

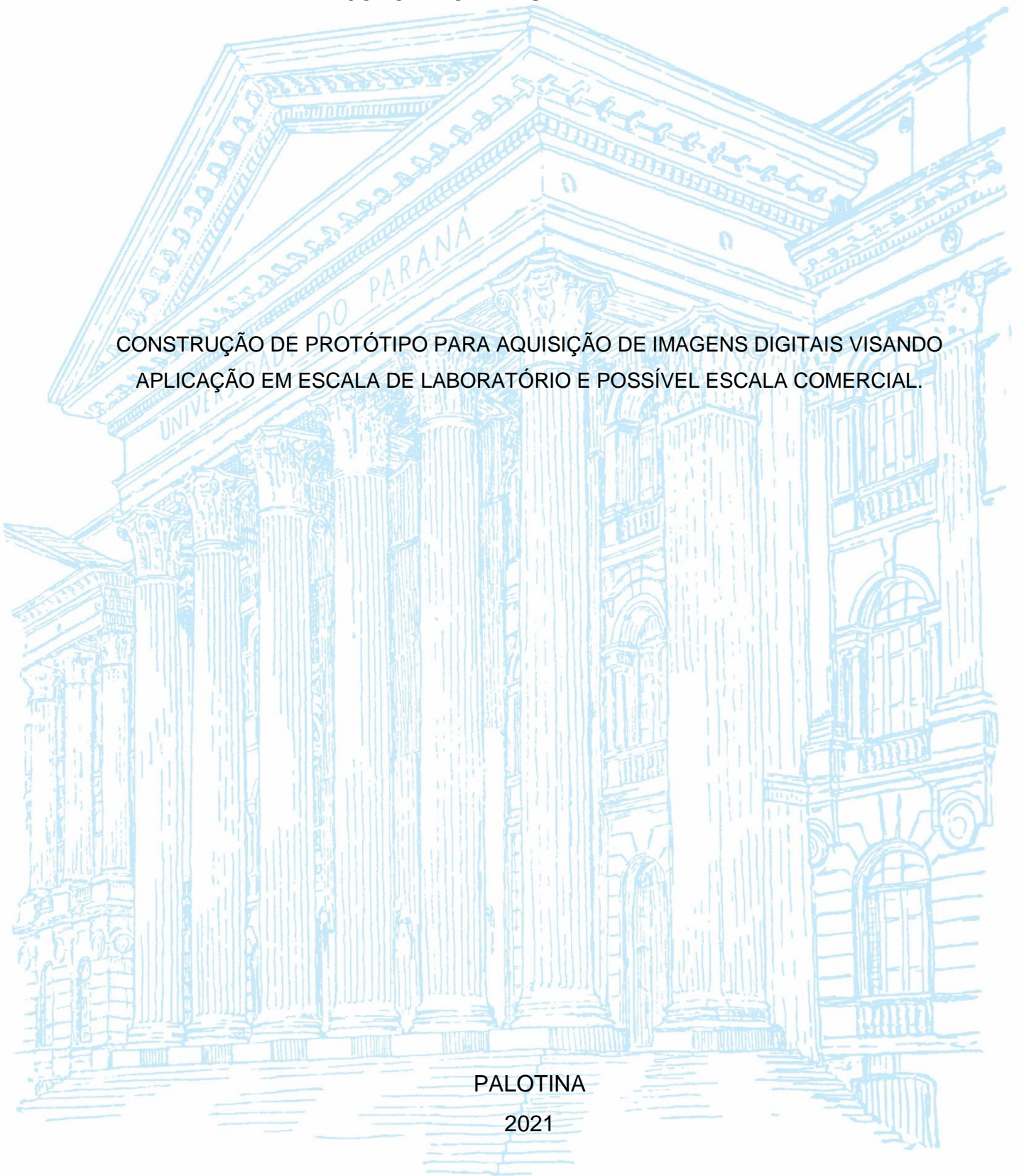
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO VITOR DA SILVA FERREIRA

CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO PARA AQUISIÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS VISANDO
APLICAÇÃO EM ESCALA DE LABORATÓRIO E POSSÍVEL ESCALA COMERCIAL.

PALOTINA

2021



JOÃO VITOR DA SILVA FERREIRA

CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO PARA AQUISIÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS VISANDO
APLICAÇÃO EM ESCALA DE LABORATÓRIO E POSSÍVEL ESCALA COMERCIAL.

TCC apresentado ao curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Setor de Palotina, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Sequinel.
Coorientadora: Profa. Dra. Raquel Stroher

PALOTINA

2021



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

Aos vinte dias do mês de dezembro do ano de 2021, às dezenove horas, na Sala virtual <https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3aãGm67PLa4CX2sn0DiYMOYjkUAFg7TUgpb-OjEa8sXZgA1%40thread.tacv2/1638319559139?context=%7b%22Tid%22%3a%22c37b37a3-e9e2-42f9-bc67-4b9b738e1df0%22%2c%22Oid%22%3a%22a8ff2c6b-0a92-41a7-b871-a3e208e74a0b%22%7d> da Plataforma Microsoft Teams, Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, realizou-se a Defesa Pública e Oral do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "Construção de Protótipo para Aquisição de Imagens Digitais Visando Aplicação em Escala de Laboratório e Possível Escala Comercial" apresentado pelo discente João Vitor da Silva Ferreira, orientado pelo Prof. Dr. Rodrigo Sequinel, como um dos requisitos obrigatórios para conclusão do curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Iniciados os trabalhos, o orientador e Presidente da Banca concedeu a palavra ao discente, para exposição do seu trabalho. A seguir, foi concedida a palavra em ordem sucessiva aos membros da Banca de Exame, os quais passaram a arguir o discente. Ultimada a defesa, que se desenvolveu nos termos normativos, a Banca de Exame, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo atribuído ao discente as seguintes notas: **Prof. Dr. Rodrigo Sequinel, nota: 95 (noventa e cinco)**, **Prof. Dr. Luis Fernando Souza Gomes, nota: 90 (noventa)**, e **Prof. Dr. Wilson de Aguiar Beninca, nota: 85 (oitenta e cinco)**. A nota final do discente, após a média aritmética dos três membros da banca de exame, foi **90 (noventa)**. As considerações e sugestões feitas pela Banca de Exame deverão ser atendidas pelo discente sob acompanhamento de seu orientador. Nada mais havendo a tratar foi lavrada a presente ata, que, lida e aprovada, vai por todos assinada eletronicamente.



Documento assinado eletronicamente por **WILSON DE AGUIAR BENINCA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/12/2021, às 11:23, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **LUIS FERNANDO SOUZA GOMES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/12/2021, às 22:01, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **RODRIGO SEQUINEL, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/01/2022, às 15:09, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **4113366** e o código CRC **2187B4D5**.

Referência: Processo nº 23075.055362/2021- 01

SEI nº 4113366

Dedico este trabalho aos meus pais, família, professores, amigos, técnicos e ao meu orientador pela grande dedicação e ajuda nos momentos difíceis, e principalmente pela gigantesca paciência que todos tiveram.

