

AVALIAÇÃO DE FONTES DE ENERGIA PARA O AQUECIMENTO DE AMBIENTES NA PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE NO SUL DO BRASIL: UMA ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Dalila Cisco Collatto

Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSul)
Av. Copacabana, 100, Sapucaia do Sul/RS
dcollatto@sapucaia.ifsul.edu.br

Ricardo Brandão Mansilha¹; Leonardo Dagnino Chwiacowsky²; Daniel Pacheco Lacerda³
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS)
Av. Unisinos, 950, São Leopoldo/RS

¹rbmansilha@unisinos.br; ²ldchiwiacowsky@unisinos.br; ³dlacerda@unisinos.br

RESUMO

A avicultura é um setor representativo na economia brasileira com cerca de 1,5% do PIB, situando o Brasil entre os maiores produtores e exportadores mundiais de carne de frango. Para incrementar sua produtividade, os produtores têm investido em melhorias nos sistemas de aquecimento das instalações. O objetivo desta pesquisa é identificar a fonte energética mais adequada para o aquecimento de aviários, de acordo com a perspectiva do avicultor e sob a lógica socioambiental. A identificação dos critérios que influenciam na escolha dos sistemas de aquecimento foi viabilizada por meio de um estudo exploratório em três unidades de produção de frango de corte, localizados na região serrana do Rio Grande do Sul. Para a identificação da melhor escolha para fonte energética, foi aplicado o Processo Analítico Hierárquico (AHP). Os seguintes critérios foram identificados e validados pela pesquisa realizada: custo da fonte energética, *lead time*, investimento em equipamentos, eficiência energética, qualidade de vida e impactos ambientais.

PALAVRAS CHAVE. Avicultura, Fontes de Energia, Tomada de Decisão, Método de Análise Hierárquica, AHP.

Área principal (Apoio à Decisão Multicritério, PO na Administração e Gestão da Produção)

ABSTRACT

Poultry farming is a representative sector of the Brazilian economy with about 1.5% of GDP, placing Brazil among the largest producers and exporters of chicken meat. In order to increase their productivity, producers have invested in improvements in the heating systems of their installations. The objective of this research is to identify the most appropriate energy source for heating poultry farms, according to the perspective of the farmer and under the environmental logic. The criteria that influence the choice of heating systems were identified based on an exploratory study in three production units, located in the mountain region of Rio Grande do Sul state. In order to identify the best choice for energy source, the Analytic Hierarchy Process (AHP) was applied. The following criteria were identified and validated by the survey: cost of energy source, lead time, investment in equipment, energy efficiency, quality of life and environmental impacts.

KEYWORDS. Poultry Farming, Energy Sources, Decision Making, Analytic Hierarchy Process, AHP.

Main area (Multicriteria Decision Aid, OR in Administration and Production Management)

1. Introdução

Nas últimas três décadas, a avicultura brasileira tem apresentado altos índices de crescimento e conquistado novos mercados, como China e Rússia (MAPA, 2014). Em 2010, o Brasil se tornou o terceiro maior produtor mundial de frangos produzindo 12,23 milhões de toneladas (mmt) de carne de frango, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (16,56 mmt) e da China (12,55 mmt), e líder em exportação, ao atender 150 países com apenas 31% da produção brasileira (DUDLEY-CASH, 2012). Atualmente, cerca de 40% da carne exportada no mundo tem origem brasileira e a previsão para 2018/2019 é que o crescimento das exportações de carne de frango atinja 90% do comércio mundial (MAPA, 2014).

No cenário brasileiro, a Região Sul se destaca na produção de carne de frango e como principais produtores do país (MAPA, 2014; ABPA, 2014). Para atingir essa produtividade, podem ser elencados fatores como qualidade, sanidade e preço. O Brasil buscou modernização e empregou instrumentos, a saber: manejo do aviário, sanidade, alimentação balanceada, melhoramento genético e produção integrada (MAPA, 2014; ABPA, 2014). Contudo, ainda há um amplo espaço para a melhoria da produtividade brasileira. No caso dos aviários da região Sul do Brasil, o clima, em especial as baixas temperaturas do inverno, pode reduzir a produtividade.

Nesse sentido, Carvalho (2010) aponta a necessidade de pesquisas que tratem das instalações avícolas para proporcionar conforto térmico em períodos de frio. O conforto térmico é necessário, principalmente, na fase inicial da vida das aves, pois pode comprometer o seu desenvolvimento, causando prejuízos diretos ao avicultor e reduzindo a produtividade nacional, por consequência. Assim, as instalações avícolas devem assegurar um ambiente de conforto térmico que proporcione ao animal expressar todo o seu potencial genético (NASCIMENTO et al., 2014). A fim de garantir a temperatura ideal às aves nas regiões frias, utilizam-se sistemas de aquecimento artificial. Em geral, no sul do país, são empregadas fornalhas a lenha ou campânulas a gás para o aquecimento de aviários de corte, onde o frio é rigoroso (CARVALHO, 2010). Por conseguinte, estudos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) sinalizam como fontes para o aquecimento de aviários, além da lenha e do gás, o óleo diesel e a energia elétrica e, ainda em pesquisa experimental, o biogás e a energia solar (EMBRAPA, 2014).

Nesse contexto, o avicultor se depara com diferentes critérios de escolha da fonte de energia mais adequada para o aquecimento das instalações da produção de frango de corte. Tal aspecto tem implicações na sua decisão de investimento e, por consequência, na produtividade e rentabilidade esperadas. Esse conjunto de decisões, eventualmente desestruturadas, pode comprometer, em última análise, a própria competitividade brasileira nesse setor. Por essa razão, este trabalho tem por objetivo apresentar um modelo de análise multicritério para auxílio à decisão na escolha da melhor fonte de aquecimento das instalações na produção de frangos de corte.

