

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

TAISLLER GUIMARÃES DA SILVA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE
AVIÁRIOS DE FRANGO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO
2014

TAISLLER GUIMARÃES DA SILVA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE AVIÁRIOS DE FRANGO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Professor MsC. Wagner Aguiar.

Co - Orientador: Professor Dr. Henrique Cesar Almeida.

FRANCISCO BELTRÃO
2014



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC - 2

Eficiência energética em sistemas de iluminação de aviários de frango.

por

Taisller Guimarães Da Silva

Monografia apresentada às **18:00 horas, do dia 18 de fevereiro de 2014** como requisito parcial para obtenção do título de **ENGENHEIRO AMBIENTAL**, Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

Banca examinadora:

**Prof. Dr. HENRIQUE C. ALMEIDA
BRAVO**
UTFPR convidado

Prof. MsC. WAGNER DE AGUIAR
UTFPR Orientador

**Prof^a. MsC. PRISCILA S. DA
CONCEIÇÃO**
UTFPR convidada

Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki
Coordenador do TCC-2

A copia original encontra-se assinada na coordenação de Engenharia Ambiental

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido na propriedade do Senhor Adelar Guimarães da Silva que é proprietário de uma granja avícola, em parceria de integração com a BRF. A propriedade é localizada no município de Manfrinópolis, no estado do Paraná, nas Coordenadas Geográficas de 26° 8'14.29"S, e 53°19'38.69"O. O trabalho teve como objetivo a avaliação do ciclo de vida dos dispositivos de dissipação luminosa de energia, com três tipos de tecnologias distintas: incandescentes, fluorescentes e LED (Diodo Emissor de Luz), a fim de escolher o melhor custo benefício para iluminação de galpões avícolas. A metodologia utilizada foi a avaliação indireta por meio de cálculo teórico, analisando nos custos do investimento inicial, gasto com energia ao longo do tempo, e vida útil de cada dispositivo. Foi realizada a avaliação direta, in loco, com a troca dos dispositivos de dissipação luminosa, e avaliação da fatura de energia elétrica no período de 02 anos, a fim de avaliar, ao longo do tempo, a redução ou não no custo final da energia, referente à iluminação dos galpões avícolas. Os resultados obtidos demonstram que o melhor dispositivo de dissipação de energia luminosa, com base no melhor custo-benefício e maior eficiência energética são as lâmpadas de LED, com redução de R\$ 9.637,56 em teoria no custo total do sistema, incluindo economia de consumo e vida útil do equipamento. Na prática, houve redução de 6.291,70 com o sistema de iluminação com lâmpadas fluorescentes comprovando o potencial de economia em energia elétrica que pode ser obtido com a simples troca das lâmpadas.

Palavras chave: Iluminação. Custo benefício. Vida útil. Eficiência energética.

ABSTRACT

The study was conducted on the property of Lord Adelar Guimarães da Silva, who owns a poultry farm in integration partnership with BRF. The property is located in the municipality of Manfrinópolis in the state of Paraná, in Geographic coordinates $26^{\circ} 8'14.29''$ S and $53^{\circ} 19'38.69''$ W. The study aimed to evaluate the life of dissipation devices luminous power cycle with three distinct types of technologies: incandescent, fluorescent and LED (Light Emitting Diode) in order to choose the best value for lighting sheds poultry. The methodology was evaluated indirectly through theoretical calculation, analyzing the costs of initial investment, spending on energy over time, and lifetime of each device. Direct evaluation, in situ, with the exchange of light dissipation devices, and review of the electricity bill was held in the period from 02 years to assess, over time, whether to reduce the final cost of energy, regarding the illumination of poultry houses. The results show that the best device dissipation of light energy, based on the best value for money and are more energy efficient LED lamps, with a reduction of R \$ 9,637.56 in theory total cost of the system, including the economy consumption and lifetime of the equipment. In practice, there was a reduction of 6291.70 with the lighting system with fluorescent lamps, indicating the potential savings in electrical energy that can be obtained with the simple exchange of the bulbs.

Keywords: Lighting. Money. Life. Energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Maiores produtores de carne de aves do mundo.	8
Figura 2 - Localização da área de estudo.	16
Figura 3 - Layout da área de estudo com detalhe da área iluminada de um par de lâmpadas.....	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Índices para os valores do fator de depreciação	19
Tabela 2 – Índices de referência para obtenção do fator de utilização (fu).....	19
Tabela 3 – Análise financeira e custos:.....	25
Tabela 4 - Análise financeira e custos operacionais:	28
Tabela 5 – Histórico de consumo da propriedade estudada:	29
Tabela 6 – Quadro comparativo de economia:.....	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Histórico de consumo entre 2012 e 2013:	30
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo geral	7
2.2. Objetivos específicos	7
3. REVISÃO DE LITERATURA	8
3.1. Estado da Arte	8
3.2. Programas de energia elétrica	10
3.3. Lâmpadas utilizadas na iluminação de sistemas “Dark House”	11
3.4. Unidades de iluminação e softwares	12
3.5. Planejamento integrado de recursos (PIR)	13
3.6. Soluções técnicas de problemas relacionados à energia	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1. Área de Estudo	16
4.2. Análises do Ciclo de vida das lâmpadas	16
4.3. Análise econômica dos diferentes sistemas de iluminação	17
4.4. Análise da logística reversa	20
4.5. Eficiência global e análise econômica	20
4.6. Investimento anualizado	21
4.7. Análise econômica	23
4.8. Tabela técnica para gestão energética e econômica	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
6. CONCLUSÃO	33
7. REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável das atividades humanas e a subsequente implantação de processos mais eficientes estão se tornando realidade, década após década. Tais atitudes estão intimamente ligadas à visão crítica da sociedade, bem como a aspectos econômicos, sociais e ambientais. Assim, os atuais sistemas de produção dos diversos setores da economia devem adaptar-se às novas tecnologias, tornando-se atividades que demandem de menos recursos naturais, mantendo os mesmos níveis de produção, tornando-se mais eficientes e contribuindo para o desenvolvimento sustentável (REIS, 2005).

Atualmente, os galpões de criação de frangos, também chamados de aviários, estão mais concentrados em núcleos de produção. Visando minimizar custos com mão de obra, transporte e novas instalações.

Estes aviários adotaram os sistemas de iluminação “Dark House”, ou casa escura em português. Esse sistema consiste em adaptar as laterais da área de confinamento das aves e o forro, com lonas de polietileno expandido de coloração preta, a fim de se manter a uniformidade na iluminação, utilizando-se de energia artificial de forma semicontínua e corrigindo a variabilidade da iluminação solar.

A luminosidade de forma uniforme é um fator fundamental para a atividade avícola, pois afeta o sistema imunológico das aves, bem como o ganho de peso e conversão alimentar, quesitos cruciais para o bom desempenho econômico da atividade. A iluminação representa uma parcela significativa dos custos da produção da atividade, devendo ser dimensionada de maneira correta, visando o melhor custo benefício para o avicultor.

Os tipos mais comuns de iluminação estão voltados para o sistema “Dark House”, basicamente consolidados atualmente em três tipos de tecnologias, incandescente, fluorescente e LED (Diodo Emissor de Luz). A escolha da lâmpada ideal, em vista ao desenvolvimento sustentável, deve levar em consideração o ciclo de vida do produto, o consumo de energia, os custos de investimento inicial, o tempo de retorno do investimento, a geração de emprego e renda e os impactos ambientais envolvidos.

As lâmpadas incandescentes são constituídas basicamente de vidro, um filamento de tungstênio e metal. O vidro tem formato de bulbo em seu interior, onde

é inserido gás inerte para preservar o filamento de tungstênio por mais tempo, aumentando a sua vida útil. As lâmpadas incandescentes dissipam 85% do seu consumo de energia em calor e apenas 15% da energia consumida é transformada em luz (BONA, 2010). As lâmpadas incandescentes têm vida útil média de 600 horas, fato comprovado por testes do Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) e contidos nas especificações técnicas das embalagens de venda (FERREIRA, 2010).

Tipicamente, as lâmpadas fluorescentes são compostas de um tubo selado que é preenchido de dois componentes típicos, o mercúrio e o gás argônio. O mercúrio é um metal pesado, extremamente tóxico a saúde humana, podendo causar anúria, diarreias sanguinolentas e até a morte. Daí a importância do descarte correto desse tipo de lâmpada que, uma vez em contato com sistemas aquáticos, pode contaminar o meio. No interior do tubo das lâmpadas fluorescentes, existe um revestimento fosfórico que possui diversos elementos metálicos, como o sódio. A vida útil das lâmpadas fluorescentes depende do tipo de fabricante e o tipo de reator, variando de 7.500 horas a 15.000 horas (FERREIRA, 2010).

Os fatores citados relacionados à vida útil das lâmpadas fluorescentes, a médio e longo prazo, se tornam atrativos em relação ao custo benefício (LIBONI, 2013).

