves.

Durante a fase de crescimento da ave, até que ela esteja com peso ideal para o corte, o aviário necessita de climatização e iluminação, além de abastecer comedouros e bebedouros. Para isto são utilizados ventiladores, nebulizadores, aquecedores, lâmpadas, bombas d'água e outros motores para abastecimento dos comedouros e bebedouros. No aviário estudado, excetuando-se os aquecedores, todos os equipamentos citados acima necessitam de energia elétrica para operar, sendo que o aquecedor utiliza óleo diesel como fonte de energia.

O objetivo geral consiste na obtenção de informações que permitam a redução no consumo de energia elétrica em um aviário de corte, de forma que as condições ideais e necessárias para o desenvolvimento das aves sejam mantidas. Isto deverá ser obtido a partir da redução no consumo de energia elétrica nos motores e no sistema de iluminação.

2. Revisão de literatura

Segundo a União Brasileira de Avicultura Ubabef (2011), o Brasil é o terceiro maior produtor de carne de frango no mundo, tendo produzido 12,23 milhões de toneladas no ano de 2010 e representando cerca 1,5% do PIB Nacional, sendo o Estado do Paraná o maior produtor do país, responsável por 27,77% da produção em 2010. Desta produção 69% da carne foi consumida internamente e 31% exportada, sendo o Brasil maior exportador de carne de frango no mundo.

Para reduzir o consumo energético sem prejudicar o funcionamento dos equipamentos e a produtividade, deve-se conhecer alguns aspectos sobre a produção de aves de corte além dos aspectos técnicos destes equipamentos.

2.1. Ambiência Animal

A produção ideal para frangos de corte só pode ser obtida quando a ave estiver submetida a uma temperatura ambiente adequada, sem nenhum desperdício de energia, tanto para compensar o frio, como o calor. Quando os fatores combinados de temperatura e umidade relativa ultrapassam os limites da faixa de conforto ambiental, denominada zona termo neutra, sua habilidade de dissipar calor é altamente reduzida. É imprescindível ter-se um microclima ideal dentro do galpão, a fim de atingir-se uma eficiência de conversão energética, o mais próximo possível de 100%, segundo Teeter & Belay (1993 apud Bueno 2004).

Climatização

De acordo com Moura (2001 apud Bueno 2004), a ventilação é provavelmente o aspecto mais problemático na criação de frangos, pois afeta tanto o crescimento como a saúde do lote. Além disso, a ventilação forçada implica em gasto de energia elétrica, o que também influencia no custo total da produção, justificando o uso correto do processo de ventilação.

Além da ventilação necessita-se também de um sistema de resfriamento evaporativo, neste aspecto Sartor *et al.* (2001) realizaram um trabalho com o objetivo de avaliar o efeito de três sistemas de resfriamento evaporativo no desempenho de frangos de corte. Para isso utilizaram um galpão dividido em quatro partes nas quais foram instalados os tratamentos: ventilador associado à nebulização (VNB), ventilador de alta rotação associado à nebulização (VNA), nebulização (NEB) e nebulização acoplada ao ventilador (NEV). Os sistemas de resfriamento evaporativo (VNA e VNB) proporcionaram os melhores resultados com os maiores valores de ganho de peso por ave e os menores valores de conversão alimentar e mortalidade.

Para fornecer calor e proporcionar conforto térmico às aves no período inicial de criação, vários tipos de aquecedores têm sido utilizados. A evolução desses equipamentos deu-se sempre na busca de uma melhor forma de transferir o calor com um menor consumo de energia Moro (1995 apud Catelan, 2007).

Iluminação Artificial

A intensidade luminosa, a distribuição, a cor e a duração da luz afetam o desempenho e o bem-estar do lote. O posicionamento adequado das fontes de luz e sua distribuição estimulam as aves a procurar alimento, água e calor durante a fase de recria. Durante a fase de crescimento, a iluminação pode ser útil para moderar o ganho de peso e otimizar a eficiência da produção e a saúde do lote Mendes et. al., (2010).

Os tipos mais comuns de iluminação em aviários brasileiros são as lâmpadas incandescentes e as fluorescentes, porém há uma nova lâmpada já testada e de grande utilidade e economia no setor avícola: as lâmpadas de vapor de sódio Mendes et. al., (2010).

A instalação das lâmpadas incandescentes é barata e estas fornecem uma faixa de iluminação uniforme; porém, os custos operacionais são altos, pois a mesma gera muito calor, indesejável nos dias quentes. As lâmpadas fluorescentes apresentam maior custo inicial, realmente produzem mais luz por watt, porém a intensidade diminui com o tempo e as lâmpadas necessitam ser substituídas. Já as lâmpadas de vapor de sódio apresentam maior custo inicial, porém menor manutenção e maior vida útil Mendes et. al., (2010).