Foram conduzidos estudos exploratórios com três avicultores da região serrana do Rio Grande do Sul, para identificar os critérios relevantes na tomada de decisão sobre o tipo de energia. Deste estudo exploratório, inicialmente, emergiram os critérios considerados para a decisão da fonte energética, sob o ponto de vista dos produtores. Os critérios técnicos, sociais e ambientais que envolvem o consumo de energia fazem parte desta decisão, ainda que não sejam valorizados pelos produtores. Assim sendo, o objetivo desta pesquisa se concentra em identificar a fonte energética mais adequada para o aquecimento de aviários na produção de frango de corte, sob a perspectiva profissional do avicultor e o pensamento socioambiental. Dessa forma, a contribuição central do trabalho está em elencar o conjunto de critérios de decisão e alternativas energéticas considerando os critérios técnicos, ambientais e sociais.

2. Revisão da Literatura

2.1 Produção de frango de corte no Brasil

No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), a avicultura emprega mais de 3,6 milhões de pessoas, direta e indiretamente, e responde por quase 1,5% do Produto Interno Bruto (PIB). O setor é representado por dezenas de milhares de produtores integrados por centenas de empresas beneficiadoras e por dezenas de empresas exportadoras (ABPA, 2014).

A importância social da avicultura no Brasil se verifica também pela presença maciça no interior do país, principalmente nos estados do Sul e do Sudeste, que somados são responsáveis por 62% da produção. (ABPA, 2014).

O modelo adotado no Brasil para a criação de frangos é a de integração – sistema de parceria entre empresa (integradora) e produtores rurais (integrados). Em geral, a empresa integradora fornece o atendimento técnico por meio profissionais (veterinários, entre outros), a ração e os subsídios para a implantação e o melhoramento da criação de frangos. Também, se responsabiliza pela logística de abastecimento, pela programação e pelo recolhimento das aves para abate. O produtor rural integrado, por sua vez, viabiliza o espaço, a mão de obra, a operacionalização e o manejo para a criação. A parceria contribui para a melhoria técnica nas etapas da cadeia produtiva, reduzindo custos de transação e na melhoria da qualidade dos produtos, o que atende às demandas globais (MAPA, 2014).

No entanto, considerando-se as condições atuais de tecnologia, o sucesso ou o fracasso de uma criação de frangos de corte se relaciona às condições ambientais a que as aves estão submetidas. Para Bueno e Rossi (2006), o conforto térmico no interior das instalações avícolas constitui um desafio, uma vez que situações extremas de calor ou de frio afetam a produção. A climatização se torna uma solução estratégica, para se criar uma situação de maior independência do clima externo, reduzindo a variabilidade da cadeia produtiva como um todo.

Portanto, o avicultor deve assegurar a zona de conforto entre 31°C e 33°C para recém-nascidos (entre um e sete dias de vida) e entre 21°C a 23°C para animais adultos, com umidade relativa entre 65% e 70% (UBA, 2009). Isso se constitui em um desafio, principalmente para os avicultores da região Sul do país, especialmente nos períodos de frio, quando é necessário o aquecimento para a manutenção da temperatura adequada do aviário.

2.2. Fontes energéticas para aquecimento e o contexto da avicultura

A energia originária da biomassa configura uma das fontes mais antigas de energias renováveis, sendo ainda comum a sua utilização nos países em desenvolvimento (MOREIRA, 2011). Essa fonte de energia representou um dos primeiros métodos adotados para o aquecimento de aviários, com o calor transmitido por meio de condução através do ar. Atualmente, tal procedimento ainda é utilizado em sua forma rudimentar, através da queima de lenha em tonéis de ferro, no aviário, gerando toxicidade no ambiente e temperaturas irregulares. Com o avanço dos sistemas tecnológicos, o procedimento evoluiu e passou a realizar a queima de lenha em fornalhas, com transmissão do calor por meio de dutos, que conduzem o calor da fornalha para o interior das instalações (ABREU, 2014). Contudo, a utilização da biomassa, no caso a lenha, permanece.

Na avicultura, Kunh (2010) constatou, em pesquisa com produtores de frango de corte do Oeste do Paraná, que, devido aos altos preços do gás liquefeito de petróleo e também às incertezas do abastecimento interno, há a tendência de utilização da combustão da lenha para realizar o aquecimento de aves durante o processo produtivo de frango de corte. O resultado da pesquisa de Kunh (2010) indicou que 31% da população analisada utilizavam o forno a lenha como única fonte de aquecimento; 53% empregavam fontes mistas de aquecimento a lenha e a gás, e somente 16% adotavam o gás como única fonte de aquecimento.

Os aquecedores a gás – comumente denominados de campânulas a gás – possuem um queimador de gás convencional, em que o calor é transmitido às aves por condução e por convecção. As campânulas são instaladas a baixas alturas em relação ao solo, ocasionando a distribuição não uniforme da temperatura em seu raio de ação, o que as torna um equipamento funcional por sua resistência, seu baixo índice de manutenção e sua mobilidade. A vantagem do sistema provém da comodidade de sua regulação termostática; como desvantagem, aponta-se o seu alto custo, tratando-se de um dos sistemas mais caros em consumo (ABREU, 2003).

O óleo diesel representa outra fonte de aquecimento utilizada na avicultura, por possuir alto poder calorífico, apesar de seu alto índice de emissão de poluentes. Já no aquecimento a pellet, a matéria-prima é proveniente de resíduos de madeira transformados em pequenos granulados em formato cilíndrico. Em virtude de sua padronização, proporciona uniformidade da temperatu-

ra e seu baixo teor de umidade não emite fumaça, o que resulta em uma quantidade de cinza muito pequena.