Por fim, as lâmpadas de LED são o tipo de dispositivo de dissipação de energia elétrica mais eficiente, em um curto espaço de tempo. Tendo em vista que a sua vida útil pode chegar a 100.000 horas, esta vida útil é muito superior aos atuais sistemas de iluminação, e a eficiência também é maior quando comparada com as lâmpadas incandescentes ou fluorescentes (FERREIRA, 2010).

Assim, o tema deste trabalho é a análise do ciclo de vida de lâmpadas fluorescentes, incandescentes e de LED, com ênfase no melhor custo benefício e na maior eficiência energética. Visando identificar todos os custos envolvidos com os sistemas de iluminação artificial adotado atualmente pela atividade avícola, com ênfase na redução dos custos e aumento da eficiência energética.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Indicar, com embasamento técnico-científico, qual o melhor sistema de iluminação de aviários “Dark House”, levando em conta os fatores econômicos, ambientais e sociais.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar, através de artigos técnicos e ensaios realizados pelo INMETRO, qual lâmpada tem o maior ciclo de vida;
- Determinar o custo envolvido no investimento inicial de cada tipo de lâmpada;
- Verificar a aplicação da lei de logística reversa para dispor corretamente as lâmpadas queimadas ou danificadas;
- Verificar a eficiência global de cada tecnologia, a fim de apontar a mais eficiente;
- Realizar os cálculos luminotécnicos, a fim de avaliar a eficiência energética e reduzir o consumo de energia elétrica;
- Desenvolver tabela técnica para análise de custo de investimento, tempo de vida útil, tempo de retorno de investimento, eficiência de cada sistema e potencial impactante negativo de cada tipo de lâmpada.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Estado da Arte

Atualmente, a avicultura está calçada em grandes avanços na área de biogenética, bem estar animal e sanidade. A avicultura, no Brasil é o terceiro maior produtor do mundo, ficando atrás da China, em segundo lugar, e dos Estados Unidos que lideram esse *ranking* [Figura 01]. O estado do Paraná corresponde a 28% de toda a produção nacional, com empresas líderes desse segmento como BRF, Frango Seva e COASUL, dentre outras (CARVALHO, 2012), essa porcentagem leva o Estado a ser o maior produtor de carne de frango do Brasil.

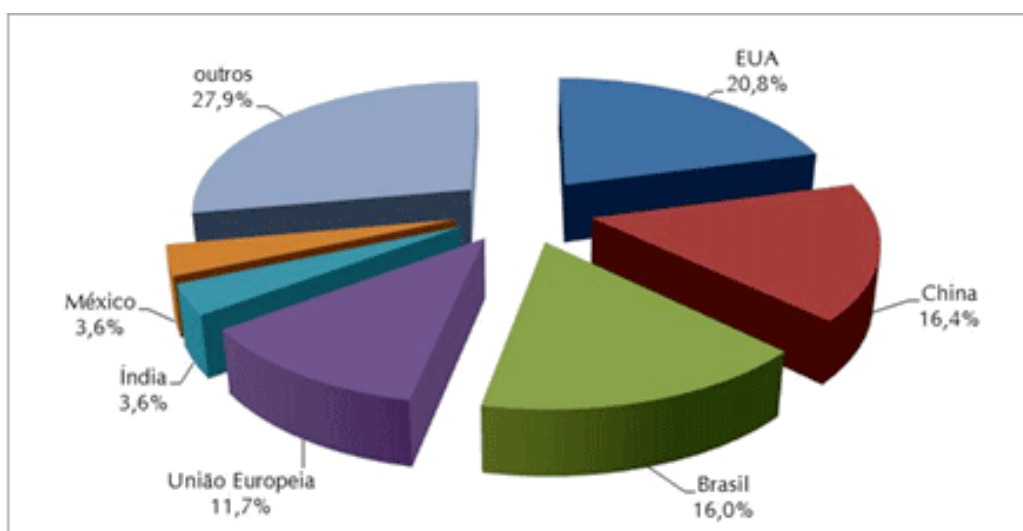


Figura 1 – Maiores produtores de carne de aves do mundo.
Fonte: SCOTCONSULTORIA, 2013.

Tendo em vista a dimensão dessa atividade, devem ser levados em consideração os novos desafios de eficiência energética e a gestão adequada dos recursos naturais empregados. A iluminação é um dos fatores mais importantes no ciclo de criação de aves de corte, no qual a redução do consumo de energia elétrica baseada em cálculos luminotécnicos, e a utilização de diferentes tecnologias de lâmpadas, estão embasadas em demandas crescentes pela melhor gestão de recursos energéticos empregados na avicultura moderna para destacar a atividade avícola do país com tecnologia de ponta. (BONA, 2010).

A produção avícola no Brasil dobrou na última década atingindo a marca de 12,65 milhões de toneladas em 2012, desse montante 69% foram destinados ao consumo interno e 31% para exportações. O consumo per capita nacional chegou a 45 quilogramas por pessoa (UBABEF, 2013).

Nesse contexto, o Paraná, como maior produtor nacional, se destaca de todo o território, visando toda essa produção principalmente para exportação, tendo como principais mercados o Oriente Médio a Ásia e a África. As principais empresas exportadoras são a BRF, Seara Alimentos, JBS Frangosul e a Aurora (UBABEF, 2013).

Os custos envolvidos com a iluminação de energia elétrica estão maiores, tendo em vistas os novos métodos de criação de aves. Além disso, a iluminação, quando dimensionada de maneira correta, pode ser empregada para modificar o comportamento das aves, influenciando-as sobre a redução do canibalismo, diminuindo o estresse e melhorando o índice de conversão alimentar (MENDES *et al.*, 2010).

Outro fator a ser considerado é o fotoperíodo, que significa o tempo que uma planta ou animal precisam ficar expostos à luz, diariamente, para seu desenvolvimento normal, isso varia de 18 a 20 horas, de acordo com a idade das aves (LIBONI, 2013).

Diversas são as variáveis que afetam o bem estar de um ciclo completo de criação de frangos, que pode variar de 28 a 45 dias em média, onde rotineiramente esse ciclo é chamado por quem está no ramo de lote de frangos. Uma das mais importantes variáveis envolvidas na atividade é a intensidade luminosa dos sistemas modernos.

Os sistemas atuais de produção adotaram o método “*Dark House*”, que isola a luz natural, substituída integralmente por luz artificial, que pode ser controlada com maior facilidade. Não só a intensidade luminosa, mas a distribuição uniforme da intensidade luminosa também afeta o bem estar das aves. Ao se posicionar de maneira correta a fonte emissora de luz pode-se influenciar as aves a procurar alimento, água e calor no início da vida. Tal fato influencia diretamente na curva de crescimento adequado das aves (MENDES, 2010).

A evolução nos programas de luz com fotoperíodos de 23 a 24 horas de luz diária para apenas 18 a 20 horas de luz, acarretaram em um aumento da imunidade das aves, redução dos níveis de estresse, índice de conversão alimentar, e melhor

rentabilidade financeira. Tal fato aliado ao melhoramento genético impactou em uma ave final diferente ao mercado, com menor índice de doenças e melhores resultados econômicos (COBB-VANTRESS, 2009).

A energia elétrica utilizada no meio rural é em parte subsidiada pelo governo. Entretanto, a demanda de energia elétrica na atividade só aumenta reduzindo a disponibilidade de energia que poderia ser utilizada em outros setores, pois os galpões avícolas estão mais automatizados e dependentes de energia elétrica, visando melhor conforto aos trabalhadores e melhores resultados econômicos (BONA, 2010).

O estudo luminotécnico voltado para os setores residencial, industrial ou de iluminação pública, se torna cada vez mais necessário, pois a geração de energia tem suas fontes de geração, custando mais recursos econômicos e agredindo mais o meio ambiente. Assim, o trabalho foi aplicado visando a eficiência dos sistemas de iluminação de aviários “*Dark House*”, podendo se tornar um manual de eficiência energética para esse segmento. Para avicultores e profissionais de Engenharia Ambiental e demais áreas afins, interessados em diminuir seus custos fixos na produção avícola, contribuindo para o desenvolvimento e a manutenção dessa atividade de forma mais sustentável.

3.2. Programas de energia elétrica

Os programas de energia elétrica, ou programas em que será disponibilizada luz artificial chamados de “Programas de luz”, são planejados para proporcionar o peso final definido geralmente pelo mercado, o bem estar do lote e o melhor índice de conversão alimentar, ou seja, produzir o máximo de carne, com menor consumo de ração. Um programa de luz artificial eficiente diminui problemas de sanidade e imunidade, melhorando assim o resultado final do lote. Os programas de luz utilizados atualmente se remetem a 6 horas de escuro de forma contínua dos 7 ao 21 dias de idade dos pintinhos de frango, levando em consideração também fatores climáticos, o tipo do aviário e resultado esperado pelo avicultor ou empresa que irá receber essas aves (COBB-VANTRESS, 2009).