AGRADECIMENTOS

A toda a minha família que sempre me incentivou a estudar, aprender, descobrir coisas novas, e a ser um investigador na ciência, assim vencendo e evoluindo em momentos difíceis da minha vida, mostrando o caminho a ser seguido, da honestidade e da educação; aos professores do colégio Harpa e Expressão que tiveram paciência e me deram a base fundamental para essa conquista; aos professores da UFPR; aos técnicos do bloco de química com uma menção honrosa, ao Guilherme Felipe Lenz, que sempre auxiliou e ajudou com excelência a todos no laboratório de instrumental; ao pesquisador Dr. Juliano Passaretti Filho que evoluiu nosso projeto a outro patamar, sempre auxiliando e tendo ótimas ideias de otimização e métodos estatísticos; ao meu parceiro de laboratório Eduardo dos Santos Possamai, pelas conversas e crescimento mútuo durante a pesquisa, sendo estes últimos três, meus bons parceiros e amigos de laboratório; meu orientador Dr. Professor Rodrigo Sequinel, que sem sua amizade, dedicação e profissionalismo esse sonho não seria possível; meus amigos que riram e choraram comigo nessa caminhada, tendo aqui que citar a Daniela Gonçalves da Silva que mostrou-me a oportunidade do meu primeiro projeto de voluntariado acadêmico com o professor Rodrigo; a Universidade federal do Paraná, essencial no meu processo de formação profissional e acadêmico, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso; e a Fundação Araucária, PIBITI CNPQ e CAPES pelas bolsas de iniciação científica obtidas ao longo do curso, que foram de extrema importância para meu desenvolvimento acadêmico.

O importante é não parar de questionar. A curiosidade tem a sua própria razão para existir (EINSTEIN, 1955, p.).

RESUMO

A aquisição de imagens digitais se popularizou como um método para obtenção de informações e dados de qualidade devido à praticidade, seletividade, baixo custo e sustentabilidade. Porém, pelo grande número de imagens e com a possível alteração de intensidade de luz, distancia da câmera ao objeto e a posição do material, se fez necessário construir um protótipo fechado com dimensões padronizadas e luminosidade controlada e uniforme. Em sua concepção final o protótipo foi equipado com webcam Logitech C920, para aquisições de imagens digitais e um pequeno computador (Raspberry pi 3 b+) para gerenciamento do tempo, obtenção e corte igualitário das imagens. O processo de aquisição foi ajustado para o tempo de 1 hora e obtenção de 100 fotos cortadas da mesma maneira, com o foco idêntico em todas. Depois de otimizado o protótipo foi utilizado para obtenção de imagens de sílica gel adsorvente colorida. A sílica gel é um produto importante para controle de umidade na indústria, e quando impregnada com corante do tipo azul/rosa, sua propriedade de adsorção possui uma característica de mudança de cor do azul (seco) para a rosa (úmido). A mudança de cor da sílica gel proveniente da absorção de umidade foi uma maneira eficiente de estudarmos e projetarmos as condições ideais para captação e tratamento de dados das imagens no protótipo. Para isso, foi necessário utilizar também um Arduino uno com sensor dht 22 para medição de umidade relativa aparente e temperatura real do processo. Os primeiros resultados mostraram problemas de ajuste de foco, estabilização e recorte das imagens, dificultado a repetibilidade de obtenção de informações. Após ajustes, chegou-se a uma concepção final do protótipo que atende ao objetivo proposto de capturar imagens de qualidade e permitir a obtenção de modelos matemáticos de boa correlação para o tratamento de dados e possível aplicação na indústria, tornando-se possível utilizar métodos de calibração multivariável para observar quantitativa a variação da cor, prevendo o tempo de saturação da sílica em diferentes umidades relativas.

Palavra Chave: Tratamento CIELAB, imagem digital, sílica gel colorida, Arduino, Fotometria.

ABSTRACT

The acquisition of digital images has become popular as a method for obtaining quality information and data due to its practicality, selectivity, low cost and sustainability. However, due to the large number of images and the possible change in light intensity, distance from the camera to the object and the position of the material, it was necessary to build a closed prototype with standardized dimensions and controlled and uniform luminosity. In its final conception, the prototype was equipped with a Logitech C920 webcam, for digital image acquisition, and a small computer (Raspberry pi 3 b+) for time management, equal image acquisition and cutting. The acquisition process was set to time 1 hour and get 100 photos cropped the same way, with identical focus on all. After optimized, the prototype was used to obtain images of colored adsorbent silica gel. Silica gel is an important product for moisture control in industry, and when impregnated with a blue/pink dye, its adsorption property has a characteristic of color change from blue (dry) to pink (wet). The color change of silica gel resulting from moisture absorption was an efficient way to study and design the ideal conditions for capturing and processing data from the images in the prototype. For this, it was also necessary to use an Arduino uno with 22 dht sensor to measure the apparent relative humidity and real temperature of the process. The first results showed problems in adjusting the focus, stabilization and cropping of the images, making it difficult to obtain repeatability of information. After adjustments, a final concept of the prototype was reached, which meets the proposed objective of capturing quality images and allowing the obtaining of mathematical models with good correlation for data processing and possible application in industry, making it possible to use methods of multivariate calibration to quantitatively observe color variation, predicting the silica saturation time at different relative humidity.

Keywords: CIELAB treatment, digital imaging, colored silica gel, Arduino, Photometry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Gráfico L^*a^*b , Cor CIELAB	18
Figura 2- Protótipo MK0	20
Figura 3- Fundo do MK0 mostrando base redonda.....	21
Figura 4 - Comparação das mudanças de três variáveis e a alteração nas imagens.	22
Figura 5 - Sobreposição das imagens revelava que a posição da fotografia era alterada.	23
Figura 6 - Demonstração que a sílica começa absorver das bordas para o centro...24	
Figura 7 - Imagem representando os efeitos de um corte quadrado em uma base redonda.....	24
Figura 8- Demonstração da coloração da sílica azul para magenta.....	25
Figura 9- protótipo do MK1	26
Figura 10- Topo do MK1 representando a iluminação, Logitech C920 HD Pro e o umidificador.....	26
Figura 11- Fundo do MK1 com base quadrada	27
Figura 12 - Imagem representando o corte mais fidedigno sem perda desnecessária de pixels	27
Figura 13 - imagem demonstrando a instabilidade em função do tempo	28
Figura 14 - Demonstração da variação na estabilidade das fotografias e como ficou após resolvido	28
Figura 15 - Mudança de valores da escala RGB pelo número de fotos que representa o tempo	29
Figura 16-Imagem demonstrando a bomba de aquário Maxxi pro 2000 e a coluna com sílica para padronizar	30
Figura 17 - Demonstração do método para padronização da umidade e obtenção das imagens.....	31
Figura 18 - Estufa situada na UFPR setor Palotina utilizada para estudos na área da Botânica	32
Figura 19 - Fotos da sílica tiradas da estufa em um espaço de 1 hora mostrando estabilidade, onde apenas a cor da sílica muda	32
Figura 20 - Climatizador industrial situado no bloco de química da UFPR setor Palotina	33