Enfim, a decisão acerca de qual a energia adequada às instalações depende de critérios técnicos, sociais e ambientais. Algumas fontes de energia, por exemplo, causam maiores impactos ambientais, outras possuem uma facilidade maior para operacionalização melhorando a qualidade de vida dos trabalhadores. Ademais, além do custo da matéria-prima como fonte de energia, outros critérios precisam ser levados em conta, uma vez que a sustentabilidade independentemente do tipo de organização não depende mais exclusivamente do pilar econômico, mas também de questões socioambientais.

2.3. Tomada de Decisão Multicritério e o AHP

O método de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchy Process* - AHP) possibilita a hierarquização dos critérios e a geração de matrizes de decisão, construídas com base nos julgamentos de comparações paritárias de cada alternativa em relação a cada critério.

Saaty (1991) conceitua o método AHP como uma técnica que permite representar e estabelecer relações de um determinado problema a partir de uma estrutura hierárquica, possibilitando a tomada de decisão. Para tanto, usa a lógica de decisão com múltiplos critérios, que é baseada no princípio de que a experiência e o conhecimento são tão importantes quanto os dados utilizados. Ademais, delinea os três princípios fundamentais para encontrar a solução de problemas: a decomposição, a comparação e a síntese (SAATY, 1991).

A decomposição se refere à estruturação do problema em elementos colocados em diferentes níveis. O segundo princípio é o de comparação dos elementos da estrutura, o que cria importância relativa entre os elementos de um nível e seu nível acima. O terceiro princípio é o de síntese das prioridades alcançadas (SAATY, 1991). Desta forma, o autor elenca as etapas necessárias à aplicação do método AHP para solução de problemas: a) contextualizar o problema; b) estruturar e definir os elementos da hierarquia; c) criar uma matriz de comparação paritária, através do emprego da escala fundamental de Saaty (Quadro 1); d) calcular as prioridades relativas dos critérios; e) calcular os valores de consistência; g) calcular a matriz de comparação paritária por critério; h) calcular a prioridade composta; e i) elaborar a interpretação dos resultados.

Quadro 1: Escala fundamental de Saaty

Intensidade	Definição
1	Igual importância
3	Moderada importância de um sobre o outro
5	Essencial ou de grande importância
7	Importância muito forte
9	Extrema importância
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

Como justificativa da adoção do método AHP, publicações recentes que dizem respeito à utilização deste método, evidenciam a sua aplicabilidade tanto na escolha multicritério da fonte de energia, quanto na escolha de alternativas para produção de frangos de corte. Por exemplo, na Turquia, o método *Fuzzy AHP* foi sugerido para escolha da melhor política de energia (KAHRAMAN & KAYA, 2010). Na Coreia, foi analisado o potencial competitivo do país no desenvolvimento de tecnologia de energia de hidrogênio, também utilizando a abordagem de análise hierárquica (LEE, MOGI & KIM, 2007). Em outro estudo, o método AHP foi utilizado para priorizar pesos relativos a tecnologias distintas na produção de energia a partir do hidrogênio (LEE et. al., 2011).

Já em relação à produção de frangos de corte, alguns exemplos deixam claro o potencial da ferramenta nesta área. No Brasil, o método AHP foi utilizado para selecionar a matéria prima mais adequada para construção de camas nos aviários para produção de frangos com destino à

exportação (GARCIA, et. al., 2012). Outra pesquisa feita no Brasil, mais especificamente na região de Dourados (MS), a metodologia de análise multicritério foi utilizada na seleção da melhor linhagem genética que possa evitar incidentes na carcaça dos frangos nas mais diversas etapas do processo (PILECCO, et. al., 2012). Por fim, para classificar a eficiência de comedouros utilizados na produção de frangos de corte, mais uma vez o método AHP aparece como ferramenta de seleção e análise (NEVES, et. al., 2013).

3. Método de trabalho

O método de trabalho é definido como uma sequência de passos lógicos que o pesquisador deverá seguir, no intento de alcançar os objetivos da sua pesquisa. (MARCONI; LAKATOS, 2010). Neste caso, a primeira etapa deste trabalho foi identificar o problema de pesquisa: a escolha da fonte energética mais adequada para o aquecimento de aviários na produção de frango de corte. Trata-se de um problema relevante para a gestão do negócio como um todo, uma vez que, ao resolver o problema de pesquisa, os gestores das empresas integradoras poderão acessar uma ferramenta que auxilia na identificação da fonte energética. A escolha adequada desta fonte de energia proporcionará maior retorno financeiro, melhor qualidade de vida para o integrador (produtor rural) e qualidade ambiental.

Após a definição do problema, a segunda etapa foi a revisão da literatura dos assuntos abordados neste trabalho, o que proporcionou conhecimento para avançar para próxima etapa, o planejamento do estudo exploratório. Neste estudo, foram selecionados três produtores integrados que demonstraram interesse em discutir os critérios para seleção da fonte energética, que utilizassem fontes energéticas diferentes e que estivessem vinculados ao mesmo tipo de produto. Assim, para a realização do estudo exploratório, solicitou-se autorização para a empresa integradora e para os integradores, para que se procedesse a visita às instalações de produção de aves com acompanhamento do supervisor de produção, e que assim fossem realizadas as entrevistas.

A partir da coleta de informações no campo, os dados foram analisados, mediante identificação dos critérios e das alternativas relativas à escolha da energia para aquecimento dos aviários. Para isso, determinaram-se os critérios e alternativas sob a ótica dos integradores, para assim estruturá-los hierarquicamente, conforme a sua importância, de acordo com o que a metodologia AHP determina. Também foi realizado o levantamento de dados técnicos e socioambientais das fontes de energia empregadas no aquecimento de aviários, os quais foram validados com o representante da empresa integradora como pertinentes para a tomada de decisão.