Nesse mesmo sentido, o Manual do Frango de Corte – AVIAN PLANALTO (2006) informa que os programas de luz têm a finalidade de regular o consumo de alimento das aves, levando em conta o peso final pretendido e os níveis nutricionais

médios presentes nas rações. Um dado importante que este manual retrata é a quantidade de intensidade luminosa necessária para as primeiras 24 horas de alojamento, essa intensidade de iluminação deve ser de 22 lumens/m² e uniforme em toda área de alojamento, em sequência as aves irão consumir corretamente a ração e água nas primeiras horas, proporcionando uniformidade ao lote.

O consumo de energia elétrica com iluminação nos diferentes ramos da economia (indústria, serviços e residencial), representam aproximadamente 25% de todo o consumo. Sendo que nas instalações avícolas, esse valor pode chegar de 5 a 15% dependendo da eficiência do sistema. Assim, o uso de lâmpadas mais eficientes, quer seja por vida útil ou por menor consumo de energia para produzir a mesma quantidade de luminosidade, pode ser uma alternativa para redução ou minimização dos gastos (GASPAR, 2004).

3.3. Lâmpadas utilizadas na iluminação de sistemas “Dark House”

As vantagens das lâmpadas fluorescentes quando comparadas as lâmpadas incandescentes já eram estudadas por Leighton *et al.* (1989) e Denbow *et al.* (1990) a mais de duas décadas. Diferentes sistemas de iluminação são citados, onde as lâmpadas de LED, pode ter vida útil cerca de 20 vezes mais longa em relação a lâmpadas fluorescentes e possuir uma eficiência energética 4 vezes maior.

Entretanto, as lâmpadas incandescentes ainda são largamente utilizadas na avicultura atual, tal fato é justificado pelo custo de investimento ser baixo e pela não preocupação com os custos de consumo de energia elétrica (BONA, 2010).

Tal fator está sendo revisto, quer seja por imposição de lei, pois as lâmpadas incandescentes no Brasil, até 2016, serão retiradas do mercado, ou pela conscientização das pessoas para reduzir seus custos e gerir melhor os recursos empregados em suas atividades (Brasil. P. I. n° 1007/2010).

Segundo Mendes (2010), a instalação e o investimento inicial das lâmpadas incandescentes são mais atrativos. Entretanto, o custo operacional desse tipo de tecnologia se torna mais oneroso com o aumento das tarifas de energia, e pela racionalização do desperdício de recursos. As lâmpadas fluorescentes, apesar de apresentarem custo inicial mais elevado, durante o seu ciclo de vida útil, representam diminuição dos custos financeiros em curto prazo.

Segundo Bona (2010), no caso das lâmpadas incandescentes, 85% da energia consumida por este dispositivo é desperdiçada em forma de calor. A vida útil de uma lâmpada incandescente atualmente está em torno de 600 h. Ou seja, menos de um mês de funcionamento ininterrupto.

Em contrapartida, as lâmpadas fluorescentes aparecem com a vantagem de serem 80% mais econômicas e terem a vida útil, na média, em torno de 7.500 horas, apresentando um ganho de 12 vezes na vida útil quando comparadas as lâmpadas incandescentes (FERREIRA, 2010).

E a terceira tecnologia abordada retrata as lâmpadas de LED ou Diodo Emissor de Luz, que têm seu ciclo de vida cotado em 25.000 horas e economia de 95%, quando comparadas as lâmpadas incandescentes (FERREIRA, 2010).

Assim, como conclui Bona (2010) *apud* ELETROBRAS – PROCEL, pode-se fazer a simulação que a substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes somente na área residencial, aproximadamente 50 milhões de lares com 06 lâmpadas de 60 We, por lâmpadas fluorescentes de similar potência, acarretaria em uma redução na demanda de energia elétrica de 12.000 MWe. Tal demanda é semelhante ao potencial disponibilizado pela hidrelétrica de Itaipu (14.000 MWe potência instalada).

3.4. Unidades de iluminação e softwares

O conceito de Watt (W) se remete a uma unidade de potência, o watt é a potência de energia transferida em dado período de tempo, nesse caso segundos, ou seja, uma energia de 01 joule (j) durante 1 segundo (s) (REIS, 2005). Já a unidade Watt-hora (wh) se equivale à energia transferida de forma uniforme durante uma hora. Ou seja, $1 \text{ Wh} = 1 \times 3.600\text{s} \times \text{J} \cdot \text{s}^{-1}$ (REIS, 2005).

Softwares são utilizados para medir, de forma teórica, a quantidade de lumens emitidos por cada tipo de lâmpada, de acordo com as suas especificações técnicas. Pode-se citar softwares como Calculux, DialLux. Tais programas foram testados por diversos autores e estão disponíveis nos sites das fabricantes de lâmpadas (MENDES, 2010).

A unidade lux significa uma unidade de luminosidade, ou seja, a intensidade de luminosidade que o olho humano consegue captar um dado espectro de uma fonte de luz (MENDES, 2010).

No site da PROCEL INFO – Centro brasileiro de informação de eficiência energética, pode-se encontrar diversos softwares simuladores não só para cálculos luminotécnicos de edificações, mas também software para eficiência energética, utilização de sistemas alternativos de energia, dimensionamento de bombas e sistemas de aquecimento solar de água (PROCEL-INFOR, 2013).

3.5. Planejamento integrado de recursos (PIR)

Diversos são os esforços por parte do governo, ambientalistas e profissionais técnicos de diversas áreas visando desenvolver um modelo sustentável de desenvolvimento. O planejamento energético, tanto na produção de novas fontes de energia, bem como, na melhoria da eficiência energética de máquinas e equipamentos vem contribuindo para esse fim. Todos esses fatores estão fazendo evoluir a conscientização e a eficiência na produção e consumo da energia elétrica, utilizando para isso o conceito de eficiência energética, que está sendo divulgado e aplicado largamente em todo o mundo (UDAETA, 1997).

Esta evolução de pensamento e atitudes tem refletido em estudos e projetos de descentralização do planejamento energético e das matrizes energéticas, quer seja de países em desenvolvimento, ou países desenvolvidos. Pode citar o caso da geração distribuída de energia, em fontes de pequeno potencial, que já é realizada no Brasil, projeto embasado na crescente conscientização da sociedade nos usos finais da energia. Projetos como esse, e como tantos outros, são pressionados pela sociedade civil organizada, para uma melhor interação e sinergia para o desenvolvimento sustentável. Todos esses esforços resultam em metodologias que refletem no Planejamento e a Gestão Integrada de Recursos, na avaliação de custos completos (ACC) e a análise de ciclo de vida (ACD) de diversos produtos e/ou projetos (REIS, 2005).

Assim, o planejamento integrado de recursos foca no uso eficiente da energia, objetivando-se analisar e avaliar de forma completa os projetos de oferta de energia, mas também ações de aumento da eficiência e conservação da energia. Assim, os novos projetos que levam em conta esse planejamento, focam na geração de energia e também na eficiência e gerenciamento do consumo (UDAETA, 1997).

A eficiência energética e a conservação de energia se tornaram cenário de discussões para a população brasileira, com a crise do setor elétrico brasileiro e o

consequente racionamento no final de 2001. A crise, apesar de ter efeitos negativos à economia e para o conforto dos brasileiros, acelerou medidas de conservação e efficientização de sistemas de iluminação, com a fabricação e utilização de lâmpadas e equipamentos domésticos mais eficientes. Entretanto, após esse cenário crítico e essa melhora na conscientização das pessoas, ainda existem diversas barreiras que inibem a maior adoção de medidas de conservação de eletricidade no Brasil, dentre elas pode-se citar a defasagem de base tecnológica, a instabilidade econômica, a falta de informação da sociedade civil e de empresários e sensibilidade ao custo inicial (REIS, 2005).

Para que se fixem proposições para eficiência energética e para a conservação de energia, deve-se pensar em propostas de curto médio e longo prazo. Esse cenário tem que se embasar na realidade socioambiental e econômica do país, se consolidando em realidades concretas e permanentes no futuro. Primordialmente, se deve modificar a cultura e os hábitos dos envolvidos, visando a substituição da cultura do desperdício pela cultura da conservação da energia. Toda essa holística tem que levar em consideração questões de âmbito global e também as de caráter regional/local. Onde a eficiência não consiste apenas no desenvolvimento maior da economia, mas também na melhor gestão dos recursos. (REIS, 2010).

Assim, em curto prazo devido às pressões sociais e legislações ambientais que interferem no planejamento energético a prioridade é a geração. Em médio prazo fatores de custo-benefício, vida útil e investimento de infraestrutura em geração e conservação devem ser priorizados e, em longo prazo, todos estes aspectos devem ser agrupados em um banco de dados que vai servir para focar em pontos críticos, e auxiliar na tomada de decisão sobre o que e como se deve gerir o setor energético de produção e consumo (UDAETA, 1997).