Figura 21 - Fotos da sílica tiradas dentro do bloco de química climatizado em um espaço de 1 hora mostrando estabilidade, onde apenas a cor da sílica muda	33
Figura 22 - Aviário situado em Palotina pertencente a UFPR onde pode ser observado o MK1 operando a aquisição das imagens.....	34
Figura 23 - Fotos da sílica tiradas do aviário em um espaço de 1 hora mostrando estabilidade, onde apenas a cor da sílica muda	34

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS¹

- MK0 - Protótipo para aquisição de imagens digitais modelo MK0
- MK1 - Protótipo para aquisição de imagens digitais modelo MK1
- PVC - Policloreto de vinila
- LED - Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)
- RGB - Red, Green e Blue (Vermelho, Verde e Azul)
- CCD - Charge-coupled device (dispositivo de carga acoplada)
- CIE - Comissão Internacional de Iluminação

¹ ¹ Para algumas reduções o site da Academia Brasileira de Letras disponível em: [Reduções | Academia Brasileira de Letras](#)

LISTA DE SÍMBOLOS

© - copyright

@ - arroba

® - marca registrada

Σ - somatório de números

Π - produtório de números

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral:	15
1.2.2 Objetivos específicos tópicos:	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 APLICAÇÃO DE IMAGENS PARA VERIFICAÇÃO DE MUDANÇA DE COR.....	17
2.2 SILICA EM GEL COLORIDA DA COR AZUL: OBJETO DE ESTUDO.....	18
2.3 PADRONIZAÇÃO DA UMIDADE DA CÂMARA PARA CAPTAÇÃO DE IMAGENS DA SÍLICA GEL.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
4.1 PROTÓTIPO MK0.....	22
4.2 ILUMINAÇÃO	24
4.3 DISTÂNCIA ENTRE O OBJETO E A CÂMERA: ALTURA.....	25
4.4 SÍLICA GEL E TESTES DE AQUISIÇÕES DE IMAGENS	25
4.5 PROTÓTIPO MK1	25
4.6 AQUISIÇÃO DE IMAGEM.....	27
4.7 CONTROLE DE UMIDADE PARA CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS: ...	29
4.8 TESTES EM CAMPO	31
4.8.1 Estufa de plantas na UFPR setor Palotina	31
4.8.2 Ambiente climatizado	32
4.8.3 Aviário	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	35
6 REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A técnica de aquisição de imagens é a captação, criação e registro de imagens mediante a exposição de luz em uma superfície sensível, tendo um aumento de popularidade no ano 1888, e com a virada do século XXI fotografias analógicas cederam espaço para as inovações digitais que proporcionou surgimento de equipamentos mais sofisticados com mais recursos e simplicidade de uso (COSTA, 2018).

A aquisição de imagens tem suas aplicações vistas em diferentes áreas da ciência, como por exemplo estudos na área da medicina, com a obtenção de imagens utilizando infravermelho para investigação do câncer de próstata e outras patologias; vídeos em diferentes campos de investigação; uso em sistemas aerotransportado para produtos cartográficos; verificação de impedimentos de futebol; entre outros. Para tais quantificações nesses diferentes ramos se fez necessário quantificar e padronizar as imagens digitais onde Amarante; Fugarra (2009) e Galo (1993) argumentam que a calibração da câmera e seus aspectos inerentes, como a distorção das lentes, fator de escala, iluminação da câmara, posição e orientação da câmara em relação ao objeto a ser considerado é essencial para uniformização e quantificação dos dados.

A tecnologia de obtenção de imagens digitais foi difundida pela praticidade e acessibilidade (BARBOSA et al., 2016), sendo a sua utilização e o tratamento por computação uma maneira barata, seletiva e sustentável para obter dados de qualidade (FILHO, 2015). Segundo Barbosa et al. (2016), a intensidade de luz, o reflexo e o sombreamento no objeto de interesse afetam a qualidade da imagem.

Como em qualquer pesquisa a padronização dos parâmetros torna-se necessário para uniformização dos dados e redução de erro que pode acarretar em prejuízo, que na pior hipótese inviabilizaria o processo. Assim, a criação de um protótipo para aquisição padronizada se faz necessário, sendo então o foco desse projeto.

1.1 JUSTIFICATIVA

A tecnologia de obtenção de imagens digitais é muito utilizada pela sua praticidade e acessibilidade, pois é um método sensível, seletivo e de custo reduzido, com potencial para ser utilizado em aplicações ambientais e tecnológicas. Considerando que o set de captação de imagens deve ser padronizado, esse projeto tem como finalidade a criação de um protótipo com enfoque na aquisição de imagens do objeto sílica gel colorida, que com a adsorção de água do ambiente tem uma alteração de cor do azul para o rosa.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral:

Criar um protótipo para a obtenção de imagens digitais aplicadas para determinação da mudança de cor da sílica gel colorida em diferentes estágios de adsorção de água.

1.2.2 Objetivos específicos tópicos:

Ao longo do trabalho é esperado:

- Ajustar o ponto focal e estabilizar a iluminação isolando seu interior de variações de luminosidade externa.
- Obter contraste, brilho e foco constantes tendo com captação as imagens de sílica gel colorida.
- Padronizar a obtenção de fotos
- Aplicar na obtenção de imagens analíticas para determinação de umidade relativa do ar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

No início que data de 1826 a primeira fotografia foi tirada na França, a técnica de aquisição de imagens é a captação, criação e registro de imagens mediante a exposição de luz em uma superfície sensível. Porém, tal arte só se tornaria mais popular em 1888 e com a virada do século XXI fotografias analógicas cederam espaço para as inovações digitais que proporcionou o surgimento de equipamentos mais sofisticados com mais recursos e simplicidade de uso (COSTA, 2018)

A tecnologia de obtenção de imagens digitais foi difundida pela sua praticidade e acessibilidade (BARBOSA et al., 2016), segundo Filho (2015) é um método sensível, seletivo e de custo reduzido com potencial para ser utilizado em aplicações ambientais e tecnológicas, logo, sendo um método com excelente potencial de aplicação.

Filho (2015) apud Land (1977,1983) revela que tal método tem na sua existência a finalidade de reproduzir o comportamento primitivo da visão do ser humano. Esse parâmetro se fez a base para os *chips* detectores *CCD*, que segundo Tommaselli et al. (2000) é o coração da tecnologia de imagem digital, tendo a capacidade de transformar energia luminosa em energia elétrica. Barbosa et al. (2016) expõe que a unidade básica das imagens digitais é chamada pixel, sendo o menor ponto que a compõe. A cor do pixel é proveniente de uma interpolação do sistema composto principalmente com três cores primárias conhecidas como RGB (Red, Green e Blue) definidas como padrão em comprimentos iguais a 700 nm, 546 nm e 435,8 nm respectivamente, esse exposto pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE). Cada uma das cores primárias tem um intervalo de valores de 0 até 255 que combinando os 256 possíveis valores se tem aproximadamente 16,7 milhões de cores totais (256x256x256 cores)(AMORIM; NETO, 2011) .