Mediante critérios estabelecidos, uma nova etapa foi tratar da validação da matriz de comparação junto ao mesmo representante, escolha justificada devido ao conhecimento técnico e prático de sua atividade. Sendo assim, uma vez validada a matriz de comparação, com a hierarquia definida, intuiu-se por elucidar os julgamentos para cada critério e alternativas que, segundo Saaty (1991), devem refletir conhecimento, sentimentos e emoções do tomador de decisão, que desta vez concentrou aspectos relativos aos avicultores. Nessa etapa, cada critério da estrutura foi julgado na escala fundamental, com as informações inseridas no modelo. Enfim, o conjunto dos dados foi representado através de uma matriz de modo que todos os elementos fossem comparados um a um e, por fim, analisados.

Após a validação, foi efetuado o cálculo das prioridades, das consistências e analisados os resultados encontrados. A partir deste exame, sugeriu-se uma análise de sensibilidade para dois dos critérios considerados mais importantes. Por fim, foi realizada uma análise global dos resultados e apresentadas as conclusões desta pesquisa.

3.2. Coleta e Análise dos dados

A coleta de dados foi realizada no mês de junho de 2014, mediante visita às instalações e observações de forma direta, com a realização das entrevistas e a análise dos controles de consumo e de resultados econômicos. Pela natureza exploratória da pesquisa, objetivando o levantamento dos critérios para a estruturação do modelo de apoio a decisão multicritério, foram realizadas entrevistas não estruturadas com perguntas abertas. O objetivo desse procedimento foi individualizar os critérios mais importantes do ponto de vista dos decisores, neste caso os avicultores.

As informações técnicas e determinações operacionais foram esclarecidas com o supervisor de produção da empresa integradora, que acompanhou as entrevistas realizadas com os três avicultores parceiros. O Quadro 2 apresenta a relação dos entrevistados e, para fins deste estudo, considerados como especialistas no contexto de produção de frango de corte no Sul do país.

Quadro 2 – Caracterização dos entrevistados

Entrevistado	Sistema	Experiência profissional	Características
Avicultor A	Lenha	32 anos	Proprietário
Avicultor B	Gás a granel	6 anos	Proprietário
Avicultor C	Pellets	4 anos	Proprietário
Supervisor	-	12 anos	Supervisor de produção

Fonte: Elaborado pelos autores

Na entrevista com os avicultores, inicialmente foram identificadas três alternativas de fontes de energia utilizadas nas instalações de produção: lenha, gás e pellet. No entanto, um dos entrevistados expôs a possibilidade de utilização do óleo diesel, também como matéria-prima para o aquecimento de aviários.

Após a definição das alternativas, durante a entrevista, reconheceram-se os critérios relevantes no momento da escolha, tais como: o custo da fonte energética, o prazo de entrega dos fornecedores e o investimento necessário para instalação do sistema de aquecimento. Contudo, na construção da estrutura hierárquica, outras três variáveis foram propostas pelos pesquisadores e validadas pelos entrevistados: eficiência energética, impactos ambientais e qualidade de vida da mão de obra. Embora estes critérios tenham sido propostos pelos pesquisadores, os mesmos também foram evidenciados nas entrevistas, porém de uma forma menos destacada.

Outro critério que surgiu, em um primeiro momento nas entrevistas, foi o custo em si da mão de obra. No entanto, este critério foi descartado por se mostrar irrelevante, uma vez que os valores pagos à mão de obra, independente da fonte de energia empregada, eram praticamente iguais. Além disso, segundo o supervisor de produção, parte dos avicultores do Sul do país dedica, junto com suas famílias, tempo integral às atividades operacionais e, muitas vezes, não contratam mão de obra externa.

A definição dos pesos relativos a cada critério foi realizada a partir de informações obtidas nas entrevistas e através da coleta de dados em fontes secundárias. O custo da matéria-prima e o prazo de entrega do fornecedor (*Lead Time*) foram levantados nas próprias entrevistas. A eficiência energética foi encontrada a partir de dados do Ministério de Minas e Energia sobre o Balanço Energético Nacional (MME, 2013) e os valores de impacto ambiental foram calculados por meio de informações retiradas do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2005). Já para os investimentos em equipamentos, foi feito um orçamento junto a um fornecedor julgado como o mais importante entre os entrevistados (DEBONA, 2014). Por fim, para atribuir a pontuação comparativa das alternativas com relação ao critério qualidade de vida da mão de obra, buscou-se, através das entrevistas, informações que pudessem sustentar a classificação dos pontos, dada a subjetividade deste critério. Na Tabela 1, indicam-se os valores pesquisados para o ajuste da pontuação das alternativas com relação a cada critério, com exceção do critério Qualidade de Vida, que por se tratar de um parâmetro subjetivo, foi julgado diretamente através da matriz de comparação das alternativas, empregando-se a escala fundamental.

A primeira linha da tabela corresponde ao custo médio da matéria-prima (Mp) por lotes de trinta dias de produção (aquecimento). Na segunda linha, o *Lead Time* (Lt) retrata o prazo de entrega dos fornecedores. Seguindo na tabela, a terceira linha traz informações quanto ao potencial calorífico de cada fonte de energia (Ee). O Impacto Ambiental (Ia) é medido pela quantidade de gás carbônico que é emitido a cada lote produzido. Já os valores relativos aos custos de insta-

lação de equipamentos de aquecimento (Ie) foram definidos com base em informações obtidas em empresas especializadas no aquecimento de aviários.