Hidratação e Alimentação

De acordo com Grunow *et al.*, (2009) o consumo de ração, durante o período médio de 45 dias entre a entrada e saída do lote, é de aproximadamente 5Kg. Considerando o lote médio de 25 mil aves, conclui-se que durante este período aproximadamente 125 toneladas de ração devem ser enviadas aos comedouros de forma que não falte ração a nenhum deles. Com isto nota-se a importância do bom funcionamento do sistema que envia as rações aos comedouros e também atenção à eficiência energética dos motores.

O fornecimento de água também é de extrema importância para a hidratação das aves, além de ser necessário para a climatização. Considerando apenas o consumo das aves, segundo Butolo (2011), cada frango consome aproximadamente 9 litros de água durante o período de criação do lote em cerca de 45 dias. Sendo assim o consumo apenas para hidratação em um lote de 25 mil aves seria de 225 mil litros, porém ainda há o consumo de água para climatização do aviário, que possui variações de acordo com o clima, o que também mostra a importância de um conjunto motor/bomba eficiente.

Eficiência Energética

Considerando o elevado potencial de conservação de energia elétrica no país os Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e do Comércio instituíram o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) no ano de 1985, a partir da portaria interministerial número 1877, com o intuito de integrar as ações visando à conservação de energia elétrica (BRASIL, 1985).

Entre as ações realizadas pelo PROCEL, a otimização da energia elétrica na avicultura foi matéria de diversos estudos realizados pela CEMIG/PROCEL que constatou a importância dos avicultores medirem seus próprios consumos específicos e identificar meios de aumentar a eficiência. Pogi e Piedade Jr. (1991 apud Bueno, 2004) estudaram o uso da eletricidade em atividades ligadas à avicultura e relataram que na atividade avícola ela é imprescindível e cada vez mais se torna necessária à racionalização da energia elétrica, devido ao seu custo sempre crescente.

Considerando os motores e as lâmpadas como sendo os principais equipamentos consumidores de energia elétrica em um aviário, torna-se necessária uma revisão teórica sobre o funcionamento destes equipamentos e a eficiência energética dos mesmos.

Motores Elétricos

Com o intuito de aumentar a eficiência energética em motores de indução trifásicos, em dezembro de 2005 entrou em vigor a portaria interministerial número 533 do Ministério de Minas e Energia, que estabelece os níveis mínimos de rendimento nominal de um motor de indução trifásico, que pode ser visto na Tabela 1, concedendo um prazo de quatro anos para adequação dos fabricantes e importadores Brasil (2005).

De acordo com Filippo Filho (2002 apud Neves e Munchow, 2010), aproximadamente 40% de toda a energia elétrica consumida no Brasil é usada para o acionamento de motores elétricos, sendo que no setor industrial cerca de 50% da energia consumida deve-se a este tipo de máquina elétrica.

Tabela 1. Rendimento nominal mínimo para motores trifásicos

Potência nominal		Polos			
CV ou HP	KW	2	4	6	8
1,0	0,75	80,0	80,5	80,0	70,0
1,5	1,1	82,5	81,5	77,0	77,0
2,0	1,5	83,5	84,0	83,0	82,5
3,0	2,0	85,0	85,0	83,0	84,0
4,0	3,0	85,0	86,0	85,0	84,5
5,0	3,7	87,5	87,5	87,5	85,5
6,0	4,5	88,0	88,5	87,5	85,5
7,5	5,5	88,5	89,5	88,0	85,5
10,0	7,5	89,5	89,5	88,5	88,5
12,5	9,2	89,5	90,0	88,5	88,5
15,0	11,0	90,2	91,0	90,2	88,5
20,0	15,0	90,2	91,0	90,2	89,5
25,0	18,5	91,0	92,4	91,7	89,5
30,0	22,0	91,0	92,4	91,7	91,0
40,0	30,0	91,7	93,0	93,0	91,0
50,0	37,0	92,4	93,0	93,0	91,7
60,0	45,0	93,0	93,6	93,6	91,7
75,0	55,0	93,0	94,1	93,6	93,0
100,0	75,0	93,6	94,5	94,1	93,0
125,0	90,0	94,5	94,5	94,1	93,6
150,0	110,0	94,5	95,0	95,0	93,6
175,0	132,0	94,7	95,0	95	
200,0	150,0	95,0	95,0	95	
250,0	185,0	95,4	95,0		

Fonte - Brasil, 2005.

Sistemas de Iluminação

Segundo Fonseca (2011) a iluminação artificial é responsável por 17% do consumo de energia elétrica no Brasil e, considerando o consumo total de energia elétrica em 2007 de 412,1 TWh, a parcela destinada à iluminação foi de aproximadamente 70TWh neste ano.