3.6. Soluções técnicas de problemas relacionados à energia

Existem três preposições básicas para a resolução dos problemas que envolvem a energia no contexto atual, segundo Goldemberg (2008): A eficiência energética prioriza a conservação de energia, ou seja, produzir um bem, ou proporcionar um bem estar aos seres humanos, com o consumo menor de recursos naturais. As energias renováveis serão os insumos da nova era da indústria,

transporte e de quase todas as atividades desenvolvidas pelos seres humanos. E as novas tecnologias irão proporcionar que novos processos, produtos e insumos se tornem viáveis em escala comercial para atingir a grande massa populacional.

Diversas são as vantagens de se investir em eficiência energética, quer seja, em produtos/processos mais eficientes, como também na conscientização das pessoas pela cultura do não desperdício. Diversos são os estudos que retratam que investir na economia de energia representa 25% do valor total investido na geração da mesma quantidade economizada, isso representa uma maior competitividade industrial com a redução de custos de produção e redução dos impactos ambientais, principalmente da redução da emissão de gases poluentes que aumentam o efeito estufa (GOLDEMBERG, 2008). Medidas voltadas à eficiência energética, que também são citadas por Goldemberg (2008), retratam que entre 2006 e 2026 existe a possibilidade de se economizar 65% de energia com práticas de eficiência.

As medidas de eficiência energética, se empregadas de maneira sólida, e continuamente do ano de 2007 até 2020, no Brasil, poderão representar uma redução de 38% na demanda de energia elétrica. Esses números podem ser comparados a 60 usinas de Angra III ou 6 hidrelétricas de Itaipu. Em termos econômicos, é muito mais viável se investir em eficiência energética, do que na construção de novas unidades de geração (SENAI, 2007).

A análise de custo/benefício tem o objetivo de identificar se um projeto vai ser viável ou não, dada o investimento inicial empregado e o retorno desse investimento ao longo do tempo. Para realizar essa análise, é preciso que todas as variáveis tenham valores monetários e que os dados sejam confiáveis (MOURA, 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

A metodologia utilizada para identificar qual o melhor sistema de iluminação de aviários “*Dark House*” levou em conta o período de aplicação do projeto, que foi de 01/01/2012 a 31/12/2013, baseando-se em metodologias individuais para cada objetivo específico.

O trabalho foi desenvolvido na propriedade rural do Senhor Adelar Guimarães da Silva, em dois aviários de criação de frangos de corte, com capacidade para 55.000 aves. A área construída de cada aviário é de 1.500 m² com sistema de iluminação 100% artificial. Os aviários estão localizados no município de Manfrinópolis, na região Sudoeste do Estado do Paraná [Figura 02], nas Coordenadas Geográficas de 26° 8'14.29"S, e 53°19'38.69"O.

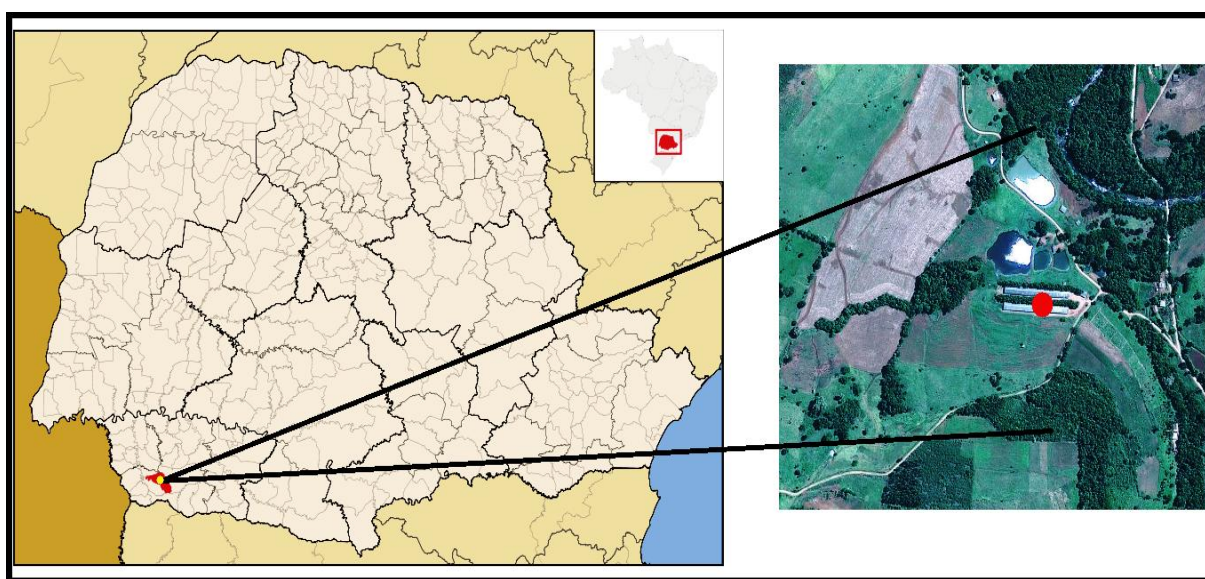


Figura 2 - Localização da área de estudo.

4.2. Análises do Ciclo de vida das lâmpadas

Para determinar o ciclo de vida das lâmpadas foram utilizadas as especificações técnicas do fabricante e referenciais teóricos de trabalhos científicos da área com Bona 2010, além da avaliação prática de trocas desses dispositivos ao decorrer do tempo de realização do estudo.

4.3. Análise econômica dos diferentes sistemas de iluminação

Para determinação do custo envolvido no investimento inicial de cada tipo de lâmpada foram feitos levantamentos em lojas especializadas da região da área do estudo.

A partir da referência de um preço médio padrão de cada tipo de lâmpada foi feito os cálculos luminotécnicos que levaram em conta as condições do ambiente, cores das paredes, piso e teto, distribuição da quantidade de luminárias frente à demanda, que é de 20 lux na idade de 01 dia das aves, até chegar a 05 lux com 20 dias de idade, dentre outras variáveis.

A área de estudo consiste em dois aviários de 125 m de comprimento, por 12 m de largura. Como se pode observar na [Figura 03], a área em vermelho é a área iluminada por um par de lâmpadas. A distribuição inicial de todas as lâmpadas incandescentes era de 44 lâmpadas por aviário. Isso significa que cada lâmpada estava iluminando uma área, no chão, de aproximadamente 34 m².

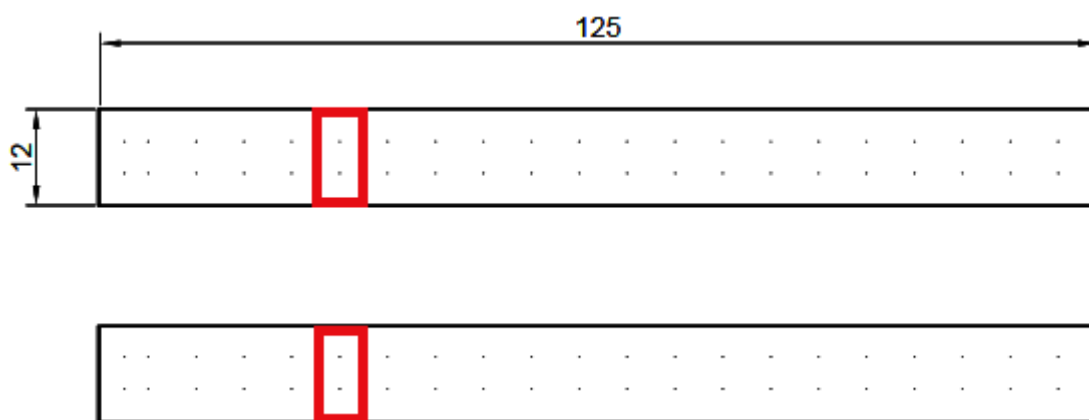


Figura 3 - Layout da área de estudo com detalhe da área iluminada de um par de lâmpadas.
Fonte: Autor.

O pé direito dos aviários tem 4,0 m de altura. Já a altura do forro de vinil usado para direcionar o vento e melhorar a ambiência, tem 2,5 m no centro e 2,0 m nas laterais. O piso é de chão batido, com camadas de cama de aviário (maravalha, restos de ração e excretos sólidos das aves), variando sua altura de acordo com cada lote, partindo de 5,0 cm de altura até 35 cm. As aberturas laterais têm telas hexagonais de 10 mm e cortinas de vinil pretas e amarelas. A cobertura é de telhas de fibrocimento, com 04 mm de espessura e inclinação de 40%.