Tabela 1: Dados de entrada das alternativas

Critério	Base Escalas	Lenha	Gás	Óleo	Pellets
Mp	Custo MP / Lote	R\$ 1.200,00	R\$ 2.341,63	R\$ 3.663,36	R\$ 1.647,69
Lt	Lead Time em Horas	48	96	168	720
Ee	Kcal/Kg	2.770	10.454	10.750	4.070
Ia	Kg CO ² / Lote	9.911	4.733	3.703	1.741
Ie	Equipamentos Novos	R\$ 19.500,00	R\$ 5.000,00	R\$ 20.000,00	R\$ 29.500,00

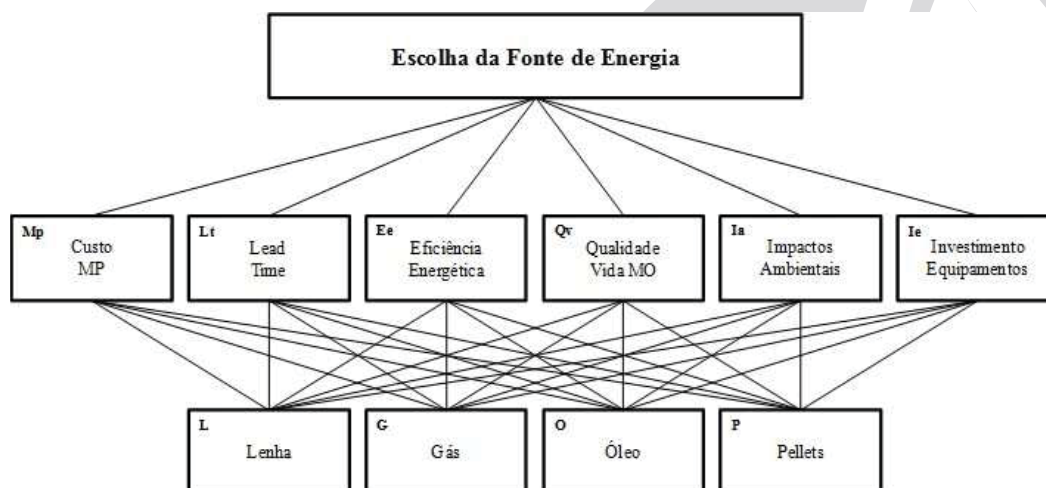
Fonte: Elaborado pelos autores

Enfim, após a coleta de dados e sua parametrização segundo os critérios estabelecidos pelo método AHP, utilizou-se o software *Expert Choice* para a construção das matrizes paritárias e análise dos dados por meio da formação dos gráficos de sensibilidade. A matriz de comparação dos critérios se refere à distribuição dos julgamentos de importância detectados pelos avicultores entrevistados. Nessa etapa, cada critério deve ser pareado de forma que cada um seja julgado quanto a sua importância em relação aos demais critérios visando à escolha da fonte de energia. Por outro lado, estas matrizes de comparação precisam ser validadas conforme sua consistência, devendo o índice de consistência calculado não ser superior a 10% (SAATY, 1991).

4. Resultado da pesquisa

A primeira etapa do processo multicritério, conforme método de trabalho, trata-se da estruturação do problema. A Figura 1 mostra a relação entre as alternativas e os critérios selecionados para fins desta pesquisa. Nota-se que a escolha irá depender do quão importante cada critério é percebido, sob o ponto de vista dos avicultores, e seus valores correspondentes à realidade do setor na região trabalhada.

Figura 1: Estrutura do problema



Fonte: Elaborado pelos autores

Após a decomposição do problema, a próxima etapa envolveu a construção das matrizes de comparação, que são compostas de informações pareadas e que representam as grandezas escalares para a seleção dos critérios. Neste caso, a matriz de comparação dos critérios se refere à distribuição dos julgamentos de importância que foram detectados através das entrevistas realizadas com os avicultores.

A Tabela 2 evidencia a distribuição dos critérios pareados conforme sua importância. É importante ressaltar, que o software *Expert Choice* tem por padrão empregar números negativos (entre parênteses) para representar os critérios menos relevantes, quando os mesmos são pare-

dos. A Eficiência Energética (Ee), por exemplo, mostrou-se moderadamente menos importante que a Qualidade de Vida da mão de obra (Qv).

Tabela 2: Matriz de comparação dos critérios

	Mp	Lt	Ee	Qv	Ia	Ie	
Mp			5,0	9,0	7,0	9,0	3,0
Lt				5,0	3,0	5,0	(3,0)
Ee					(3,0)	1,0	(7,0)
Qv						3,0	(5,0)
Ia							(7,0)
Ie							Incon: 0,04

Fonte: Elaborado pelos autores

O Custo da Matéria-Prima (Mp) foi compreendido pelos avicultores como o critério mais importante no momento de decidir pelo sistema de aquecimento dos aviários. Segundo eles, trata-se do critério mais importante, pois representa uma das principais despesas na realização desta atividade. Além disso, existe uma significativa diferença entre os preços praticados pelo mercado para cada tipo de matéria-prima e, dependendo da capacidade da instalação, algumas matérias-primas não se tornam viáveis, visto que o custo alto impede a lucratividade do negócio. O critério de Investimento em Equipamentos (Ie) foi concebido a partir dos custos de aquisição e de instalação dos sistemas de aquecimento. Este critério só não é o mais importante por ser percebido como um desembolso vinculado ao período de financiamento, diferente do custo de consumo de matéria-prima que será contínuo, enquanto existir o empreendimento. O terceiro critério mais importante levantado foi o *Lead Time* do fornecedor (Lt) de matéria-prima. De acordo com os avicultores, no momento de escolher a matéria-prima base para o aquecimento dos aviários, quanto maior for o tempo de atravessamento do fornecedor até o cliente, maiores serão as incertezas que acarretam, diretamente, em custo de armazenamento.

Já o critério Qualidade de Vida da Mão de Obra (Qv) vem logo depois, seguindo a ordem na matriz. Isto porque, para o critério relacionado à mão de obra, o mais relevante para os avicultores é a praticidade das operações. Tais sistemas de aquecimento divergem quanto ao desgaste físico do processo de movimentação dos estoques e no abastecimento da matéria prima, além de conter riscos de insalubridade e periculosidade. Como consequência, a busca pela facilidade operacional torna-se um critério decisivo na escolha, uma vez que grande parte dos produtores são os próprios encarregados nas operações junto a suas famílias.

