

ALLEX JULIO SAKATA

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EM AVIÁRIOS DARK
HOUSE E CONVENCIONAL NA REGIÃO OESTE DO ESTADO DO
PARANÁ

CASCVEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEVEIRO – 2023

ALLEX JULIO SAKATA

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EM AVIÁRIOS DARK
HOUSE E CONVENCIONAL NA REGIÃO OESTE DO ESTADO DO
PARANÁ

Dissertação apresentada à Universidade Estadual
do Oeste do Paraná, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Energia na Agricultura, para obtenção do título de
Mestre.

Orientador: Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2023

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Sakata, Alex Julio

Avaliação de sistemas de iluminação em aviários dark house e convencional na região oeste do estado do Paraná. / Alex Julio Sakata; orientador Jair Antonio Cruz Siqueira. -- Cascavel, 2023.

80 p.

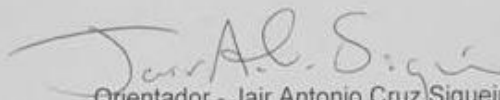
Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, 2023.

1. iluminação. 2. avicultura. 3. eficiência energética .
4. conforto ambiental. I. Siqueira, Jair Antonio Cruz, orient. II. Título.

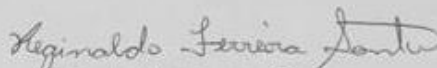
ALLEX JULIO SAKATA

"Avaliação de sistemas de sistemas de iluminação em aviários dark house e convencional na região Oeste do Estado do Paraná".

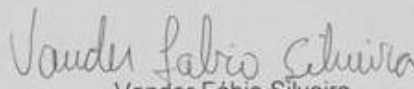
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Fontes renováveis e racionalização de energia na agroindústria e agricultura, APROVADO pela seguinte banca examinadora:



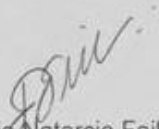
Orientador - Jair Antonio Cruz Siqueira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Reginaldo Ferreira Santos
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Vander Fábio Silveira
Centro Estadual de Educação Profissional Pedro Boaretto Neto (CEEP)



Fulvio Natercio Feiber
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus de Toledo (UTFPR)

Cascavel, 08 de março de 2023

Dedico este trabalho aos meu pais Hélio e Rosangela, ao meu irmão Thomas, por todo apoio que me deram nestes anos.

AGRADECIMENTOS

Primeiro, gostaria de agradecer a Deus por tudo que Ele me forneceu durante a vida e por todas as oportunidades que tive.

Aos meus pais, Hélio e Rosângela, por sempre acreditarem em mim, investirem em meu futuro com estudos e educação, pelo apoio em todas minhas decisões; e a meu irmão, Thomas, pelo apoio que me ofereceu e companhia nos momentos de estudos e pesquisas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira, pela força e conselhos que me ofereceu durante este período de mestrado, pelo tempo que disponibilizou para me auxiliar da melhor forma.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura (PPGEA), bem como à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) pelo suporte fornecido para a execução deste trabalho.

Enfim, a todas pessoas que contribuíram para a realização deste estudo.

Muito obrigado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Oeste do Paraná.....	23
Figura 2. Vista superior e norte dos aviários.....	24
Figura 3. Quadro metodológico.....	25
Figura 4. Elevação frontal do aviário convencional.....	26
Figura 5. Ambiente interno do aviário convencional.....	27
Figura 6. Ambiente interno do aviário convencional.....	28
Figura 7. Ambiente interno do aviário convencional.....	29
Figura 8. Perspectiva interna do aviário convencional atual.....	30
Figura 9. Perspectiva interna do aviário convencional atual.....	30
Figura 10. Perspectiva interna do aviário convencional atual.....	31
Figura 11. Planta de iluminação do aviário convencional atual e detalhes técnicos realizados no Autocad.....	32
Figura 12. Elevação frontal do aviário <i>Dark House</i> analisado.....	33
Figura 13. Ambiente interno do aviário <i>Dark House</i>	34
Figura 14. Ambiente interno do aviário <i>Dark House</i>	35
Figura 15. Ambiente interno do aviário <i>Dark House</i>	36
Figura 16. Ambiente interno do aviário <i>Dark House</i>	37
Figura 17. Perspectiva interna do aviário <i>Dark House</i> atual.....	38
Figura 18. Perspectiva interna do aviário <i>Dark House</i> atual.....	38
Figura 19. Perspectiva interna do aviário <i>Dark House</i> atual.....	39
Figura 20. Planta de iluminação do aviário <i>Dark House</i> existente e detalhes técnicos realizados no Autocad.....	40
Figura 21. Distribuição enumerada das lâmpadas no aviário convencional atual.....	41
Figura 22. Linhas IsoLux, detalhe e cores falsas do aviário convencional.....	44
Figura 23. Distribuição enumerada das lâmpadas no aviário <i>Dark House</i> atual.....	45
Figura 24. Linhas Isolux, detalhe e cores falsas do aviário convencional.....	48
Figura 25. Lâmpada Led TKL 90.....	50
Figura 26. Lâmpada Led Philips.....	51
Figura 27. Perspectiva interna da proposta do aviário atual.....	52
Figura 28. Perspectiva interna da proposta do aviário atual.....	52
Figura 29. Perspectiva interna da proposta do aviário atual.....	53

Figura 30. Planta de iluminação da proposta do aviário convencional e detalhes técnicos realizados no Autocad.....	54
Figura 31. Distribuição enumerada das lâmpadas na proposta do aviário convencional.....	55
Figura 32. Linhas Isolux, detalhe e cores falsas da proposta do aviário convencional.....	57
Figura 33 Avilamp WY-03.....	58
Figura 34. Perspectiva interna da proposta do aviário Dark House.....	59
Figura 35. Perspectiva interna da proposta do aviário Dark House.....	60
Figura 36. Perspectiva interna da proposta do aviário Dark House.....	60
Figura 37 Planta de iluminação da proposta do aviário dark house e detalhes técnicos realizados no Autocad.....	62
Figura 38. Distribuição enumerada das lâmpadas na proposta do aviário Dark House.....	63
Figura 39. Linhas Isolux, detalhe e cores falsas da proposta do aviário Dark House.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Temperatura de cores.....	14
Tabela 2. Grandezas e unidades de medidas da iluminação.....	15
Tabela 3. Posição das lâmpadas do aviário convencional.....	42
Tabela 4. Posição das lâmpadas do aviário <i>Dark House</i>	46
Tabela 5. Características da Lâmpada Led TKL 90.....	50
Tabela 6. Características da Lâmpadas Led Philips 11W.....	51
Tabela 7. Posição das lâmpadas da proposta do aviário convencional.....	55
Tabela 8. Características da Lâmpada Avilamp WY-03.....	59
Tabela 9. Posição das lâmpadas da proposta do aviário <i>Dark House</i>	63
Tabela 10. Tabela de fator de área para determinar o fator de utilização.....	69
Tabela 11. Tabela com resultados do aviário convencional atual.....	74
Tabela 12. Tabela com resultados da proposta do aviário convencional.....	74
Tabela 13. Tabela com resultados do aviário convencional <i>Dark House</i>	75
Tabela 14. Tabela com resultados da proposta do aviário <i>Dark House</i>	75

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo 1. LED: *Lighting Emitted Diodes* - Diodo Emissor de Luz.

Símbolo 2. PAR: *Parabolic Aluminized Reflector* – Refletor Parabólico de Alumínio.

SAKATA, Allex Julio. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro, 2023. **Avaliação de sistemas de iluminação em aviários Dark House e convencional na região Oeste do estado do Paraná.** Orientador: Jair Antonio Cruz Siqueira.

RESUMO

A criação de frango de corte no Brasil se destaca de forma positiva quando se trata de melhoria econômica, favorecendo o país em diversos setores, melhorando a economia e gerando novos empregos. O Brasil se tornou destaque mundial na avicultura, figurando como referência em importação e exportação de frango. No decorrer dos anos, estudos e pesquisas foram aprimorados visando à melhoria na tecnologia de criação das aves. Dentre esses estudos, foi apontada a importância da iluminação adequada presente nos galpões de criação buscando sempre o melhor bem-estar do animal. Este trabalho teve como objetivo principal avaliar dois sistemas de iluminação em aviários de corte na região Oeste do estado do Paraná, sendo um deles convencional e o outro Dark House. Visitas técnicas foram realizadas nos aviários e foi viabilizado um levantamento arquitetônico considerando os sistemas de iluminações atuais. Com auxílio de ferramentas e softwares para diagramação de plantas e representação gráfica dos aviários, foi realizada uma nova proposta para ambos os aviários visando à economia de energia e o bem-estar da ave. Foi possível identificar o sistema de iluminação atual e, por meio de cálculos, foram obtidos dados relevantes à eficiência energética atual. Ao final do trabalho foi possível evidenciar propostas energeticamente mais eficientes, gerando mais conforto e bem-estar para as aves que os sistemas atuais.

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

PALAVRAS-CHAVE: Aviário Convencional, Dark House, Avicultura; Projeto Luminotécnico.

SAKATA, Allex Julio. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. **Evaluation of lighting systems in Dark House and conventional aviaries in the western region of the state of Paraná.** Adviser: Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira.

ABSTRACT

The breeding of broiler chickens in Brazil stands out positively when it comes to economic improvement, adding the country in various sectors, improving the economy and generating new jobs. Brazil has become a world highlight in poultry farming, becoming a reference in chicken import and export. Over the years, studies and research have been improved in order to improve the technology of poultry breeding, among these studies was pointed out the importance of adequate lighting present in poultry houses always seeking the best welfare of the animal. The main objective of this study was to evaluate two lighting systems in broiler houses in the western region of the state of Paraná, one of them being conventional and the other dark house. Technical visits were made to the poultry houses and an architectural survey was carried out considering the current lighting systems. With the help of tools and software for diagramming plans and graphical representation of the houses, a new proposal was made for both houses aiming energy savings and the welfare of the bird. It was possible to identify the current lighting system and through calculations it was obtained relevant data about the current energy efficiency and at the end of the work it was possible to make more energy efficient proposals, generating more comfort and welfare for the birds than the current systems.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

KEYWORDS: Conventional Aviary, Dark House, Poultry Production; Luminotechnical Design.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.1.1 Objetivo Geral.....	4
1.1.2 Objetivos Específicos.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 AVICULTURA NO BRASIL E DADOS MUNDIAIS.....	5
2.2 RELAÇÃO ENTRE AVICULTURA E ILUMINAÇÃO.....	7
2.3 CONCEITOS DE ILUMINAÇÃO E PROJETOS LUMINOTÉCNICOS.....	11
2.3.1 Conceitos de iluminação.....	11
2.3.2 Cálculo Luminotécnico.....	15
2.3.3 Projetos Luminotécnicos.....	17
2.3.4 Software Dialux.....	19
2.3.5 Software Softlux.....	20
2.3.6 Software Lumisoft.....	21
2.3.7 Programas computacionais para desenho assistido computador.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EM AVIÁRIOS DE FRANGO NO OESTE DO PARANÁ.....	25
3.1.1 Aviário Convencional.....	25
3.1.2 Aviário Dark House.....	33
3.2 AVALIAÇÃO TÉCNICA NOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DOS AVIÁRIOS.....	41
3.2.1 Aviário Convencional.....	41
3.2.2 Aviário Dark House.....	45

3.3 PROPOSTAS DE PROJETOS LUMINOTÉCNICOS PARA AVIÁRIOS AVALIADOS.....	49
3.3.1 Aviário Convencional.....	49
3.3.2 Aviário Dark House.....	58
3.4 EQUAÇÕES NECESSÁRIAS PARA OBTER RESULTADOS.....	66
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4.1 CÁLCULOS E RESULTADOS DO AVIÁRIO CONVENCIONAL.....	70
4.1.1 Aviário Convencional atual.....	70
4.1.2 Aviário Convencional proposta.....	71
4.2 CÁLCULOS E RESULTADOS DO AVIÁRIO DARK HOUSE.....	72
4.2.1 Aviário Dark House atual.....	72
4.2.2 Aviário Dark House proposta.....	73
4.3 TABELA COM RESULTADOS FINAIS OBTIDOS.....	74
4.3.1 Aviário Convencional Atual.....	74
4.3.2 Aviário Convencional Proposta.....	74
4.3.1 Aviário <i>Dark House</i> Atual.....	75
4.3.2 Aviário <i>Dark House</i> Proposta.....	75
5. CONCLUSÕES	76
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a criação de frango para consumo próprio desde 1930 era uma atividade tradicional. As famílias proprietárias de áreas rurais criavam e consumiam apenas para a subsistência. Caso tivesse excedente, era previsto a comercialização (SILVA et al., 2021).

Após o crescimento populacional que ocorreu entre os anos de 1972 e 2020, a demanda por frango já começou a ser de grande peso na alimentação do povo brasileiro. Então, foram iniciados os primeiros indícios da produção industrial, pesquisas para melhorias da qualidade da proteína, estratégias para atender à demanda, entre outros. Em 1970, teve o surgimento da integração vertical na avicultura, um sistema de produção que seria a relação entre o avicultor e integradora, em que o primeiro fica responsável pela criação do frango até o abate, e o segundo que fornece a distribuição do alimento (SILVA et al., 2021).

No ano de 2022, o Brasil teve um total de 4,822 milhões de toneladas de frango exportadas durante o período anual, sendo considerados os produtos processados e *in natura*. Foi um número recorde e histórico, assim como superou o ano de 2021 em 4,6%, que foi de 4,609 milhões de toneladas de exportação de frango (ABPA, 2023).

Entre os maiores países que se beneficiam com a exportação de frango brasileira, a China tem destaque, visto que importou 540,5 mil toneladas de frango entre os doze meses de 2022, seguida por Emirados Árabes Unidos, com 444,9 mil toneladas. Filipinas e União Europeia também se destacam como importadores, respectivamente com 246,3 mil toneladas e 237,9 mil toneladas de frango (ABPA 2023).

O Brasil é um país que se beneficia muito da produção de carne de frango, pois o consumo da proteína animal está diretamente ligado à dieta restrita, além do aumento da renda da população e urbanização das cidades (RODRIGUES et al., 2021).

A produção de frango de corte ocorre no Brasil desde meados da década de 50, porém só teve grande impacto e destaque a partir da década de 70 quando ocorreram grandes mudanças relacionadas à produção e ao cultivo de frango de corte. Dentre as regiões que se destacaram estão o Sudoeste, principalmente São

Paulo (LIBONI et al., 2013).

A avicultura é considerada um importante setor econômico para o agronegócio nacional. O Brasil atualmente está entre as duas potências mundiais em produção e exportação de carne de frango. Esse resultado positivo vem por meio da reestruturação do setor industrial, utilizando novas tecnologias e sistemas mais eficientes para desenvolvimento (SOUZA et al., 2019).

Em 2017, o estado do Paraná foi o maior produtor e exportador de carne de frango no Brasil. Também se destacou como o maior comprador dos produtos relacionados à produção de frango, com um investimento total de 850,45 milhões de reais em 2017. Paraná também ficou na primeira posição como fornecedor de aves de um dia destinadas ao corte, com a taxa de 48,23% das importações entre estados (RODRIGUES et al., 2021).

Falando sobre melhoramento genético do frango de corte, a tendência é melhorar a genética dos frangos para que consigam se adaptar de forma mais eficiente às condições ambientais. Com melhor genética, conseqüentemente, terão mais resistência às anomalias que podem vir a surgir, também podem aumentar o ganho de peso, melhoria na qualidade de carne e reprodução (EMBRAPA, 2021).

Estudos mostram que ocorre uma melhoria no desempenho do frango a partir do fornecimento de iluminação artificial, sendo considerado um programa regular que inclui 24 horas de luz nos dois primeiros dias e, posteriormente, abaixando para um programa com 16 horas (FIGUEIREDO, 2022).

Condições climáticas interferem diretamente no comportamento das aves, pois são relacionadas à homeotermia, tomada como uma função vital da ave. Para ter a redução de estresse térmico por alta temperatura em frangos de corte, são utilizados sistemas de nebulização e uso de ventiladores para climatização. Pode ocorrer de o uso dos ventiladores não ser suficiente para a climatização, com isso podendo causar problemas para as aves, levando em conta que a capacidade de suportar calor por parte das aves é inversamente proporcional à umidade do ar (QUEIROZ et al., 2017).

As condições de estresse térmico interferem negativamente no desempenho e desenvolvimento da criação de frango de corte. É de extrema importância deixar o ambiente interno da melhor forma para que favoreça o bem-estar das aves, podendo evitar os prejuízos econômicos, melhorar o desempenho

ou diminuir a mortalidade (BARBOSA et al., 2018).

Pesquisas associaram programas de iluminação com problemas relacionados às aves, como pernas e mortalidade devido às desordens metabólicas e bem-estar. Estes estudos deram incentivo para que os programas de luz possam ser mais moderados, relacionados com o foto período e sua intensidade de luz programada (LIMA et al., 2014).

No início dos projetos de iluminação em aviários de frango de corte, era utilizado o sistema de iluminação com lâmpadas incandescentes que, por não atender aos padrões de eficiência energética, foram proibidos a partir do ano de 2014. Com o passar do tempo, as lâmpadas passaram de incandescentes para fluorescentes, melhorando a sua eficiência nos aviários (ROSA et al., 2020).

O projeto luminotécnico é de grande importância. Por isso, deve ser tratado de forma cuidadosa e eficiente, tendo em vista que a iluminação está completamente ligada ao desenvolvimento de atividades provenientes da percepção visual, recebendo informações por meio da luz (REZENDE; LISITA, 2014).

A ciência avícola passou por avanços no decorrer dos anos, com o início do uso das lâmpadas LED, quando foi comprovado que o seu uso aumenta a eficiência energética e a durabilidade, gerando economia. Hoje, as lâmpadas LED chegam a atingir uma eficácia de 100 lm/W, comparadas com a lâmpada fluorescente (80 lm/W) e incandescente (15 lm/W) mostra sua melhor eficácia (ROSA et al., 2020).

Na atualidade, o conceito de sustentabilidade está diretamente ligado à qualidade de vida dos seres vivos de agora e do futuro. Existem diversas maneiras de praticar a sustentabilidade no dia a dia, uma delas é a economia na geração de energia, que tem como objetivo fazer com que uma edificação tenha conforto térmico e acústico eficientes, com baixo custo de energia (BORGES et al., 2017).

A lâmpada de diodo emissor de luz (LED) tem sido muito utilizada na avicultura. Seu destaque vem por apresentar uma economia de energia relevante além de proporcionar diferentes formas de criação dos frangos de corte (SANTANA et al., 2014).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar e desenvolver projetos luminotécnicos eficientes em aviários na região oeste do estado do Paraná.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar os sistemas de iluminação em aviários de frango de corte convencional e *dark house* no oeste do estado do Paraná;
- Estudar e avaliar economicamente e funcionalmente os sistemas de iluminação dos aviários analisados;
- Desenvolver propostas de projetos luminotécnicos viáveis energeticamente e em termos de conforto lumínico para aviários de frango convencional e *Dark House*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Avicultura no Brasil e dados mundiais

No momento, mais de 150 países são beneficiados pela exportação da carne de frango brasileira. O Brasil ocupa uma posição de destaque por conta da qualidade do melhoramento genético, qualidade em manejo, entre outros fatores. Em 2017, a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) mostrou que o Brasil produziu 12,90 milhões de toneladas de carne de frango no ano de 2016, sendo desta quantidade 34% destinados para exportação (PEREIRA et al., 2019).

O Brasil foi conquistando seu espaço como exportador de frangos de corte no mundo com o decorrer do tempo. Uma prova disto são os números que foram apresentados, pois, do ano de 1961 para 2003, o Brasil teve um acréscimo na produção de 1000%, alcançando a marca de 10,5 % da produção mundial de frango. Nos últimos 30 anos, o Brasil teve destaque com a sua tecnologia na produção e criação de frangos, o que aumentou muito a produtividade (LIBONI et al., 2013).

As indústrias no ramo da avicultura surgiram na década de 1950, assim como os aviários começaram a ser estruturados com novos métodos de criação do frango de corte. Paralelamente com este acontecimento, o Brasil passava por pesquisas nos institutos para melhoria dos combates às doenças das aves. Foi então que ocorreu o início das primeiras associações relacionadas com a avicultura (SCHMIDT; SILVA, 2018).

Na década de 60, no estado de Santa Catarina houve o início do processo de integração vertical de produção de aves de corte. Antes disso, o processo de criação das aves de corte no Brasil era independente, com o maior foco no estado de São Paulo, onde os granjeiros conseguiram comercializar animais, ração, vacinas, entre outros insumos necessários à produção, e negociavam com os frigoríficos (PROCÓPIO; LIMA, 2020).

A avicultura de corte é de grande importância para a cadeia de suprimentos no setor agroindustrial. É composta por diversos investimentos tecnológicos, além de gerar uma quantidade expressiva de empregos. Possui um rápido ciclo de produção, considerando que a proteína do frango é de baixo custo, tem como vantagem atrair diversas classes sociais para o consumo (RECK; SCHULTZ, 2016).