Para as lâmpadas fluorescentes compactas, foi aprovada em 2006 a Portaria Interministerial número 133 dos Ministérios de Minas e Energia, da Ciência e Tecnologia, e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que regulamenta as lâmpadas fluorescentes compactas e apresenta seus índices mínimos de eficiência, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Índice mínimo de eficiência energética (100 horas) segundo

LFC SEM INVÓLUCRO	ÍNDICE MÍNIMO (lúmen/watt)
Potência da lâmpada $\leq 8W$	43,0
$8W < \text{Potência da lâmpada} \leq 15W$	50,0
$15W < \text{Potência da lâmpada} \leq 25W$	55,0
$25W < \text{Potência da lâmpada}$	57,0
LFC COM INVÓLUCRO*	ÍNDICE MÍNIMO (lúmen/watt)
Potência da lâmpada $\leq 8W$	40,0
$8W < \text{Potência da lâmpada} \leq 15W$	40,0
$15W < \text{Potência da lâmpada} \leq 25W$	44,0
$25W < \text{Potência da lâmpada}$	45,0

* Cobertura adicional sobre o tubo de descarga, podendo ser transparente ou translúcido.

Fonte - Brasil, 2006.

As lâmpadas incandescentes possuem, em média eficiência, entre 9 e 18 lm/W (lúmens por watt) Inmetro (2012c) enquanto as lâmpadas fluorescentes apresentam uma eficiência entre 45 e 70 lm/W Inmetro (2012b). Já as lâmpadas de vapor de sódio possuem eficiência entre 85 e 145 lm/W Inmetro (2012a), demonstrando serem as mais eficientes.

Ferramentas da Qualidade

a) Diagrama de Causa e Efeito: é uma representação gráfica que permite a organização das informações possibilitando a identificação das possíveis causas de um determinado problema ou efeito. Também chamado de diagrama de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, mostra-nos as causas principais de uma ação, as quais dirigem para as sub-causas, levando ao resultado final.

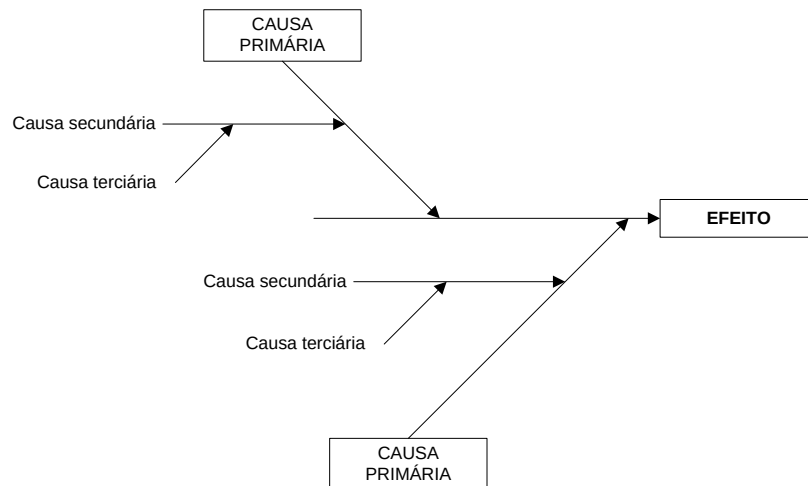
A Figura apresenta uma representação do diagrama de causa e efeito especificando como as causas são organizadas no diagrama.

b) 5W1H: é um documento que identifica, de forma organizada, as ações e as responsabilidades de quem irá executar, através de um questionamento, capaz de orientar as diversas ações que deverão ser executadas. O 5W1H deve ser estruturado para permitir uma rápida identificação dos elementos necessários à implantação do projeto. Os elementos podem ser descritos como:

- **WHAT** - O que será feito (etapas);
- **WHY** - Por que deve ser executada a tarefa (justificativa);
- **WHERE** - Onde cada etapa será executada (local);

- **WHEN** - Quando cada uma das tarefas deverá ser executada (tempo);
- **WHO** - Quem realizará as tarefas (responsabilidade);
- **HOW** - Como deverá ser realizado cada tarefa/etapa (método).

Figura 1. Diagrama de Causa e Efeito



Fonte - Elaboração própria.

3. Metodologia

Este trabalho é composto por um estudo de caso da eficiência energética, seguido de uma proposta de melhorias, em um aviário de corte localizado na zona rural da cidade de Arapongas no estado do Paraná, possuindo aproximadamente 2.000m² de área e capacidade de 25.000 aves.

Com o objetivo de aprimorar a eficiência energética em um aviário de corte, sem prejudicar as condições do mesmo, primeiramente foram adquiridas informações sobre a especificação de todos os equipamentos a serem analisados. Estes equipamentos são motores, responsáveis pela climatização do aviário, alimentação e hidratação das aves, e lâmpadas, responsáveis pela iluminação do aviário durante o período noturno.

A partir destas informações foi utilizado o diagrama de causa e efeito para se detectar os possíveis problemas e gerado um plano de ação a partir da ferramenta 5W1H para que os problemas encontrados possam ser solucionados, aumentando a eficiência energética do aviário.