Por último, no que diz respeito aos critérios de Eficiência Energética (Ee) e de Impacto Ambiental (Ia), houve um empate quanto à percepção dos entrevistados, isto porque nenhum deles manifestou interesse em avaliar tais variáveis como critério de escolha da fonte de energia, em um primeiro momento. Em relação ao critério Ee, para os avicultores, “o que importa é o custo do aquecimento para a produção dos lotes”. Na percepção deles, a eficiência energética concerne à capacidade da fonte de energia de manter a temperatura interna do aviário dentro dos padrões necessários para a produção, nada mais do que isto. Já no tocante aos impactos ambientais, a consciência ambiental parece ainda não ter alcançado os aviários. Segundo os entrevistados, não existe fiscalização e, por isso, não existe preocupação com a poluição causada pelo consumo das matérias-primas.

Do mesmo modo com que foram atribuídos valores de forma pareada para os critérios, também foram realizadas comparações pareadas para as alternativas de energia. No entanto, para comparar as alternativas, foi preciso relacionar as fontes a cada critério de escolha isoladamente, como recomenda o método AHP. Para isso, as matrizes foram produzidas respeitando as grandezas escalares propostas pelo método, porém, de forma proporcional aos valores encontrados na prática, conforme apresentado no método deste trabalho. A Tabela 3 esboça as matrizes das alternativas construídas, critério por critério, juntamente com o correspondente índice de consistência.

Para enquadrar os valores reais praticados, apresentados na Tabela 1, à escala fundamental, os mesmos foram ordenados e após o maior valor foi fixado em 9 pontos, conforme sugere o método AHP. Então, por interpolação linear, foram extraídos os demais valores.

Tabela 3: Matriz de comparação das alternativas

Custo da Matéria Prima (Mp)				
	Lenha	Gás	Óleo	Pellets
Lenha			4,0	7,0
Gás				4,0
Óleo				
Pellets				
	Incon: 0,04			

Qualidade de Vida da Mão de Obra (Qv)				
	Lenha	Gás	Óleo	Pellets
Lenha			(8,0)	(7,0)
Gás				2,0
Óleo				
Pellets				
	Incon: 0,01			

Lead Time (Lt)				
	Lenha	Gás	Óleo	Pellets
Lenha			2,0	3,0
Gás				2,0
Óleo				
Pellets				
	Incon: 0,03			

Impacto Ambiental (Ia)				
	Lenha	Gás	Óleo	Pellets
Lenha			(9,0)	(5,0)
Gás				4,0
Óleo				
Pellets				
	Incon: 0,05			

Eficiência Energética (Ee)				
	Lenha	Gás	Óleo	Pellets
Lenha			(8,0)	(7,0)
Gás				2,0
Óleo				
Pellets				
	Incon: 0,04			

Investimento em Equipamentos (Ie)				
	Lenha	Gás	Óleo	Pellets
Lenha			(6,0)	1,0
Gás				6,0
Óleo				
Pellets				
	Incon: 0,03			

Fonte: Elaborado pelos autores

Por fim, a partir das constatações supracitadas, cada alternativa foi pontuada e a matriz dos critérios foi validada, junto ao supervisor de produção. Com as matrizes das alternativas estruturadas, as etapas de normalização e de cálculo das prioridades foram logo concluídas.

4.2. Cálculo das prioridades e consistência das matrizes

As matrizes foram priorizadas e o teste de consistência executado junto ao *Expert Choice* através do modo ideal (multiplicativo). Os primeiros resultados podem ser identificados no Gráfico 1. O custo da matéria prima (Mp), pela perspectiva dos avicultores, é o critério mais importante dentre todos, chegando a alcançar 47,5% na escala de importância. Nota-se que o teste de consistência é apresentado logo abaixo, a esquerda no gráfico. Lembrando que qualquer valor menor do que 0,10 indica a consistência das matrizes de comparação.

Gráfico 1: Priorização e análise de consistência dos critérios



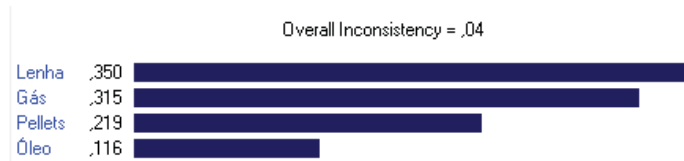
Fonte: Elaborado pelos autores

Os investimentos em equipamentos ficaram em segundo lugar, com um peso de 25,7% e o *Lead Time* do fornecedor, em seguida, com 13,5%. Nota-se que os critérios de escolha que representam as despesas na produção de frango de corte juntos somaram 86,7% do peso em critérios para escolha de uma fonte de energia. Nesse caso, os critérios que dizem respeito às questões socioambientais, juntos, representaram apenas 13,4% do total. Nesse ponto, foi possível perceber a forte tendência na escolha pela energia de menor custo financeiro.

Paralelamente à priorização e à validação da matriz dos critérios, as matrizes das alternativas por critérios também foram trabalhadas e validadas, seguindo as mesmas etapas. A lenha, por exemplo, se destacou como a melhor fonte de energia quanto ao custo da matéria-prima, por apresentar o menor preço por lote e também quanto ao *Lead Time* do fornecedor, por possuir o menor tempo de entrega. Por outro lado, o gás prevaleceu como melhor fonte de energia para os demais critérios, principalmente em se tratando dos critérios socioambientais. A análise de consistência pode ser vista junto à Tabela 3, nas matrizes de comparação das alternativas relativas a cada um dos critérios.