A pesquisa agropecuária do Brasil tem contribuído com recursos para encontrar soluções com os problemas sociais, buscando novos conhecimentos e aprimorando os avanços já existentes na independência tecnológica do País. Em meados da década de 1970, ocorreram mudanças tecnológicas na produção de frango de corte, como a redução no tempo de engorda, avanço na seleção de linhagem, melhoria nas rações, novos equipamentos tecnológicos, entre outros destaques. Com isso, teve como resultado significativos ganhos na produção (SCHMIDT; SILVA, 2018).

O aumento do consumo por alimentos que vêm de origem animal pode ser considerado o maior motivo pelo qual ocorreu esse crescimento tão grande no setor de produção de frango de corte. O Brasil em 2005 foi considerado o maior exportador de frango do mundo, ficando na frente dos Estados Unidos, que consequentemente ficou na segunda colocação neste ano. No ano de 2010, o Brasil já foi tido como o terceiro maior exportador e produtor de frango mundial, com toda essa informação, mostra a importância deste setor para o agronegócio brasileiro (LIBONI et al., 2013).

A partir dos anos 2000, o Brasil teve uma grande expansão no setor da avicultura industrial, essa evolução está relacionada com a mudança no funcionamento dos espaços rurais, que são controladas pela demanda comercial. Com o passar dos anos, a evolução da tecnologia vem trazendo inovações no ramo da avicultura, trazendo para as empresas do setor aumento na produção e lucratividade, essa tecnologia também auxilia na melhoria da qualidade nutricional das aves (PROCÓPIO; LIMA, 2020).

Segundo a EMBRAPA, a cadeia produtiva de aves no Brasil é bastante diversificada. Com muitas empresas envolvidas no setor, principalmente na parte de produção, distribuição e comercialização. A Embrapa realiza pesquisas envolvendo o setor de produção, quando encontram os responsáveis pela genética, sanidade, nutrição entre outros fatores que influenciam na produtividade (EMBRAPA, 2021).

O Brasil tem uma posição como um dos maiores exportadores do mundo de carne de frango. Estudos apontam que isso foi possível por conta de três fatores imprescindíveis, sendo eles: baixo custo, qualidade do produto e status sanitário. A combinação destes três fatores torna o Brasil superior entre os demais fornecedores da proteína (SCHMIDT; SILVA, 2018).

No Brasil, teve um grande aumento do consumo da proteína do frango. Um dos fatores que fez com que isso acontecesse foi o crescimento da exportação, entrando no mercado internacional, além dos avanços na tecnologia para melhoria da produção. Existem ainda outros fatores que auxiliam em paralelo o setor, como as condições climáticas e produção de milho. Atualmente, o Brasil é destaque neste setor no mercado mundial. Em 2017, foi o maior exportador de carne de frango e o segundo maior produtor da mesma proteína (SOUZA et al., 2021).

No mesmo ano, o Brasil foi considerado o quinto maior país em produção no setor da avicultura. A maior parte dessa produção é voltada para as residências. Em torno de 67% da produção do ano de 2018 está localizada nas regiões Sul e Sudeste, mas a produção vem aumentando e se destacando nos estados: Tocantins, Rondônia, Espírito Santo e Acre (PROCÓPIO; LIMA, 2020).

A cadeia de produção em aviários de frango de corte é um dos setores mais importantes no ramo agroindustrial brasileiro, foi marcada por diversas evoluções tecnológicas que trouxeram como resultado grande destaque no mercado de importação e exportação, deixando o Brasil como destaque mundial em fornecimento de frango (SCHMIDT; SILVA, 2018).

Relacionado à parte de sanidade das aves, por conta do aumento das exigências sendo elas pelos consumidores ou pelo mercado mundial, são realizadas pesquisas principalmente ligadas às novas tecnologias para detecção de patógenos de alto risco, que podem danificar a saúde dos humanos e também dos animais. Neste caso, é necessário adquirir métodos e conhecimento para evitar e diminuir quaisquer riscos causados pelas aves (EMBRAPA, 2021).

2.2 Relação entre avicultura e iluminação

A criação de frango de corte salienta um rápido crescimento e grande potencial genético, mas para que isso ocorra deve ter condições adequadas para que as aves consigam alcançar o melhor desempenho. A ave se manifesta por meio de seu comportamento que é influenciado pelas características do local de criação, fatores ligados à iluminação como iluminância, comprimento de onda e programa de iluminação são fatores que afetam diretamente o desenvolvimento fisiológico da ave (LUCENA et al., 2020).

Os programas de iluminação são diretamente interligados ao bem-estar do frango de corte. Muitas espécies de aves possuem um ritmo circadiano, que é um processo biológico que apresenta uma oscilação endógena no tempo de 24 horas, que funciona como um relógio do organismo, variando os ciclos entre sonolência e estado de alerta. Este ritmo circadiano, é controlado pelo hipotálamo das aves, é influenciado por sinais externos, dentre eles a luz e temperatura (AROWOLO et al., 2019).

Determinados praticantes da avicultura optam pela inserção da iluminação artificial nas primeiras 48 horas de vida da ave, com a utilização de uma iluminação de 23 horas contínuas em cada dia. Este sistema se aplica tanto para as aves macho e fêmeas, isso faz com que mantenha a mesma sincronia durante o desenvolvimento reprodutivo (FIGUEIREDO, 2022).

Na criação e produção de frangos de corte, são utilizados diversos sistemas de iluminação, com diferentes intensidades propostas, tendo como principal objetivo gerar a melhor condição ambiental para a ave se desenvolver, a fim de ganhar maior peso sem sofrer alterações metabólicas. Dentre os fatores mais analisados nos sistemas está o foto período, que seria a quantidade em horas que a ave está exposta à luz (natural ou solar) (LIMA et al., 2014c).

Os novos sistemas de climatização com a evolução da tecnologia no setor da iluminação artificial têm causado muitas mudanças em relação ao conforto ambiental no ramo da avicultura, que agregam positivamente no desenvolvimento das aves e também na sanidade do lote. Entretanto, devemos levar em conta um lado negativo de tal evolução tecnológica, que é o aumento das tarifas em relação à energia elétrica (SANTOS et al., 2019).

Os programas de luz são divididos em três categorias, sendo elas: intermitente, crescente e constante. No sistema de luz intermitente, a luz é alternada em escuro e iluminada dentro de um dia. Esse método tem como objetivo controlar e sincronizar o consumo de alimento das aves durante esse processo. O processo crescente é a utilização da iluminação de acordo com o crescimento da ave. No seu período inicial, não se força muito para não afetar a evolução esquelética da ave. Com isso, a redução de ração é o foco. Assim, após a formação do esqueleto, ele será capaz de acompanhar o crescimento e ganho de peso do frango. Já o programa de luz constante é utilizado em um mesmo sistema de iluminação durante todo o período de criação. As aves com esse

método consomem a mesma quantidade de ração durante todo o processo (LIBONI et al., 2013).

A iluminação tem um papel fundamental em relação à saúde do frango de corte. Estudos apontam que a iluminação baixa tem como objetivo controlar o comportamento agressivo das aves, dentre eles o canibalismo. Já a iluminação de alta intensidade pode melhorar a sua atividade (LUCENA et al., 2020).

Quando os frangos de corte são criados de maneira intensiva acabam reduzindo a avaliação e análise para manobrar ajustes comportamentais das aves. Com isso, esse processo de produção das aves com eficiência está diretamente ligado às condições térmicas do ambiente de trabalho. Reforça então a importância do conforto térmico na zona de criação das aves (BARBOSA et al., 2017).

Os olhos das aves são órgãos vulneráveis e influenciados por fatores externos, dentre eles a intensidade da luz. Intensidades muito altas ou muito baixas foram causadoras de problemas de mal-estar dos animais. Em frangos de corte, estudos mostram que uma exposição contínua à luz de alta intensidade no início da vida pode resultar em hipermetropia grave, achatamento de córnea e glaucoma aviário (AROWOLO et al., 2019).

A iluminação artificial e os programas de iluminação representam um componente vital no setor de aviários comerciais. A variação de luz, os níveis de intensidade luminosa e os fotoperíodos são utilizados para controlar o comportamento das aves, melhorando seu bem-estar psicológico. No entanto, pesquisas para fornecer mais informações sobre a iluminação interna em aviários comerciais ainda são muito recentes (LINHOSS et al., 2023).

Os sistemas tradicionais de iluminação em aviários vêm sendo substituídos por um novo sistema tecnológico, o moderno sistema de produção de aviário Dark House, que conta com equipamentos com controle de iluminação, podendo alterar também a temperatura, pressão, entre outros fatores que interferem na criação das aves (SANTOS et al., 2019).

O programa de luz escolhido para ser utilizado na produção de frangos de corte é um dos principais fatores que interfere ou impacta no bem-estar e produtividade da ave. Existem alguns elementos que são tidos como importantes na escolha do sistema de iluminação, são eles: duração do fotoperíodo, sua distribuição dentro das 24 horas, a cor e o comprimento de onda da luz escolhida

e a intensidade da luz. Vale frisar que as aves são controladas pela luz, facilitando as atividades como alimentação e digestão, temperatura corporal e reprodução (AROWOLO et al., 2019).

Com um bom programa de luz, podemos reduzir os problemas nas aves, como o desenvolvimento metabólico. A melhoria do frango de corte vem por meio da evolução da genética e com a nutrição. Tendo como objetivo genético o aumento de peso de forma rápida para o frango chegar o quanto antes ao abate, porém com esse aumento de peso muito rápido um dos problemas que aparece é nas pernas que não acompanham o ganho de massa muscular (LIBONI et al., 2013).

Ferramentas de gerenciamento de luz são de grande importância para a produção comercial de frangos de corte. Foi revisado que o aumento do fotoperíodo de iluminação intermitente ao invés do constante/contínuo tem um resultado de melhoria no desempenho das aves. Ajustar a intensidade de luz, cor e comprimento de onda, pode aumentar a produção. Também foi avaliado que a intensidade de luz acima de 5 lux após os primeiros dias de vida melhora a produtividade e o bem-estar da ave (AROWOLO et al., 2019).

O frango de corte é considerado um animal fotossensível. Com isso, tem seu comportamento e bem-estar afetados e influenciados pela iluminação do ambiente. Essa percepção da luz ocorre por meio da retina, que fica localizada no globo ocular da ave, formando as imagens e diferenciando as cores, o que permite a interação entre a ave e o meio ambiente, podendo ter seu comportamento e crescimento afetados (SEBER et al., 2018).

A sensibilidade luminosa dos humanos e das aves é diferente, sendo que nas aves o espectro visível varia com as ondas ultravioletas (UV) até as ondas infravermelhas (IV). A explicação para este fato é que as aves percebem a luz por meio dos olhos e também da glândula pineal, chamado também de terceiro olho e é justamente essa glândula responsável pela atividade sexual da ave e também por seu círculo circadiano (SANTOS et al., 2019).

É comprovado que a intensidade de luz, distribuição das lâmpadas e a temperatura de cor estimulam os frangos de corte a se alimentar e hidratar. Quando a luminosidade está em excesso, ocorre um aumento de temperatura, fazendo com que as aves se aglomerem no galpão em regiões menos afetadas, fazendo com que as áreas com maior iluminação sejam ineficazes (FAUSTINO et

al., 2021).

O uso de lâmpadas LED, que seriam lâmpadas de diodo emissor de luz, apresenta uma economia de energia, pois viabiliza o processo e melhoramento do setor. Ainda sobre as vantagens do uso do LED em relação às lâmpadas fluorescentes e incandescentes, estudos mostram que a uma melhor eficiência de energia, maior vida útil, resistência à umidade e disponibilidade de mais comprimentos de onda além de um baixo custo de dimerização (SEBER et al., 2018).

Existem diversas maneiras de reduzir o consumo financeiro de um aviário nos custos de produção e cultivo. Na criação de aves, uma das maneiras utilizadas é o sistema de iluminação. Por intermédio de um programa de iluminação, é possível controlar o consumo de alimentos realizado pelas aves, porém tem que ser usado com cautela para não causar danos, chegando até a mortalidade (LIBONI et al., 2013).

A iluminação artificial utilizada nos aviários localizados no Brasil é principalmente uma adaptação da iluminação disponível para os humanos. Ainda não há muita informação a respeito dos efeitos da utilização das lâmpadas avícolas na produção de frangos de corte (SEBER et al., 2018).

2.3 Conceitos de iluminação e projetos luminotécnicos

2.3.1 Conceitos de iluminação

A iluminação artificial é um artifício utilizado na avicultura, tendo como um dos principais objetivos melhorar a alimentação e o consumo de água, visando ao crescimento das aves e, conseqüentemente, melhorando sua produção. Os programas de luz são viabilizados de acordo com a mudança do metabolismo do crescimento da ave, e podem variar segundo o resultado final desejado. Um dos maiores desafios da produção de frango de corte está ligado ao consumo de energia que, por conseqüência, aumenta o custo da produção (LIMA et al., 2014).

A intensidade da luz interfere no comportamento de frangos de corte. Aspectos relacionados com a iluminação como a intensidade de luz, comprimento de onda, fotoperíodo, distribuição espectral, distribuição espacial das lâmpadas no local, entre outros, também afetam a qualidade da produção. A falta de exposição aos raios ultravioletas para aves mantidas em galpões pode prejudicar seu

comportamento e crescimento, pois, diferente dos humanos, aves conseguem enxergar nesta faixa espectral (PEREIRA et al., 2012).

Na atualidade, o uso da tecnologia LED na produção de frangos de corte tem mostrado grandes melhorias, com alta eficiência luminosa e menos consumo de energia, além de ter uma vida útil mais longa em comparação com as lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Estudos bibliográficos comprovam que a qualidade, intensidade e temperatura de cor podem interferir no comportamento e desenvolvimento das aves. As partes fotossensível do cérebro das aves estão conectados diretamente à glândula pineal, com os devidos estímulos da luz (LIMA et al., 2014).

Diversos termos e unidades de medidas são utilizados quando se trata de iluminação e projeto luminotécnico. É de extrema importância que sejam entendidos para podermos ter uma eficiência em uma proposta para iluminação de um determinado local (MAIA et al., 2011).

Intensidade Luminosa. É ponderada como a parcela do fluxo luminoso da fonte luminosa, é mostrada em ângulo sólido, em uma direção. Sua unidade de medida é a Candela (cd) (NISKIER; MACINTYRE, 2000 apud MORAES, 2006).

Fluxo Luminoso. É vista como uma potência luminosa que pode ser emitida ou observada, pode ser representada também pela energia emitida ou refletida, em todas as direções (NISKIER; MACINTYRE, 2000 apud MORAES, 2006).

Iluminância. Sua unidade de medida é (E), que é considerada o fluxo luminoso em uma área de trabalho por metro quadrado. Essa medida pode ser calculada por meio de um luxímetro, que é um aparelho que analisa e avalia a quantidade de lux, que nada mais é que a iluminância em uma superfície por m² (NISKIER; MACINTYRE, 2000 apud MORAES, 2006).

Luminância. A luminância pode ser tida como uma intensidade luminosa que atinge o usuário por meio de reflexão, essa reflexão pode vir por meio de objetos ou fontes de luz (NISKIER; MACINTYRE, 2000 apud MORAES, 2006.)

Eficiência da luminária. É uma fórmula em que a razão dos lúmens emitidos pela luminária são divididos pelos lúmens emitidos pelas lâmpadas (NISKIER; MACINTYRE, 2000 apud MORAES, 2006).

Eficiência luminosa. Pode ser tomada pela relação do fluxo luminoso emitido e a energia elétrica consumida por unidade de tempo por uma fonte de luz. Que basicamente se aplica da seguinte forma, quanto maior a eficiência de

uma lâmpada, menor será seu consumo em watts. A unidade de medida é lm/W (NISKIER; MACINTYRE, 2000 apud MORAES, 2006).

Índice de reprodução de cor. É a reprodução de cor de um determinado objeto por meio de uma fonte de luz. Quanto maior o IRC (índice de reprodução de cor) mais próximo será representado o objeto ou a superfície de sua cor original. É medido em porcentagem (NISKIER; MACINTYRE, 2000 apud MORAES, 2006).

Temperatura de cor. É definida pela cor que a fonte de luz emite, medidas em Kelvin (K) quanto maior a temperatura de cor, mais clara será representada. São tratadas como temperatura quente e fria, porém não é relacionada com a temperatura em graus, e sim com a temperatura de cores. Abaixo estaremos apresentando a tabela 1 com as temperaturas de cores, as fontes de luzes e a tabela 2 com as unidades de medidas e grandezas em relação à iluminação (NISKIER; MACINTYRE, 2000 apud MORAES, 2006).

Tabela 1: Temperatura de cores.

Temperatura	Fonte de Luz
1.200 K	Luz do fogo
1.700 K	Candeeiro/Luz de vela
2.000 K	Lâmpada de vapor de sódio (iluminação pública)
2.680 K	Lâmpada incandescente comum de 40W
3.000 K	Lâmpada incandescente comum de 200W
3.000 K	Lâmpada fluorescente "branca quente"
3.200 K	Nascer/Pôr do Sol
3.200 K	Lâmpada de estúdio photoflood tipo B (halógena)
3.400 K	Lâmpada de estúdio photoflood tipo A
4.000 K	Lâmpada de flash (bulbo)
4.100 K	Luz do luar em noite de lua cheia
4.500 K	Arco voltáico (projetores antigos de cinema)
5.000 K	Lâmpadas de xenônio (projetores atuais de cinema)
5.000 a 5.500 K	Luz do sol ao amanhecer ou entardecer
5.500 a 5.600 K	Flash eletrônico
5.500 a 6.000 K	Luz do sol durante a maior parte do dia
5.800 K	Céu aberto ao meio-dia
6.000 K	Lâmpada fluorescente "branca fria"
6.000 K	Lâmpada de mercúrio
6.500 K	Lâmpada fluorescente "luz do dia"
6.500 a 7.500 K	Céu encoberto

Selo Procel	
Morna	< 3.300 K
Neutra	≥ 3300 K e < 5.000 K
Fria	≥ 5.000 K

Fonte: Rezende; Lisita. (2014).

Tabela 2: Grandezas e unidades de medidas da iluminação.

Fator	Símbolo	Unidade	Conceito
Potência Total Instalada ou Fluxo Energético	P	W ou kW	"Somatória da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação"
Densidade de Potência	D	W/m ²	"Potência Total Instalada em watt por cada metro quadrado de área"
Densidade de Potência Relativa	Dr	W/m ² para 100 lx	"Densidade de Potência Total Instalada para cada 100 lx de Iluminância"
Fluxo Luminoso	φ	lm (lúmen)	"Quantidade de luz emitida por uma fonte, na tensão nominal de funcionamento"
Eficiência Energética das Lâmpadas	ηw ou K	lm/W (lúmen/watt)	Lúmens gerados por watt consumido de cada lâmpada, também é chamado de "Rendimento Luminoso"
Rendimento da Luminária	ηL	não tem	"Razão do Fluxo Luminoso emitido por uma luminária, em relação à soma dos fluxos individuais das lâmpadas funcionando fora da luminária"
Eficiência do Recinto	ηR	não tem	Relação dos valores de refletância do teto, paredes e piso, com a Curva de Distribuição de Luminária e o Índice do Recinto
Índice do Recinto	K	não tem	Relação entre as dimensões de comprimento, largura, pé-direito, altura do plano de trabalho e altura do pendente da luminária
Fator de Utilização	Fu	não tem	Fluxo Luminoso final que incide sobre o plano de trabalho, ou seja ηL x ηR
Fator de Depreciação ou Fator de Manutenção	Fd	%	"Depreciação do fluxo luminoso da lâmpada e do acúmulo de poeira sobre lâmpadas e luminárias"
Iluminância	E	Lux (lx) = (lm/m ²)	"Luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície à qual incide"
Iluminância Média	Em	Lux (lx) = (lm/m ²)	É considerada a Iluminância Média, pois o fluxo luminoso não distribui-se uniformemente em todos os pontos
Intensidade Luminosa	I	cd (candela)	"Fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto"
Curva de Distribuição Luminosa	CDL	cd x 1.000 lm	"Representação da Intensidade Luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano"
Luminância	L	cd/m ²	Intensidade Luminosa que emana da superfície, transmitindo sensação de claridade
Índice de Reprodução de Cor	IRC ou RA	não tem	Reprodução de cor da lâmpada que varia de 0 a 100 em função da luz solar (índice 100)
Temperatura de Cor ou Temperatura de Cor Correlata	T ou TCC	K (escala Kelvin)	Aparência de cor das lâmpadas
Fator de Fluxo Luminoso	BF	%	Fator de depreciação do reator, resultante do fluxo luminoso obtido pelo fluxo luminoso nominal

Fonte: Fundamentos para projetos luminotécnicos comerciais (2013).

2.3.2 Cálculo Luminotécnico

Uma proposta de projeto luminotécnico necessita da utilização de cálculos para chegar à conclusão, definição de quantidade de lâmpadas e luminárias necessárias para suprir a necessidade do ambiente. Os dois métodos mais utilizados para a realização destes cálculos são o método de Lúmens, que foi aprovado pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE). O outro método é o ponto a ponto que foi baseado na Lei de Lambert (JULIANA; KAWASAKI, 2016).