Para o cálculo luminotécnico foram usados os dados de referência da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1:2013), juntamente com o método dos lumens (a unidade lumens representa o fluxo luminoso de uma fonte emissora de luz) como citado e comentado por Bona (2010), utilizando lâmpadas incandescentes, fluorescentes e de LED e suas respectivas especificações técnicas.

A análise financeira segue a metodologia de Goldemberg (2008). Retratando o Período de Retorno Simples (PRS); Período de Retorno Descontado (PRD); Fator de Recuperação de Capital (FRC); Custo da Energia Economizada (CEE); Taxa Interna de Retorno (TIR) e Custo do Ciclo de Vida (CCV).

O ponto de referência considerado é o iluminamento médio em sistemas de aviários de 10 lux, como citado em estudos da IESNA (Sociedade de Engenharia de Iluminação da América do Norte) e pelo CNPSA (Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves) - EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), citados por BONA (2010).

4.3.1. Método dos lumens

Tomando como base a área de estudo, o fluxo luminoso total desejado para o ambiente (lumens), de acordo com a teoria luminotécnica, a quantidade de fluxo luminoso é definida por Bona (2010):

$$\Phi = (E \cdot S) / (F_u \cdot F_d) \quad (1)$$

Onde:

Φ – Representa o fluxo luminoso, dado em lumens (lm);

E - e a iluminância admitida para o ambiente;

S – representa a área do ambiente a iluminar;

F_d - o fator de depreciação da mesma (luminária ou lâmpada);

F_u - o fator de utilização da lâmpada.

Após obter o valor do fluxo luminoso para se iluminar o ambiente (Φ), pode-se obter o número de pontos de luz que devem ser adotados no ambiente e, de acordo com a tecnologia de iluminação a ser considerada para o ambiente, define-se

a quantidade de luminárias que também serão utilizadas na instalação, como cita Bona (2010). Assim tem-se:

$$nl = \Phi / \varphi \quad (2)$$

Onde:

nl - é a quantidade de luminárias indicadas para o ambiente;

Φ - Representa o fluxo luminoso, dado em lumens (lm);

φ - Quantidade de lumens produzidos pela lâmpada ou luminária.

Tendo a quantidade de lâmpadas necessárias, será necessário obter os valores do fator de depreciação (*Fd*), deve-se considerar os valores indicados na tabela 01, definida por Bona (2010), para sistemas fechados de cor preta, com ambiente inóspito como é o caso da área de estudo.

Tabela 1 – Índices para os valores do fator de depreciação

Local de utilização (ambiente)	Período de manutenção		
	2.500 (h)	5.000 (h)	7.500 (h)
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Inóspito	0,80	0,66	0,58

Fonte: BONA (2010, p. 45).

O valor adotado para o fator de depreciação (*Fd*) foi calculado a partir das características encontradas nos galpões avícolas. Já o índice de utilização (*Fu*) pode ser conseguido através da tabela 02, que considera a altura da montagem das lâmpadas, o comprimento e a largura do local da instalação. Traçando assim o modelo correto de refletância para cada tipo de parede, teto e piso definida por Bona (2010).

Tabela 2 – Índices de referência para obtenção do fator de utilização (*fu*).

Índice (k)	Índice de refletância								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000
2,00	0.63	0.57	0.52	0.57	0.52	0.48	0.48	0.44	0.35
2,50	0.68	0.62	0.57	0.62	0.57	0.53	0.52	0.49	0.39
3,00	0.71	0.66	0.61	0.65	0.60	0.57	0.55	0.52	0.42
4,00	0.75	0.71	0.66	0.69	0.65	0.62	0.60	0.57	0.47
5,00	0.78	0.74	0.71	0.71	0.68	0.65	0.63	0.60	0.50

Fonte: BONA (2010).

Tomando como base a tabela 02, o índice k é o índice de refletância frente ao dimensionamento do ambiente que é obtido da equação definida por Bona (2010):

$$k = (l * c) / h * (l + c) \quad (3)$$

Onde:

K - Índice de Refletância;

c - comprimento longitudinal do galpão em metros;

l - largura do galpão em metros;

h - altura do piso a instalação em metros.

Em posse dos dados da área de estudo, em conjunto com os dados referenciados na tabela 2, obtém-se o valor de F_u . Por fim, então, teremos o número de lâmpadas necessárias para se iluminar a área de estudo.

4.4. Análise da logística reversa

Para verificar a aplicação da logística reversa, contida na Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/10, artigo 33, onde instrui diretrizes para dispor corretamente as lâmpadas queimadas ou danificadas, foi realizado um questionário nas lojas especializadas, se estas recebem os dispositivos ao fim de sua vida útil e se trocam esses dispositivos dentro do seu período de garantia do fabricante.

4.5. Eficiência global e análise econômica

Para verificar a eficiência global de cada tecnologia foram utilizadas as metodologias de Goldemberg (2008) e Bona (2010), sobre eficiência global de um sistema elétrico, levando em consideração a geração, transmissão e o consumo final, bem como a análise econômica. Estes cálculos envolvem o consumo por parcelas a demanda conservada, os benefícios e a viabilidade da substituição de tecnologias. A redução da demanda é dada pela seguinte equação (BONA, 2010):

$$De = [(N1 * P1) * FC1 - (N2 * P2) * FC2] * 10^{-3} \text{ [kWe]} \quad (4)$$

Onde:

De – Demanda conservada;

FC1 - Fator de coincidência horário do sistema existente;

FC2 - Fator de coincidência horário do sistema proposto;

N1 - Numero de pontos do sistema existente;

N2 - Numero de pontos do sistema proposto;

P1 - Potencia do equipamento existente (We)

P2 - Potencia do equipamento proposto (We).

A energia conservada será calculada a partir da energia utilizada pela tecnologia base e da tecnologia proposta como eficiente. De acordo com o perfil de utilização aproximado de cada lâmpada, frente ao programa de luz utilizado. Assim, é contabilizado o montante de energia conservada ao período de tempo de um ano, de acordo com a equação 5 (BONA 2010):

$$Ee = De * U * 10^{-3} \quad (5)$$

Onde:

Ee - Energia conservada em MWeh*ano⁻¹.

U - Tempo de utilização durante um ano (horas*ano⁻¹).

Para cada projeto existe uma relação custo / benefício (RCB) diferente, pois diversas variáveis estão envolvidas e influenciarão no resultado final.

4.6. Investimento anualizado

O investimento anualizado se remete aos benefícios propostos e alcançados pelo projeto para conservação de energia. Assim a relação custo benefício é obtida a partir da equação 6 (BONA 2010):

$$RCB = \text{Investimento Anualizado (Ca)} / \text{Benefícios (Be)} \quad (6)$$

Onde:

RCB - Relação Custo Benefício;

Investimento Anualizado (Ca) – Investimento propostos e alcançados com conservação de energia;

Benefícios (Be) – Benefícios é a redução do custo do consumo de energia.

O investimento realizado será o valor utilizado para a compra das lâmpadas utilizadas no projeto. Para se obter a variável do RCB, é necessária a atualização dos custos dos investimentos realizados nas ações de eficiência energética. Assim, de acordo com o tempo de vida estimado do projeto, calcula-se o fator de recuperação de capital e aplicando-se este índice sobre o investimento total. Assim, o investimento anualizado do projeto é obtido por meio da equação 7 (BONA, 2010):

$$\mathbf{Ca = FRC}_{(i \cdot n)} * \mathbf{Ct} \quad (7)$$

Para tanto, o FRC é obtido por meio da seguinte equação (BONA, 2010):

$$\mathbf{FRC = [i * (1 + i)^n] / [(1 + i)^n + 1]} \quad (8)$$

Onde:

i - taxa de juros (taxa de desconto);

n - vida útil do projeto.

Ca - Investimento anualizado do projeto;

FRC (i, n) – Fator de Recuperação de Capital;

Ct – Custo total do projeto.

A taxa de desconto a ser considerada na avaliação financeira é de, no mínimo, 12% (a.a). Para as análises a serem realizadas neste trabalho, toma-se como base a vida útil do equipamento igual há 10 anos e uma taxa de juros (i) referenciada de 12 % (a.a).

Por sua vez, os benefícios utilizados na equação 6, podem ser obtidos pela equação 9 (BONA, 2010):

$$\mathbf{Be = (Ee * Ce) + (De * Cp)} \quad (9)$$

Onde:

Ee - Energia economizada (MWeh*ano⁻¹);

Ce - Custo evitado de energia (R\$*MWeh⁻¹);

De - Redução de demanda (kWe);

Cp - Custo evitado de demanda (R\$*kWe⁻¹).

Todas essas variáveis foram avaliadas teoricamente para checar se na prática, está ocorrendo à redução ou não no consumo.

4.7. Análise econômica

A análise econômica da viabilidade de um empreendimento não pode deixar de considerar o valor do dinheiro no tempo, se desenvolve então um estudo comparando-se o somatório de fluxos de juros correspondente ao uso do capital.