Por último, a partir dos dados trabalhados e validados no que tange à consistência da distribuição dos valores na escala, a escolha pela fonte de energia de maior peso pôde ser feita. A agregação das prioridades por alternativas representa a última etapa do método. O Gráfico 2 exibe os resultados finais obtidos e a ordem das prioridades revela a melhor fonte de energia.

Gráfico 2: Prioridade Global



Fonte: Elaborado pelos autores

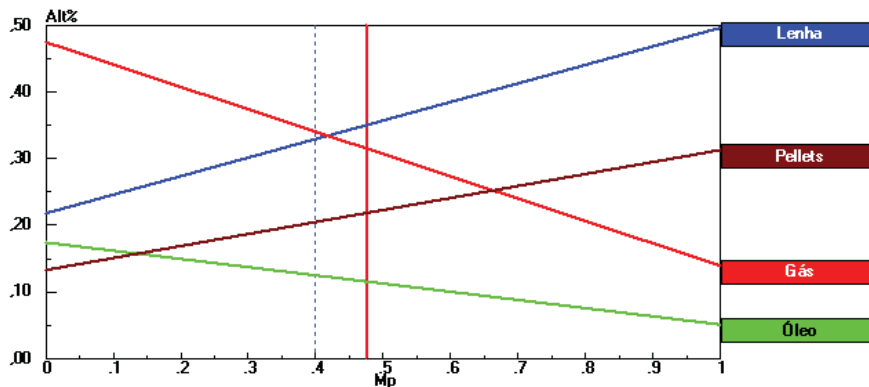
Entendendo-se como preferência a agregação multiplicativa (modo ideal apresentado pelo software *Expert Choice*), a lenha se mostrou como mais eficiente na escolha de uma fonte energética. Em segundo, muito próximo ao valor da lenha, vem o gás.

4.3 Análise de Sensibilidade

Para a realização da análise de sensibilidade, duas variáveis foram levadas em consideração: Custo da Matéria prima (Mp) e o Impacto Ambiental (Ia). A escolha do critério Mp deveu-se a sua importância global, tendo em vista a competitividade e lucratividade das empresas. Já o critério Ia, a sua escolha justifica-se pela crescente conscientização em relação à preservação do meio ambiente.

O Gráfico 3 mostra a sensibilidade das variáveis em torno do custo da matéria prima. A linha vertical vermelha apresenta a importância da Mp apontada pelos avicultores, no caso um peso de 45,7 % do todo. Percebe-se que com esta pontuação a ordem das fontes energéticas varia da lenha como principal escolha, o gás em segundo, depois o pellets e por último o óleo diesel. Já a linha vertical pontilhada em azul mostra que, ao reduzir a importância do critério Mp para um valor inferior, a aproximadamente 40%, o gás passa a assumir a primeira posição e a lenha passa a ser considerada como segunda opção. Por fim, com uma importância acima de 70% para o critério Mp, o pellets passaria a ser considerado em segundo lugar, deixando o gás em terceiro, mantendo a lenha e o óleo em suas posições iniciais.

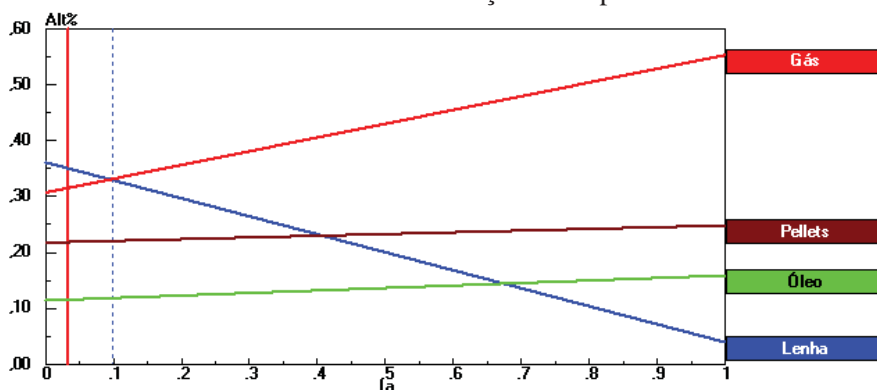
Gráfico 3: Sensibilidade em relação ao Custo da Matéria Prima



Fonte: Elaborado pelos autores

Já a dinâmica relativa ao critério que representa o impacto ambiental pode ser visualizada no Gráfico 4. Da mesma forma que no gráfico anterior, a linha vertical em vermelho corresponde ao grau de importância dado pelos avicultores para este critério, sendo de apenas 3,3%. Nota-se que, em virtude da baixa importância apresentada por este critério, a lenha também ficou posicionada em primeiro lugar. No entanto, esta posição tende a quase zero no eixo das alternativas à medida que o peso do critério Ia vai ganhando maior importância. A linha pontilhada em azul mostra que, com apenas 10% de importância, a fonte de energia representada pelo gás passa a assumir a primeira posição. Para um peso de aproximadamente 40% para este critério, o pellets assumiria a segunda posição e o óleo permaneceria em terceiro, até o critério Ia se aproximar aos 70% de importância.

Gráfico 4: Sensibilidade em relação ao Impacto Ambiental



Fonte: Elaborada pelos autores

Enfim, ao analisar apenas a sensibilidade destas duas variáveis, pode-se dizer que no momento em que a conscientização ambiental tornar-se um critério importante para tomada de decisão nos aviários quanto a escolha das fontes energéticas, o gás será a matéria prima mais requisitada. Enquanto isso a lenha continuará como principal escolha entre os avicultores devido ao baixo custo.

5. Conclusão

A decisão da fonte de energia para o aquecimento de aviários deve levar em consideração alguns critérios, dentre os quais, os que foram identificados nesta pesquisa: custo da fonte energética, *lead time*, investimento em instalações de equipamentos para aquecimento, eficiência energética, impactos ambientais e qualidade de vida da mão de obra.