Ao se falar em cálculo luminotécnico, temos quatro aspectos importantes a

serem levados em conta, são eles: a reprodução da cor, ter o equilíbrio da iluminação, a quantidade de luz e ponderar o ofuscamento. Estes quatro critérios estão ligados ao conforto visual, sendo interligado com a saúde do usuário (MARCHIORI, 2017).

Todo ambiente necessita de uma quantidade de iluminância. A iluminação deve ser instalada em pontos específicos. A iluminância projetada deve passar por cálculos e o resultado deste cálculo não pode ser inferior a quantidade mínima de iluminação designada para aquela tarefa. Os fabricantes devem fornecer os dados referentes às grandezas e unidades da iluminação para que o cálculo seja elaborado (MOURA, 2018).

Os dois métodos utilizados para cálculo de iluminação, método dos lúmens e método ponto a ponto, podem ser realizados manualmente. No entanto, com a tecnologia evoluída, pode ser realizada por meio de softwares específicos em cálculos luminotécnicos, tendo um resultado mais preciso e conseguindo incluir diversas variáveis para definir o melhor sistema de iluminação (JULIANA; KAWASAKI, 2016).

O método dos lúmens é o método mais utilizado para cálculo luminotécnico, também chamado de método do fluxo luminoso, tem como objetivo determinar a quantidade de lúmens ideal para cada ambiente, visto que cada ambiente dependendo da atividade a ser realizada tem uma quantidade mínima de lux a ser atingida. O método leva em conta também as cores das superfícies e o tipo de lâmpada escolhida (MARCHIORI, 2017).

De acordo com a autora, a fórmula para executar este cálculo é a seguinte:

$$\Phi = E * S / \mu * d$$

Onde:

Φ : fluxo luminoso em lumens;

E: iluminância ou nível de iluminamento em lux;

S: área do recinto em m² (metro quadrado) ;

μ : coeficiente de utilização;

d: fator ou coeficiente de depreciação.

O método de ponto a ponto é utilizado para a realização do cálculo para determinar a quantidade de luz entre a fonte de luz e o objeto selecionado, mais precisamente se a distância do objeto a ser iluminado e a fonte de luz, for pelo menos cinco vezes maior que a dimensão da lâmpada é utilizado o cálculo ponto

a ponto. Normalmente, é utilizado com lâmpadas com pequenos feixes de luz, como dicróicas, PAR, e alguns LEDs. No entanto, neste método não são vistas as superfícies do ambiente, o que nos ambientes com muitas fontes luminosas torna o cálculo bem complexo (JULIANA; KAWASAKI, 2016).

2.3.3 Projetos luminotécnicos

A utilização de uma boa iluminação em locais de trabalho é de suma importância para que as tarefas sejam exercidas com mais facilidade e conforto. A iluminação tem como objetivo alcançar aspectos quantitativos exigidos pelas normas (ABNT, 2013).

Determinados benefícios são adquiridos por meio do uso correto da iluminação, tais como o conforto visual, que gera sensação de bem-estar, desempenho visual e segurança visual. Para que isso aconteça, é necessário que ocorra uma distribuição correta da luminância, iluminância, ofuscamento, luz natural, entre outros fatores (ABNT, 2013).

Com o passar do tempo, os sistemas de produção de frangos de corte têm se tornado cada vez mais tecnológicos com importações de equipamentos mais modernos e tecnologia de automação para conseguir obter a maior eficiência energética visando à melhoria econômica. Um dos melhores exemplos dessa aplicação são os sistemas Dark Houses que têm uma melhoria em relação ao sistema convencional (MATTIOLI et al., 2018).

Um programa de iluminação adequado para aviários de frango de corte, pode melhorar a eficiência do ambiente em que estão alojadas, levando em conta o bem-estar da ave. As aves que são submetidas à iluminância entre 20 e 5 lux apresentam comportamentos de conforto mais expressivos, comprovando que o bem-estar das aves é melhor quando o sistema de iluminação atinge condições adequadas (LUCENA et al., 2020).

Estudos realizados para o fornecimento de iluminação artificial em galpões de criação de frangos de corte têm sido utilizados com testes mostrando como os níveis de intensidade da luz variam de 0,1 a 150 (lux), com a grande maioria entre 1 e 50 lux. Empresas de criação de frangos de corte geralmente fornecem intensidades de 20 lux para a primeira semana, estimulando a alimentação e o crescimento da ave. A literatura científica mostra que as taxas de produção e mortalidade de frangos de corte não são afetadas por níveis de luz iguais ou

inferiores a 20 lux (LINHOSS et al., 2022).

O projeto luminotécnico é composto por diversos fatores que fazem parte de sua importância, como a parte funcional de iluminar o ambiente, e a parte estética. Todavia, tem um outro fator de extrema importância, que é o fator econômico, podendo reduzir os gastos de um estabelecimento por meio de um melhor sistema luminotécnico (REZENDE; LISITA, 2014).

A avaliação de um aviário, seguido de um projeto adequado de sistema de iluminação para frango de corte, pode ser essencial para o melhor desempenho das aves. A iluminação por estar diretamente relacionada ao desenvolvimento das aves ajuda a atingir os melhores resultados que têm relação com a zootecnia e economia nessa atividade (PEREIRA et al., 2012).

Foi comprovado que, em um sistema de iluminação, a substituição de lâmpadas de mercúrio por lâmpadas de LED é um investimento viável, apesar do alto custo inicial da troca para lâmpadas de LED, tem baixo tempo de retorno financeiro por conta da redução da manutenção e consumo de energia (BORGES et al., 2017).

O sistema de iluminação artificial de um ambiente tem como base a incidência da luz solar, com o intuito de tentar reproduzir os mesmos efeitos que a luz do sol proporciona. Sendo assim, é de grande importância um bom conhecimento da luz solar para conseguir realizar um projeto luminotécnico eficiente (REZENDE; LISITA, 2014).

A eficiência na economia de energia consegue ser alcançada por três métodos, sendo eles: bioclimatologia, uso de recursos renováveis de energia e uso de aparelhos mais eficientes. A melhor forma de atingirmos o objetivo na eficiência energética é utilizando aparelhos com maior eficiência energética em nossos projetos (BORGES et al., 2017).

Para que um projeto luminotécnico seja considerado eficiente, é necessário que ele tenha uma boa iluminação. Isso quer dizer que o sistema de iluminação utilizado deve gerar um conforto ao usuário, pois quanto maior a qualidade do sistema de iluminação, menor o esforço do usuário nesse local (REZENDE; LISITA, 2014).

Sobre as lâmpadas de LED, pode-se afirmar que possuem diversas qualidades, dentre elas a vida útil que, ao contrário de lâmpadas incandescentes, não queimam facilmente. Ao invés de queimar, elas vão enfraquecendo com o

tempo. O LED não emite raios ultravioletas ou infravermelho, não esquenta também. Além destas vantagens, também é visto que a lâmpada LED possui uma vasta variedade de cores e tamanhos, além de um baixo consumo de energia (BORGES, et al., 2017).

Quando a empresa define um programa de iluminação, é de extrema importância que a análise econômica seja levada em conta. É preciso ponderar que as lâmpadas fluorescentes são mais econômicas que as incandescentes, pois comparando as lâmpadas com a mesma potência em watts, as fluorescentes contêm mais lumens (fluxos luminosos) (MORAES, 2006).

A iluminação em projetos para criação de frangos de corte é sugerida no sentido de que seja o mínimo necessário, apenas para que as aves enxerguem e consigam se locomover e se deslocar para os bebedouros e comedouros. É recomendado que essa iluminação seja de 20 lux nos primeiros dias da ave e 5 lux após (CLASSEN, 1996 apud MORAES, 2006).

2.3.4 Software DialLux

O Dialux é um software digital que tem como objetivo o planejamento, cálculos e visualização de um projeto luminotécnico. Este software é implementado com diversos catálogos com fabricantes de lâmpadas e seus respectivos produtos, fazendo com que a sua simulação seja completa e realista (CRUZ; FERNANDES, 2020).

Depois da simulação ser projetada no software, é possível por meio de relatórios gerados pelo programa analisar os parâmetros da iluminação determinada, podendo ser avaliados os gráficos com isolinhas, mostrando todo o mapa de temperatura de cores. Também é possível verificar o nível de ofuscamento gerado e também saber o consumo de energia do projeto proposto (CRUZ; FERNANDES, 2020).

De acordo com a DIAL™, empresa fundadora do programa DIALux, o programa calcula a iluminância emitida pelas lâmpadas e luminárias utilizando o método *radiosity method*, que tem como princípio conservar a energia, mostrando que toda luz projetada em superfície, uma parcela é perdida e o restante é refletido (DIAL, 2023).

O desempenho de um projeto de iluminação artificial realizado no Dialux é composto por três etapas, sendo elas a construção, luz e objetos de cálculo. Após

estas etapas serem concluídas, o software permite a exportação dos dados e a sua documentação (MORAES et al., 2020).

Na primeira etapa de construção, é a modelagem do ambiente, com as atividades que nele serão realizadas, as superfícies existentes e também as cores de todas as superfícies. Este processo de criação da modelagem pode ser realizado com uma série de softwares, que podem também ter auxílios de programas complementares como o AutoCAD® e Revit® que são softwares da Autodesk e também o Sketchup, ferramenta bastante utilizada na arquitetura (MORAES et al., 2020).

A etapa da Luz é considerada por alguns aspectos que são essenciais para a modelagem virtual do ambiente, são eles: O sistema de iluminação desejado para a proposta, o cenário escolhido e o consumo gerado pelo sistema selecionado. O sistema de iluminação é bem específico, tendo em vista o tipo de lâmpada selecionado para o projeto, com suas luminárias, podendo ser atribuído um sistema para o controle da luz. As escolhas dos produtos dos fornecedores disponível no software podem ser alteradas e personalizadas dentro do projeto de acordo com a melhor disposição (MORAES et al., 2020).

A terceira etapa é definir os parâmetros do cálculo da iluminação. Trata-se da análise do projeto como um todo, pois o software irá gerar os diagramas que vão ser representados por cores e malha de pontos que vão conter os dados da frequência luminosa de acordo com o plano definido pelo projetista (MORAES et al., 2020).

2.3.5 Software Softlux

O software Softlux foi produzido pela Itaim, que apresenta em sua interface apenas luminárias produzidas pela empresa. A plataforma facilita o trabalho dos projetistas que estejam utilizando as lâmpadas da Itaim em seus projetos (FIORINI, 2006).

É um software que facilita o trabalho dos projetistas, visto que a sua interface gráfica é bastante didática, facilitando a utilização. Tem como principais características as curvas de distribuições luminosas e apresentação de quadros para a determinação do fator de utilização (FOLSTER et al., 2016).

O Softlux utiliza o método de cavidades zonais para cálculos luminotécnicos, porém o método dos lumens também pode ser utilizado para

determinar o fator de refletância das superfícies dos ambientes (FOLSTER et al., 2016).

Apesar de possuir diversas características, o software tem algumas desvantagens como não disponibilizar ao projetista a possibilidade de escolher o tipo da lâmpada a ser implementado na plataforma, induzindo o usuário a utilizar uma lâmpada semelhante a desejada (FIORINI, 2006).

2.3.6 Software Lumisoft

O software Lumisoft é uma plataforma para realização de cálculos luminotécnicos em ambientes internos. Comparado com o Softlux, possui uma interface mais agradável e a empresa responsável pela criação deste programa é a Lumicenter (FIORINI, 2006).

O Lumisoft é um programa para cálculos de iluminação. O método utilizado pela plataforma é o dos lúmens e o método ponto a ponto. São muito eficientes, tendo como resultado o posicionamento e a quantidade de luminárias além de diagramas que representam a iluminância pela área de trabalho (FOLSTER et al., 2016).

O programa Lumisoft possui uma metodologia de cálculo mais adequada que a concorrente Softlux. Também é permitido o uso de diversos modelos de luminárias com opções de lâmpadas para se adequar ao projeto, trazendo os resultados os mais próximos da realidade. (FIORINI, 2006)

2.3.7 Programas computacionais para desenho assistido computador

O software Autocad é uma ferramenta que serve principalmente para elaborar projetos e desenhos no computador. Dentre os desenhos que podem ser feitos estão: planta baixa, elevações e coberturas, podendo ser realizados em formado 2d e 3d. O programa é atualizado anualmente e a área principal de atuação da ferramenta é na Arquitetura, Engenharia Civil e Design de Interiores (PONCIANO FERNANDES et al., 2017).

O Autocad tem como principal objetivo melhorar o trabalho e eficiência dos engenheiros na arquitetura e nas construções, automatizando o trabalho para melhorar a concepção e a produção. Quando atinge o conhecimento e habilidades das ferramentas da plataforma, o profissional consegue contribuir com a

otimização de desenhos com as soluções adquiridas pelo uso do software (BUTORINA; VASILIEVA, 2018).

Autocad é um software para desenho realizado por computador. Autocad foi desenvolvido e comercializado pela Autodesk. Os principais setores que usufruem da plataforma são: indústrias, arquitetos, gerentes de projetos, engenheiros, designer de interiores, entre outras áreas. O software primeiro foi introduzido em cursos básicos, porque é uma plataforma com ferramentas capaz de produzir desenhos precisos com o mínimo de esforço, destacando-se em desenhos 2d (YONG et al., 2020).

A possibilidade de obter desenhos 2d associados a partir dos modelos 3d no AutoCad auxilia na criação de desenhos, oferece também a opção de fazer alterações na modelagem enquanto ainda trabalha no mesmo projeto, sem perder informações finalizadas e já salvas. Os comandos da plataforma servem para criar imagens de fachadas, cortes, entre outros projetos arquitetônicos, podendo ser projetados em camadas (BUTORINA; VASILIEVA, 2018).

O programa Sketchup colaborou muito com diversas disciplinas que compõem a grade do curso de Arquitetura e Urbanismo. Conforme o software atualizava sua interface gráfica, também evoluía gradativamente. Alunos do curso começaram a aprender, trabalhar com as ferramentas na plataforma de modelagem e criação de modelos fotorrealistas (SANT'ANA, 2014).

O Sketchup consiste em duas versões, uma versão gratuita destinada aos alunos e a versão profissional. Sendo que a versão gratuita possui menos funções que a profissional. Sketchup também não é compatível com o sistema Linux. Tem como principal função a forma de desenhar tridimensionalmente e contém uma interface amigável (BIZELLO; RUSCHEL, 2011).

O Sketchup é um programa dinâmico com utilidades para modificar, compilar e construir rapidamente uma modelagem 3d. O Sketchup foi desenvolvido e comercializado pela Google e Trimble Inc. Software que é utilizado nas áreas de arquitetura, engenharia e design de interiores. (YONG et al., 2020).

A plataforma Sketchup também possui a possibilidade de fazer projetos em 2d e 3d, relativamente fáceis de manusear e com a interface bem intuitiva. Pode ser modelado e exportado em formatos dwg, dxf, 3ds, jpg, entre outros (BIZELLO; RUSCHEL, 2011)

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na região Oeste do Paraná, como mostra a Figura 1, mais precisamente na cidade de Cascavel-Paraná, na região de Diamante, seguindo a rua Rio da Paz na região do bairro Universitário. Os aviários avaliados estão localizados sob as coordenadas: 25°08'54.6"S; 53°28'57.5"W, conforme é mostrado na Figura 2.

O sítio no qual foram realizados os estudos contém três aviários, como a Figura 2 apresenta. Os aviários nos quais foram desenvolvidos os estudos e pesquisas estão marcados com legenda para demonstração. O aviário convencional possui 12 metros de largura por 130 metros de profundidade, já o aviário *Dark House* possui 14 metros de largura e 130 metros de profundidade.



Figura 1: Oeste do Paraná. Fonte: GoogleMaps, 2022.

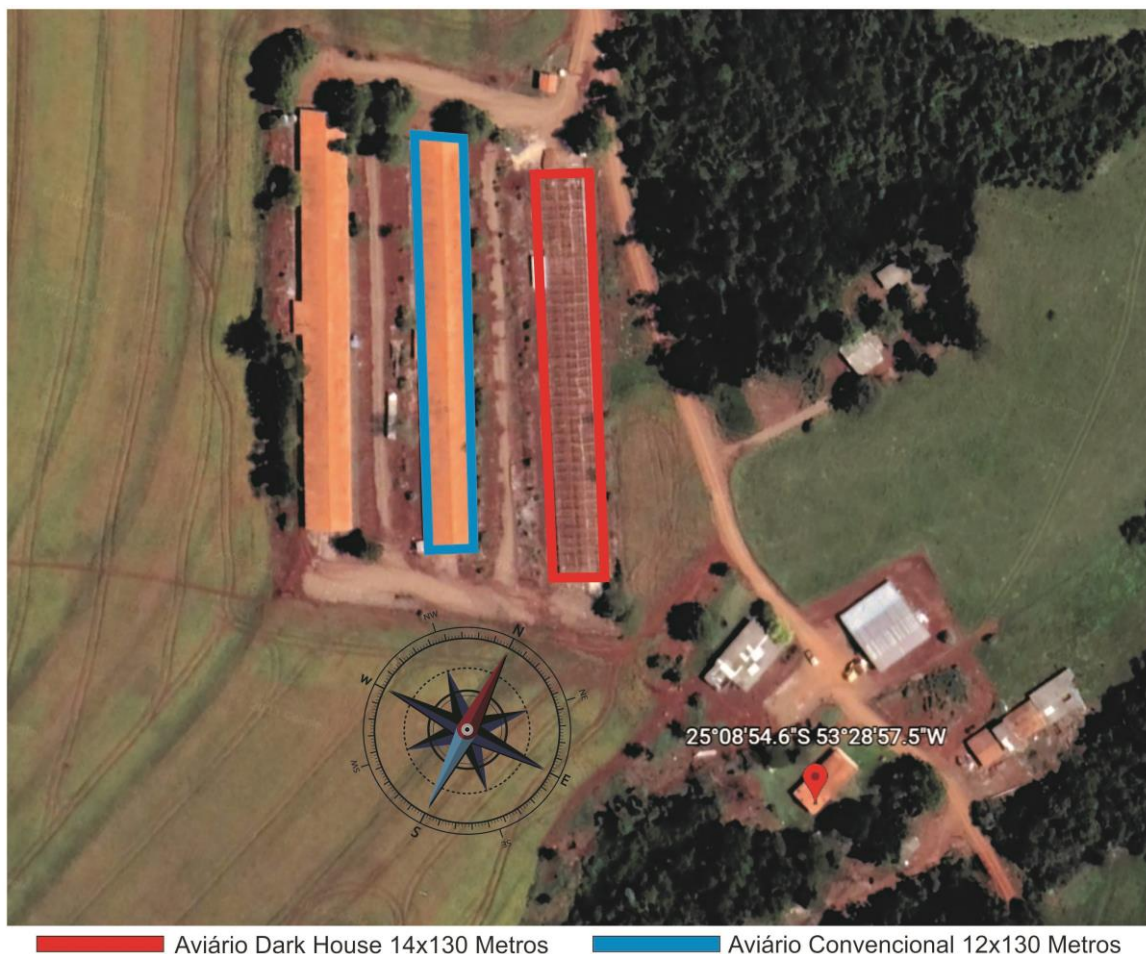


Figura 2: Vista superior e norte dos aviários. Fonte: GoogleMaps, 2023.

O trabalho desenvolvido foi dividido em etapas, como pode ser observado abaixo na Figura 3. A primeira etapa foi definir quais aviários (convencionais e *Dark House*) seriam estudados e avaliados, bem como suas respectivas localizações, coincidentemente ambos ficam no mesmo local. A segunda etapa consistiu em avaliar economicamente e funcionalmente os sistemas de iluminação existentes nos aviários, como será mostrado nos tópicos abaixo. A terceira etapa foi necessária para um levantamento virtual com auxílio de *softwares* de como é o impacto luminotécnico nos aviários avaliados. Com o auxílio das mesmas plataformas, foi realizada uma proposta energeticamente mais eficiente que a existente para ambos os aviários. Foi utilizado o software Autocad da Autodesk do laboratório de informática da Unioeste (licença institucional).

OBJETIVO GERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	LOCAL
Avaliar e Desenvolver projetos <u>Luminotécnicos</u> eficientes em aviários.	Analisar sistemas de iluminação convencional e <u>dark house</u> . Formular base bibliográfica. Avaliar economicamente e funcionalmente sistemas de iluminação. Desenvolver propostas de projeto <u>luminotécnico</u> viáveis energeticamente.	Será feito uma pesquisa de possíveis aviários na região do Oeste do Paraná para escolher dois aviários (convencional e <u>darkhouse</u>) para o desenvolvimento dos objetivos.
MATERIAL		MÉTODO
Após os dois aviários serem selecionados, será realizado um levantamento arquitetônico para saber se a iluminação existente é energeticamente eficiente para o local, com o uso do <u>Luxímetro</u> para auxílio para medição da iluminação do local. Como objetivo será realizado uma proposta nova para cada aviário avaliado e apresentado neste trabalho.		O levantamento será realizado através da visita técnica e com o auxílio dos softwares: <u>autocad</u> , <u>sketchup</u> , <u>lumion</u> e <u>dialux</u> será realizado a nova proposta do projeto <u>luminotécnico</u> , visando a melhoria na eficiência energética dos aviários.