4. Resultados e discussões

No período da realização do estudo cerca de 20.000 aves estavam alocadas no aviário estudado. A F apresenta fotos interna e externa do aviário. Primeiramente foram adquiridas informações sobre a especificação de todos os equipamentos a serem analisados e posteriormente gerados planos de ação propondo melhorias para cada caso.

Figura 2. Foto externa e interna do aviário.



Fonte – Elaboração própria.

Ao todo, o aviário possui 17 motores, sendo todos trifásicos e alimentados com uma tensão de 220V. Estes motores estão distribuídos entre exaustores, comedouros, bombas e uma turbina. A Tabela 3 apresenta os dados dos motores presentes no aviário, de acordo com sua utilização, rendimento e o fator de potência.

Tabela 3. Dados nominais dos motores trifásicos presentes no aviário.

Utilização	Potência mecânica (CV)	Potência elétrica (KW)	Qtde	Potência total (kW)	Rendimento Encontrado	Rendimento Normalizado	Fator de potência
Exaustores	1,00	0,75	9	6,75	79,5%	80,0%	0,82
Comedouros	0,75	0,55	5	2,20	72,0%	n.e.*	0,72
Bomba d'água nebulização	2,00	1,50	1	1,50	78,4%	84,0%	0,77
Bomba d'água principal	4,00	3,00	1	3,00	83,9%	86,0%	0,82
Turbina Aquecedor	5,00	3,70	1	3,70	66,8%	87,5%	0,75
Total				17,70			

*n.e. – não especificado

Fonte: Elaboração própria.

Para forçar a circulação e troca do ar do aviário são utilizados nove exaustores ligados alternadamente, em conjunto de três exaustores, dependendo da necessidade. Assim, poderão estar ligados simultaneamente três, seis ou os nove exaustores.

Como apresentado na Tabela 3 os motores utilizados nos exaustores possuem potência de 0,75kW (1cv) com rendimento nominal de 79,5% e fator de potência de 0,82. Além disso, segundo apresentado na Tabela 1, possui rendimento próximo do mínimo especificado por lei, 80%.

A partir de observações foi aplicado um plano de ação com base nestes pontos. O Quadro 1 apresenta um *checklist* deste plano de ação, que auxiliará os responsáveis na realização deste plano de ação.

Quadro 1. Plano de ação para correção dos problemas no sistema de exaustão.

O que (What)	Quando (When)	Onde (Where)	Porque (Why)	Quem (Who)	Como (How)
Limpeza do motor e exaustor	Após a saída de cada lote de frangos	Sistema de exaustão	Evitar que excesso de poeira e outros detritos prejudiquem seu funcionamento.	Funcionário responsável.	Aplicando um jato de ar comprimido nos rolamentos.
Lubrificar rolamentos do motor e exaustor	De acordo com o especificado pelo fabricante.	Sistema de exaustão	Evitar que a falta de lubrificação aumente o atrito nos rolamentos e o desperdício de energia.	Técnico especializado.	Utilizando lubrificante especificado pelo fabricante.
Verificar se há folgas no motor e exaustor, além da correia de transmissão.	Após a saída de cada lote de frangos.	Sistema de exaustão	Evitar que trepidações aumentem a carga do sistema ou até danifiquem o conjunto.	Funcionário responsável.	Verificando folga nos eixos do motor e exaustor ou danificação na correia de transmissão.
Capacitação de mão-de-obra	Na entrada de cada lote de frangos.	Sistema de controle de temperatura.	Garantir que a temperatura máxima para aquele lote de produção seja definida de forma correta, evitando acionamento desnecessário dos exaustores.	Funcionário responsável.	Verificar com o técnico responsável pelo lote de produção qual a temperatura máxima permitida para o lote e deixá-la indicada, de forma clara, próximo ao sistema de controle, além de instruir o funcionário responsável.

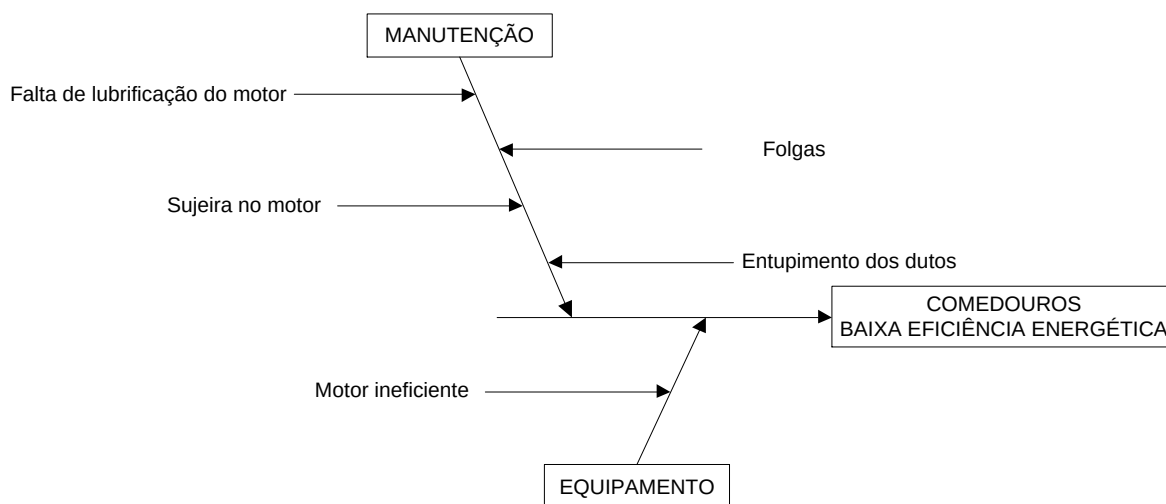
Fonte – Elaboração própria.