Esse método de análise, conhecido na literatura como o método do Valor Atual Líquida ou Valor Presente Líquida (VPL), analisado por Woiler e Mathias (1996) apud Bona (2010), resume-se na soma algébrica dos fluxos de fundo descontado por uma taxa determinada.

O VPL pode ser calculado pela equação 10 (BONA. 2010):

$$\mathbf{VPL} = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - I \quad (10)$$

Onde:

I - Investimento útil inicial (R\$);

R - Renda líquida obtida no período (R\$);

i - Taxa de desconto (%);

n - Vida útil do empreendimento (anos).

Para reduzir o consumo de energia elétrica constatado no período de 01/01/2012 a 31/12/2012, foi utilizado o dispositivo mais eficiente e com menor custo de investimento inicial para testar se a redução de fato ocorreu. No primeiro momento não foi levado em conta os aspectos ambientais, somente o aspecto econômico.

Assim, como cita Goldemberg (2008), tem que o período de retorno simples (PRS) vai evidenciar quanto de tempo o investimento irá precisar para começar a gerar retornos econômicos. Onde o resultado se obtém a partir da equação 11 (GOLDEMBERG, 2008):

$$\mathbf{PRS} = \frac{\text{Investimento inicial (R\$)}}{\text{Economias por ano (R\$)}^{-1}} \quad (11)$$

PRS = Período de retorno do investimento (em anos);

Investimento inicial = Dinheiro investido para compra de novas lâmpadas;

Economias por ano = Quanto de energia reduzida em R\$ durante um ano.

4.8. Tabela técnica para gestão energética e econômica

Para desenvolver a tabela técnica para análise de custo de investimento, tempo de vida útil, tempo de retorno de investimento, eficiência de cada sistema, e potencial impactante de cada tipo de lâmpada, foram agrupadas todas as informações, e por pesos ponderados para cada variável, assim, foi elaborado um parecer sobre qual a melhor lâmpada, tendo em vista os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Resultados Teóricos

Os resultados obtidos a partir de toda a metodologia apresentada no capítulo anterior estão demonstrados na tabela 03. Tomando como base todo o estudo luminotécnico, na teoria visando à substituição das lâmpadas incandescentes, onde se podem observar diferenças significativas em relação ao investimento inicial das três tecnologias propostas e a redução expressiva no consumo.

Tabela 3 – Análise financeira e custos:

Sistemas	1	2	3	4
Itens analisados	Incandescente (60 W)	Incandescente (100 W)	Fluorescente (18 W)	LED (18 W)
Valor da lâmpada (R\$)	2,00	3,60	9,00	80,00
Quantidade de lâmpadas (um)	88	88	88	64
Vida útil estimada equipamento (h)	600	600	6.000	50.000
Dias de um lote ave médio (dias)	30	30	30	30
Dias de intervalo entre lote (dias)	07	07	07	07
Custo médio da energia (R\$/kWh)	0,20	0,20	0,20	0,20
Tempo utilização luz artificial por lote (h)	700	700	700	700
Investimento total equipamentos Eq. (R\$)	176,00	316,80	792,00	5.120,00
Tempo duração sistema (dias)	32	32	317	2643
Consumo mensal energia (k-Wh/mês)	3.696	6.160	1.108,8	806.4
Custo de kWh (R\$)	0,20	0,20	0,20	0,20
Consumo por lote (R\$/lote)	739.2	1.232	221.76	161.28
Número lotes ano (um)	9.5	9.5	9.5	9.5
Custo reposição anual (R\$)	1.672,00	3.009,6	792,00	697,43
Custo total por ano (R\$)	8.694,40	14.713,60	2.898,72	2.229,59
Economia de energia por lote (R\$)	0	- 492,8	517,44	577,92
Economia anual (R\$)	0	- 6.019,20	5.795,68	6.464,81

Fonte: Autor.

O custo de cada lâmpada varia consideravelmente dependo da tecnologia, onde pode se observar que para lâmpadas incandescentes, que são altamente usadas, e com grande oferta nas regiões estudadas, o valor varia de R\$ 2,00 para lâmpadas com potência de 60 W até R\$ 3,60 para lâmpadas com potência de 100 W. Já para as lâmpadas fluorescentes, tendo em vista a complexidade de montagem deste equipamento, e a premissa de economia de energia o valor médio encontrado foi de R\$ 9,00. Já para a tecnologia de LED, que tem poucos pontos de

comercialização, o valor médio encontrado para uma lâmpada de 18 W foi de R\$ 80,00.

Outro fator relevante que se observou no desenvolvimento do trabalho, foi os poucos lugares que comercializam lâmpadas de LED, o alto custo que girou em torno de R\$ 80,00 e a falta de garantia dos equipamentos. Tais fatores podem levar à desconfiança para a abertura de venda deste tipo de tecnologia, e a criação de paradigmas se vale a pena comprar o equipamento para o público leigo.

Assim, a quantidade de lâmpadas ficou em 88 lâmpadas para as tecnologias Incandescentes 60 W, Incandescentes 100 W e fluorescentes 20 W. Já para a tecnologia das lâmpadas de LED, que possuem maior eficiência e maior emissividade de lumens/watt, a quantidade necessária obtida nos cálculos luminotécnicos foi de 64 lâmpadas.

O tempo de vida útil das lâmpadas foi um fator importante observado, pois na teoria a vida útil das lâmpadas fluorescentes é de 6.000 h. Já, na prática, cerca de 30% das lâmpadas empregadas queimaram antes de 50% de sua vida útil, ou seja, 3.000 h. Após análise “in loco”, e demais artigos, os defeitos foram atribuídos à má qualidade na fabricação das lâmpadas, fato observado em testes práticos do INMETRO em 2012, e pela alta umidade no interior dos aviários, provocada pela descarga de água vaporizada sobre alta pressão do sistema de nebulização.

Teoricamente, as lâmpadas de LED tem uma vida útil superior que as demais tecnologias, mas precisam de um estudo com a quantidade de tempo indicada para validação. Já as lâmpadas incandescentes tem vida útil semelhante a um lote da granja estudada, aumentando os valores de reposição, e também consomem mais energia.

A quantidade de dias que envolvem o alojamento das aves na granja de um lote de frangos no sistema “*Dark House*” frangos *griller*, é de 30 dias. No trabalho foram analisados dados de 24 meses envolvendo 19 lotes com intervalo médio de 7 dias por lote. Assim, em média, são 9,5 lotes por ano. Os sete dias indicados são necessários para aumentar a sanidade da granja e trabalhos de pré-alojamento, que é o período de reorganização, de máquinas, equipamentos e matéria prima. Esta mesma variável foi utilizada na teoria e na prática.

O custo médio da energia rural cobrado para o sistema elétrico empregado na granja durante o período de execução do projeto foi de R\$ 0,20 / kWe/h. Sendo

que a energia no meio rural tem tarifa reduzida quando comparada a tarifa de centros urbanos para residências, comércio e indústria.

O tempo de utilização de iluminação artificial nos aviários muda de acordo com a idade das aves, sendo que do 1º ao 7º dia são utilizadas 23 h de iluminação e 1 h de escuro (161 h ligadas), já do 8º ao 21º dia são utilizadas 20 h de iluminação e 4 h de escuro (280 h ligadas) e do 22º até 30º dia são utilizadas 23 h de iluminação e 1 h de escuro (184 h ligadas) totalizando a quantidade de 625 h de iluminação no período. O período de 7 dias de intervalo foi considerado ao valor de 75 horas de utilização de iluminação, pois nesse período são realizados os trabalhos de preparo para o próximo lote.

O custo de investimento dos equipamentos parte do pressuposto de que não existisse lâmpadas no momento 1, sendo necessária a compra de todas as lâmpadas neste instante. Assim, o tempo de duração do sistema se remete que a vida útil das lâmpadas/ pelas horas ligadas no lote ou mês, dará a quantidade de lotes que a lâmpada ainda estará funcionando teoricamente.

O consumo mensal de cada sistema foi obtido através da potência (P) das três tecnologias multiplicado pelas horas ligadas no lote multiplicado pela quantidade de lâmpadas / por 1000. Assim foi possível obter o consumo mensal ou por lote de energia. Portanto tendo como base a tarifa aplicada, multiplica-se pela quantidade do consumo e se tem o valor do consumo mensal em R\$.

Usando como referência a quantidade lotes criados no período de 24 meses, foi utilizada a variável de 9,5 lotes por ano. O custo por lote do investimento foi obtido através da multiplicação do tempo de vida útil do sistema pelo valor de reposição de cada tecnologia. Já o custo de reposição anual se deu através do custo por lote do investimento multiplicado por 9,5 lotes por ano.

O custo total por lote se deu através da soma do custo de consumo de energia + o custo de reposição por lote de cada sistema. Logo após foi obtido o custo total por ano multiplicando o custo total por lote por 9,5 lotes por ano.