Figura 3: Quadro metodológico. Fonte: Próprio autor, 2022.

3.1 Avaliação de sistemas de iluminação em aviários de frango no oeste do Paraná

3.1.1 Aviário Convencional

O primeiro aviário analisado foi o aviário convencional, conforme mostra a Figura 4. Suas dimensões que foram conferidas localmente são de 12 metros x 130 metros. Ademais, a altura do plano de trabalho considerada e o sistema de iluminação foram medidas em 2,80 metros.



Figura 4: Elevação frontal do aviário convencional. Fonte: Próprio autor, 2022.

A seguir, serão apresentadas fotos do ambiente interno do aviário convencional com legendas para entendimento da distribuição de elementos relevantes para a execução do levantamento técnico.



Figura 5: Ambiente interno do aviário convencional. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.
Fonte: Próprio autor, 2023.



Figura 6: Ambiente interno do aviário convencional. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.



Figura 7: Ambiente interno do aviário convencional. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.
Fonte: Próprio autor, 2023.

A partir dos dados retirados *in loco* foram realizados levantamentos nas plataformas Autocad e Sketchup para análise do sistema existente, bem como ser possível a execução de uma proposta luminotécnica mais eficiente. Abaixo serão mostradas perspectivas e planta baixa do programa de luz atual no aviário convencional.

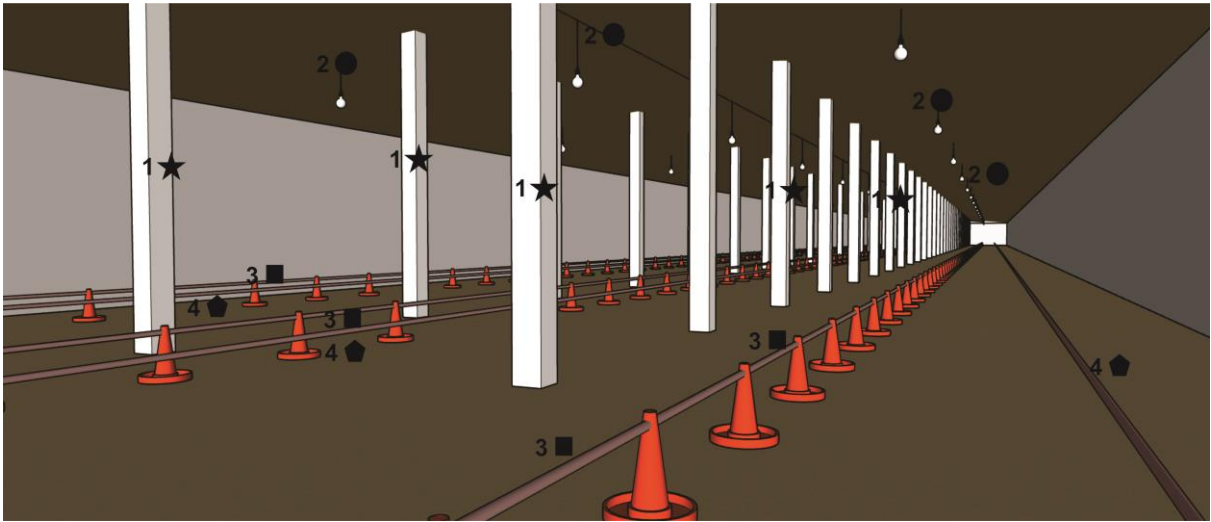


Figura 8: Perspectiva interna do aviário convencional atual. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.

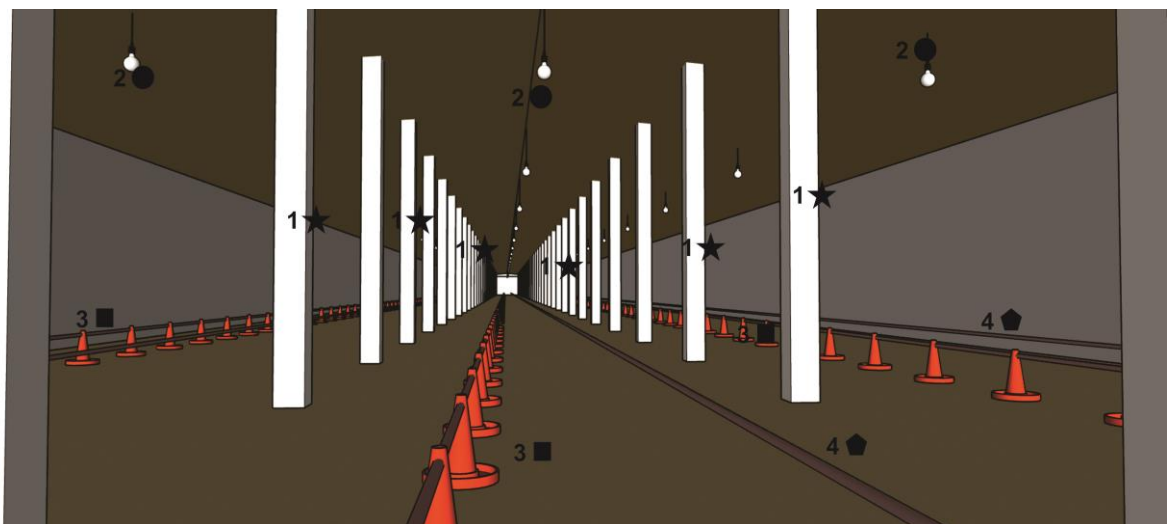


Figura 9: Perspectiva interna do aviário convencional atual. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.

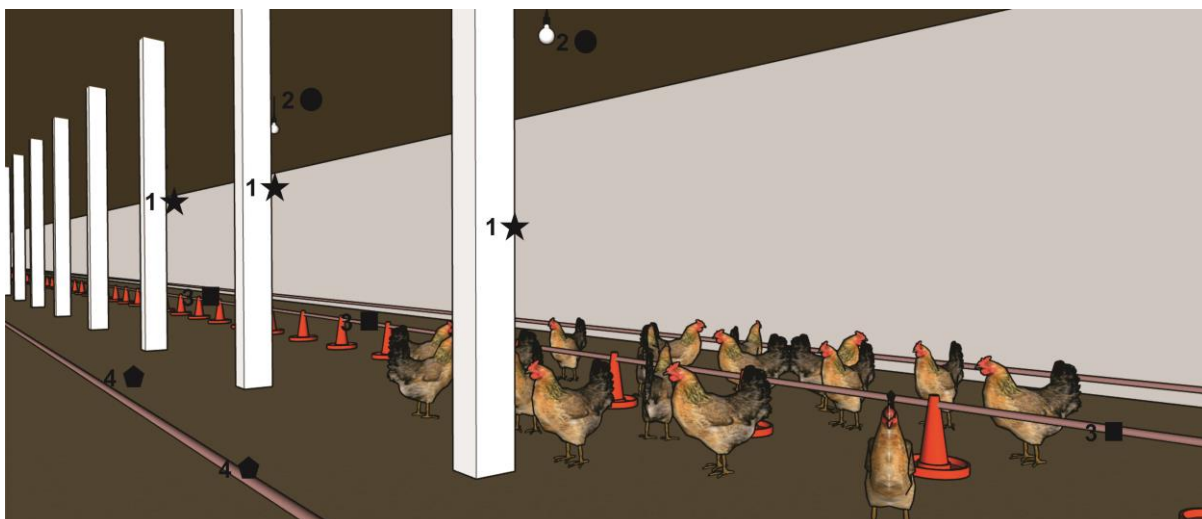


Figura 10: Perspectiva interna do aviário convencional atual. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.

A partir dessas imagens, pode-se analisar que o sistema de iluminação atual no aviário convencional é composto por 65 Lâmpadas LED TKL 90. Nos tópicos abaixo, será apresentada a tabela para cálculos luminotécnicos. As iluminações são instaladas em três linhas lineares, tal como evidenciado na Figura 11, ressaltando também seus espaçamentos.

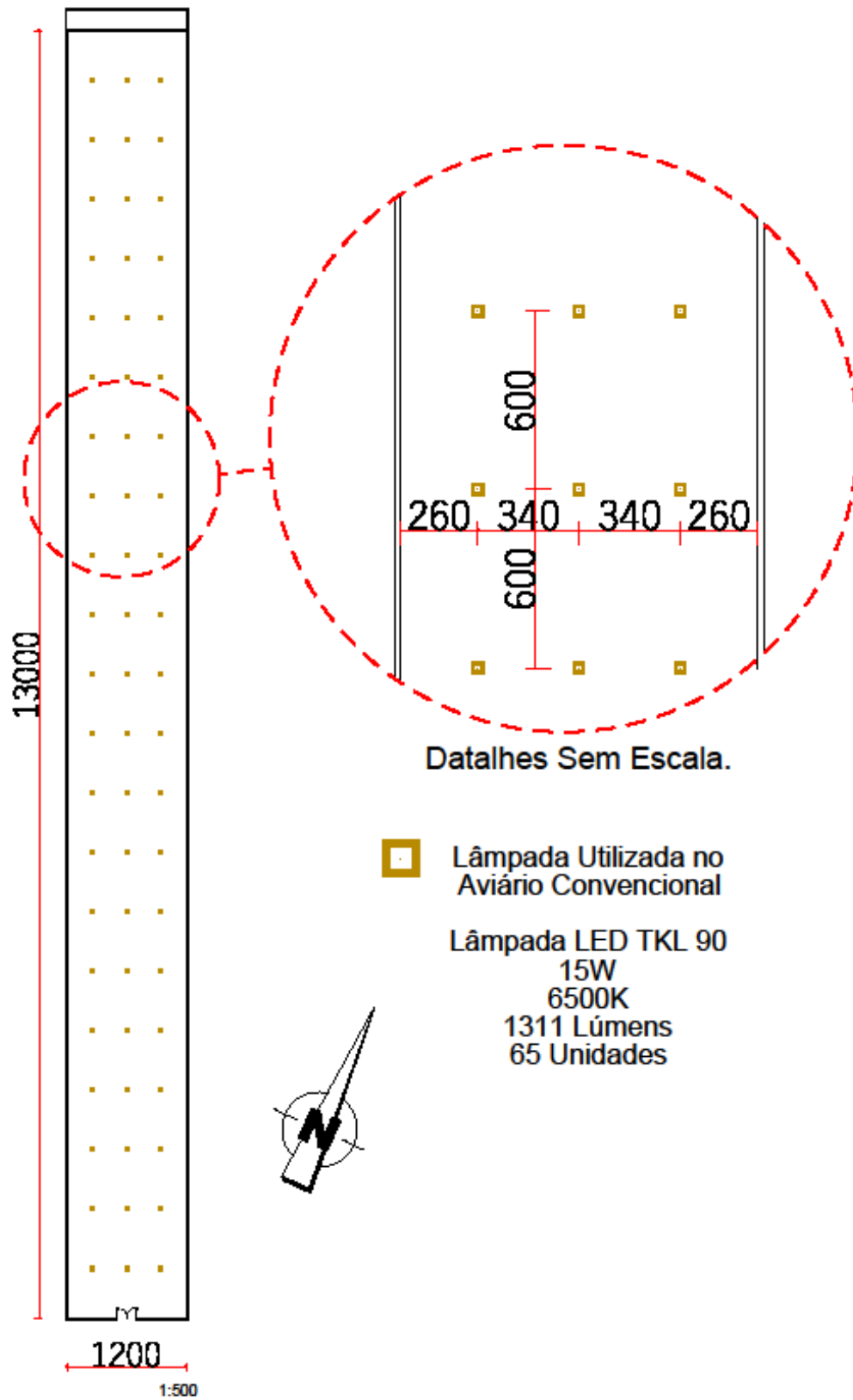


Figura 11: Planta de iluminação do aviário convencional atual e detalhes técnicos realizados no Autocad. Fonte: Próprio autor, 2023.

3.1.2 Aviário Dark House

O aviário *Dark House* analisado, destacado abaixo na Figura 12, possui as seguintes dimensões: 14 metros de largura por 130 metros de comprimento, a altura do plano de trabalho considerada e o sistema de iluminação foram medidas em 2,80 metros.



Figura 12: Elevação frontal do aviário *Dark House* analisado. Fonte: Próprio autor, 2023.

Abaixo serão apresentadas fotos do ambiente interno do aviário convencional com legendas para entendimento da distribuição de elementos relevantes para a execução do levantamento técnico.



Figura 13: Ambiente interno do aviário *Dark House*. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.
 Fonte: Próprio autor, 2023.



Figura 14: Ambiente interno do aviário *Dark House*. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.



Figura 15: Ambiente interno do aviário *Dark House*. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.
Fonte: Próprio autor, 2023.



Figura 16: Ambiente interno do aviário *Dark House*. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.

A partir dos dados retirados *in loco*, foram realizados levantamentos nas plataformas Autocad e Sketchup para análise do sistema existente, bem como fosse possível a execução de uma proposta luminotécnica mais eficiente. Abaixo serão mostradas perspectivas e planta baixa do programa de luz atual no aviário Dark House.

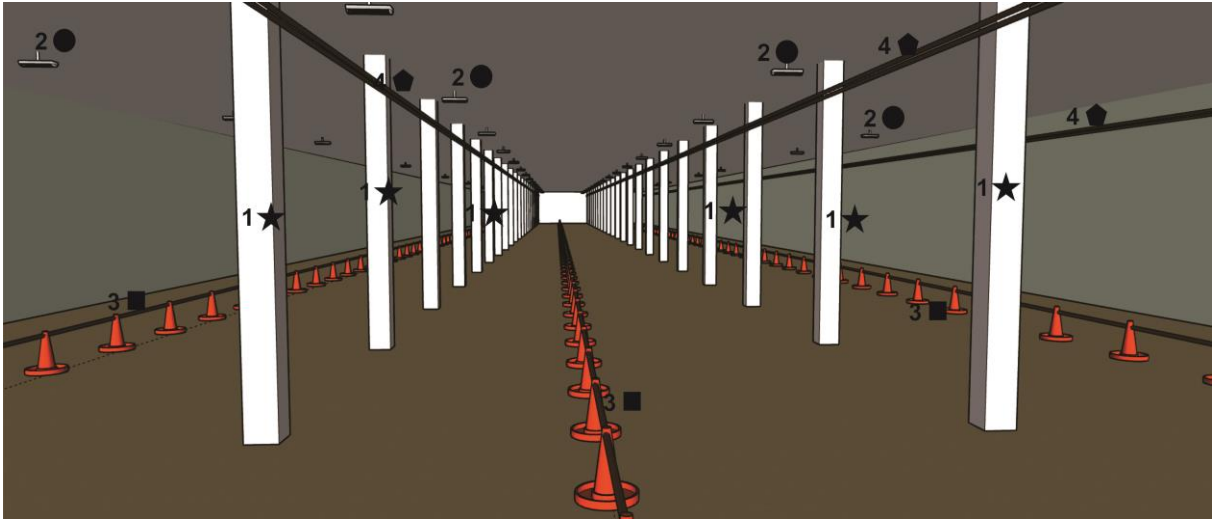


Figura 17: Perspectiva interna do aviário Dark House atual. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.
Fonte: Próprio autor, 2023.

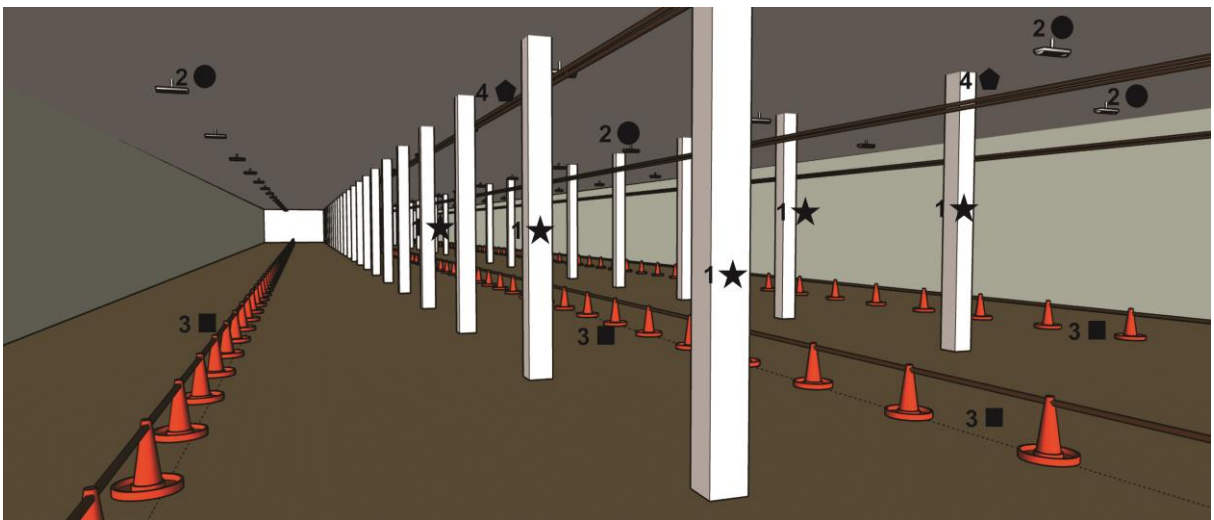


Figura 18: Perspectiva interna do aviário Dark House atual. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.
Fonte: Próprio autor, 2023.

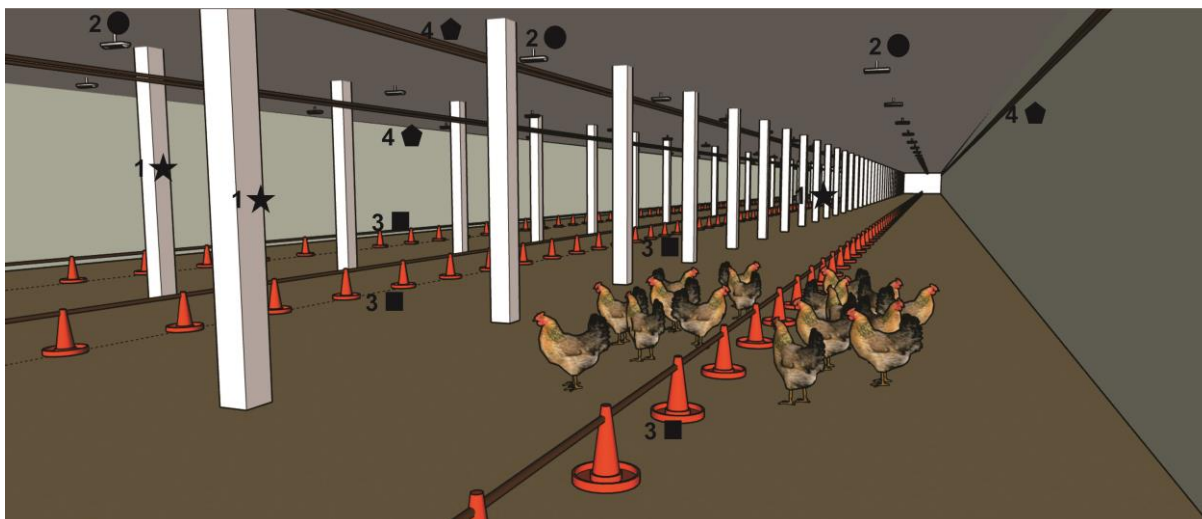


Figura 19: Perspectiva interna do aviário Dark House atual. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.

A Figura 20 abaixo representa em planta baixa a distribuição das lâmpadas que compõem o sistema de iluminação do aviário *Dark House*. O projeto luminotécnico existente é composto por 112 lâmpadas Avilamp-Wy 3, serão apresentadas as especificações desta lâmpada nos tópicos abaixo. São distribuídas de forma uniforme, fazendo uma grade diagonal para melhor aproveitamento das lâmpadas, com o objetivo de fornecer o aproveitamento máximo da luz.