Para levar a ração do silo até os comedouros são utilizados ao todo cinco motores, um deles conectado ao silo e os demais conectados nas 4 linhas de comedouros. Os motores utilizados no sistema possuem potência de 0,55kW (0,75CV), eficiência de 72% e fator de potência em 0,72. A eficiência nominal deste motor está abaixo da encontrada nos exaustores, porém como pode ser visto na Tabela 1 não há regulamentação para eficiência mínima nesta faixa de potência. Porém, no site do fabricante de motores WEG, podem ser encontradas opções de maior eficiência no mercado chegando até a 83% de eficiência para esta especificação de motor.

Em pesquisa a catálogos de produtos de fabricantes de sistemas de comedouros automáticos, foi observado que para as dimensões deste aviário, com linha de comedouros menor de 120 metros, um motor com 0,5CV de potência é suficiente para alimentar toda a linha. Dessa forma além da substituição do motor utilizado atualmente por um mais eficiente, como já mencionado acima, pode-se optar por um motor de menor potência o que aumentaria a eficiência do sistema.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta um diagrama de causa e efeito ilustrando melhor os fatores que podem causar baixa eficiência energética no sistema de comedouros.

Figura 4. Diagrama de causa e efeito da eficiência energética do sistema de comedouros.



Fonte - Elaboração própria.

Considerando os problemas citados anteriormente e os dados apresentados no diagrama de causa e efeito, elaborou-se um plano de ação, apresentado na Quadro 2, com base na ferramenta 5W1H para buscar corrigir e prevenir os problemas detectados.

Quadro 2. Plano de ação para correção dos problemas no sistema de comedouros.

O que (What)	Quando (When)	Onde (Where)	Porque (Why)	Quem (Who)	Como (How)
Substituição dos motores.	Após a saída do lote atual.	Sistema de comedouros	Motores atuais de baixa eficiência e operando com carga abaixo da nominal.	Técnico especializado.	Realizar o correto dimensionamento dos motores e substituir por outros mais eficientes e de potência adequada à carga.
Limpeza do motor.	Após a saída de cada lote.	Sistema de comedouros	Evitar que excesso de poeira e outros detritos prejudiquem o funcionamento dos motores.	Funcionário responsável.	Aplicando um jato de ar comprimido nos rolamentos.
Lubrificar rolamentos do motor.	De acordo com o especificado pelo fabricante.	Sistema de comedouros	Evitar que a falta de lubrificação aumente o atrito nos rolamentos e o desperdício de energia.	Técnico especializado.	Utilizando lubrificante especificado pelo fabricante.
Verificar se há folgas no eixo motor e helicoides dos dutos.	Após a saída de cada lote.	Sistema de comedouros	Evitar que trepidações aumentem a carga do sistema ou até danifiquem o conjunto.	Funcionário responsável.	Verificando folga nos eixos do motor e nos helicoides, contatando um técnico especializado para realizar as correções.
Verificar se não há acúmulo de ração entupindo parte do duto.	Após a saída de cada lote.	Sistema de comedouros	Garantir que a ração flua sem problemas dentro dos dutos, evitando excesso de carga e tempo de operação dos motores.	Funcionário responsável.	Verificar todos os dutos e limpá-los no caso de entupimento.
Testar funcionamento dos pratos de controle.	Após a saída de cada lote.	Sistema de comedouros	Garantir que os pratos de controle estejam operando corretamente, evitando perdas de ração e energia devido ao excesso de trabalho dos motores.	Funcionário responsável.	Verificar se não há vazamento de ração no prato de controle e caso haja substituir o mesmo.

Fonte – Elaboração própria.

O sistema hidráulico do aviário possui dois conjuntos motor-bomba, sendo um para captar a água de uma nascente a cerca de 120 metros do aviário e com um desnível de aproximadamente 60 metros e levá-la até uma caixa d'água principal de 20mil litros, e outro que capta a água de uma caixa secundária, de mil litros, e a pressuriza para nebulização.

Para o sistema de hidratação das aves não é necessário um conjunto motor-bomba conectado diretamente, este sistema está conectado à caixa d'água principal e a energia

potencial gerada pela diferença de altura entre a caixa d'água e o sistema de hidratação faz com que a água chegue até os gotejadores com a pressão adequada.

