

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E DE IMPACTO AMBIENTAL ENTRE PISO RADIANTE E MÉTODOS CONVENCIONAIS DE AQUECIMENTO DE AVIÁRIOS DE FRANGO DE CORTE



DOI

Luemma Fabian¹
Diego Antônio Custódio²

RESUMO

A cadeia produtiva de frango é uma atividade de grande destaque no agronegócio brasileiro. O país ocupa a segunda posição na produção mundial e liderança nas exportações. A correta ambientação das aves é um fator de extrema relevância para garantir melhores rendimentos na criação. Entretanto, para alcançar tais resultados demanda-se grande quantidade de energia e também significativas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Os métodos convencionais apresentam-se ineficientes, reforçando a necessidade de novas tecnologias que influenciem a produção física, a redução de custos e também o consumo de energia, uma vez que este setor é o mais representativo nesta

¹ Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). E-mail: luemma_fabian@hotmail.com

² Graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e doutorando no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E-mail: diego.custodio@udesc.br

categoria. Este estudo teve por objetivo avaliar os métodos de aquecimento de aviários, a fornalha a lenha e as campânulas a gás, e compará-los ao piso radiante elétrico, em relação ao impacto ambiental. A análise foi realizada com a ferramenta do GHG Protocol e os resultados constataram as maiores emissões de GEE no sistema a lenha, com 0,725 tCO₂e, seguido do gás GLP, com 0,703 tCO₂e e com menor contribuição, o piso radiante, com 0,012 tCO₂e.

Palavras-chave: Avicultura. Aquecimento. Lenha. Gás. Piso Radiante.

ENERGY ASSESSMENT AND ENVIRONMENTAL IMPACT BETWEEN RADIANT FLOOR AND CONVENTIONAL HEATING METHODS OF POULTRY

ABSTRACT

The poultry production chain is a major activity in the Brazilian agribusiness. The country occupies the third position of the world production and has leadership in exportation. The correct poultry placement is an extremely important factor to achieve better breeding performance. However, to obtain results, a lot of energy is needed, which increases the net emissions of greenhouse gases (GHG). Conventional methods are ineffective, requiring new technologies that could improve physical production, savings and energy consumption. The objective of this study was to evaluate the usual methods of poultry heating systems, the wood furnace and gas brooder, and to compare them to the electric radiant floor relative to environmental impact. The analysis was performed using the GHG Protocol tool and the results showed the highest GHG emissions in the wood furnace system, with 0,725tCO₂e, followed by the gas brooder system, with 0,703 tCO₂e, and with less contribution, the radiant floor system, with 0,012 tCO₂e.

Key words: Aviculture. Heating. Firewood. Gas. Radiant floor.

1 INTRODUÇÃO

A mudança para uma construção com maior eficiência energética tornou-se uma prioridade devido às questões climáticas. Os edifícios são os maiores consumidores de energia do mundo, representando mais de um terço do consumo final, além de apresentar elevadas emissões de dióxido de carbono (CO₂). Estima-se que o aquecimento e resfriamento de ambientes, juntamente com o aquecimento de água correspondam a quase 60% do consumo global de energia em edifícios (DEVAUX; FARID, 2017). Na maioria das construções, o

principal objetivo é o conforto térmico. A ventilação mecânica oferece condições internas diferentes do ambiente externo, com uma oportunidade de adaptação (BUGHRARA; ARSAN; AKKURT, 2017).

De acordo com Costantino *et al.* (2018), os aviários são caracterizados por alto consumo de energia devido ao controle climático necessário para garantir o bem-estar dos animais. Este controle influencia na saúde, no crescimento e no desenvolvimento e, conseqüentemente, nos lucros dos produtores.

O controle da temperatura é crucial especialmente no primeiro período de vida das aves, devido a sensibilidade as variações térmicas (COSTANTINO *et al.*, 2018). Quanto maior for este controle, maior será o desempenho produtivo e a rentabilidade do produtor (BARBOSA *et al.*, 2017). As aves, quando submetidas à temperatura abaixo da zona de conforto, destinam parte da energia ingerida para gerar calor de modo a regular a temperatura corporal (MCDOWELL, 1974 apud CORDEIRO *et al.*, 2010). Em compensação, temperaturas acima do conforto térmico podem induzir a hipertermia com desidratação, levando a redução do consumo de ração e ao atraso no crescimento (MICKELBERRY *et al.*, 1966 apud CORDEIRO *et al.*, 2010).