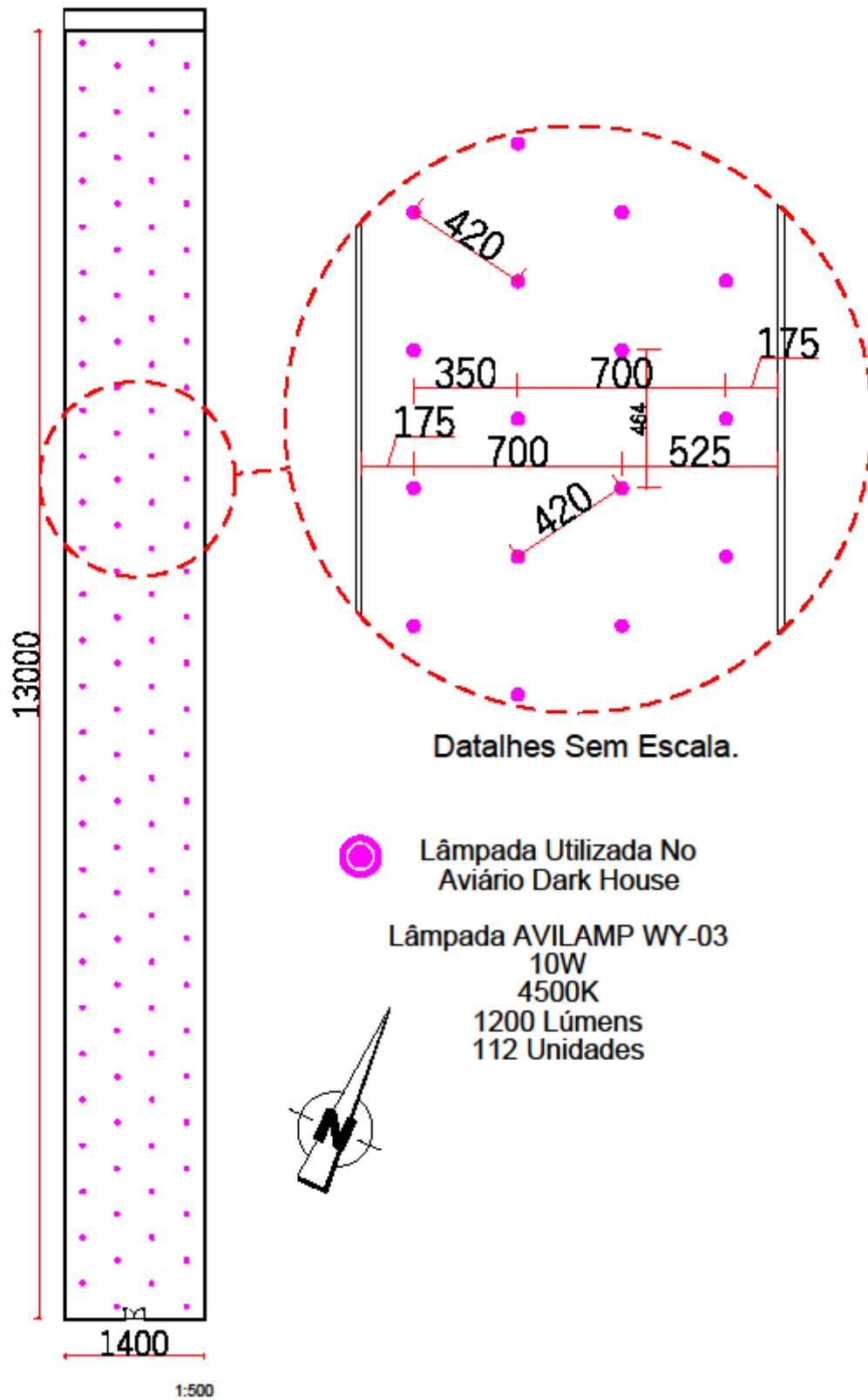


Figura 20: Planta de iluminação do aviário *Dark House* existente e detalhes técnicos realizados no Autocad. Fonte: Próprio autor, 2023.

3.2 Avaliação técnica nos sistemas de iluminação nos aviários

Por intermédio das visitas e levantamentos técnicos do local, foi executada uma avaliação para análise dos sistemas de iluminação existentes nos aviários. Primeiro, foi realizado um levantamento dos dados da iluminação existente no local, a lâmpada identificada no aviário convencional foi a TKL 90 e no aviário *Dark House* foi a lâmpada Avilamp-Wy 3. Abaixo serão exibidas as figuras e tabelas das respectivas lâmpadas. Após a primeira etapa de coleta de dados, as plantas de iluminação foram desenvolvidas para um melhor entendimento do sistema existente, com o auxílio do *software* Autocad e Sketchup, assim como foi executado no *software* DiaLux o levantamento gráfico da edificação e suas iluminações instaladas nas posições originais. Foi realizada uma conversa com o proprietário dos aviários, sendo informado que, após o período de início do lote, o controle de iluminação que é utilizado, consiste no uso contínuo de 17 horas de iluminação e 7 horas de descanso. O proprietário também informou que seus lotes de frangos de corte são executados em 45 dias com uma média de 20.000 aves entregues para o abatedouro. Com os dados levantados, foi possível obter as tabelas e figuras que serão exibidas abaixo com os resultados. Entre eles estão as linhas Isolux, posição das lâmpadas nos eixos X e Y e mapeamento de cores falsas. Para concluir a avaliação técnica existente, foi preciso realizar uma série de cálculos luminotécnicos para obter os dados que serão mostrados no tópico de resultados.

3.2.1 Aviário Convencional

Abaixo serão destacados os levantamentos e dados obtidos relacionados ao aviário convencional atual.

x	.1	.4	.7	.10	.13	.16	.19	.22	.25	.28	.31	.34	.37	.40	.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61
y	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62
z	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63

Figura 21: Distribuição enumerada das lâmpadas no aviário convencional atual. Fonte: Próprio autor, 2023.

Na figura acima, pode ser identificada a distribuição das lâmpadas e a simetria existente no aviário convencional. A seguir será apresentada a tabela de posição das lâmpadas.

Tabela 3: Posição das lâmpadas do aviário convencional.

Nº	X(m)	Y(m)	Altura de Montagem	Nº	X(m)	Y(m)	Altura de Montagem
1	2.602	5.000	2.800	44	6.000	89.000	2.800
2	6.000	5.000	2.800	45	9.404	89.000	2.800
3	9.404	5.000	2.800	46	2.599	95.000	2.800
4	2.599	11.000	2.800	47	6.000	95.000	2.800
5	5.997	11.000	2.800	48	9.404	95.000	2.800
6	9.401	11.000	2.800	49	2.599	101.000	2.800
7	2.599	17.000	2.800	50	6.000	101.000	2.800
8	5.997	17.000	2.800	51	9.404	101.000	2.800
9	9.401	17.000	2.800	52	2.599	107.000	2.800
10	2.599	23.000	2.800	53	6.000	107.000	2.800
11	6.000	23.000	2.800	54	9.404	107.000	2.800
12	9.404	23.000	2.800	55	2.599	113.000	2.800
13	2.599	29.000	2.800	56	6.000	113.000	2.800
14	6.000	29.000	2.800	57	9.404	113.000	2.800
15	9.404	29.000	2.800	58	2.599	119.000	2.800
16	2.599	35.000	2.800	59	6.000	119.000	2.800
17	6.000	35.000	2.800	60	9.404	119.000	2.800
18	9.404	35.000	2.800	61	2.599	125.000	2.800
19	2.599	41.000	2.800	62	6.000	125.000	2.800
20	6.000	41.000	2.800	63	9.404	125.000	2.800
21	9.404	41.000	2.800				
22	2.599	47.000	2.800				
23	6.000	47.000	2.800				
24	9.404	47.000	2.800				
25	2.599	53.000	2.800				
26	6.000	53.000	2.800				
27	9.404	53.000	2.800				
28	2.599	59.000	2.800				
29	6.000	59.000	2.800				
30	9.404	59.000	2.800				
31	2.599	65.000	2.800				
32	6.000	65.000	2.800				
33	9.404	65.000	2.800				
34	2.599	71.000	2.800				
35	6.000	71.000	2.800				
36	9.404	71.000	2.800				
37	2.599	77.000	2.800				
38	6.000	77.000	2.800				
39	9.404	77.000	2.800				
40	2.599	83.000	2.800				
41	6.000	83.000	2.800				
42	9.404	83.000	2.800				
43	2.599	89.000	2.800				

Fonte: Próprio autor, 2023.

Como pode ser analisado nas figuras abaixo, referentes às linhas IsoLux e cores falsas, foi identificada uma quantidade média de lux entre 30 e 50 lux na maior parte do ambiente. As lâmpadas estão bem distribuídas no local deixando as manchas de cores próximas e uniformes na área de trabalho.

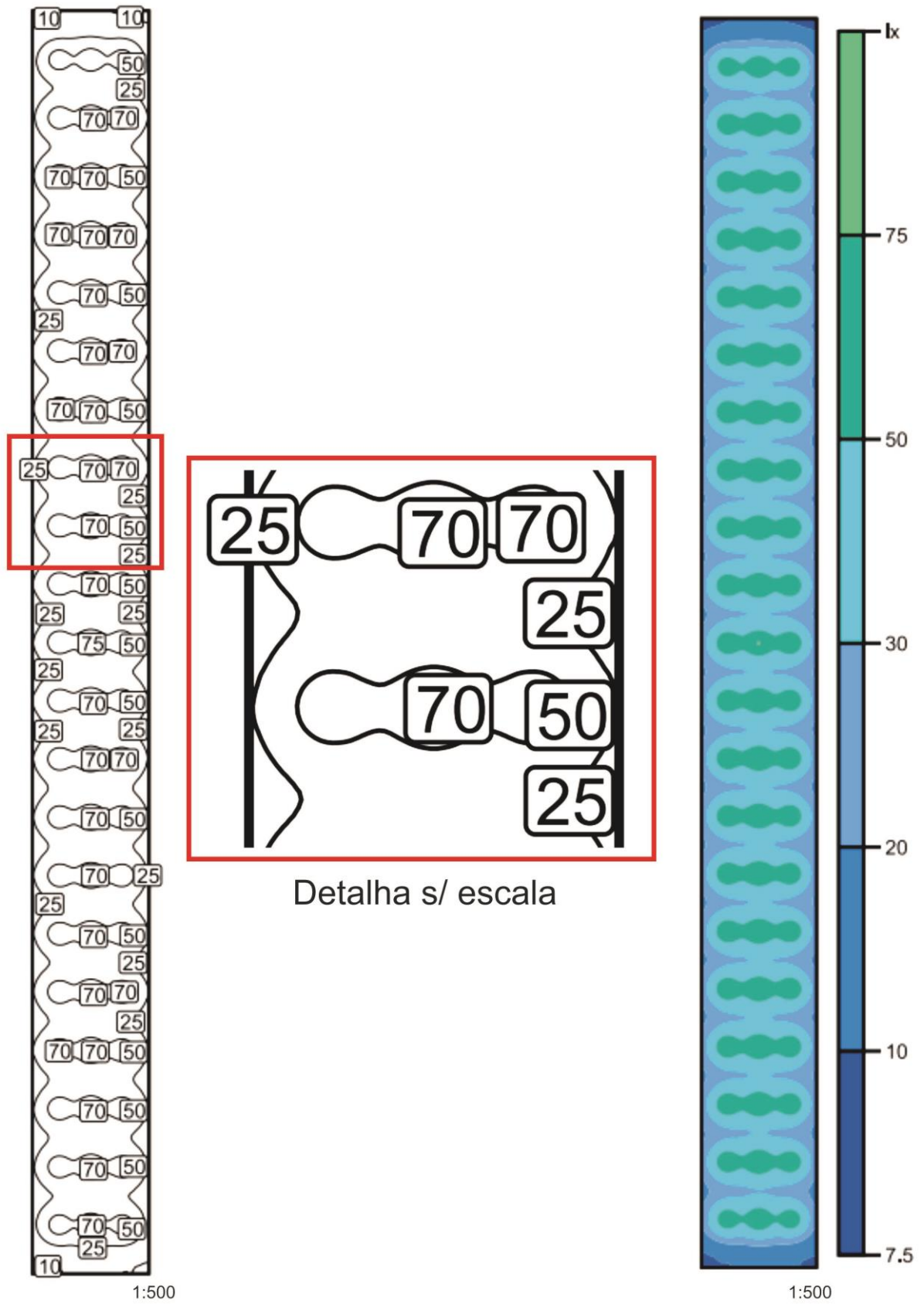


Figura 22: Linhas Isolux, detalhe e cores falsas do aviário convencional:
Fonte: Próprio autor, 2023.

Podem ser analisadas também na figura 22 as linhas isolux e os mapas de cores falsas, mostrando que a média de lux em todo aviário estava acima do indicado, entre 30 e 75 lux em toda sua área.

3.2.2 Aviário Dark House

Abaixo serão enfatizados os levantamentos e dados obtidos relacionados ao aviário Dark House atual.

2	7	11	15	19	23	27	31	35	39	43	47	51	55	59	63	67	71	75	79	83	87	92	95	99	103	107	111
3	1	9	13	17	21	25	29	33	37	41	45	49	53	57	61	65	69	73	77	81	85	89	93	97	101	105	109
4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	91	96	100	104	108	112
5	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70	74	78	82	86	90	94	98	102	106	110

Figura 23: Distribuição enumerada das lâmpadas no aviário Dark House atual.
Fonte: Próprio autor, 2023.

Conforme mostra figura acima, a distribuição das lâmpadas instaladas no aviário Dark House atual é composta por uma grade de pontos que são distribuídos uniformemente pela área de trabalho, faz com que a luz chegue em grandes quantidades na maioria dos pontos da área.

As tabelas a seguir mostram a distribuição nos eixos X e Y das lâmpadas Avilamp WY-03 instaladas no aviário atualmente.

Abaixo estão em evidência as plantas, mostrando as linhas de IsoLux existentes no local atual e as cores falsas, destacando a quantidade de lux que chega em cada ponto da superfície da área de trabalho. As manchas mostradas na tabela à direita de cores falsas ressaltam que, em grande parte, a área é atingida por uma iluminância entre 50 lux e 70 lux, devido à potência e distribuição da lâmpada escolhida.

Tabela 4: Posição das lâmpadas do aviário Dark House atual.

Nº	X(m)	Y(m)	Altura de Montagem (m)	Nº	X(m)	Y(m)	Altura de Montagem (m)
1	5.250	5.840	2.800	44	8.750	49.920	2.800
2	1.750	3.520	2.800	45	5.250	52.232	2.800
3	5.250	1.200	2.800	46	12.250	52.232	2.800
4	8.750	3.520	2.800	47	1.750	54.553	2.800
5	12.250	1.200	2.800	48	8.750	54.553	2.800
6	12.230	5.840	2.800	49	5.250	56.880	2.800
7	1.750	8.150	2.800	50	12.250	56.880	2.800
8	8.750	8.160	2.800	51	1.750	59.200	2.800
9	5.250	10.482	2.800	52	8.750	59.200	2.800
10	12.250	10.482	2.800	53	5.250	61.520	2.800
11	1.750	12.800	2.800	54	12.250	61.520	2.800
12	8.750	12.800	2.800	55	1.750	63.850	2.800
13	5.250	15.120	2.800	56	8.750	63.850	2.800
14	12.250	15.120	2.800	57	5.250	66.160	2.800
15	1.750	17.440	2.800	58	12.250	66.160	2.800
16	8.750	17.440	2.800	59	1.750	68.480	2.800
17	5.250	19.766	2.800	60	8.750	68.480	2.800
18	12.250	19.766	2.800	61	5.250	70.800	2.800
19	1.750	22.090	2.800	62	12.250	70.800	2.800
20	8.750	22.090	2.800	63	1.750	73.120	2.800
21	5.250	23.400	2.800	64	8.750	73.120	2.800
22	12.250	23.400	2.800	65	5.250	75.440	2.800
23	1.750	26.720	2.800	66	12.250	75.440	2.800
24	8.750	26.720	2.800	67	1.750	77.760	2.800
25	5.250	29.040	2.800	68	8.750	77.760	2.800
26	12.250	29.040	2.800	69	5.250	80.089	2.800
27	1.750	31.360	2.800	70	12.250	80.089	2.800
28	8.750	31.360	2.800	71	1.750	82.400	2.800
29	5.250	33.680	2.800	72	8.750	82.400	2.800
30	12.250	33.680	2.800	73	5.250	84.720	2.800
31	1.750	36.000	2.800	74	12.250	84.720	2.800
32	8.750	36.000	2.800	75	1.750	87.040	2.800
33	5.250	38.320	2.800	76	8.750	87.040	2.800
34	12.250	38.320	2.800	77	5.250	89.360	2.800
35	1.750	40.640	2.800	78	12.250	89.360	2.800
36	8.750	40.640	2.800	79	1.750	91.680	2.800
37	5.250	42.950	2.800	80	8.750	91.680	2.800
38	12.250	42.950	2.800	81	5.250	94.000	2.800
39	1.750	45.275	2.800	82	12.250	94.000	2.800
40	8.750	45.275	2.800	83	1.750	96.320	2.800
41	5.250	47.600	2.800	84	8.750	96.320	2.800
42	12.250	47.600	2.800	85	5.250	98.640	2.800
43	1.750	49.920	2.800	86	12.250	98.640	2.800

Nº	X(m)	Y(m)	Altura de Montagem (m)	Nº	X(m)	Y(m)	Altura de Montagem (m)
87	1.750	100.960	2.800				
88	8.750	100.960	2.800				
89	5.250	103.280	2.800				
90	12.250	103.280	2.800				
91	1.750	105.600	2.800				
92	8.750	105.600	2.800				
93	5.250	107.916	2.800				
94	12.250	107.916	2.800				
95	1.750	110.240	2.800				
96	8.750	110.240	2.800				
97	5.250	112.560	2.800				
98	12.250	112.560	2.800				
99	1.750	114.880	2.800				
100	8.750	114.880	2.800				
101	5.250	117.200	2.800				
102	12.250	117.200	2.800				
103	1.750	119.515	2.800				
104	8.750	119.515	2.800				
105	5.250	121.840	2.800				
106	12.250	121.840	2.800				
107	1.750	124.160	2.800				
108	8.750	124.160	2.800				
109	5.250	126.490	2.800				
110	12.250	126.490	2.800				
111	1.750	128.800	2.800				
112	8.750	128.800	2.800				

Fonte: Próprio autor, 2023.

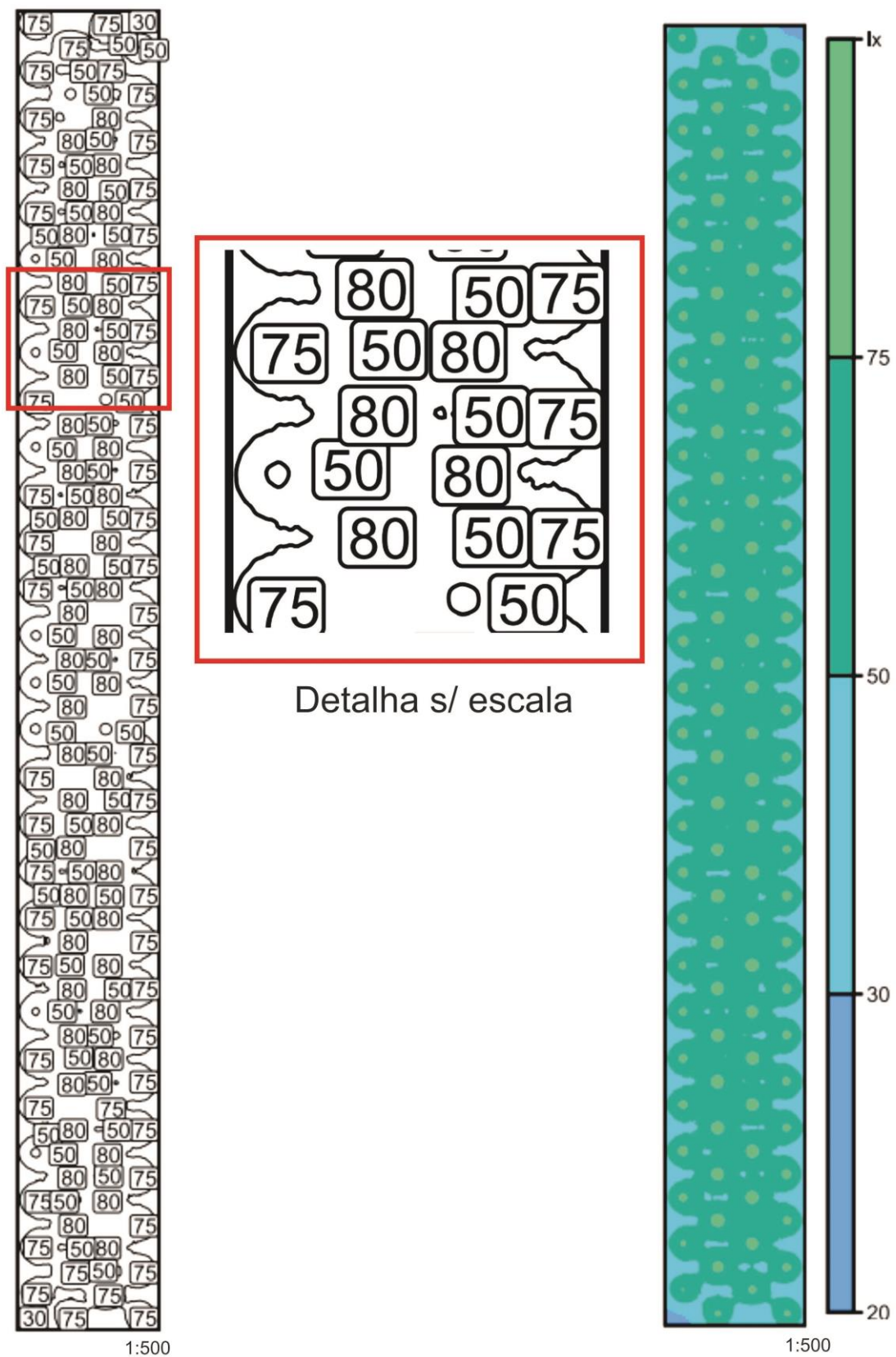


Figura 24: Linhas Isolux, detalhe e cores falsas do aviário convencional: Fonte: Próprio autor, 2023.