Como já foi mostrado na Tabela 3 o conjunto motor-bomba principal possui um motor de 3kW (4CV), eficiência energética nominal de 83,9%, fator de potência nominal de 0,82, 3450 rotações por minuto e 2 polos. Já o motor do conjunto secundário possui potência de 1,5kW (2CV), eficiência de 78,4%, fator de potência 0,77, ambos valores nominais, 1720 rotações por minuto e 4 polos.

Segundo o observado na Tabela 1 o rendimento do motor do conjunto principal está de acordo com a legislação, onde o rendimento mínimo regulamentado é de 84% para um motor de 1,5kW e 4 polos. Já para o rendimento do motor do conjunto secundário está abaixo do mínimo exigido por lei, 85% para um motor de 3kW e 2 polos. Ambos os motores foram fabricados no ano de 2007, porém a legislação que vigora desde o final de 2005 previa um prazo de até quatro anos para adequação, permitindo que estes motores não possuíssem o rendimento mínimo regulamentado.

O sistema de nebulização está superdimensionado, uma vez que de acordo com o fabricante a bomba de alta pressão suporta mais de 200 bicos nebulizadores e no aviário existem 80 bicos. Como a bomba opera em um sistema retorno de água, caso sua vazão seja maior que a vazão dos bicos nebulizadores, não há desperdício de água. Quanto ao consumo de energia elétrica uma bomba com menor capacidade necessitaria de um motor semelhante ao utilizado atualmente, devido à alta pressão necessária para o sistema, o que não afetaria o consumo de energia elétrica. Porém como já se pode observar, o motor utilizado possui baixa eficiência (78,4%) e há a necessidade de substituição para um motor mais eficiente e que possua ao menos o exigido por lei de 85%.

A partir destas informações pode-se propor um plano de ação através da ferramenta 5W1H, apresentado na Quadro 3, que permite aos responsáveis pelo aviário utilizá-lo como um guia para realização das adequações e manutenção das condições ideais.

Quadro 3. Plano de ação para correção dos problemas no sistema hidráulico.

O que (What)	Quando (When)	Onde (Where)	Porque (Why)	Quem (Who)	Como (How)
Substituição do motor do sistema de nebulização.	Após a saída do lote atual.	Moto-bomba de nebulização	Motor atual de baixa eficiência.	Técnico especializado.	Substituir por outro motor mais eficiente, de forma que atenda a legislação e reduza as perdas de energia elétrica.
Limpeza do motor.	Após a saída de cada lote.	Sistema hidráulico	Evitar que excesso de poeira e outros detritos prejudiquem o funcionamento dos motores.	Funcionário responsável.	Aplicando um jato de ar comprimido nos rolamentos.
Lubrificar rolamentos do motor.	De acordo com o especificado pelo fabricante.	Sistema de hidráulico	Evitar que a falta de lubrificação aumente o atrito nos rolamentos e o desperdício de energia.	Técnico especializado.	Utilizando lubrificante especificado pelo fabricante.
Corrigir entupimentos dos bicos nebulizadores.	Sempre que um bico entupido for detectado.	Sistema de nebulização	Evitar sobrecarga no sistema moto-bomba, pelo excesso de pressão.	Funcionário responsável.	Efetuar limpeza ou substituição dos bicos entupidos.
Verificar a pressão d'água no sistema de nebulização.	Semanalmente.	Sistema de nebulização	Garantir que não haja desperdício de água e o sistema moto-bomba opere com carga abaixo da nominal.	Funcionário responsável.	Verificar o barômetro presente na bomba de nebulização e regular a pressão na bomba.

Fonte - Elaboração própria.

O sistema de aquecimento do aviário é baseado em um aquecedor a óleo diesel, sendo que para distribuir o calor gerado por ele a todo o aviário é utilizada uma turbina que, acionada por um motor, distribui o calor gerado pelo aquecedor através do aviário, utilizando um sistema de canalização.

O motor utilizado neste caso possui 3,7kW (5CV) de potência, apresentando eficiência nominal de 66,8% e fator de potência nominal de 0,75. Este motor possui o mesmo fabricante do utilizado no sistema de nebulização e, assim como naquele caso, não apresenta certificação do INMETRO e sua eficiência está abaixo do especificado pela legislação atual, que rege uma eficiência acima de 87,5%.

Principalmente pelo fato da eficiência deste motor ser muito baixa, e também da legislação, assim como no caso do sistema de nebulização, a substituição deste motor é o primeiro passo a se trabalhar para melhoria na eficiência energética deste sistema. Além da

manutenção preventiva já apresentada nos planos de ação para os demais sistemas, revisando limpeza e manutenção dos rolamentos do motor e da turbina periodicamente.

A partir da análise realizada anteriormente foi proposto um plano de ação, conforme mostrado na Quadro 4, com base na ferramenta 5W1H, que auxilia os responsáveis a corrigir os problemas encontrados.