Do primeiro ao sexto dia de criação é necessária uma temperatura de 31 °C (OLIVEIRA; FARIA JÚNIOR; GARCIA NETO, 2016). Já para as aves adultas, a temperatura deve estar entre 18 °C e 28 °C (ABREU; ABREU, 2011).

Para garantir a temperatura interna, os aviários constam com equipamentos de climatização tais como exaustores, nebulizadores, sistemas de aquecimento a lenha ou infravermelho a gás, painéis de controle de temperatura e umidade do ar (FUNCK; FONSECA, 2008). Há também o manejo das cortinas externas que contribuem para a ventilação de acordo com a temperatura (ABREU; ABREU, 2011).

Conforme Triches e Gomes (2014), há duas fases para o alojamento das aves. Durante a fase inicial, as aves ficam confinadas numa área correspondente a 1/3 do aviário, separada por meio de cortinas plásticas. Na segunda, as barreiras são retiradas para que ocorra a dispersão em todo o aviário. Nesse momento, no período de inverno, não há necessidade de aquecimento nem refrigeração, enquanto que no verão utilizam-se ventiladores e nebulizadores

comandados por meio de um controlador de temperatura (TRICHES; GOMES, 2014).

O aquecimento a lenha consiste em uma fornalha de formato cilíndrico, de material metálico e revestida por isolante térmico, como apresentado na Figura 1. O ar aquecido é levado para dentro do aviário por meio de um sistema de tubulações metálicas com orifícios para permitir a saída do ar aquecido (CORDEIRO *et al.*, 2010). De acordo com Abreu et al. (1998 apud FUNCK; FONSECA, 2008), o sistema sopra o ar quente através de uma turbina e o distribui pelas tubulações. O motor acoplado à turbina é acionado quando a temperatura do controlador estiver abaixo da pré-determinada (FUNCK; FONSECA, 2008).

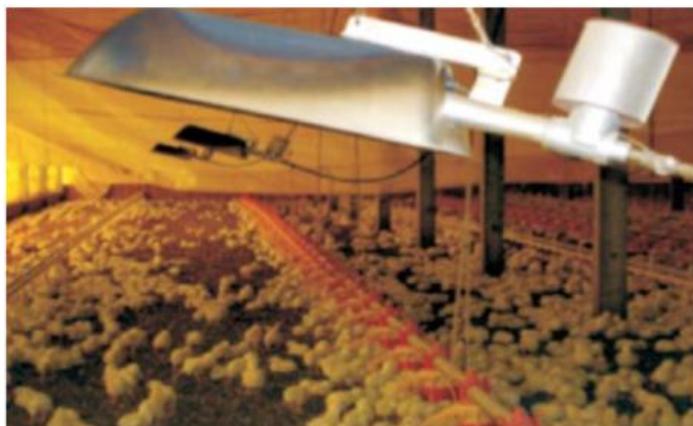
Figura 1 - Fornalha a lenha interna ao aviário



Fonte: Funck e Fonseca (2008).

O aquecimento a gás é composto por campânulas, como mostra a Figura 2. Elas são retangulares, apresentam queimadores, filtro cilíndrico em aço inoxidável e válvula de segurança com sensores de temperatura para aumentar ou diminuir a chama. Existem também, tubulações metálicas para conduzir e ligar o gás até os botijões (FUNCK; FONSECA, 2008). O combustível a ser utilizado, segundo Vigoderis (2006), pode ser tanto o gás natural como o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

Figura 2 - Campânulas para o aquecimento infravermelho a gás



Fonte: Funck e Fonseca (2008).