Podem ser analisados também, na Figura 24, as linhas isolux e os mapas de cores falsas, mostrando que a média de lux em todo aviário estava acima do indicado, entre 50 e 75 lux em toda sua área.

3.3 Propostas de projetos luminotécnicos para aviários avaliados

Após o levantamento dos dados e das informações que foram coletadas por intermédio das conversas realizadas com o proprietário. Foram elaboradas duas propostas para os aviários analisados, uma proposta para o aviário convencional e outra proposta para o aviário Dark House, visando ao melhor aproveitamento da iluminação, bem como a substituição de iluminação para melhor eficiência energética. Foram levados em conta os dados obtidos por meio da revisão bibliográfica sobre a quantidade de lux ideal para galpões de frangos de corte. Nos tópicos abaixo, serão ressaltadas as propostas.

3.3.1 Aviário Convencional

O aviário convencional é composto por um sistema de iluminação com a lâmpada TKL Led 90, tal como destaca a Figura 20. Foi selecionada outra lâmpada para o novo projeto luminotécnico, a lâmpada Led Philips, apresentada na Figura 21. A troca da lâmpada foi realizada objetivando a economia e a funcionalidade. A lâmpada proposta contém uma potência em Watts (W) menor que a instalada atualmente, assim como pouca diferença em seu fluxo luminoso (lúmens). Os dados são exibidos nas tabelas abaixo.

LAMP LED TKL 30 / 4.9W 3000K

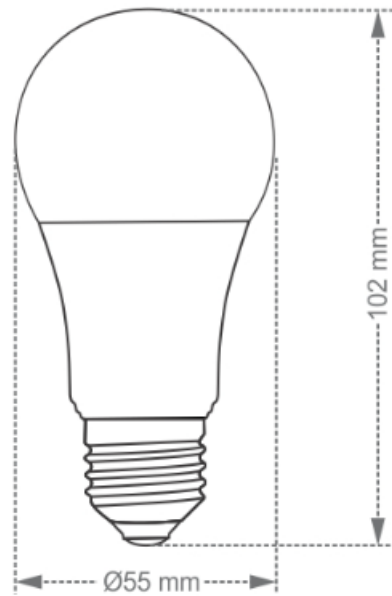


Figura 25: Lâmpada Led TKL 90. Fonte: Taschibra, 2023.

Tabela 5: Características da Lâmpada Led TKL 90.

MODELO:	TKL 90 LED
POTÊNCIA:	15 W (Watts)
TEMPERATURA DE COR:	6.500K (Kelvins)
FLUXO LUMINOSO:	1311Lm (Lúmens)
DIMENSÕES:	065 x 120 mm

Fonte: Taschibra, 2023.



Figura 26: Lâmpada Led Philips. Fonte: Philips, 2023.

Tabela 6: Características da Lâmpadas Led Philips 11W.

MODELO:	Lâmpada Led Philips 11W bivolt 4000k base E27
POTÊNCIA:	11 W (Watts)
TEMPERATURA DE COR:	4.000K (Kelvins)
FLUXO LUMINOSO:	1018Lm (Lúmens)
BASE ENCAIXE	E27

Fonte: Philips, 2023.

Será salientada, por meio de imagens e plantas, a nova proposta para o sistema luminotécnico existente no aviário convencional.

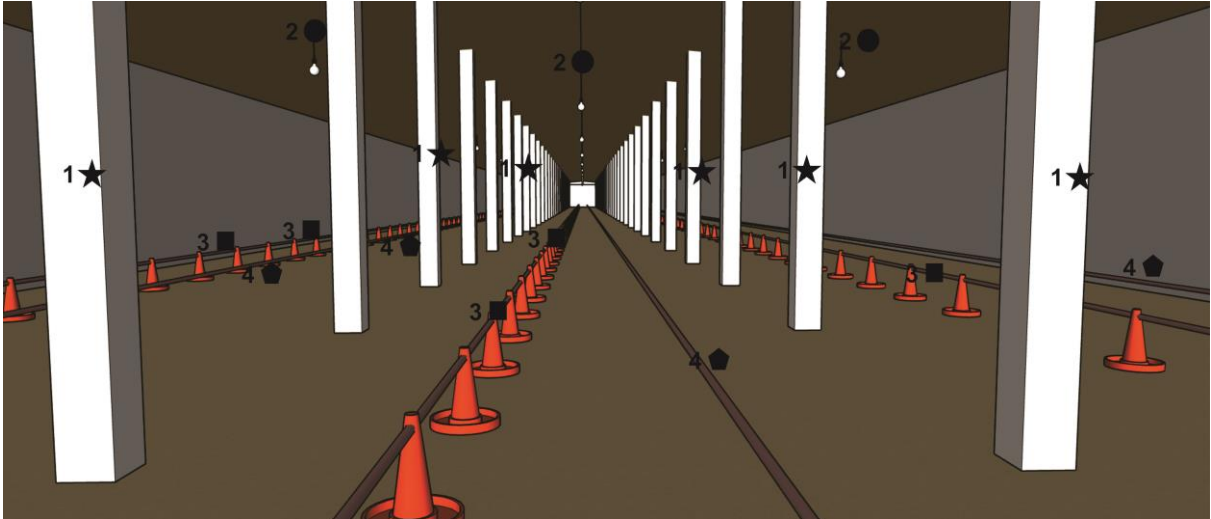


Figura 27: Perspectiva interna da proposta do aviário convencional. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentágono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.

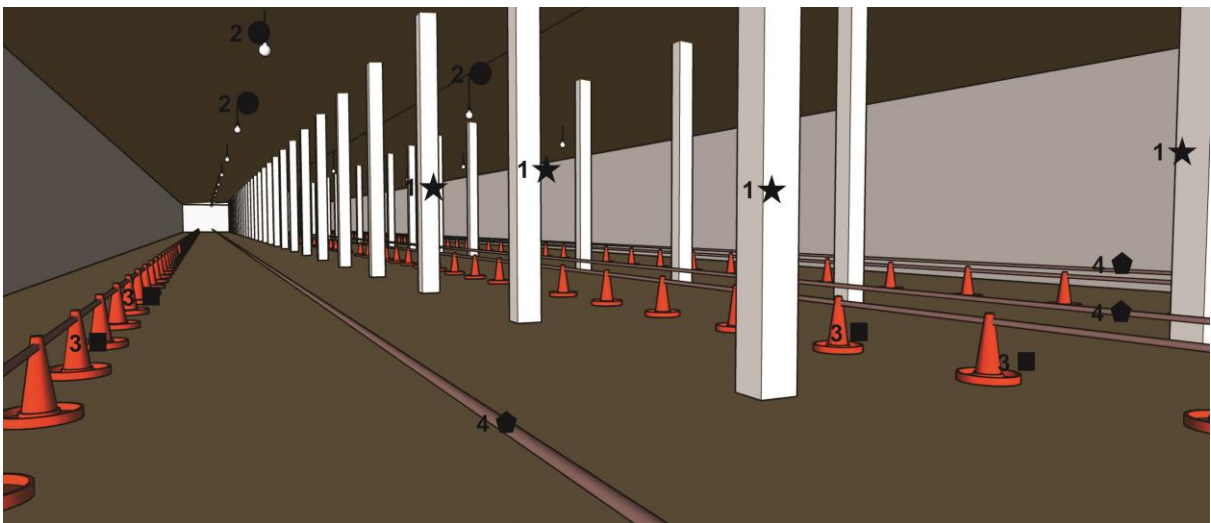


Figura 28: Perspectiva interna da proposta do aviário convencional. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentágono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.

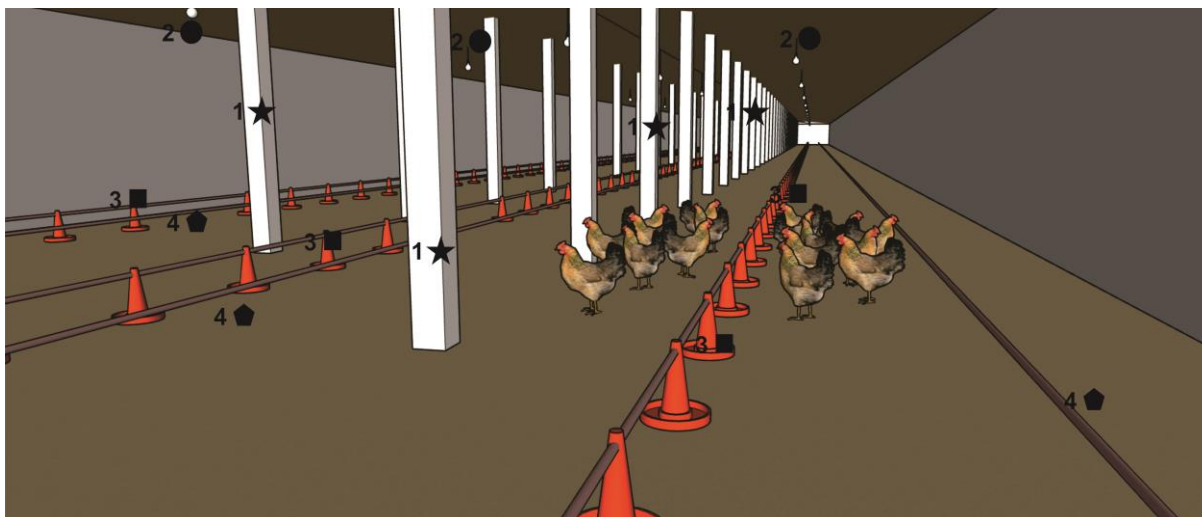


Figura 29: Perspectiva interna da proposta do aviário. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.

A proposta foi desenvolvida para trabalhar com lâmpadas contendo menor potência em Watts, além da redução para atingir a iluminância adequada destinada à criação de frangos de corte que, segundo Lucena e Linhoss (2020, 2022), é de 20 lux. Com isso, foi realizada uma nova distribuição de lâmpadas que será apresentada a seguir com tabelas de posições, linhas de IsoLux e mapas de cores falsas.

Na planta de iluminação mostrada abaixo, é possível ver a distribuição e o espaçamento na proposta realizada para o aviário convencional, buscando diminuir a quantidade de lâmpadas para atingir o objetivo de iluminância indicado, além de gerar uma economia de energia que será enfatizada nos resultados por cálculos.

As linhas de IsoLux comprovam a quantidade de iluminância média em todo o ambiente, e o mapa de cores falsas apresenta, tal como mostra em gráfico, a média de lux na maior parte do ambiente entre 20 e 30 lux.

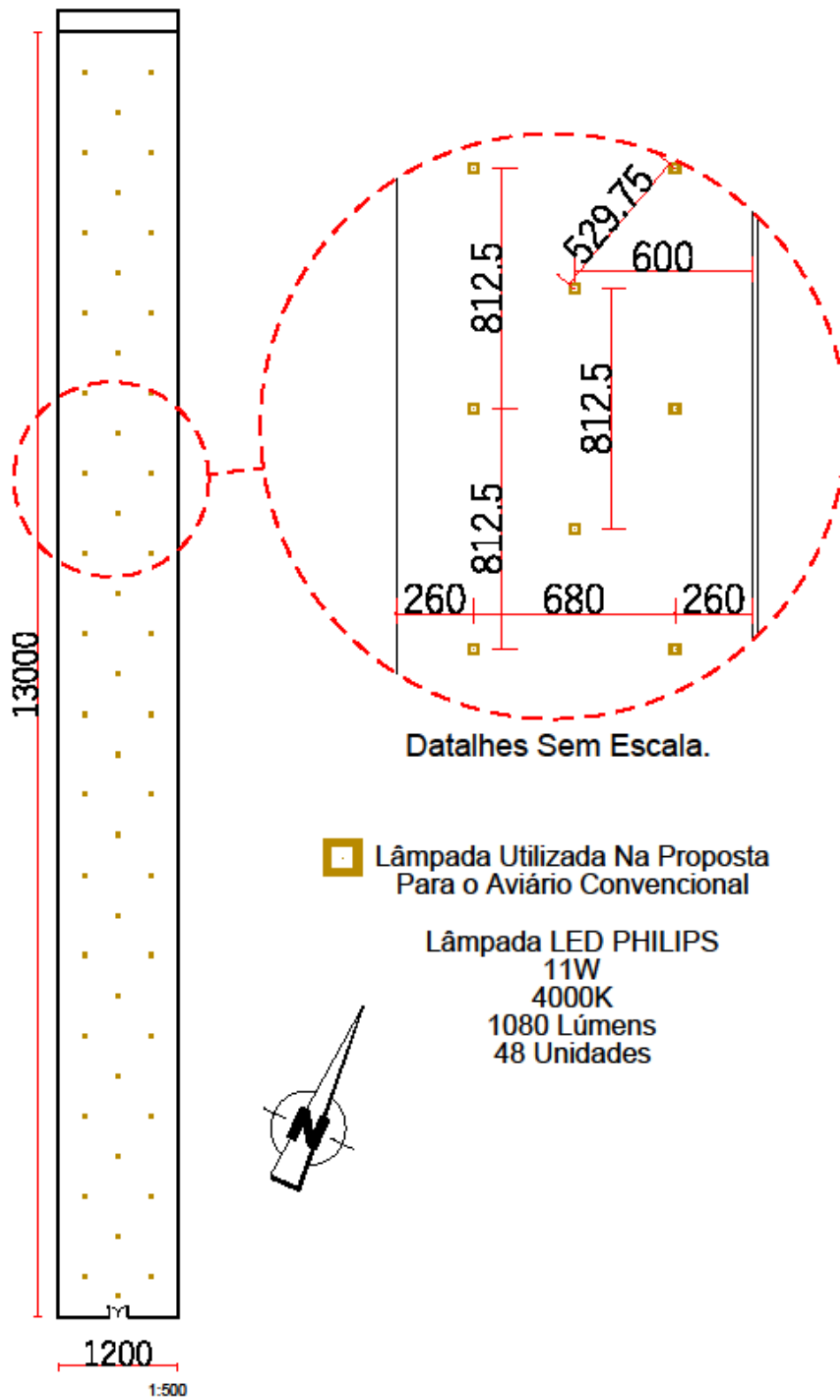


Figura 30: Planta de iluminação da proposta do aviário convencional e detalhes técnicos realizados no Autocad. Fonte: Próprio autor, 2023.

y	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47
1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	
3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	

Figura 31: Distribuição enumerada das lâmpadas na proposta do aviário convencional. Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 7: Posição das lâmpadas da proposta do aviário convencional.

Nº	X(m)	Y(m)	Altura de Montagem (m)	Nº	X(m)	Y(m)	Altura de Montagem (m)
1	6.000	2.024	2.800	44	2.600	117.807	2.800
2	2.600	4.062	2.800	45	9.400	117.807	2.800
3	9.400	4.062	2.800	46	6.000	121.883	2.800
4	6.000	8.121	2.800	47	2.600	125.934	2.800
5	2.600	12.187	2.800	48	9.400	125.934	2.800
6	9.400	12.187	2.800				
7	6.000	16.240	2.800				
8	2.600	20.312	2.800				
9	9.400	20.312	2.800				
10	6.000	24.381	2.800				
11	2.600	28.435	2.800				
12	9.400	28.435	2.800				
13	6.000	32.493	2.800				
14	2.600	36.559	2.800				
15	9.400	36.559	2.800				
16	6.000	40.627	2.800				
17	2.600	44.688	2.800				
18	9.400	44.688	2.800				
19	6.000	48.749	2.800				
20	2.600	52.799	2.800				
21	9.400	52.799	2.800				
22	6.000	56.872	2.800				
23	2.600	60.938	2.800				
24	9.400	60.938	2.800				
25	6.000	65.000	2.800				
26	2.600	69.065	2.800				
27	9.400	69.065	2.800				
28	6.000	73.125	2.800				
29	2.600	77.188	2.800				
30	9.400	77.188	2.800				
31	6.000	81.244	2.800				
32	2.600	85.316	2.800				
33	9.400	85.316	2.800				

34	6.000	89.373	2.800				
35	2.600	93.436	2.800				
36	9.400	93.436	2.800				
37	6.000	97.492	2.800				
38	2.600	101.563	2.800				
39	9.400	101.563	2.800				
40	6.000	105.617	2.800				
41	2.600	109.686	2.800				
42	9.400	109.686	2.800				
43	6.000	113.748	2.800				

Fonte: Próprio autor, 2023.

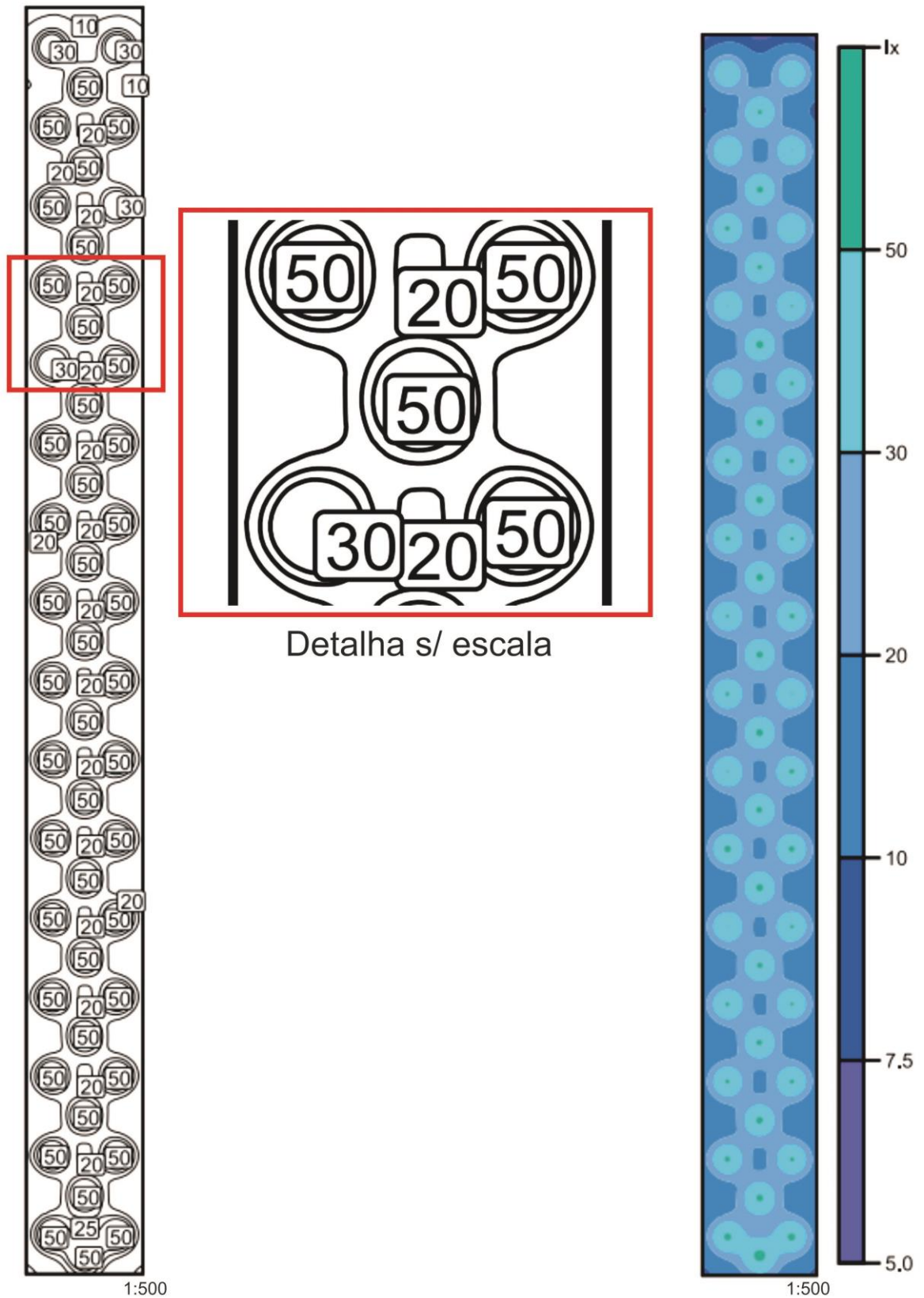


Figura 32: Linhas Isolux, detalhe e cores falsas da proposta do aviário convencional:
 Fonte: Próprio autor, 2023.

Podem ser examinadas também, na Figura 32, as linhas isolux e os mapas de cores falsas, mostrando que a média de lux em todo aviário fica entre 20 e 30 lux, seguindo as indicações para melhor desenvolvimento da ave.