A energia luminosa após ser convertida em energia elétrica pode ser transformada em dados analíticos por um computador, podendo ser utilizada no uso de imagens esportivas para verificação de impedimentos no futebol, estudos na área de medicina e vídeos em diferentes áreas de investigação (AMARANTE; FUJARRA, 2009). Outros exemplos são usados segundo Ruy et al. (2007) no sistema aerotransportado leve que utiliza duas câmaras digitais Hasselblad de médio formato (22 Megapixels) e uma câmara digital Sony de 8 Megapixels, com filtro infravermelho que apresenta um sistema de aquisição de imagens digitais com baixo peso e custo,

para aplicações que necessitem de produtos cartográficos de resposta rápida; em outro exemplo, Santos (2007) desenvolveu um sistema de aquisição de imagens digitais para ser utilizado para cálculos de temperatura através de modelagem computacional, para tratamento de câncer de próstata, alcançando o propósito para que foi projetado.

A luz tem importância significativa no campo de imagens digitais, onde a mudança em sua frequência eletromagnética pode alterar a qualidade e até mesmo a interpretação do objeto em questão. Um objeto exposto a luz do sol ou uma lâmpada de tungstênio resultaria em uma nova sensação ao observador, pois refletiria em uma percepção de cor diferente a original. Devemos considerar então, que a cor apresentada é diferente, baseada na radiação absorvida por ela (FILHO, 2015).

Amarante; Fajarra (2009) coloca que a calibração da câmera é essencial, devido a aspectos inerentes a esses equipamentos, como a distorção de lentes e representação bidimensional de objetos no espaço. Barbosa et al. (2016) expõe ainda que a intensidade de luz, reflexo e sombreamento afetam a qualidade da imagem. Ele também cita que o modo mais corriqueiro para a aquisição de imagens ocorre com o acionamento manual da câmera, tanto no equipamento isolado, quanto ao aparelho ligado ao computador, entretanto, o acionamento automático já é uma realidade. A calibração foi entendida como um procedimento necessário para determinar o conjunto de parâmetros inerentes à câmera ocupando um espaço fundamental na fotogrametria. Galo (1993), comenta sobre o método de Tsai, proposto em 1985, que determinava parâmetros da câmara de obtenção das imagens como fator de escala, centro da imagem, distância principal entre câmera e objeto, ângulo de orientação da câmara referente ao objeto, entre outros fatores que devem ser calibrados e estabilizados, logo, é inerente a padronização das imagens para construção de uma metodologia analítica.

2.1 APLICAÇÃO DE IMAGENS PARA VERIFICAÇÃO DE MUDANÇA DE COR

Existem diversos modelos de cores computacionais como por exemplo: o método de *grayscale*, que converte a imagem RGB em escala de cinza utilizado por Cordelli; Soda (2011) para imunofluorescência direta; o modelo HLS, usado por Setiawan et al. (2006), para diferenciar região de sombra de objetos com critérios simples; também o modelo HLC utilizado por Yu et al. (2017), para análise de imagens

permitindo classificar em pipeline permitindo a classificação precisa das condições de imagem de luz em dois cenários de iluminação; entre outros.

Para quantificação usando cores, Sensing (2020) complementa que o espaço da cor pode ser descrito como um método para expressar a cor de um objeto usando algum tipo de notação, no caso números. O espaço de cor $L^*a^*b^*$ também conhecido como cor CIELAB é amplamente utilizado para avaliar as cores e suas modificações. Este gráfico contendo 3 eixos consegue de forma padronizada demonstrar de maneira numérica a luminosidade (L^*), coordenada vermelho/verde (a^*) e coordenada amarelo/azul (b^*) (Figura 1).

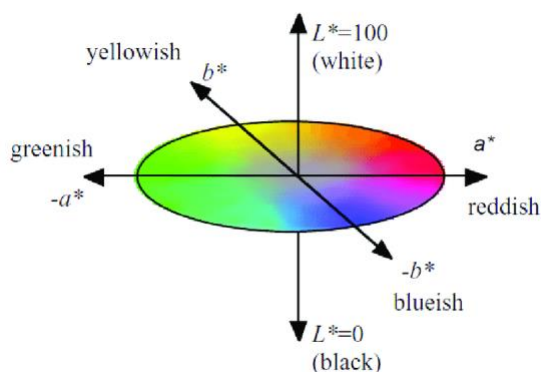


Figura 1- Gráfico $L^*a^*b^*$, Cor CIELAB

2.2 SILICA EM GEL COLORIDA DA COR AZUL: OBJETO DE ESTUDO.

Em captura de imagens digitais é essencial pensar no objeto. Utilizado em diversos setores da indústria como a fabricação de vidros, cerâmicas, isolantes térmicos, silicones, entre outros, a sílica gel adsorvente possui uma estrutura polimérica incompletamente desidratada, essa capacidade oferece ao material uma grande capacidade de adsorção de água de até $35 \pm 40\%$ de sua massa seca Ng et al. (2001). Geralmente para tal finalidade de adsorção de umidade, utiliza-se sílica gel colorida, a qual é impregnada com um composto químico, cuja cor varia de acordo com a quantidade de água contida na sílica. A capacidade de mudança de cor pela adsorção de água, é inerente na importância de aquisição de imagens.

Considerando ser possível relacionar a propriedade de adsorção de umidade com a mudança de cor da sílica, este sistema foi utilizado como padrão para construção e otimização do protótipo de aquisição de imagens.

2.3 PADRONIZAÇÃO DA UMIDADE DA CÂMARA PARA CAPTAÇÃO DE IMAGENS DA SÍLICA GEL

A adsorção de umidade pela sílica é diretamente dependente da condição de umidade do ambiente. A umidade absoluta e relativa do ar depende diretamente da capacidade do ar de reter vapor de água em determinadas temperaturas e pressão. Considerando que a pressão pouco varia num mesmo local, a umidade pode ser padronizada, segundo Lawrence (2005) que cita o uso da equação de Tetens (Equação 1), esta é proveniente da relação entre a temperatura ambiente, a temperatura do banho *termostatizado* com a umidade relativa. A partir desta equação, é possível relacionar a temperatura de condensação da água contida no ar atmosférico, a depender da temperatura do próprio ar e da temperatura da superfície onde ocorre o fenômeno de condensação. Nesse projeto foi montado um sistema de condensação com temperatura controlada por banho *termostatizado* tendo sua importância quando se refere ao controle muito mais aprimorado desses indicadores.

$$t_d = \frac{B_1 \left[\ln \left(\frac{RH}{100} \right) + \frac{A_1 t}{B_1 + t} \right]}{A_1 - \ln \left(\frac{RH}{100} \right) - \frac{A_1 t}{B_1 + t}},$$

Onde:

- Coeficientes “A₁” e “B₁” são respectivamente 17,625 e 243,04 °C
- RH: Umidade relativa
- t: Temperatura ambiente
- t_d temperatura do banho *termostatizado*

Dados obtidos de Lawrence (2005) apud Alduchov; Eskridge (1996).