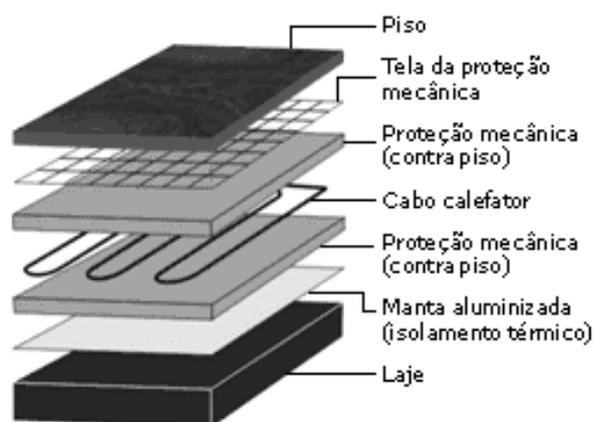
Diferente dos outros aquecimentos, o piso radiante transmite o calor pelo chão. Conforme a 2ª lei da termodinâmica, os corpos trocam energia entre si, dos mais quentes para os mais frios até atingirem o equilíbrio térmico (NEVES, 2011). Cen *et al.* (2018) determinaram que o sistema possuía vantagem significativa ao fornecer espaço considerável e ter um aparelho de aquecimento imperceptível.

Há várias maneiras de aquecer um ambiente pelo piso. São utilizados os sistemas baseados em tubulações onde circula água quente ou por meio de cabos elétricos (VETTORAZZI; SANTOS; RUSSI, 2010). Ambos apresentam o mesmo princípio de funcionamento e independente do método, liga-se um termostato com sensor de temperatura para controlá-la de acordo com o interesse.

O princípio de funcionamento do piso radiante hidráulico consiste na circulação da água e glicol, material anticongelante nas serpentinas, responsáveis pela condução do calor. O aquecimento pode ser por caldeira a gás ou bombas de calor (VETTORAZZI; SANTOS; RUSSI, 2010).

O piso radiante elétrico baseia-se em materiais condutores de calor colocados no contrapiso, como apresentado na Figura 3. Com o calor proveniente do cabo, ocorre o aquecimento do piso e, posteriormente, do ar (NEVES, 2011).

Figura 3 - Camadas de um piso radiante elétrico



Fonte: Vettorazzi, Santos e Russi (2010).

Segundo Neves (2011), o piso elétrico pode utilizar cabos, telas ou filmes radiantes, de acordo com o material aplicado e do estado da edificação a receber o piso.

2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado em um aviário no município de Videira, região oeste de Santa Catarina. O local possui dimensões de 12 m de largura, 100 m de comprimento e 3 m de altura, cobertos por telhas cerâmicas, tela metálica com forração e cortinas laterais, nos quais foram alojados frangos leves abatidos com idade média de 30 dias e peso médio de 1,5 kg. A propriedade era integrada à uma agroindústria avícola localizada na região. O período da coleta dos dados foi de junho de 2018 a fevereiro de 2019, em que se comparou o sistema de aquecimento a lenha e o infravermelho a gás.

O sistema a lenha é constituído de uma fornalha externa ao aviário, uma turbina, dois motores elétricos de 1,47 kW, um motor de 0,368 kW com função de manter o fogo aceso dentro da fornalha, tubulações para distribuir o ar aquecido no interior do aviário, um sensor e um painel de controle. A Figura 4 mostra o sistema a lenha, (a) a fornalha a lenha e, (b) as tubulações metálicas internas.

Figura 4 - Sistema a lenha



(a) Fornalha a lenha



(b) Tubulações metálicas internas

O aquecimento por infravermelho a gás compõe-se de 12 campânulas, com bateria para o caso de ocorrer falta de energia elétrica, tubulações metálicas para condução do gás ao longo do aviário, cilindros de gás de 190 kg e mangueiras que ligam estes à tubulação. A Figura 6 mostra o sistema a gás.

Figura 1 - Sistema a gás



(a) Botijões de gás GLP



(b) Campânula interna

O monitoramento dos dados foi efetuado manualmente por meio de planilhas de medição em campo. O preenchimento e leitura dos dados foram realizados pelo avicultor responsável pelo manejo das aves. Esse indivíduo foi devidamente treinado, além de serem realizadas leituras testes junto ao responsável. As medidas de consumo de lenha e gás foram realizadas somente

nas duas primeiras semanas de vida das aves, por ser o momento de maior demanda de temperatura. Todo o processo de embarque e desembarque das aves, assim como todo o manejo dos equipamentos, obedeceram ao mesmo procedimento.

As medidas de tempo em que os motores permaneceram ligados foram obtidas com o auxílio de um contador digital colocado no quadro de comando de cada um dos equipamentos analisados. O consumo de lenha foi medido em metros cúbicos (m³) e o de gás em quilogramas (kg).