3.3.2 Aviário Dark House

O aviário Dark House foi projetado, de acordo com o proprietário, por uma empresa do ramo. Seu sistema atual de iluminação é composto pela lâmpada Avilamp Wy-03, conforme a distribuição evidenciada acima. Abaixo serão ressaltadas as características dessa lâmpada. As características mostram a qualidade da lâmpada, uma das melhores no mercado no ramo da avicultura. A proposta do novo projeto luminotécnico do aviário Dark House não conta com a substituição da lâmpada, apenas uma nova distribuição para melhor aproveitamento da lâmpada atingindo a capacidade indicada de 20 lux.



Figura 33: Avilamp WY-03. Fonte: Inobram, 2023.

Tabela 8: Características da Lâmpada Avilamp WY-03.

MODELO:	Lâmpada Avilâmp WY-03
POTÊNCIA:	10 W (Watts)
TEMPERATURA DE COR:	4.500K (Kelvins)
FLUXO LUMINOSO:	1200Lm (Lúmens)
VIDA ÚTIL	25.000 Horas. (4 anos de vida útil. 17 h/dia)

Fonte: Inobram, 2023.

Abaixo será exibida, por meio de imagens e plantas, a nova proposta para o sistema luminotécnico existente no aviário convencional.

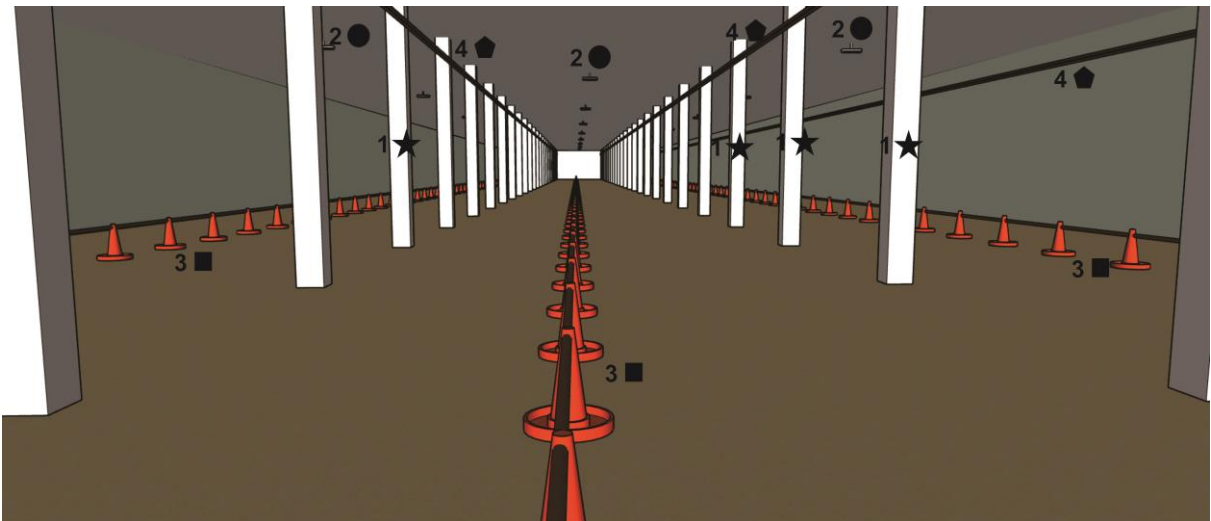


Figura 34: Perspectiva interna da proposta do aviário dark. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.



Figura 35: Perspectiva interna da proposta do aviário Dark House. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.

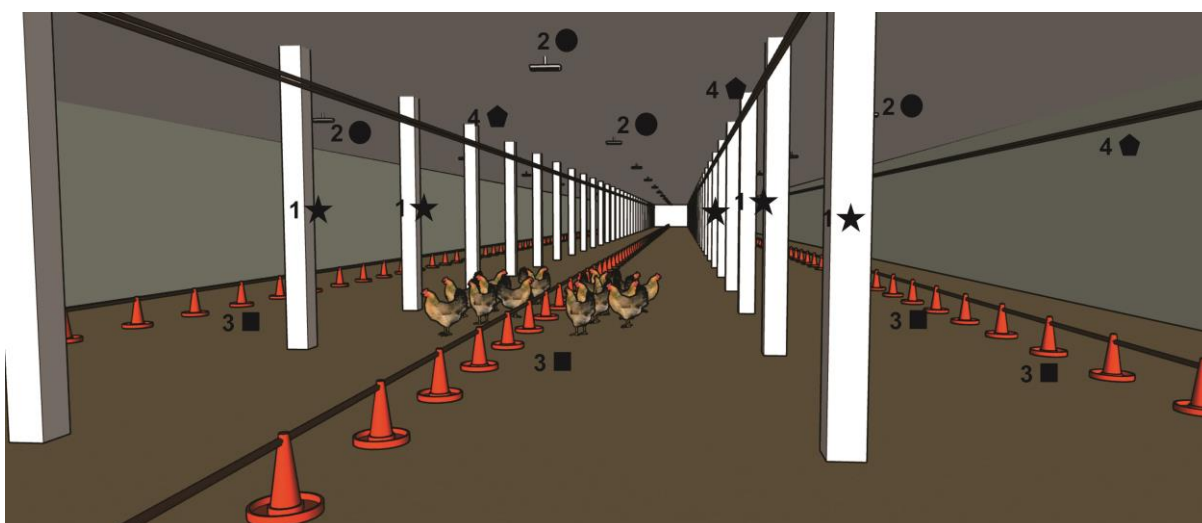


Figura 36: Perspectiva interna da proposta do aviário Dark House. 1-estrela: Pilares de sustentação, 2-bola: Lâmpadas instaladas, 3-quadrado: Comedouro das aves, 4-pentagono: Bebedouro das aves.

Fonte: Próprio autor, 2023.

A proposta foi desenvolvida com a mesma lâmpada existente *in loco*, mas foi necessário redistribuir as lâmpadas no local de uso para atingir a iluminância adequada em relação à criação de frangos de corte que, segundo Lucena e Linhoss (2020, 2022), é de 20 lux. Com a nova distribuição, tal como as figuras abaixo realçam, a quantidade de lâmpadas foi reduzida. Com isso, foi gerada uma

economia de energia salientada no t3pico de resultados. Foi atingido o objetivo de lux no ambiente.

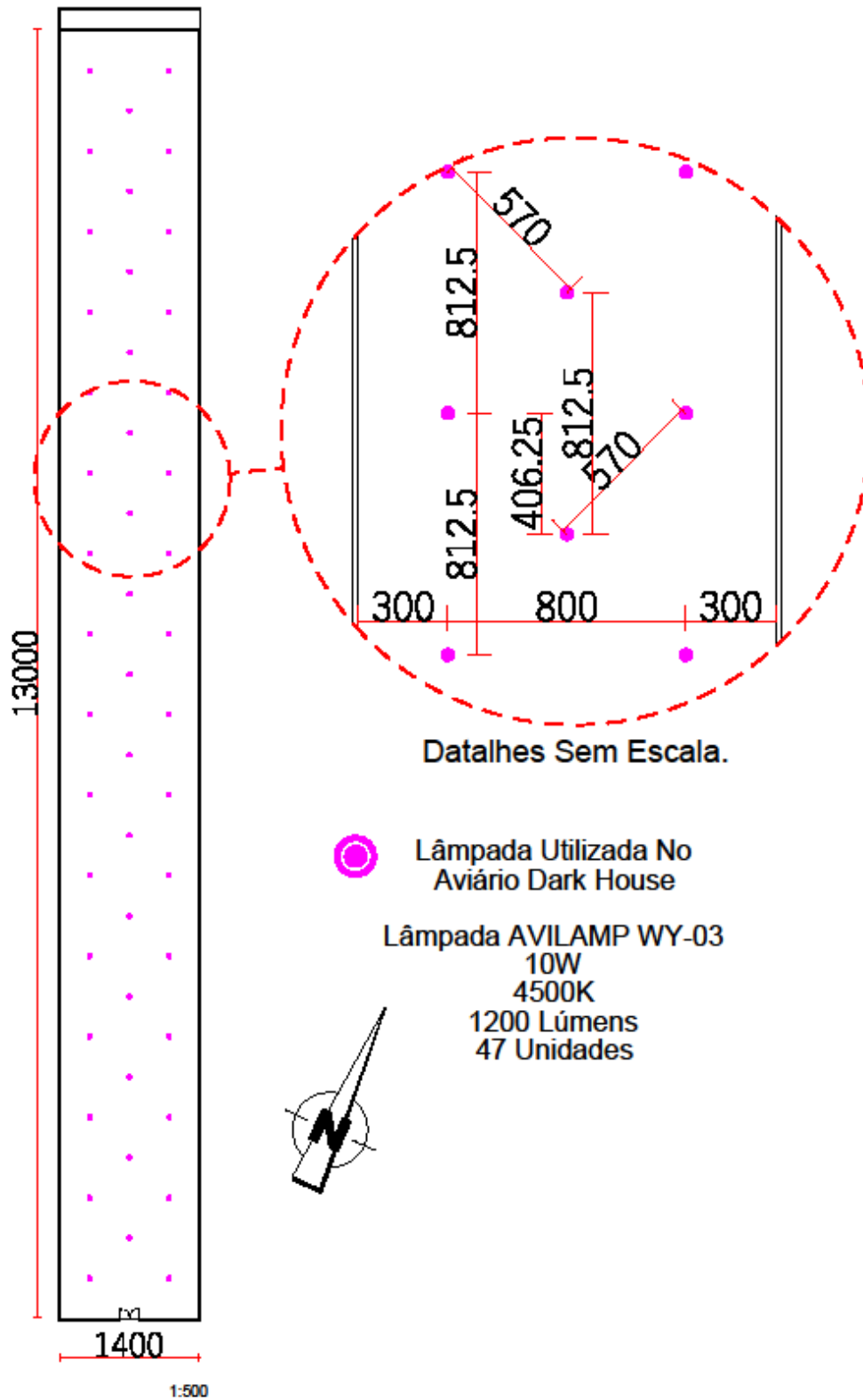


Figura 37: Planta de iluminação da proposta do aviário Dark House e detalhes técnicos realizados no Autocad. Fonte: Próprio autor, 2023.

1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46
3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	
2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47

Figura 38: Distribuição enumerada das lâmpadas na proposta do aviário Dark House. Fonte: Próprio autor, 2023.

Tabela 9: Posição das lâmpadas da proposta do aviário Dark House.

Nº	X(m)	Y(m)	Altura de Montagem (m)	Nº	X(m)	Y(m)	Altura de Montagem (m)
1	3.000	4.053	2.800	44	11.000	117.820	2.800
2	11.000	4.053	2.800	45	7.000	121.875	2.800
3	7.000	8.125	2.800	46	3.000	125.955	2.800
4	3.000	12.188	2.800	47	11.000	125.955	2.800
5	11.000	12.188	2.800				
6	7.000	16.250	2.800				
7	3.000	20.313	2.800				
8	11.000	20.313	2.800				
9	7.000	24.375	2.800				
10	3.000	28.438	2.800				
11	11.000	28.438	2.800				
12	7.000	32.500	2.800				
13	3.000	36.563	2.800				
14	11.000	36.563	2.800				
15	7.000	40.625	2.800				
16	3.000	44.686	2.800				
17	11.000	44.686	2.800				
18	7.000	48.750	2.800				
19	3.000	52.813	2.800				
20	11.000	52.813	2.800				
21	7.000	56.875	2.800				
22	3.000	60.940	2.800				
23	11.000	60.940	2.800				
24	7.000	65.000	2.800				
25	3.000	69.063	2.800				
26	11.000	69.063	2.800				
27	7.000	73.125	2.800				
28	3.000	77.188	2.800				
29	11.000	77.188	2.800				
30	7.000	81.250	2.800				
31	3.000	85.332	2.800				
32	11.000	85.332	2.800				
33	7.000	89.375	2.800				
34	3.000	93.457	2.800				
35	11.000	93.457	2.800				

36	7.000	97.500	2.800				
37	3.000	101.550	2.800				
38	11.000	101.550	2.800				
39	7.000	105.625	2.800				
40	3.000	109.688	2.800				
41	11.000	109.688	2.800				
42	7.000	113.750	2.800				
43	3.000	117.820	2.800				

Fonte: Próprio autor, 2023.

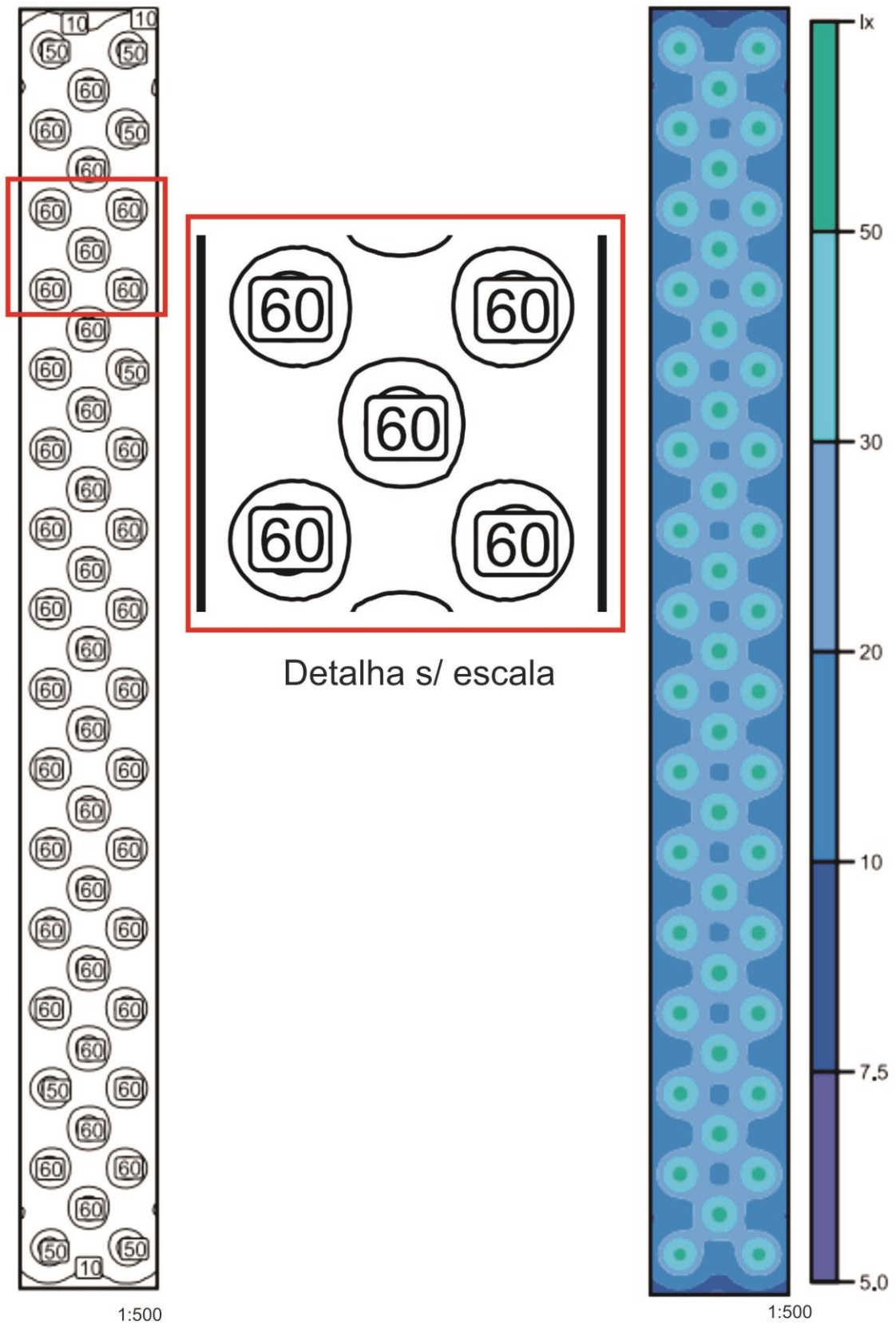


Figura 34: Linhas Isolux, detalhe e cores falsas da proposta do aviário Dark House:
 Fonte: Próprio autor, 2023.

Podem ser analisadas, na figura 34, as linhas isolux e os mapas de cores falsas, mostrando que a média de lux em todo aviário fica entre 20 e 30 lux, seguindo as indicações para melhor desenvolvimento da ave.

3.4 Equações necessárias para obter resultados

Para que possam ser mostrados os resultados dos estudos desenvolvidos no trabalho proposto, será evidenciada uma série de cálculos e equações para que se chegue ao resultado esperado, trazendo informações importantes como a iluminância atingida, número de lâmpadas no local, potência total, densidade de potência, densidade de potência relativa, energia consumida pelo sistema de iluminação, energia consumida em iluminação durante o tempo de alojamento dos frangos de corte e a energia consumida em iluminação por cabeça de frango produzido.

Equações:

Para determinar o Fator de Área (K):

$$K = \frac{L \times C}{h \times (L+C)} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde: K = Determinação do fator de área;

L = Largura;

C = Comprimento;

h = Pé direito entre a lâmpada e área de trabalho.

Para determinar a Iluminância (E):

$$E = \frac{N \times n \times \Phi \times U \times FLP}{C \times L} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde: U = Fator de utilização;

L = Largura;

C = Comprimento;

h = Pé direito entre a lâmpada e área de trabalho;

N = Número de luminárias;

n = Número de lâmpadas;

\emptyset = Potência em lúmens;
 FLP = Fator de perda de luz.

Para conferência de luminárias/lâmpadas:

$$N = \frac{E \times C \times L}{n \times \emptyset \times U \times FLP} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde: U = Fator de utilização;
 L = Largura;
 C = Comprimento;
 h = Pé direito entre a lâmpada e área de trabalho;
 E = iluminância;
 n = Número de lâmpadas;
 \emptyset = Potência em lúmens;
 FLP = Fator de perda de luz.

Para determinar da potência total:

$$Pt = \frac{n \times W}{1000} \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde: n = Número de lâmpadas;
 W = Potência em Watts;
 Pt = Potência total

Para determinar da densidade de potência:

$$D = \frac{Pt \times 1000}{A} \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde: D = Densidade de potência;
 Pt = Potência total;
 A = Área do ambiente.

Para determinar a densidade de potência relativa:

$$Dr = \frac{D}{A} \times \frac{W}{100} \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde: D = Densidade de potência;

W = Potência em Watts;

A = Área do ambiente;

Dr = Densidade de potência relativa.

Para determinar a energia consumida pelo sistema de iluminação:

$$E = P \times t \quad \text{Eq. (7)}$$

Onde: t = Tempo (h);

P = Carga instalada em iluminação (kW);

Para determinar a energia consumida pelo sistema de iluminação durante o tempo de alojamento:

$$Ecl = E \times tafc \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde: E = Energia consumida pelo sistema de iluminação;

tafc = Tempo de alojamento dos frangos de corte, dias;

Ecl = Energia consumida em iluminação durante o tempo de alojamento.

Para determinar a energia consumida em iluminação por cabeça de frango :

$$Eccf = \frac{Ecl \times 1000}{Nfl} \quad \text{Eq. (9)}$$

Onde: Eccf = Energia consumida por cabeça de frango;

Ecl = Energia consumida em iluminação durante o tempo de alojamento;

Nfl = Número de frango produzidos.

Para determinar o valor do kWh/Lote em reais:

$$\text{Valor em reais} = Ecl \times \text{Valor kWh (Copel)} \quad \text{Eq. (10)}$$

Onde: Ecl = Energia consumida em iluminação durante o tempo de alojamento;

Valor em reais = Valor em reais final;

Valor kWh = Valor em reais do kWh segundo dados da Copel.

Tabela 10: Tabela de fator de área para determinar o fator de utilização

K	751	731	711	551	531	511	351	331	311
0,60	0,41	0,36	0,32	0,40	0,35	0,32	0,40	0,35	0,32
0,80	0,48	0,44	0,40	0,48	0,43	0,40	0,57	0,43	0,40
1,00	0,56	0,51	0,48	0,55	0,51	0,48	0,54	0,50	0,48
1,25	0,62	0,59	0,56	0,61	0,58	0,55	0,61	0,58	0,55
1,50	0,63	0,59	0,56	0,62	0,58	0,55	0,61	0,58	0,55
2,00	0,70	0,67	0,65	0,68	0,66	0,64	0,67	0,65	0,63
2,50	0,70	0,68	0,65	0,69	0,66	0,64	0,68	0,65	0,63
3,00	0,71	0,68	0,65	0,69	0,66	0,65	0,67	0,65	0,63
4,00	0,76	0,74	0,73	0,74	0,73	0,72	0,73	0,72	0,71
5,00	0,77	0,74	0,73	0,75	0,74	0,72	0,74	0,72	0,71

Fonte: Philips, 2023.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados do aviário convencional

4.1.1 Aviário convencional atual

Com a utilização das fórmulas mostradas acima, vamos aos resultados para comparação de valores e resultados finais:

Com o uso da equação Eq(1), obteve-se como resultado o valor (K) que seria a determinação do Fator de Área. Como resultado do aviário convencional e sua proposta de iluminação atual, teve como resultado o valor de 3,92. Aplicando o valor por meio da tabela de Fator de utilização, chegou ao resultado com a substituição do valor de (K) por (U) resultando em 0,76.