Quadro 4. Plano de ação para o sistema de aquecimento.

O que (What)	Quando (When)	Onde (Where)	Porque (Why)	Quem (Who)	Como (How)
Substituição do motor da turbina.	Após a saída do lote atual.	Turbina do aquecedor.	Motor atual de baixa eficiência.	Técnico especializado.	Substituir por outro motor mais eficiente, de forma que atenda a legislação e reduza as perdas de energia elétrica.
Limpeza do motor.	Após a saída de cada lote.	Sistema de aquecimento	Evitar que excesso de poeira e outros detritos prejudiquem o funcionamento dos motores.	Funcionário responsável.	Aplicando um jato de ar comprimido nos rolamentos.
Lubrificar rolamentos do motor e da turbina.	De acordo com o especificado pelo fabricante.	Sistema de aquecimento	Evitar que a falta de lubrificação aumente o atrito nos rolamentos e o desperdício de energia.	Técnico especializado.	Utilizando lubrificante especificado pelo fabricante.
Verificar se há folgas nos eixos motor e turbina.	Após a saída de cada lote.	Sistema de aquecimento	Evitar que trepidações aumentem a carga do sistema ou até danifiquem o conjunto.	Funcionário responsável.	Verificando folga nos eixos do motor e nos helicoides, contatando um técnico especializado para realizar as correções.

Fonte – Elaboração própria.

Para iluminação do aviário são utilizadas 60 lâmpadas fluorescentes compactas com potência de 20W, eficiência de 62,5lm/W e fator de potência 0,55. Estas 60 lâmpadas estão distribuídas com maior concentração no centro do aviário, onde as aves ficam localizadas no primeiro estágio de crescimento.

Embora possua boa eficiência energética, e dentro do especificado pela legislação como já apresentado na

Tabela 2, as lâmpadas utilizadas neste aviário possuem baixo fator de potência. Isto não representa um custo extra ao produtor, uma vez que em propriedades rurais não há tarifação extra por baixo fator de potência, porém isto ocasiona em perdas para a concessionária.

Existem no mercado lâmpadas fluorescentes compactas com fator de potência próximos da unidade, acima de 0,9. Uma vez que este trabalho visa à eficiência energética e não apenas a redução de custos para o produtor, a substituição das lâmpadas utilizadas atualmente para outras com maior fator de potência.

Considerando o período em que as 60 lâmpadas estão acesas a potência do sistema de iluminação é de 1200W, para se obter a mesma iluminação com lâmpadas de vapor de sódio de 70W e eficiência de 90lm/w, seriam necessárias 12 lâmpadas e a potência total instalada seria de 840W. Embora apresente um custo inicial para instalação de reatores próprios para as lâmpadas de vapor de sódio, a substituição das lâmpadas fluorescentes compactas representaria uma redução de aproximadamente 40% no consumo de energia elétrica para iluminação.

A partir destas informações foi proposto na Quadro 5 um plano de ação com base na ferramenta 5W1H, que auxilia os responsáveis a corrigir os problemas encontrados.

Quadro 5. Plano de ação para o sistema de iluminação.

O que (What)	Quando (When)	Onde (Where)	Porque (Why)	Quem (Who)	Como (How)
Substituição das lâmpadas.	Conforme as lâmpadas atuais forem queimando.	Todo o sistema de iluminação aviário.	Lâmpadas atuais com baixo fator de potência.	Funcionário responsável.	Ao substituir uma lâmpada queimada optar por uma com maior fator de potência.
Limpeza das lâmpadas.	Após a saída de cada lote.	Todo o sistema de iluminação aviário.	Evitar que excesso de poeira reduza a iluminação gerada pelas lâmpadas.	Funcionário responsável.	Aplicando um jato de ar comprimido nas lâmpadas.

Fonte – Elaboração própria.

5. Conclusão

As principais dificuldades encontradas para a realização deste estudo de caso foi a obtenção de informações dos motores, pois alguns não possuíam as placas indicativas e em outros, estas placas estavam mal impressas ou seus dados já apagados. Mesmo assim foi

possível obter as informações necessárias sobre os equipamentos disponíveis no aviário para uma análise dos mesmos. Assim, verificou-se que apesar de apresentarem boas condições alguns pontos podiam ser melhorados para aprimorar a eficiência energética.

Primeiramente foi observado o sistema de exaustão, o mesmo apresenta boas condições de manutenção, além dos equipamentos possuírem boa eficiência energética. Apesar disto foi proposto um plano de ação com uma manutenção preventiva a ser adotada pelos responsáveis e treinamento do funcionário para que a temperatura ambiente do aviário esteja sempre configurada corretamente, garantindo que a eficiência do sistema seja mantida.

Também foi realizada uma análise do sistema de comedouros, que diferente do sistema de ventilação, apresenta motores de baixa eficiência e superdimensionados. Embora a legislação não apresente regras para a faixa de potência destes motores, foram encontradas opções mais eficientes que podem ser utilizadas em substituição ao motor atual. Além disto também foi proposto uma manutenção preventiva, assim como no sistema de comedouros, o que pode garantir a eficiência energética nominal do sistema.