O consumo energético do motor foi obtido por meio da Equação 1, conforme Funck e Fonseca (2008).

$$CE_{\text{motor}} = \frac{n \times P}{1000000} \quad (1)$$

Onde:

CE_{motor} é o consumo energético do motor (GJ/lote);

P é a potência do motor (kW);

n é o tempo do motor ligado (segundos).

Para o consumo energético do sistema automático de aquecimento a lenha, utilizou-se a Equação 2, de acordo com Funck e Fonseca (2008).

$$CE_{\text{lenha}} = \frac{CLT \times PCI \times \rho_{\text{lenha}}}{1000000} \quad (2)$$

Onde:

CE_{lenha} é o consumo energético do sistema a lenha (GJ/lote);

CLT é o consumo total de lenha (m³);

PCI é o poder calorífico inferior da lenha (kJ/kg);

ρ_{lenha} é a massa específica da lenha (kg/m³).

O consumo energético total foi obtido por meio da soma do consumo energético do motor com o do sistema a lenha.

O consumo energético do sistema a gás foi obtido por meio da Equação 3, segundo Funck e Fonseca (2008).

$$CE_{\text{gás}} = \frac{CTG \times PCI}{1000000} \quad (3)$$

Onde:

$CE_{gás}$ é o consumo energético do sistema a gás (GJ/lote);

CTG é o consumo total do gás (kg);

PCI é o poder calorífico do gás GLP (kJ/kg).

A escolha do modelo de piso a ser utilizado baseou-se na leitura das bibliografias, que mencionam a economia de sete vezes do piso radiante elétrico em relação ao hidráulico. Além disso, contribuiu também o fato de que o aviário em estudo deveria ser adaptado para receber um sistema de painéis solares para aquecimento ou outro modelo a ser escolhido. Desse modo, escolheu-se o projeto do piso radiante elétrico.

Inicialmente foi determinado a demanda de aquecimento do ambiente. Para isso, foi utilizada a temperatura ideal para o crescimento dos frangos e considerados os fluxos de calor do local. Desta forma, foi possível determinar as necessidades energéticas que devem ser produzidas a fim de gerar o calor suficiente para manter o ambiente na temperatura adequada. A potência para aquecimento do piso foi dada pela soma entre a potência mínima requerida para aquecimento do piso (W) e a soma das potências das trocas de calor do local (W).

A potência mínima requerida para o aquecimento do piso foi obtida por meio da Equação 4, conforme Leva, Camacho e Oliveira Filho (2013).

$$Q_{mín \text{ do piso}} = \frac{m \times c \times \Delta t}{860} \quad (4)$$

Onde:

$Q_{mín \text{ do piso}}$ é a potência mínima requerida para o aquecimento do piso (kW);

m é a massa de material a ser aquecida (kg);

c é o calor específico médio do piso (kcal/kg °C);

Δt é a diferença entre a temperatura mínima e a desejada (°C);

Para o cálculo da massa a ser aquecida, foi considerada uma espessura de concreto de 0,01 m na área de 33 m x 12 m, correspondente a 1/3 da área total do local. Para o calor específico médio do piso foi utilizado o valor de 0,18 kcal/kg °C, corresponde ao concreto, material constituinte da camada acima dos cabos elétricos.

As diferenças de temperaturas entre o ambiente externo e interno das instalações ocasionam trocas energéticas entre os meios. Essas trocas de calor foram calculadas por meio da Equação 5, citada por Barbosa *et al.* (2017). O

cálculo da área do elemento de troca de calor foi baseado na multiplicação das dimensões correspondentes para cada determinado tipo. Os valores da temperatura interna e externa foram utilizados da mesma maneira mencionada anteriormente.

$$Q_{\text{trocas de calor}} = A \times U \times (T_e - T_i) \quad (5)$$

Onde:

$Q_{\text{trocas de calor}}$ é a potências das trocas de calor (W);

A é a área do elemento de troca de calor (m²);

U é o coeficiente de transmissão térmica (W/m²/°C);

T_e é a temperatura externa (°C);

T_i é a temperatura interna (°C).

Para os valores dos coeficientes de transmissão térmica (U), foi utilizada a Tabela 1 devido à equivalência entre as unidades W/m²/K e W/m²/°C.