Por meio da equação Eq(2), é possível determinar o valor da iluminância que resultou no valor de 34,20 Lux. Logo em seguida foi aplicado este valor na equação Eq(3), que obteve o valor de 63 Lâmpadas.

Para se obter a potência total, foi utilizada a Eq(4), que resultou em um valor de 0,945 kW. Em seguida, este valor foi aplicado na equação Eq(5) para obter o valor da densidade de potência, resultando em um valor de 0,60 W/m². Para conseguir o valor da densidade de potência relativa, foi realizada a equação Eq(6), com resultado de 0,000057 W/m² x 100 Lux.

As próximas equações que foram realizadas determinaram o valor de energia no local com relação à quantidade de horas (17 horas/dia), dias e aves que o aviário produziu. Com a equação Eq(7) foi determinado que o valor de energia consumida pelo sistema de iluminação é de 16,065 kWh/dia. A equação Eq(8) é utilizada para determinar a energia consumida pelo sistema de iluminação durante o tempo de alojamento (45 dias), resultou em 722,92 kWh/Lote. Para concluir, foi utilizada a equação Eq(9) para se obter a energia consumida por cabeça de frango que foi produzida (20.000), resultou em um valor de 36,14 Wh/cabeça de frango.

Segundo o site da Copel (2023), o valor de R\$/kWh convencional para zona rural sem imposto é de TE (Tarifa de energia) R\$ 0,24340 e TUSD (Tarifa do uso do sistema) R\$ 0,29215 resultando em um valor final de R\$ 0,53555. Com esses dados e a utilização da Eq(10), foi obtido o valor do consumo de energia gerado pelo

sistema de iluminação deste aviário em R\$ 387,15.

4.1.2 Aviário convencional proposta

Com a utilização das fórmulas mostradas acima, vamos aos resultados para comparação de valores e resultados finais.

O uso da equação Eq(1) teve como resultado o valor de (K), que seria a determinação do Fator de Área. O resultado do aviário convencional e sua proposta de iluminação tiveram como resultado o valor de 3,92. Aplicando este valor por meio da tabela de Fator de utilização, chegou-se ao resultado com a substituição do valor de (K) por (U) resultando em 0,76.

A partir da equação Eq(2) é possível determinar o valor da iluminância, que resultou no valor de 20,23 Lux. Logo em seguida foi aplicado este valor na equação Eq(2), que obteve o valor de 48 Lâmpadas.

Para se obter a potência total foi utilizada a Eq(4), que resultou em um valor de 0,52 kW. Em seguida, este valor foi aplicado na equação Eq(5) para obter o valor da densidade de potência, resultando em um valor de 0,33 W/m². Para conseguir o valor da densidade de potência relativa, foi realizada a equação Eq(6), com resultado de 0,0000234 W/m² x 100 Lux.

As próximas equações que foram realizadas determinaram o valor de energia no local com relação à quantidade de horas (17 horas/dia), dias e aves que o aviário produziu. Com a equação Eq(7), foi determinado que o valor de energia consumida pelo sistema de iluminação é de 8,84 kWh/dia. A equação Eq(8) é utilizada para determinar a energia consumida pelo sistema de iluminação durante o tempo de alojamento (45 dias), resultou em 397,80 kWh/Lote. Para concluir, foi utilizada a equação Eq(9) para se obter a energia consumida por cabeça de frango que foi produzida (20.000), resultou em um valor de 19,89 Wh/cabeça de frango.

De acordo com o site da Copel (2023), o valor de R\$/kWh convencional para zona rural sem imposto é de TE (Tarifa de energia) R\$ 0,24340 e TUSD (Tarifa do uso do sistema) R\$ 0,29215 resultando em um valor final de R\$ 0,53555. Com esses dados e a utilização da Eq(10), foi obtido o valor do consumo de energia gerado pelo sistema de iluminação deste aviário em R\$ 213,04.

4.2 Resultados do aviário Dark House

4.2.1 Aviário Dark House atual

Com a utilização das fórmulas mostradas acima, vamos aos resultados para comparação de valores e resultados finais:

O uso da equação Eq(1) teve como resultado o valor de (K), que seria a determinação do Fator de Área. O resultado do aviário Dark House e sua proposta de iluminação atual teve como resultado o valor de 4,86. Aplicando este valor a partir da tabela de Fator de utilização, chegou-se ao resultado com a substituição do valor de (K) por (U) resultando em 0,77.

Por meio da equação Eq(2), é possível determinar o valor da iluminância, que resultou no valor de 48,33 Lux. Logo em seguida, foi aplicado este valor na equação Eq(2), que obteve o valor de 112 Lâmpadas.

Para se obter a potência total, foi utilizada a Eq(4), que resultou em um valor de 1,12kW. Em seguida, este valor foi aplicado na equação Eq(5) para obter o valor da densidade de potência, resultando em um valor de 0,615 W/m². Para conseguir o valor da densidade de potência relativa, foi realizada a equação Eq(6), com resultado de 0,000033 W/m² x 100 Lux.

As próximas equações que foram realizadas determinaram o valor de energia no local em relação à quantidade de horas (17 horas/dia), dias e aves que o aviário produziu. Com a equação Eq(7), foi determinado que o valor de energia consumida pelo sistema de iluminação é de 19,04 kWh/dia. A equação Eq(8) é utilizada para determinar a energia consumida pelo sistema de iluminação durante o tempo de alojamento (45 dias), que resultou em 856,80 kWh/Lote. Para concluir, foi utilizada a equação Eq(9) para se obter a energia consumida por cabeça de frango que foi produzida (20.000), o que resultou em um valor de 42,84 Wh/cabeça de frango.

Para o site da Copel (2023), o valor de R\$/kWh convencional para zona rural sem imposto é de TE (Tarifa de energia) R\$ 0,24340 e TUSD (Tarifa do uso do sistema) R\$ 0,29215 resultando em um valor final de R\$ 0,53555. Com esses dados e a utilização da Eq(10), foi obtido o valor do consumo de energia gerado pelo sistema de iluminação deste aviário em R\$ 458,85.

4.2.2 Aviário Dark House proposta

Com a utilização das fórmulas mostradas acima, vamos aos resultados para comparação de valores e resultados finais:

O uso da equação Eq(1) teve como resultado o valor de (K), que seria a determinação do Fator de Área. O resultado do aviário Dark House e sua proposta de iluminação final teve como resultado o valor de 4,86. Aplicando este valor a partir da tabela de Fator de utilização, chegou-se ao resultado com a substituição do valor de (K) por (U) resultando em 0,77.

Por meio da equação Eq(2) é possível determinar o valor da iluminância, que resultou no valor de 20,28 Lux. Logo em seguida, foi aplicado este valor na equação Eq(2), que obteve o valor de 47 Lâmpadas.

Para se obter a potência total, foi utilizada a Eq(4), que resultou em um valor de 0,47kW. Em seguida, este valor foi aplicado na equação Eq(5) para obter o valor da densidade de potência, resultando em um valor de 0,25 W/m². Para conseguir o valor da densidade de potência relativa, foi realizada a equação Eq(6), com resultado de 0,000013 W/m² x 100 Lux.

As próximas equações que foram realizadas determinaram o valor de energia no local com relação à quantidade de horas (17 horas/dia), dias e aves que o aviário produziu. Com a equação Eq(7), foi determinado que o valor de energia consumida pelo sistema de iluminação é de 7,99 kWh/dia. A equação Eq(8) é utilizada para determinar a energia consumida pelo sistema de iluminação durante o tempo de alojamento (45 dias), o que resultou em 359,55 kWh/Lote. Para concluir, foi utilizada a equação Eq(9) para se obter a energia consumida por cabeça de frango que foi produzida (20.000), resultou em um valor de 17,97 Wh/cabeça de frango.

De acordo com o site da Copel (2023), o valor de R\$/kWh convencional para zona rural sem imposto é de TE (Tarifa de energia) R\$ 0,24340 e TUSD (Tarifa do uso do sistema) R\$ 0,29215, resultando em um valor final de R\$ 0,53555. Com esses dados e a utilização da Eq(10), foi obtido o valor do consumo de energia gerado pelo sistema de iluminação deste aviário em R\$ 192,55.

4.3 Tabela com resultados finais obtidos

4.3.1 Aviário convencional atual

Tabela 11: Tabela com resultados do aviário convencional atual

Fator de Área (K)	Valor da Iluminação	Número de Lâmpadas	Potência Total	Densidade de Potência	Densidade de Potência Relativa	Energia Consumida pelo sistema de iluminação por dia	Energia Consumida pelo sistema de iluminação por lote	Energia consumida por cabeça de frango produzida	Valor em R\$ do consumo do lote
3,92	34,20 Lux	63	0,945 kW.	0,60 W/m ²	0,000057 W/m ²	16,065 kWh/dia	722,92 kWh/lote	34,14 Wh/Cabeça de frango	R\$ 387,15

Fonte: Próprio autor, 2023.

4.3.2 Aviário convencional proposto

Tabela 12: Tabela com resultados do aviário convencional proposto.

Fator de Área (K)	Valor da Iluminação	Número de Lâmpadas	Potência Total	Densidade de Potência	Densidade de Potência Relativa	Energia Consumida pelo sistema de iluminação por dia	Energia Consumida pelo sistema de iluminação por lote	Energia consumida por cabeça de frango produzida	Valor em R\$ do consumo do lote
3,92	20,23 Lux	48	0,52 kW.	0,33 W/m ²	0,0000234 W/m ²	8,84 kWh/dia	397,80 kWh/lote	19,89 Wh/Cabeça de frango	R\$ 213,04

Fonte: Próprio autor, 2023.

4.3.3 Aviário Dark House atual

Tabela 13: Tabela com resultados do aviário convencional proposto.

Fator de Área (K)	Valor da Iluminação	Número de Lâmpadas	Potência Total	Densidade de Potência	Densidade de Potência Relativa	Energia Consumida pelo sistema de iluminação por dia	Energia Consumida pelo sistema de iluminação por lote	Energia consumida por cabeça de frango produzida	Valor em R\$ do consumo do lote
4,86	48,33 Lux	112	1,12 kW.	0,615 W/m ²	0,000033 W/m ²	19,04 kWh/dia	856,80 kWh/lote	42,84 Wh/Cabeça de frango	R\$ 458,85

Fonte: Próprio autor, 2023.

4.3.4 Aviário Dark House proposta

Tabela 14: Tabela com resultados do aviário convencional proposto.

Fator de Área (K)	Valor da Iluminação	Número de Lâmpadas	Potência Total	Densidade de Potência	Densidade de Potência Relativa	Energia Consumida pelo sistema de iluminação por dia	Energia Consumida pelo sistema de iluminação por lote	Energia consumida por cabeça de frango produzida	Valor em R\$ do consumo do lote
4,86	20,28 Lux	47	0,47 kW.	0,25 W/m ²	0,000013 W/m ²	7,99 kWh/dia	359,55 kWh/lote	17,97 Wh/Cabeça de frango	R\$ 192,55

Fonte: Próprio autor, 2023.

5. CONCLUSÕES

Após os estudos realizados e mostrados no decorrer deste trabalho, pode-se concluir que os aviários existentes na atualidade podem ser melhorados em quesitos de energia e funcionalidade.

O aviário convencional com seu sistema de iluminação atual possui uma quantidade de 63 lâmpadas bem distribuídas, como foi analisado no mapa de cores falsas. Com essa quantidade de lâmpadas no modelo que é utilizada, gera uma iluminância média de 34,20 lux, acima do adequado. Tem um consumo de energia por dia de 16,065 kWh/dia. Durante o ciclo, este consumo passa para 722,92 kWh/Lote e, para finalizar, cada ave produzida consome durante o lote o valor total de 36,14 Wh/cabeça de frango. Para concluir, foi utilizada a Eq(10) e obtido o valor total do consumo em reais do sistema de iluminação de R\$ 387,15.

A proposta apresentada, substituindo a lâmpada e subtraindo a quantidade de 63 para 48, atinge uma iluminância média no ambiente de 20,23 lux, mostrada também em mapa de cores falsas, e um consumo por dia de 8,84 kWh/dia. Por lote, este consumo passa para 397,80 kWh/Lote e, por fim, cada ave produzida consome o valor total de 19,89 Wh/89 Wh/cabeça de frango. Para concluir, foi utilizada a Eq(10) e obtido o valor total do consumo em reais do sistema de iluminação de R\$ 213,04.

O aviário Dark House com seu sistema de iluminação atual, com o uso da lâmpada Avilamp Wy-03, possui uma quantidade de 112 lâmpadas distribuídas de forma uniforme, conforme analisado no mapa de cores falsas. Essa quantidade de lâmpadas no modelo que é utilizado, gera uma iluminância média de 48,33 lux acima do adequado. Tem um consumo de energia por dia de 19,04 kWh/dia. Durante o ciclo, este consumo passa para 856,80 kWh/Lote e, para finalizar, cada ave produzida consome durante o lote o valor total de 42,84 Wh/cabeça de frango. Para concluir, foi utilizada a Eq(10) e foi obtido um valor total do consumo em reais do sistema de iluminação de R\$ 458,85.

A proposta apresentada, mantendo a mesma lâmpada devido sua qualidade e subtraindo a quantidade para 47, mas não deixando de manter uma distribuição funcional, atinge uma iluminância média no ambiente de 20,28 lux, mostradas também em mapa de cores falsas, e um consumo por dia de 7,99 kWh/dia. Por lote, este consumo passa para 359,55 kWh/Lote e, por fim, cada ave produzida consome

o valor total de 17,97 Wh/cabeça de frango. Para concluir, foi utilizada a Eq(10) e obtido o valor total do consumo em reais do sistema de iluminação de R\$ 192,55.

Tendo em vista as informações e o resultado, pode-se concluir que as propostas dos novos sistemas de iluminação, tanto para o aviário convencional quanto para o Dark House, são mais viáveis e energeticamente eficientes que os atuais, principalmente após o último dado representando o valor em reais, visto que foi possível analisar a diferença considerável em reais entre os sistemas existentes atuais e as propostas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abnt, A. B. De N. T. Nbr Iso/Cie 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho, Parte 1: Interior. **Abnt**, p. 54, 2013.
- Arowolo, M. A. et al. The implication of lighting programmes in intensive broiler production system. *World's Poultry Science Journal*, v. **75**, n. 1, p. 17–28, 2019.
- Barbosa, R. C. et al. Análise De Viabilidade Econômica De Sistemas De Aquecimento De Instalações Agropecuárias Para Criação De Frangos De Corte. *Revista Engenharia Na Agricultura - Reveng*, v. **25**, n. 3, p. 212–222, 2017.
- Barbosa, Y. D. L. et al. Análise de Padrões Comportamentais de Frangos de Corte em Condições de Estresse Térmico por Calor. p. 16–22, [s.d.].
- Bizello, S. A.; Ruschel, R. C. Estudo De Cad Livre Para Implementação De Ferramenta De Projeto. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. **6**, n. 1, 2011.
- Borges, D. A.; Sarmiento, A. P.; Bernardes de Carvalho, G. Aparelhos Energeticamente Eficientes – Um Foco Na Iluminação Residencial. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. **13**, n. 2, p. 145–161, 2017.
- Butorina, I. V.; Vasilieva, N. Parametric modeling in architectural and construction design in AutoCAD. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. **451**, n. 1, 2018.
- Cruz, P. L. S.; Fernandes, G. Q. C. rodovia Comparative study of simulated highway lighting systems. 2020.
- Faustino, A. C. et al. Spatial variability of enthalpy and illuminance in free-range broiler sheds TT - Variabilidade espacial da entalpia e da iluminância em galpões de frangos caipiras. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. **25**, n. 5, p. 340–344, 2021.
- Figueiredo, E. A. P. DE; Metas de desempenho para frangos de corte, Embrapa 021. [s.d.].
- Figueiredo, E. A. P. DE; Manual de manejo dos reprodutores de frango de corte. Embrapa 022.
- Fiorini, T. M. S. Projeto de iluminação de ambientes internos especiais. p. 128, 2006.
- Folster, L. P. et al. Estudo sobre a eficiência no sistema de iluminação em salas de aula (UNIPLAC). **Espacios**, v. 37, n. 21, p. 24, 2016.
- Juliana, P.; Kawasaki, I. Capítulo III Métodos de cálculo luminotécnico. p. 6, 2016.
- Liboni, B. S. et al. Diferentes programas de luz na criação de frangos de corte. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, v. **20**, 2013.
- Lima, K. A. O. et al. Impact of different light sources on broiler rearing environment. **Engenharia Agrícola**, 2014.

- Linhoss, J. E. et al. Comparison of commercial broiler house lighting programs using LED and natural light: Part 1—spatial and temporal analysis of light intensity. *Journal of Applied Poultry Research*, v. **31**, n. 3, p. 100272, 2022.
- Linhoss, J. E. et al. Light intensity and uniformity in commercial broiler houses using lighting programs derived from Global Animal Partnership (GAP) lighting standards. *Journal of Applied Poultry Research*, v. **32**, n. 1, p. 100309, 2023.
- Lucena, A. C. et al. Behavior of broilers subjected to different light spectra and illuminances. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. **24**, n. 6, p. 415–421, 2020.
- Maia, A.C.B., Villar, P.R., Almeida, V., Oliveira, T. D. Manual de Iluminação. *Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica*, p. **54**, 2011.
- Marchiori, J. Luminotécnica. Laboratório de Iluminação, p. **2**, 2017.
- Mattioli, M. C. et al. Energy analysis of broiler chicken production system with darkhouse installation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. **22**, n. 9, p. 648–652, 2018.
- Moraes, D.T (2006). *Efeitos dos programas de luz sobre o desempenho, rendimentos de abate, as pectos econômicos e resposta*. Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais
- Moraes, J. S. DE; Muros Alcojor, A.; Bittencourt, L. S. Avaliação integrada do desempenho visual e eficiência energética pelo DIALux evo 8 para projetos de iluminação artificial. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, v. **11**, p.e020005, 2020.
- Moura, A. E. Abnt Nbr Iso. p. **15–25**, 2018.
- Pereira, P. A. et al. Technical evaluation of artificial lighting systems for broiler houses. *Engenharia Agrícola*, v. **32**, n. 6, p. 1011–1023, 2012.
- Pereira, P. C. et al. Avaliação do desempenho zootécnico e rendimento de carcaças de diferentes linhagens de frango de corte. *Veterinária Notícias*, v. **25**, n. 2, p. 161–171, 2019.
- Ponciano Fernandes, C. R. et al. Conhecendo alguns termos técnicos em inglês usados no curso de Edificações. *Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, v. **1**, n. 36, p. 91, 2017.
- Procópio, D. P.; Lima, H. J. D. Avaliação conjuntural da avicultura no Brasil. *Research, Society and Development*, v. **9**, n. 3, p. e47932312, 2020.
- Queiroz, M. L. De V. et al. Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização. *Revista Ciencia Agronomica*, v. **48**, n. 4, p. 586–595, 2017.
- Reck, Â. B.; Schultz, G. Aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão no relacionamento interorganizacional na cadeia da avicultura de corte. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. **54**, n. 4, p. 709–728, 2016.

Rezende, D.; Lisita, O. Fundamentos para projetos luminotécnicos comerciais: enfoque em livrarias. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. **9**, n. 1, 2014.

Rodrigues, W. O. P.; Frainer, D. M.; Eduardo, A. S. Frango de corte de Mato Grosso do Sul: estrutura de mercado e concentração. *Economia & Região*, v. **9**, n. 2, p. 131, 2021.

Rosa, C. O. Da et al. Avaliação de projetos de investimento na avicultura de corte após consolidação de preços do LED. *Navus - Revista de Gestão e Tecnologia*, v. **10**, p. 01–20, 2020.

Sant'anna, J. R. G. De F. Inclusão digital no ensino de iluminação natural. *Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo*, n. **11**, p. 123–133, 2014.

Santana, M. Rodrigues de., Garcia, R. G.,; Naas, I., Paz, I., Caldara, F., Barreto, B. LED na iluminação de frangos de corte. p. **422–427**, 2014.

Santos, G. P. Dos; Reis Junior, P.; Reis, M. A. F. Uso do LED na eficiência energética e na sustentabilidade da produção de aves. *Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar*, v. **8**, p. 42–57, 2019.

Seber, R. et al. LED tubs artificial lighting system in broiler production. *Engenharia Agrícola*, v. **38**, n. 3, p. 319–325, 2018.

Silva, C., Alves, D., Dagostini, L.. What do i do with my money? Economic feasibility in housing. p. 170–185, 2021.

Schmidt, S. N.; LUIZ DA SILVA, C. Pesquisa E Desenvolvimento Na Cadeia Produtiva de Frangos de Corte no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. **56**, p. 467–482, 2018.

Souza, S. V. et al. Sustentabilidade Social Na Produção De Frango De Corte Em Sistema Dark House: Um Estudo Multicaso. *Informe GEPEC*, v. **23**, n. 2, p. 84–101, 2019.

Yong, S. De; Kusumarini, Y.; Tedjokoesoemo, P. E. D. Interior design students' perception for AutoCAD, SketchUp and Rhinoceros software usability. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. **490**, n. 1, 2020.