A economia obtida por lote para as lâmpadas de 60 W foi 0, pois foi tomado como parâmetro de referência o sistema de iluminação já existente na granja. Já para a substituição por lâmpadas de maior potência de 100 W incandescentes, obtiveram-se perdas econômicas se fosse escolhida essa tecnologia na ordem de R\$ 6.019,20. Já para as tecnologias de lâmpadas fluorescentes e de LED obteve-se R\$ 5.795,68 e R\$ 6.464,81 respectivamente. Representando resultados expressivos,

pois o custo de iluminação pode representar até 10% da receita bruta da granja estudada. Esses valores de economia incluem o custo de reposição dos equipamentos diluídos por mês, e a redução do consumo de energia mensalmente.

E, por fim, o tempo de retorno para as duas últimas tecnologias se mostrou bastante atraente, sendo representado na tabela 04 onde em apenas 39 dias já é possível recuperar o investimento para a tecnologia de lâmpadas fluorescentes. Já para as lâmpadas de LED 228 dias já se tem o retorno do investimento. Tal retorno comparado com os custos (consumo + reposição) diluídos por dia, envolvendo custo dos equipamentos e consumo de energia.

A tabela 04 apresenta uma soma dos principais valores obtidos no estudo, para melhor visualização da expressividade da redução do consumo de energia das tecnologias propostas e uma melhor análise financeira.

Tabela 4 - Análise financeira e custos operacionais:

Sistemas	1	2	3	4
Itens analisados	Incandescente (60 W)	Incandescente (100 W)	Fluorescente (18 W)	LED (18 W)
Valor da lâmpada (R\$)	2,00	3,60	9,00	80,00
Quantidade de lâmpadas (un)	88	88	88	64
Vida útil do equipamento (h)	600	600	6.000	50.000
Investimento total equipamentos Eq. (R\$)	176	316,8	792	5120
Investimento por mês (R\$)	190,08	342,14	66	52,53
Consumo mensal energia (kWh/mês)	3.421,44	5.702	1.026,43	746,49
Consumo por mês (R\$/mês)	684,28	1.140,48	205,28	149,29
Custo reposição anual (R\$)	2.280,96	4.105,68	792	630,36
Custo total por mês (R\$)	874,36	1.482,62	271,28	201,82
Custo total por ano (R\$)	10.492,32	17.791,44	3.255,36	2.421,84
Economia obtida por mês (R\$)	0	-608,26	603,08	672,54
Economia anual (R\$)	0	-8.718,91	8.648,13	9.637,56
Tempo de retorno do investimento (dias)	0	0	39	228

Fonte: Autor

Diferentemente da tabela 03 a análise agora diluiu os valores antes mencionados em lotes (37 dias) para mês (30 dias). Tal motivo acarreta maiores resultados de economia, pois o período de intervalo levado em consideração agora foi desconsiderado. Assim pode-se observar que o tempo de retorno do investimento para lâmpadas fluorescentes é de 39 dias. Já para as lâmpadas de LED mesmo levando em consideração o alto custo do investimento inicial, o tempo de retorno simples do investimento é de 228 dias.

Na teoria, foram elaborados todos os cálculos com as três possibilidades propostas. Entretanto, para a aplicação prática, levou-se em consideração o alto investimento inicial da tecnologia das lâmpadas de LED, mesmo sendo o tipo de sistema com melhor custo benefício em longo prazo. Assim, se optou por usar a substituição das lâmpadas incandescentes de 60 w para lâmpadas fluorescentes de 20 w, que tem o menor custo de investimento inicial e resultado de economia de energia semelhante às lâmpadas de LED.

5.2. Resultados práticos

Na prática foram substituídas todas as lâmpadas dos dois aviários no início de 2013, visando diminuir os custos na fatura de energia elétrica. Na teoria os cálculos demonstravam a possibilidade de redução de até R\$ 5.296,73 reais / ano. Na tabela 05 pode-se observar o consumo no ano de 2012 antes da substituição e após a substituição, evidenciando a redução no consumo de energia elétrica.

Tabela 5 – Histórico de consumo da propriedade estudada:

Histórico de Consumo em (R\$)		
	Ano 2012	Ano 2013
Janeiro	R\$ 1.519,99	R\$ 1.018,01
Fevereiro	R\$ 1.530,33	R\$ 1.083,26
Março	R\$ 547,64	R\$ 909,94
Abril	R\$ 1.420,16	R\$ 722,20
Mai	R\$ 241,32	R\$ 428,35
Junho	R\$ 1.149,91	R\$ 284,65
Julho	R\$ 1.762,42	R\$ 874,64
Agosto	R\$ 1.550,06	R\$ 887,92
Setembro	R\$ 851,10	R\$ 187,81
Outubro	R\$ 1.376,55	R\$ 678,07
Novembro	R\$ 1.346,14	R\$ 200,45
Dezembro	R\$ 1.106,72	R\$ 836,08
TOTAL	R\$ 14.402,34	R\$ 8.111,38

Fonte: Autor

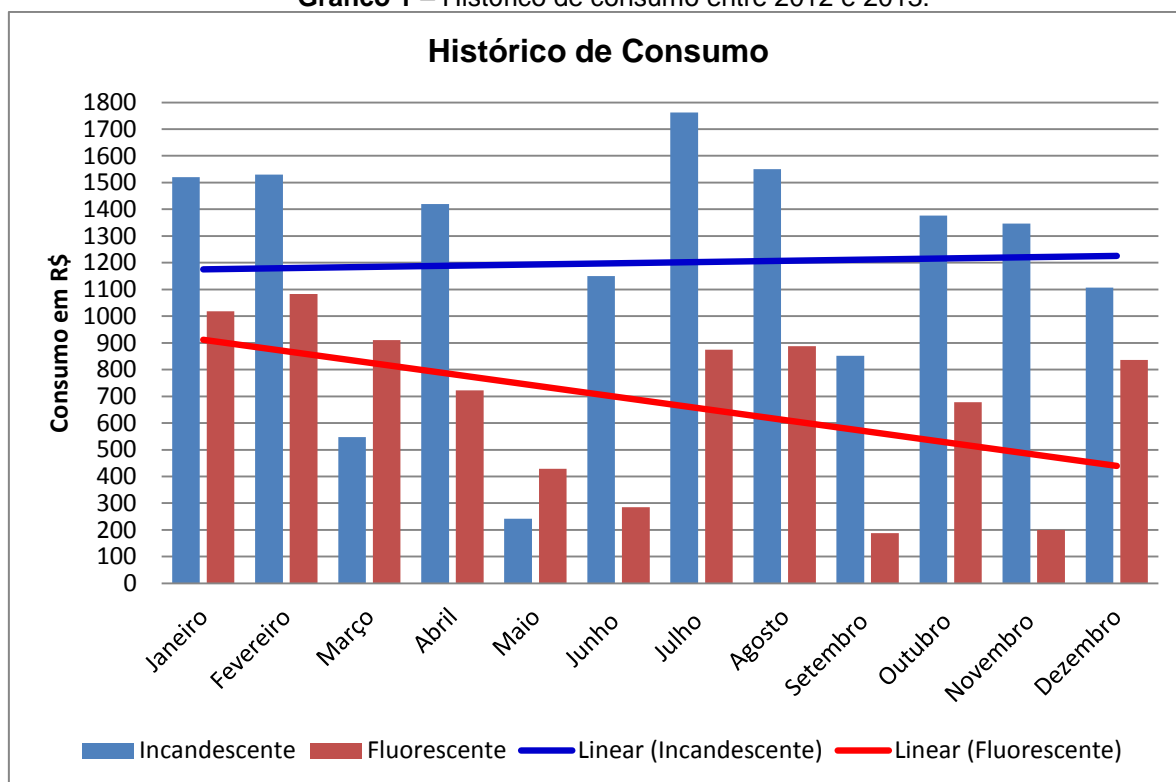
Pode-se notar que alguns períodos de 2012 houve diminuições significativas no consumo, isso está atrelado a períodos de intervalo maiores, utilizados para desinfecção da cama, ou por períodos de intervalo de lotes maiores. Tais variações são normais na atividade avícola e também são evidenciadas nas oscilações de 2013.

Foi possível observar também que a redução do consumo de energia elétrica ficou evidente após o quarto mês de substituição das lâmpadas, onde nos meses

inicias de todos os anos o consumo é maior dada a altas temperaturas e a necessidade maior de ventilação e climatização das aves.