Tabela 1 - Coeficientes de Transmissão de Calor (U) para diferentes materiais

| Material | W/m ² /K |
|--|---------------------|
| Telha com forro de poliestireno | 0,80 |
| Porta de Madeira Maciça | 2,61 |
| Tijolo de Barro comum | 3,08 |
| Solo de concreto com 2 cm de espessura | 3,76 |
| Lona de PVC comum | 2,50 |

Fonte: Gerner (2012 apud Cordeiro et al., 2017).

A potência total decorrente das trocas de calor do ambiente foi dada pela soma das trocas de calor entre as paredes, portas, janelas, solo e a cobertura. Desse modo, o $Q_{\text{trocas de calor}}$ foi a soma de todas as trocas de calor envolvidas. Por fim, obteve-se a potência mínima para em ambiente em W.

Em consequência, foi essencial conhecer a quantidade de horas que o sistema passaria ligado. Para isso considerou-se que, a partir do instante que a temperatura desejada do piso é atingida, o sistema não gera acréscimo de energia e consumo, somente para o manter ativo. Assim sendo, foi ponderado que o piso permaneceria ligado apenas 8 horas por dia, nos primeiros 14 dias de vida das aves.

Para fazer a comparação em termos das emissões de Gases do Efeito Estufa, foi utilizada a ferramenta gratuita de cálculo do Programa Brasileiro GHG

Protocol. A ferramenta é separada em categorias, para entrada dos dados de consumo da lenha, do gás e também do piso radiante. As categorias utilizadas foram respectivamente, combustão estacionária, combustão estacionária e energia elétrica, que incluíam tanto a localização como as perdas de transmissão e distribuição. Por fim, a ferramenta emitia os resultados das emissões em tCO₂e e após, com estes dados, foi realizada a comparação entre eles.

Para o consumo de energia elétrica do aviário foram levantados todos os sistemas utilizadores de energia. São eles: sistema de fornalha a lenha, bomba da caixa d'água, iluminação, sistema automático de ração, ventiladores, nebulizadores e o sistema automático de cortinas para ventilação natural. Para o cálculo da energia consumida, foi feita a multiplicação entre a potência nominal consumida (kW) e o tempo de utilização (horas).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo energético do sistema a lenha referente aos primeiros 14 dias de vida, se encontra na Tabela 2.

Tabela 2 - Cálculos de consumo energético do sistema a lenha

| Dados | Valor |
|--|--------------|
| Motor | |
| Potência (kW) | 3,308 |
| Tempo do motor ligado (horas) | 112,000 |
| Consumo energético (GJ/lote) | 1,334 |
| Lenha | |
| Consumo total (m ³) | 10,780 |
| Poder calorífico inferior da lenha (kJ/kg) | 15419,200 |
| Massa específica da lenha (kg/m ³) | 500,000 |
| Consumo energético (GJ/lote) | 83,109 |
| Consumo energético total (GJ/lote) | 84,443 |

O consumo de gás, diferentemente do consumo de lenha, sucedeu apenas nos primeiros 12 dias de vida das aves, visto que o lote analisado apresentou temperaturas superiores sem a necessidade de mais aquecimento nesse período. O resultado do consumo energético do sistema a gás se encontra na Tabela 3.

Tabela 3 - Cálculos de consumo energético do sistema a gás

| Dados | Valor |
|--|-----------|
| Gás Liquefeito de petróleo (GLP) | |
| Consumo total (kg) | 240,000 |
| Poder calorífico inferior do gás (kJ/kg) | 47175,210 |
| Consumo energético (GJ/lote) | 11,322 |

O cálculo da necessidade energética do piso radiante, baseou-se nos dados médios de temperatura da região estudada. Os próximos passos foram efetuados como descrito no método. Assim, a potência necessária para o aquecimento do piso correspondeu ao valor de 27,85 kW. Já para as perdas de troca de calor, os cálculos estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Cálculo das perdas de calor do ambiente