Equação 1 - Baseada na equação de Tetens, tendo o intuito descobrir a temperatura do banho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho de TCC faz parte de um projeto de aquisição de imagens para fins analíticos que envolvem: o desenvolvimento do protótipo da câmara de estabilização de imagens e a parte do modelo matemático. A segunda parte foi desenvolvida paralelamente a este trabalho, pelo aluno Eduardo Possamai em seu respectivo trabalho de TCC a ser apresentado para o curso de licenciatura de ciências exatas.

Visando a necessidade da obtenção das imagens, inicialmente foi pensado em fazer um protótipo, visto na Figura 2, (MK0) de baixo custo construído com cano de PVC, iluminação LED de luz fria branca que compõe o espectro de todas as cores superior com alimentação por fonte bivolt, com uma distância específica da câmera ao objeto de estudo de 13,5cm de altura, desenhado e projetado utilizando o Autocad student 2017. Na base foi inserido um suporte circular para conter os grãos de sílica de forma bem distribuída para captação das imagens, conforme mostra a Figura 3. Como fonte de aquisição de imagens foi inicialmente utilizado aparelho celular e posteriormente uma webcam Logitech C920 HD Pro, fixada na tampa superior. A câmera acompanha o programa Logitech capture versão 2.00.226, e o recorte das imagens captadas foi feito com o programa IMAGEJ versão 1.8.0_112



Figura 2- Protótipo MK0



Figura 3- Fundo do MK0 mostrando base redonda

Nesta etapa do trabalho foram propostas mudanças na concepção do protótipo, passando para uma composição densa em MDF, de base quadrada com variação na altura da estrutura em relação à primeira concepção. A nova proposta foi nomeada MK1.

O MK1 foi interligado a um sistema de controle externo contendo:

- Bomba de aquário para criar vazão de ar
- Válvulas de dois caminhos para restrição de passagem de ar
- Coluna de sílica gel na entrada do sistema
- Kitassato contendo para geração de ar saturado de umidade
- Condensador
- Banho termostatizado
- Raspberry pi 3 b+
- Arduino uno
- Sensor dht 22
- Bolhometro para verificação de vazão

Para cálculo do erro relativo foi seguido o a Equação 2 e a Equação 3 que demonstra como é calculado o erro absoluto, assim formando a Equação 4 usando o valor verdadeiro os valores de umidade relativa do sensor dht 22 e o valor medido os valores do modelo matemático obtidos do MK0 (CABRAL , 2004).

$$Erro\ relativo = \frac{Erro\ absoluto}{Valor\ Verdadeiro} \times 100\ (\%)$$

Equação 2 - Cálculo do Erro Relativo

$$Erro\ absoluto = Valor\ medido - Valor\ Verdadeiro$$

Equação 3 - Cálculo do Erro Absoluto

$$\text{Erro relativo} = \frac{\text{Valor medido} - \text{Valor Verdadeiro}}{\text{Valor Verdadeiro}} \times 100 \text{ (\%)}$$

Equação 4 - União das equações de erro relativo e absoluto

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente foi atestado que a modificação das variáveis pode acarretar em mudanças da cor dos *pixels* acarretando em erro e inviabilidade do processo, tais alterações podem ser observadas na Figura 4, onde houve mudança de luz modificou a cor do objeto (a); a posição relativa do objeto a câmera alterou a proporção de pixels de mesma cor (c); e a distância da câmera ao objeto reduz a quantidade de pixels avermelhados da imagem (b).



Figura 4 - Comparação das mudanças de três variáveis e a alteração nas imagens.

4.1 PROTÓTIPO MK0

No início do projeto foram usadas câmeras de celulares no MK0, porém apresentaram problemas na mudança das posição das fotos, conforme se vê na Figura 5, onde testamos várias imagens da mesma sílica que foram sobrepostas apresentando variação da posição e o recorte de imagens se tornou o ponto chave de

variação dos dados, pois no cálculo de paridade, cada pixel tinha importância primordial no tratamento de dados, onde a sílica tinha como início de saturação as bordas para o meio e a perda desses dados eram significativas (Figura 6).

Outro fator determinante, a base circular do suporte para sílica, removia muitos pixels das bordas no momento do corte das imagens, fazendo com que muita informação digital fosse perdida. O corte é necessário para padronizar as imagens e também minimizar efeitos de ruído em áreas não relacionadas ao sinal analítico. Todavia, o corte quadrado na base redonda levou a perdas como a observada na Figura 7 onde a parte vermelha representa os pixels removidos. No programa ImageJ permitia (dentre as funções de nosso conhecimento até então) apenas a realização de cortes em formato quadrado, foto por foto, fato que também resultava em variação na resolução. Com o programa GIMP 2.10.18 Release com plug-in sg-save-all-layers foi possível obter um método mais eficiente, cortando todas as fotos de uma só vez com uma mesma resolução fixa e o plug-in e salvando de maneira mais eficiente e rápida. Todavia, este também só apresentava a opção de corte quadrado.

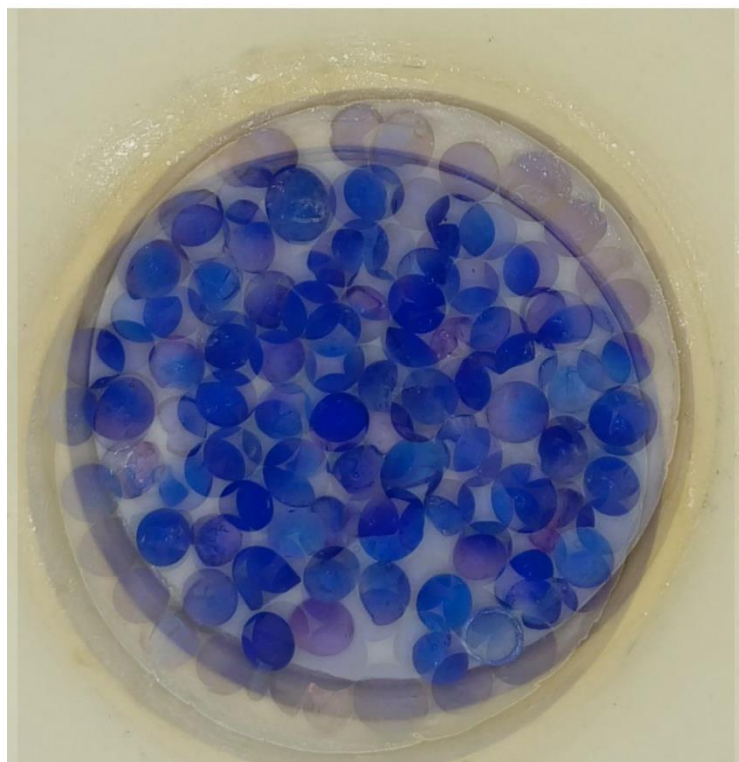


Figura 5 - Sobreposição das imagens revelava que a posição da fotografia era alterada.