Para a identificação da fonte de energia adequada, o estudo optou por uma abordagem multicritério, que busca apoiar os gestores na tomada de decisão. Desse modo, o Método AHP foi escolhido, já que possibilita a hierarquização dos critérios envolvidos na escolha das fontes energéticas, disponíveis para o aquecimento de aviários.

Em relação aos objetivos deste trabalho, foi possível identificar a melhor opção energética para o aquecimento empregado em instalações para produção de frangos de corte. Sob a ótica dos avicultores, a lenha se configurou como principal fonte de energia; em segundo lugar, o gás ficou muito próximo como prioridade, a ponto de poderem ser tratadas como alternativas de igual valor. O sistema a gás possui baixo investimento inicial e proporciona melhor qualidade de vida, por exigir menos esforço laboral, principalmente em sistemas automatizados; já a lenha é o sistema de menor custo. Tal resultado se alinha com a pesquisa de Kunh (2010), que, em sua pesquisa com produtores do Oeste do Paraná, identificou que 53% dos avicultores utilizavam fontes mistas de aquecimento a lenha e a gás.

Apresentou-se também uma análise de sensibilidade referente aos critérios de custo de matéria-prima e impacto ambiental. A análise baseada na variável Impacto Ambiental, que leva em consideração a redução de emissão de poluentes, apresentou, em um primeiro momento, a lenha como a melhor fonte de energia, tendo em vista o grau de importância deste critério ser de apenas 3,3%. Contudo, a partir do momento em que este critério se torna mais relevante, a tendência seria o abandono da lenha como fonte energética.

Por fim, o AHP delineou-se como ferramenta relevante para a tomada de decisão, principalmente para a área da avicultura, que pouco - ou nada - acessa ferramentas dessa natureza. Entretanto, é importante destacar que o método requer esforço de alinhamento dos níveis de importância de cada critério que, se mal configurados, geram distorções nos resultados.

Referências

ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. *A Avicultura Brasileira*, (www.ubabef.com.br/a_avicultura_brasileira/historia_da_avicultura_no_brasil), 6, 2014.

- Abreu, P. G.**, *Sistemas de Produção de Frangos de Corte: Aquecedores a lenha*, 2003, (<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaoDeFrangodeCorte/AquECE-lenha.html>), 5, 2014.
- MAPA**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aves, (<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/aves>), 6, 2014.
- Bueno, L. e Rossi, L.** (2006), Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10, 497–504.
- Carvalho, T. M. R.**, *Influência da Ventilação Mínima no Ambiente Térmico e Aéreo na Fase de Aquecimento para Frangos de Corte*, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- DEBONA**, Metalúrgica Debona. <<http://www.debona.com.br/Orcamentos.php>>, 6, 2014.
- Dudley-Cash, B.**, *Broiler production in Brazil summarized*, 2012, (http://mydigimag.rrd.com/article/Broiler_production_in_Brazil_summarized/1191935/128225/article.html), 4, 2015.
- EMBRAPA**, Empresa Brasileira de Pesquisa. *Consolidação do custo do avicultor para a produção de frango de corte em Santa Catarina*, 2010, (www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_b4n93o6l.pdf), 6, 2014.
- Garcia, R.G., Almeida, P. I. C. L., Caldara, F. R., Nääs, I. A., Pereira, D. F. e Ferreira V. M. O. S.** (2012), Selecting the Most Adequate Bedding Material for Broiler Production in Brazil, *Brazilian Journal of Poultry Science*, 14, 71-158.
- IPCC**, Intergovernmental Panel on Climate Change. *Carbon Dioxide Capture and Storage: Issues Related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons*, 2005, (www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml), 5, 2014.
- Lee, S., Mogi, G. e Kim, J. W.** (2008), The competitiveness of Korea as a developer of hydrogen energy technology: The AHP approach, *Energy Policy*, 36, 1284-1291.
- Lee, S., Mogi, G. e Kim, J. W.** (2011), Prioritizing the weights of hydrogen energy Technologies in the sector of the hydrogen economy by using a fuzzy AHP approach, *International Journal of Hydrogen Energy*, 36, 1897-1902.
- Marconi, M. A. e Lakatos, E. M.**, *Fundamentos de metodologia científica*, Atlas, São Paulo, 2010.
- Moreira, J.** (2011), Potencial e participação das florestas na matriz energética, *Brazilian Journal of Forest Research*, 31, 363-372.
- Nascimento, G. R., Nääs, I. A., Baracho, M. S., Pereira, D. F. e Neves, D. P.** (2014), Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 658-663.
- Neves, D. P., Nääs, I. A., Garcia, R.G., Silva, R. B. T. R. e Jacob, F. G.** (2013), Analytic Hierarchy Process (AHP) para Classificar a Eficiência de Comedouros Utilizados na Produção de Frangos de Corte, *Enciclopédia Biosfera*, 9, 186-196.
- Pilecco, M., Almeida, P. I. C. L., Tabaldi, L. A., Nääs, I. A., Garcia, R.G., Caldara, F. R. e Andreia, G. O.** (2012), Multi-Criteria Analysis of the Influence of Rearing, Equipment, and Catching Management Practices on the Incidence of Back Scratches in Broilers, *Brazilian Journal of Poultry Science*, 14, 233-304.
- Saaty, T. L.**, *Método de Análise Hierárquica*, Makron, São Paulo, 1991.
- UBA**, União Brasileira de Avicultura. *Norma Técnica de Produção Integrada de Frango*. São Paulo, 2009, (<http://www.ubabef.com.br/publicacoes>), 6, 2014.
- Kahraman, C. e Kaya, I.** (2010), A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives, *Expert Systems with Applications*, 37, 6270–6281.
- Kunh, P. D.**, *Avaliação das condições biomecânicas na avicultura de corte: um estudo na atividade de aquecimento de aviários*, Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2010.