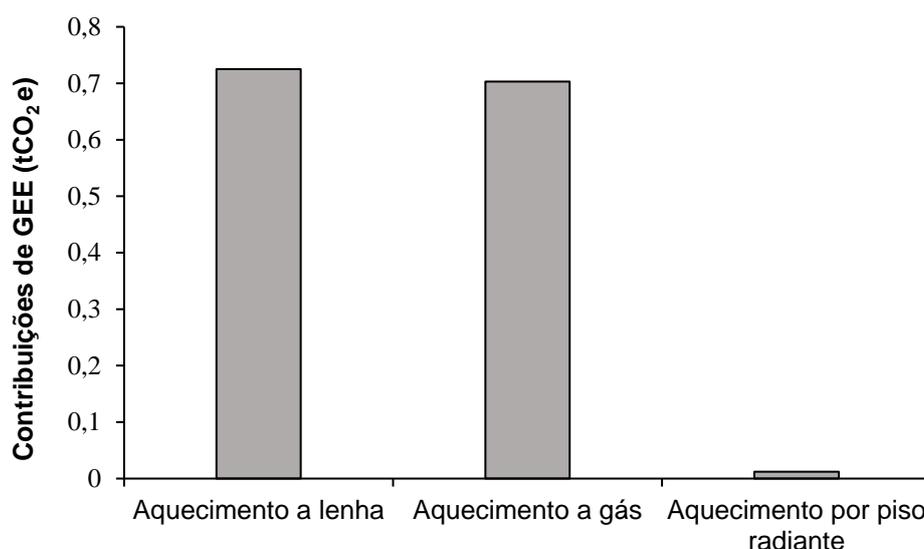
| | Paredes | Portas | Janelas | Solo | Cobertura |
|-------------------------------|---------|--------|---------|----------|-----------|
| A (m²) | 13,20 | 12,00 | 270,00 | 396,00 | 396,00 |
| U (W/m² °C) | 3,08 | 2,61 | 2,50 | 3,76 | 0,80 |
| Te (°C) | 17,00 | 17,00 | 17,00 | 17,00 | 17,00 |
| Ti (°C) | 31,00 | 31,00 | 31,00 | 31,00 | 31,00 |
| Qtc (W) | 569,18 | 438,48 | 9450,00 | 20845,44 | 4435,20 |

A maior perda de calor ocorreu na relação solo-piso por apresentar maior área de contato, assumindo um valor elevado para o coeficiente de transmissão de calor. Em compensação, o menor ocorreu na relação com as portas, isto já era esperado, pois apresentam menor área de contato.

Ao somar todas as perdas de calor com a quantidade mínima para aquecimento do piso encontramos o valor de 63,6 kW relativa a potência total necessária para o ambiente suprir as cargas térmicas em 1 hora. Nota-se que as perdas de calor para o ambiente são bem significativas representando mais de 50% da potência total e apenas o valor corresponde a troca com o solo, representa 32,8%.

O Gráfico 1 apresenta as contribuições de GEE dos três sistemas, aquecimento a lenha, aquecimento a gás e aquecimento por piso radiante, respectivamente.

Gráfico 1 - Contribuições de GEE para os três sistemas (tCO₂e)



Ao comparar os três sistemas, percebeu-se que o maior emissor de GEE foi a queima direta da lenha, com 0,725 tCO₂e. Um pouco atrás desse sistema, se encontra o sistema a gás, com 0,703 tCO₂e. E, por fim, o piso radiante, com 0,012 tCO₂e, muito inferior ao sistema intermediário, nesse caso o gás. Ressalta-se desse modo, que o emprego de lenha e GLP contribuíram de maneira significativa para emissões de CO₂e quando comparado as emissões das fontes móveis e ao consumo de energia elétrica.

A Tabela 5 mostra os dados levantados de consumo de energia elétrica para os equipamentos dos sistemas utilizados no aviário.

Tabela 5 - Dados para consumo de energia elétrica

| Sistema | Equipamento | Potência nominal (W) | Quantidade (unidades) | Tempo de utilização (horas/dia) |
|--------------------------------|-------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Fornalha a lenha | Motor | 1500 | 2 | 8,0 |
| | Motor | 375 | 1 | 8,0 |
| Bomba caixa d'agua | Motobomba | 3750 | 1 | 0,7 |
| Iluminação | Lâmpada | 25 | 26 | 8,0 |
| Sistema automático de ração | Motor | 375 | 4 | 0,7 |
| Ventiladores | Motor | 375 | 16 | 1,7 |
| Nebulizadores | Motobomba | 1500 | 1 | 0,4 |
| Sistema automático de cortinas | Motor | 375 | 2 | 1,0 |

Os resultados encontrados, por meio dos cálculos de consumo, constam na Tabela 6.