VARIAÇÃO DA COR X TEMPO



Figura 6 - Demonstração que a sílica começa absorver das bordas para o centro

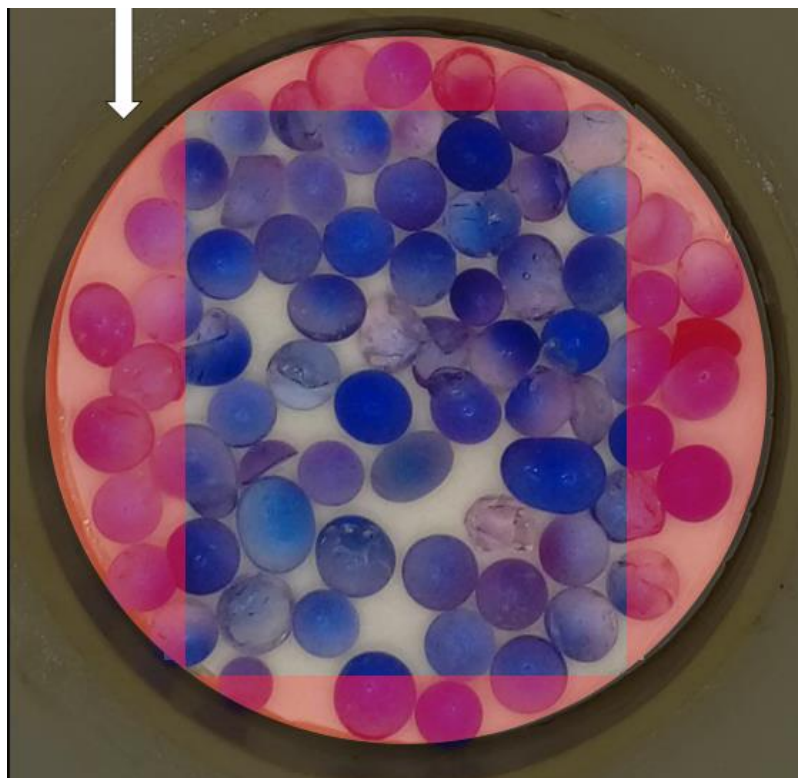


Figura 7 - Imagem representando os efeitos de um corte quadrado em uma base redonda.

4.2 ILUMINAÇÃO

Mesmo o corte do cano de PVC no MK0 não sendo perfeito, essa variável foi a mais simples de controlar e impedir entrada de luz externa. A utilização de uma bateria foi descartada na parte teórica, pois além de ser trocada quando essa estivesse fraca, a iluminação mudaria referente a sua carga, assim modificando o banco de dados. Com a fonte bivolt e a iluminação LED colocada de modo homogêneo foi possível obter fotos com o mesmo padrão de radiação luminosa.

4.3 DISTÂNCIA ENTRE O OBJETO E A CÂMERA: ALTURA

A altura foi uma variável que levou em conta o foco e a definição das imagens. Após várias medidas definiu-se por padrão a distância de 13,5cm para aquisição dessas imagens.

4.4 SÍLICA GEL E TESTES DE AQUISIÇÕES DE IMAGENS

Estando o protótipo concebido, foram realizados testes de aquisições de imagens sob diferentes condições. Como pode ser visto na Figura 8. Foi possível obter uma boa resolução de foto para a sílica, sendo notória a diferença de cor entre a sílica isenta de água (azul) e a sílica saturada de água (magenta).

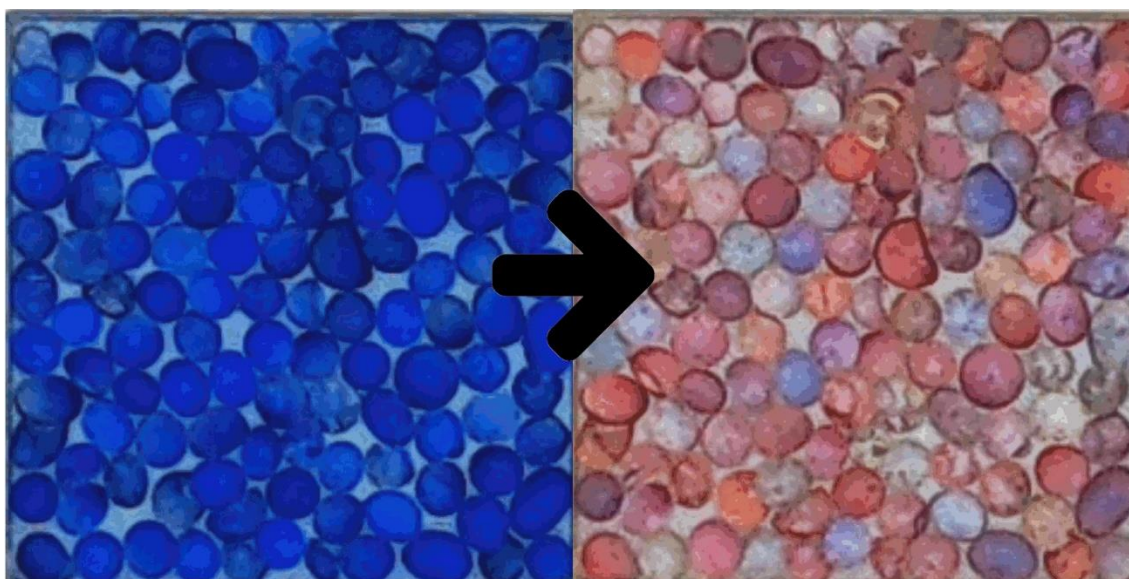


Figura 8- Demonstração da coloração da sílica azul para magenta

4.5 PROTÓTIPO MK1

Devido à limitação do corte das imagens optou-se pela concepção do protótipo MK1. Com base quadrada construindo um projeto mais robusto de MDF (Figura 9) baseado em redução de variáveis, um corte mais perfeito para encaixe da webcam e base para disposição da sílica onde auxiliava o corte (Figura 11 e Figura 12) e obteve melhor estabilidade no encaixe da webcam ao protótipo como visto na Figura 10. Utilizou-se o Raspberry pi 3 b+ para aquisição de imagens a um tempo fixo de 4 horas e número de 400 fotos, essas já recortadas pelo programa para redução de erros humanos.