Oscilações significativas também ocorrem nos períodos de temperaturas mais amenas, onde o emprego de máquinas de aquecimento se eleva, aumentando o consumo. Ao final do ano de análise obteve-se apenas com a substituição das lâmpadas a redução de R\$ 6.290,96 por ano, representando uma redução de 43,68% no consumo. Analisando que os valores na teoria que são de 65,58%, vale ressaltar que se trata de um sistema perfeito, sem considerar as perdas pela condução da fiação, bocais e etc. Mesmo assim os resultados foram de grande monta ao avicultor onde se pode observar mais claramente no gráfico 01:

Gráfico 1 – Histórico de consumo entre 2012 e 2013:



Fonte: Autor.

Nesse gráfico as oscilações sazonais explicadas anteriormente são visíveis nos meses iniciais do ano de 2012 e 2013 e no período de temperaturas mais amenas entre julho, agosto e setembro.

Para melhor representar foram abordadas as linhas de tendências para os valores. Onde se pode observar que a linha de tendência que compreende as lâmpadas incandescentes é superior a linha de tendência de consumo das lâmpadas

fluorescentes. Isso representa que as lâmpadas fluorescentes consomem menos energia, e que os picos de consumo são influenciados por fatores como sazonalidade e diferenças climáticas.

5.3. Comparação de economia em escala micro e macro regional

Levando em consideração a diminuição do consumo obtido teoricamente no estudo procurou-se fazer um quadro comparativo, da diminuição do consumo se fosse empregado o sistema na cidade de Manfrinópolis, e no estado do Paraná, de acordo com a tabela 06:

**Tabela 6 – Quadro comparativo de economia:
Comparativo de Economia de energia no Paraná**

Aviários em Manfrinópolis	120
Quantidade de aviários - PR	15.177
Economia em um aviário/ano	17.380,44
Economia em Manfrinópolis	2.08 GWe/h
Economia no Paraná/ano	263.78 GWe/h

Fonte: Autor

Levando em consideração que no município de Manfrinópolis, onde foi realizado o estudo existem 120 aviários, a economia giraria na ordem de 2.08 GWe/h em um ano. Em mesmo comparativo levando em consideração os aviários do estado do Paraná que possui segundo senso da Secretaria de Agricultura e Abastecimento – SEAB, 15.177 Aviários a economia chega a 263.78 GWe/h se todos adotassem a substituição das lâmpadas incandescentes por fluorescentes.

5.4. Logística Reversa

Tratando-se do objetivo de avaliar a aplicabilidade da logística reversa no município do estudo, observou-se que não existe ponto de coleta de lâmpadas queimadas, e nem recebimento por parte dos comércios revendedores.

Já na cidade de Francisco Beltrão o custo de aquisição dos equipamentos é menor, os valores desta cidade foram tomados como referência para a pesquisa de

preço de compra dos equipamentos, existe os pontos de coleta e o comércio revendedor dos produtos recebe os equipamentos danificados.

Tendo em vista o potencial impactante de cada tecnologia, deve-se ressaltar que as lâmpadas incandescentes causam menos impacto que as fluorescentes. Uma vez que são constituídas de vidro, tungstênio e alumínio. Já as lâmpadas fluorescentes possuem metais pesados, vidro, partes plásticas, e micro chips que são de difícil reciclagem e tem potencial de poluição maior que as lâmpadas incandescentes. As lâmpadas de LED também possuem micro chips e partes plásticas, mas não metais pesados. Outra vantagem é sua vida útil de 50.000 h que permite o menor consumo de matérias primas e menos geração de resíduos.

6. CONCLUSÃO

Estudos voltados à eficiência energética nos mais variados ramos da economia são de extrema importância, quer seja para redução de custos ou para mitigar o desperdício.

A redução do consumo de energia evidenciado na prática demonstra o potencial de se investir em sistemas mais modernos de iluminação e a quebra de paradigmas do setor. Pois diminuições na ordem de 43,68% do consumo são fatores relevantes que podem representar diferenças significativas no balanço financeiro desta atividade.

O trabalho proposto pode servir de referência para adequar os sistemas de iluminação em aviários, levando em consideração os aspectos econômicos e ambientais descritos, podendo ser replicado nesse setor da economia e em outros, pois os sistemas de iluminação representam uma parcela considerável do consumo de energia de todo o Brasil e merecem estudos para sua eficiência.

Com o referencial teórico, e os cálculos apresentados pode-se concluir que a atividade avícola no Brasil, é uma importante fonte de renda para agricultores, e base de muitos empregos diretos e indiretos. Assim, não só uma questão econômica, essa atividade é sem dúvida, importante para aspectos sociais. No Desenvolvimento do Projeto do TCC foi verificado que a pesquisa é consistente e de grande relevância.

A falta de conhecimento de todos os envolvidos sobre métodos modernos de eficiência energética é uma barreira que deve ser superada. O fator crucial levado em consideração mostrou-se a redução de 43,68% do consumo de energia elétrica e tempo de retorno do investimento em 39 dias para as lâmpadas fluorescentes. Mesmo a lâmpada de LED ter melhor custo benefício em longo prazo, um fator relevante ainda é o alto investimento inicial que se torna o entrave na disseminação dessa tecnologia.

Portanto, o trabalho vem de encontro a essa demanda e se remete a proporcionar informações para os avicultores e técnicos envolvidos, com os sistemas de iluminação e, no caso prático aqui indicado, foi possível a redução dos custos fixos da atividade.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/NBR ISSO/CIE 8995-1:2013. Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=196479>>

BONA, José de: **Estudo de diferentes tecnologias, métodos e processos para eficientização energética de sistemas de iluminação de aviários**. Dissertação de Mestrado - Prodetec. Curitiba, Paraná. 2010.

CARVALHO, Cleonice de. *et al.*, **Anuário Brasileiro de aves e suínos 2012**. Editora Gazeta Santa Cruz. Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul. 2012.

COBB-VANTRESS. **Manual de Manejo de Frangos de Corte**. Disponível em <<http://www.cobb-vantress.com/products/guide-library.htm>>. Acesso em 25/08/2013.

DENBOW, D.M.: LEIGHTON, A. T.: HULET, R. M. **Effect of light sources and light intensity on growth performance and behavior of female turkeys**. British Poultry Science, v. 31, p.439-443-1990.

ELETROBRÁS – PROCEL. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/procel/main.asp>>.

FERREIRA, Rodrigo Arruda Felício. **Manual de Luminotécnica**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2010.

GASPAR, Carlos. Revista Eficiência Energética – O Eletricista. Centro de Meio Ambiente da Universidade de Goiás. P.53, 2004.

GOLDEMBERG, José: LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3. ed. rev. ampl. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008. 400 p. ISBN 978-85-314-1113-7.

LEIGHTON, A. T.: HULET, R. M.: DENBOW, D. M. **Effect of light sources and light intensity on growth performance and behavior of male turkeys**. British Poultry Science, v. 30, p. 563-574, 1989.

LIBONI, Bianca Silveira: **Diferentes programas de luz na criação de frangos de corte**. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária – ISSN: 1679-7353. Garça, São Paulo. 2013.

MAIORES PRODUTORES DE CARNE DE FRANGO. Disponível em: <<http://www.scotconsultoria.com.br/noticias/todas-noticias/25420/maiores-produtores-de-carne-de-frango.htm>>.

MENDES, Angélica Signor. *et al.*, **Visão e Iluminação na Avicultura Moderna**. Revista Brasileira de Agro ciência de Pelotas. V. 16 n. 1-4, p.05-13, jan-dez, 2010.

MOURA, Luiz Antônio Abdalla de. **Economia ambiental: gestão de custos e investimentos**. 3ª Ed., ver. e atual. – São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2006. ISBN 85-7453-601-6.

PLANALTO, AVIAN. **Assistência Técnica. Manual do Frango de Corte**. Disponível em <<http://www.planalto.com.br.htm>>. Acesso em 25/08/2013.

Brasil. Lei nº 12.305/10. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>.

Brasil. P. I. nº 1007/2010, 31 de Dezembro de 2010. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/legislacao>>. Acesso em 25/01/2014.

PROCEL – INFO, Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>. Acesso 25/01/2014.

REIS, Lineu Belico dos: **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável** / Lineu Belico dos Reis, Eliane A. Amaral Fadigas, Cláudio Elias Carvalho. – Barueri, São Paulo: Manole, 2005.

SCOTCONSULTORIA, Maiores produtores de carne de aves do mundo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.scotconsultoria.com.br>>

SENAI, Departamento Regional do Paraná. **Rotas estratégicas para o futuro da indústria paranaense: *roadmapping* do setor de energia – 2015**. Curitiba: SENAI/PR, 2007.

UBABEF, União Brasileira de Avicultura. **Relatório Anual 2013**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9ddd280a.pdf>>.

UDAETA, Miguel Edgar Morales. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos – PIR – Para o Setor Elétrico (pensando para o desenvolvimento sustentável)**. Tese de Doutorado – PUC-SP, 1997.

WOILER, S.: MATHIAS, W.F., **Projetos: planejamento, elaboração e análise**. São Paulo: Atlas, 1996. 295p.