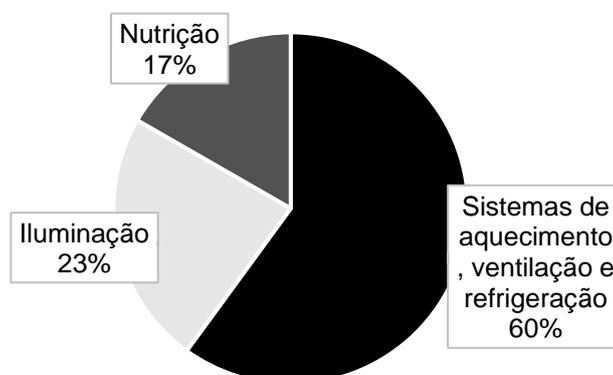
Tabela 6 - Cálculos do consumo de energia elétrica

| Sistema | Consumo (kWh) | Consumo Total (kWh) |
|--------------------------------|---------------|---------------------|
| Fornalha a lenha | 336000 | 378000 |
| Bomba caixa d'agua | 42000 | 78750 |
| Iluminação | 78750 | 156000 |
| Sistema automático de ração | 156000 | 32400 |
| Ventiladores | 32400 | 306000 |
| Nebulizadores | 306000 | 18000 |
| Sistema automático de cortinas | 18000 | 22500 |

Constatou-se ao analisar os sistemas separadamente que o maior consumo de energia correspondeu ao sistema fornalha a lenha, com um valor de 378000 kWh. Posteriormente, os ventiladores apresentaram o segundo maior consumo analisado com 306000 kWh, seguido pela iluminação, com 156000 kWh.

O Gráfico 2 diferencia as três categorias, sistema de aquecimento, ventilação e refrigeração, iluminação e nutrição em relação ao consumo para o período de inverno.

Gráfico 2 - Percentual das três categorias no período de inverno

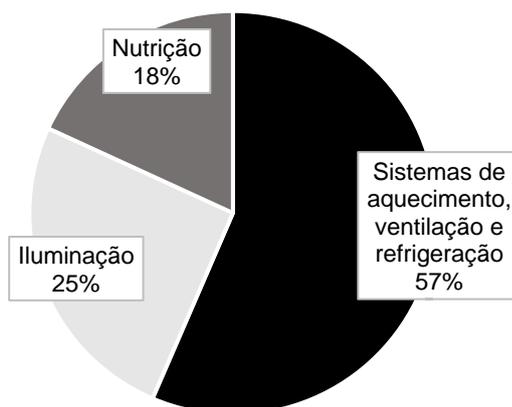


Como pode-se observar o maior consumidor foi a categoria que abrange os sistemas de aquecimento, ventilação e refrigeração devido a influência da

fornalha a lenha no período de inverno. Já a iluminação e a nutrição, corresponderam juntas a apenas 40% do total, não alcançando o principal utilizador.

O Gráfico 3 diferencia as três categorias, sistema de aquecimento, ventilação e refrigeração, iluminação e nutrição em relação ao consumo para o período de verão.

Gráfico 1 - Percentual das três categorias no período de verão



Como pode-se observar o que ocorreu no período de inverno, se repetiu no período de verão. Ao compará-los, observa-se, em ambos, a categoria que abrange os sistemas de aquecimento, ventilação e refrigeração, como a maior consumidora de energia. Esta semelhança pode ser explicada pelo fato de que no período de inverno utiliza-se a fornalha a lenha para controlar a temperatura e no período de verão, os ventiladores e nebulizadores, e de certa forma, esses consumos se aproximam. Os valores causaram destaque ao representarem mais de 50% da utilização total.

O estudo de Costantino *et al.* (2018), demonstrou que na criação de frangos de corte, o consumo de energia elétrica decorrente do controle climático, corresponderam a 76% da energia elétrica total. Ao confrontá-los, obteve-se resultados diferentes. Esta diferença pode ser ocasionada pela distinção nos sistemas de aquecimento e refrigeração utilizados, já que o estudo foi feito em lugares diferenciados, um sendo na Europa e outro no América do Sul, com climas também distintos.

4 CONCLUSÃO

Entre os sistemas, o que apresentou maior consumo de insumos foi o sistema a lenha, o qual requer grande quantidade de material para a sua utilização. Além disso, apresentou maior emissão de GEE pela queima direta da lenha. Logo em seguida, está o gás e, por fim, o piso radiante. Os resultados levaram à conclusão que o sistema a lenha é o maior emissor de poluentes dentre todos os analisados e, com menor contribuição, o piso radiante.