Figura 9- protótipo do MK1

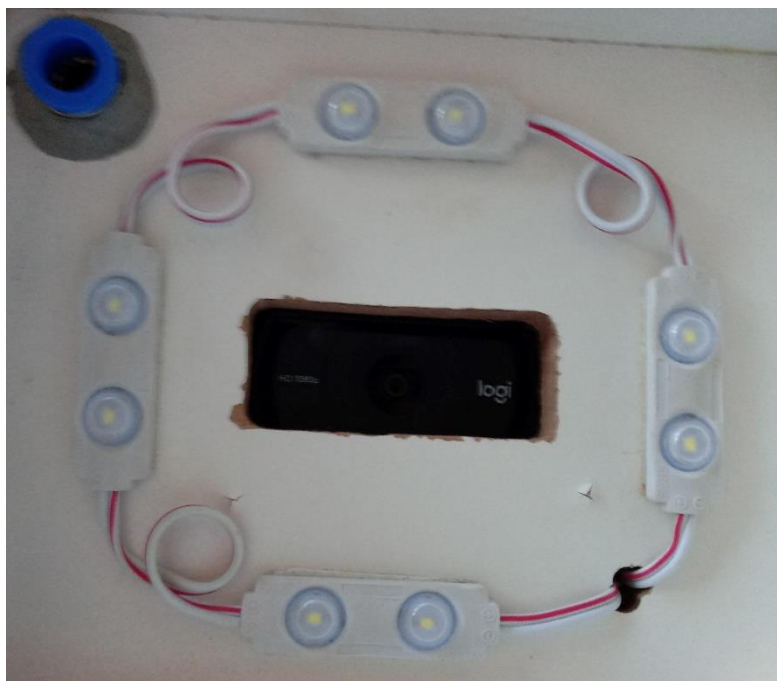


Figura 10- Topo do MK1 representando a iluminação, Logitech C920 HD Pro e o umidificador

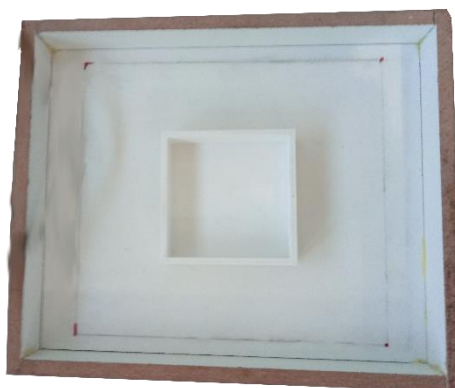


Figura 11- Fundo do MK1 com base quadrada

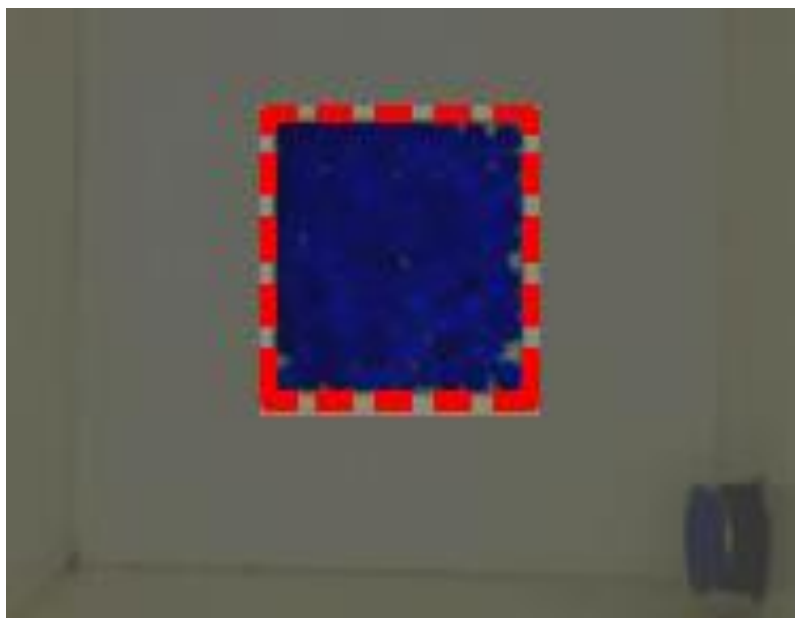


Figura 12 - Imagem representando o corte mais fidedigno sem perda desnecessária de pixels

4.6 AQUISIÇÃO DE IMAGEM

Com a implementação do Raspberry pi 3 b+ acoplado com um Arduino uno e sensor dht 22 obtivemos melhor controle no tempo das imagens, corte das fotos e melhor praticidade vendo que o programa começava a aquisição com um simples apertar de botão. Durante a etapa de montagem foram verificadas variações de saturação e brilho da imagem na webcam ocasionando em erros de interpretação das imagens digitais obtidas da sílica, esse erro pode ser visto na Figura 13. No início se suspeitou que alguma configuração da webcam estava no modo automático e assim

variando a imagem, também foi relatado que a iluminação do protótipo estava estável considerando que a iluminação não era o problema, foi verificado se era uma falha da webcam, porém ao ser conectada a um computador ou reconectar o Raspberry o erro as vezes desaparecia, assim ficou caracterizado mal contato entre o Raspberry e a webcam resultando na variação de cor da Figura 14, que compara como a imagem deveria ser e como esse pequeno mau contato atrapalhava na obtenção das fotos. Toda falha de conexão com o Raspberry, ocasionava o reinício da webcam gerando variação na imagem. Resolvido o problema de mau contato, foi possível fotos mais estáveis, assim possibilitando uma observação mais precisa da mudança de cor.



Figura 13 - imagem demonstrando a instabilidade em função do tempo



Figura 14 - Demonstração da variação na estabilidade das fotografias e como ficou após resolvido

Com o Raspberry a inclinação da mudança de cor da sílica pela umidade relativa ficou visível, observando umidades de 100, 75, 60, 45, 30, e a mais próxima de 0, que foi a de 12%, notou-se que suas respectivas equações respeitavam uma boa linearidade com 400 fotos tiradas a cada 36 segundos, totalizando 4 horas de ensaios por umidade relativa. No gráfico se observa a mudança de valores da escala RGB pelo número de fotos que representa o tempo, como visto na Figura 15