No sistema hidráulico do aviário foi observado no conjunto principal, responsável pela captação da água, um motor com boa eficiência energética e em boas condições de manutenção, bastando apenas implementar um plano de ação para uma manutenção preventiva. Já no sistema de nebulização o motor encontrado apresenta baixa eficiência energética e além da manutenção preventiva, também foi apresentado um plano de ação sugerindo a substituição deste motor por um mais eficiente.

Embora o sistema de aquecimento seja baseado em uma fornalha alimentada com óleo diesel, há uma turbina responsável por distribuir o ar quente por parte do aviário. O motor presente nesta turbina é do mesmo fabricante do motor presente no sistema de nebulização, sendo fabricado no mesmo período. Assim como encontrado no sistema de nebulização o motor apresentado na turbina apresenta baixa eficiência energética, sendo necessária sua substituição e posterior acompanhamento de um plano de ação para manutenção preventiva do mesmo.

O sistema de iluminação possui como base lâmpadas fluorescentes, que possuem alta eficiência energética entre o consumo energético e luminosidade. Porém, as lâmpadas presentes apresentam baixo fator de potência, que embora não apresente custos extras para o consumidor rural, acarreta perdas para a concessionária de energia. Sendo assim é proposto no plano de ação a substituição destas lâmpadas por outras de maior fator de potência, aumentando a eficiência energética, embora não afete os custos para o consumidor.

Dessa forma foi observado ao término deste estudo de caso que, embora a maioria dos sistemas elétricos apresente alta eficiência ainda existem pontos que devem ser monitorados, mantendo-se uma manutenção preventiva, para que a eficiência energética nominal seja mantida. Apesar disto, notaram-se alguns pontos com baixa eficiência energética, onde foi sugerida a substituição por equipamentos mais eficientes.

Ainda se faz necessário que seja realizado um acompanhamento da execução dos planos de ação propostos, permitindo uma comparação do consumo energético antes e após a execução destas ações. Além disto, também se faz necessária uma análise quantitativa dos custos das melhorias a serem aplicadas permitindo que se obtenha o tempo de retorno destes investimentos.

Referências

BRASIL. **Portaria Interministerial Número 1877/1985**. Institui o Programa Nacional de Energia Elétrica – PROCEL. Brasília: Diário Oficial da União, 1985.

BRASIL. **Portaria Interministerial Número 553/2005**. Aprova o programa de metas de motores elétricos de indução trifásicos. Brasília: Diário Oficial da União, 2005.

BRASIL. **Portaria Interministerial Número 132/2006**. Aprova regulamentação específica de lâmpadas fluorescentes compactas. Brasília: Diário Oficial da União, 2006.

BUENO, L. G. DE F. **Avaliação da eficiência energética e do conforto térmico em instalações de frango de corte**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2004.

BUTOLO, J. E. **Bebedouros - Tipos - Vantagens e Desvantagens**. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/cet/trabalhos.asp?codigo=2>>. Acesso em: 31 jan. 2012.

CATELAN, F. **Sistemas de Aquecimento Automáticos na Produção de Frangos de Corte**. [S.l.]: Universidade Estadual do Paraná, 2007.

FONSECA, S. D. **Contribuições para uma metodologia de avaliação da eficiência energética em iluminação de salas de aula**. [S.l.]: Curitiba, 2011.

GRUNOW, A.; GALLON, A. V.; BEUREN, I. M. Análise da cadeia de valor e dos custos das rações de uma agroindústria processadora de aves. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. v11, n. 2, p. 205-221, 2009.

INMETRO. **Programa Brasileiro de Etiquetagem: Lâmpadas a Vapor de Sódio a Alta Pressão**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/lampada_vapor.pdf>. 2012a

INMETRO. **Programa Brasileiro de Etiquetagem: Lâmpadas Fluorescentes Compactas - 220 V**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/lampada220.pdf>>. 2012b

INMETRO. **Programa Brasileiro de Etiquetagem: Lâmpadas de Uso Doméstico – Linha Incandescentes – 127 V e 220V**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/incandecente.pdf>>. 2012c

MENDES, A. S.; REFFATI, R.; RESTELATTO, R.; PAIXÃO, S. J. Visão e Iluminação na Avicultura Moderna. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n. 1, p. 5-13, 2010.

NEVES, E. G. DE C.; MÜNCHOW, R. Motores de indução. **Eletrotécnica**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2010. p. 63,78.

SARTOR, V.; BAÊTA, F. DA C.; LUZ, M. L.; ORLANDO, R. C. Sistemas de resfriamento evaporativo e o desempenho de frangos de corte. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 17-20, 2001.

UBABEF. **Relatório anual 2010/2011**. São Paulo: 2011. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/abb3e2660dca967053335727b0cf74fd.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2011. 2011