Ao comparar os consumos de energia elétrica obtidos para o período de inverno e verão, os sistemas de aquecimento, ventilação e refrigeração apresentaram maiores contribuições. Os valores causaram destaque ao representarem mais da metade da utilização total. Assim sendo, observou-se a influência dos sistemas utilizados uma vez que representam altos potenciais de consumo.

Conclui-se que, o sistema a lenha apresentou maiores emissões de Gases do Efeito Estufa. O piso radiante, com menores emissões e o gás foi o que apresentou, em média, os melhores indicadores, quanto ao impacto ambiental.

A categoria dos sistemas de aquecimento é a maior consumidora de energia de todo o aviário de frango de corte, como também a que mais afeta no desempenho produtivo e conseqüentemente nos ganhos do produtor avícola. Por essa razão, deve-se priorizar materiais mais eficientes e não tóxicos ao meio ambiente, de modo a privilegiar também a eficiência do sistema. A construção sustentável deve estar voltada não somente para edificações residências e comerciais, mas principalmente para construções industriais e agrícolas de pequeno e grande porte que geram hoje significativas emissões.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. **Resfriamento de aviário**. Concórdia: Embrapa, 2005.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Concórdia, v. 40, p. 1-14, 2011.

BARBOSA, R. C., DALÓLIO, F. S., AMORIM, M. L., Silva, J. N. da, GONZAGA, D. A. Análise de Viabilidade Econômica de Sistemas de Aquecimento de Instalações Agropecuárias para criação de frangos de corte. **Revista engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 212-222, 2017.

BUGHRARA, K. S. M.; ARSAN, Z. D.; AKKURT, G. G. Applying underfloor heating system for improvement of thermal comfort in historic mosques: the case study of Salepçioğlu Mosque, Izmir, Turkey. **Energy Procedia**, [S.l.], v. 133, p. 290-299, out. 2017.

CEN, C., Jia, Y., LIU, K., GENG, R. Experimental comparison of thermal comfort during cooling with a fan coil system and radiante floor system at varying space heights. **Building and Environment**, [S.l.], v. 141, p. 71-79, 2018.

CORDEIRO, M. B., TINÔCO, I. de F. F., SILVA, J. N. da, VIGODERIS, R. B., PINTO, F. de A. de C., CECON, P. R. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 217-224, 2010.

COSTANTINO, A., FABRIZIO, E., GHIGGINI, A., BARIANI, M. Climate control in broiler houses: A thermal model for the calculation of the energy use and indoor environmental conditions. **Energy and Buildings**, [S.l.], v. 169, p. 110-126, 2018.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

DEVAUX, P.; FARID, M. M. Benefits of PCM underfloor heating with PCM wallboards for space heating in winter. **Applied Energy**, Nova Zelândia, v. 191, p. 593-602, 2017.

FUNCK, S. R.; FONSECA, R. A. Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático a gás e a lenha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 91-97, 2008.

LEVA, F. F. de, CAMACHO, J. R., OLIVEIRA FILHO, D. Evaluation of the heating of broilers in shed by means of gas hoods and underfloor heating. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 844-856, 2013.

NEVES, C. M. V. **O Conforto do Piso Radiante Eléctrico**. 2 ed. Portugal: Piso Radiante, 2011.

OLIVEIRA, P. M., FARIA JÚNIOR, M. J. A., GARCIA NETO, M. Estratégias para minimizar os efeitos de um ambiente térmico adverso para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Araçatuba, v. 68, n. 3, p. 739-747, 2016.

TRICHES, M. R.; GOMES, N. R. **Análise Energética de aviários de corte**. 2014. 20 f. Monografia (Especialização em Eficiência Energética aos Processos Produtivos) – Universidade Federal de Santa Maria, Camargo, 2014.

VETTORAZZI, E., SANTOS, J. C. P. dos; RUSSI, M. 2010. Desenvolvimento de um pré-projeto de piso radiante com aproveitamento de energia solar para calefação ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2010, Canela. **Anais...** Canela: ENTAC, 2010. P. 1-9.

VIGODERIS, R. B. **Sistemas de aquecimento de aviários e seus efeitos no conforto térmico ambiental, qualidade do ar e performance animal, em condições de inverno, na região sul do Brasil**. 2006. 107f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