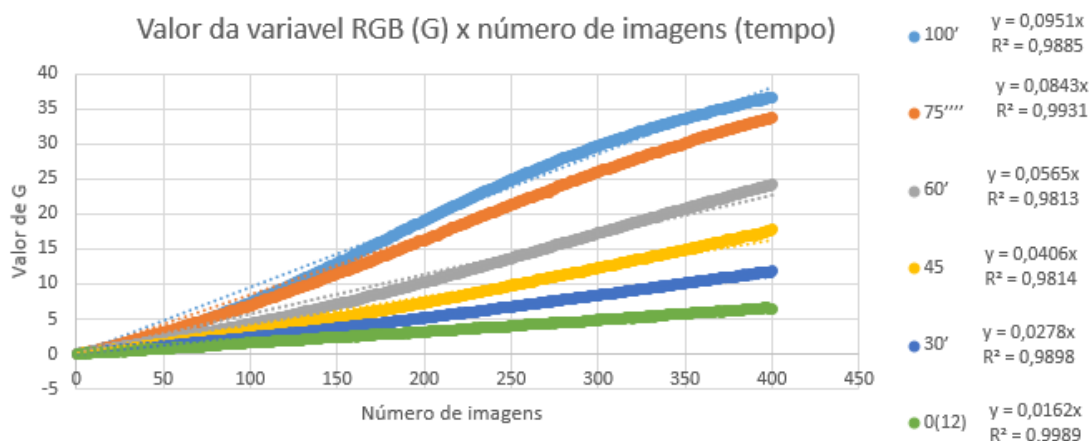


Figura 15 - Mudança de valores da escala RGB pelo número de fotos que representa o tempo

4.7 CONTROLE DE UMIDADE PARA CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS:

Para a criação do banco de dados foi necessário um controle mais rigoroso da umidade relativa gerada para a aquisição das imagens. Acoplado um módulo para controlar a umidade da cavidade interna do protótipo MK1, desenvolvido pelo pesquisador autônomo Juliano Passaretti Filho (2015) esse processo consistia em saturar o ar atmosférico com água e depois condensar parte dessa umidade até a porcentagem desejada (Figura 17). Neste sistema, o ar atmosférico era bombeado utilizando uma bomba de aquário Maxxi pro 2000 (A), em vazão média de 800ml/min esse medido por um bolhometro, passando por coluna de sílica (Figura 16-Imagem demonstrando a bomba de aquário Maxxi pro 2000 e a coluna com sílica para padronizar) cujo, propósito era padronizar a umidade do ar atmosférico que entra no sistema. Em seguida, o ar era direcionado para um kitassato (D) contendo água onde ocorria a saturação. O ar passava então para um condensador (E) onde o fluido externo (água/álcool 1:1) tinha sua temperatura regulada por um banho *termostatizado* te-2005 Tecnal (F), cuja temperatura era ajustada de acordo com

Equação 1 para umidade relativa desejada. Assim, o ar passava para o sensor dht 22 (J) onde sua temperatura e umidade relativa seriam medidas, para então entrar em contato com a sílica (H) na cavidade interna do MK1(G). O Raspberry pi 3 b+ (I) teve o intuito de aquisição padronizada das imagens, sendo o computador do processo. Para obtenção de valores de baixa umidade, o ar era direcionado pela coluna de retenção de sílica sem passar pelo kitassato, de modo a reter o máximo possível de umidade, antes de ser direcionado ao sensor e depois para a cavidade interna do MK1. Nesse caso a menor umidade relativa foi de 12%. Todas as imagens obtidas da sílica ao longo do processo foram posteriormente tratadas e alimentadas no programa Octave versão 5.2.0_1, visando a construção de um conjunto de observação da paridade da mudança de cores unidas em grupos de acordo com a intensidade da cor.

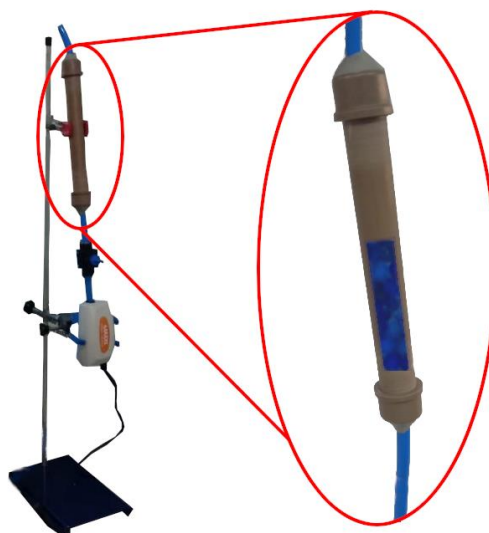


Figura 16-Imagem demonstrando a bomba de aquário Maxxi pro 2000 e a coluna com sílica para padronizar

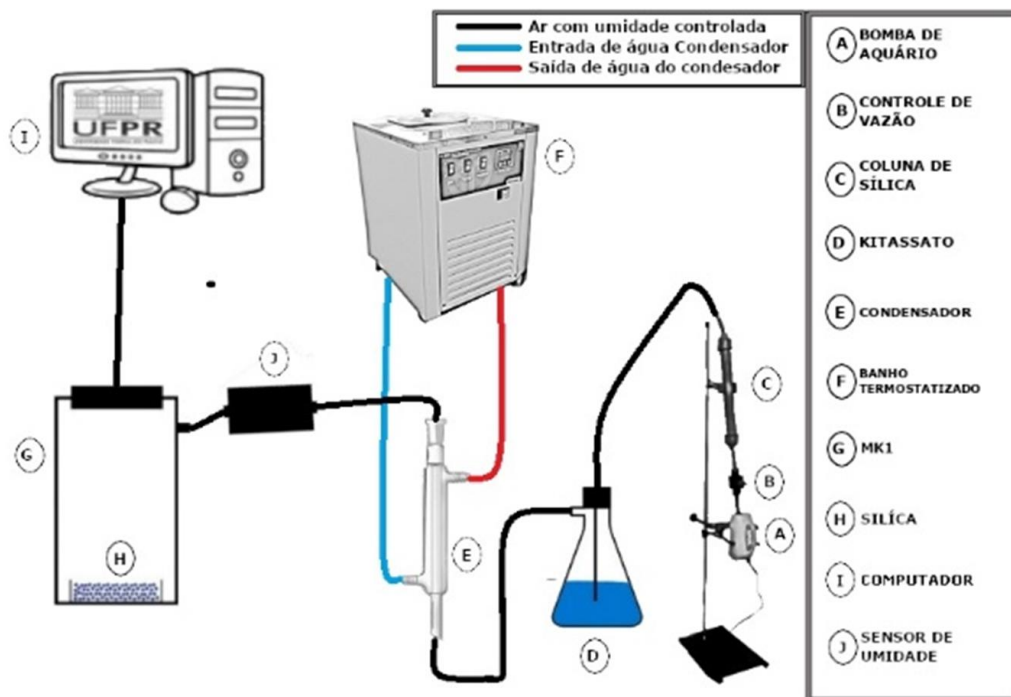


Figura 17 - Demonstração do método para padronização da umidade e obtenção das imagens

4.8 TESTES EM CAMPO

Para os testes em campos foram escolhidos três locais e os resultados de umidade coletados do MK1 foram comparados ao sensor de umidade Sensor dht 22

4.8.1 Estufa de plantas na UFPR setor Palotina

Para os primeiros testes foi escolhido uma estufa dentro da universidade, onde ela pode ser observada pela Figura 18 e a umidade marcada pelo MK1 foi de $66,59 \pm 3,68\%$ e do sensor $69,13 \pm 10\%$. A Figura 19 demonstra a estabilidade da imagem como também a mudança de cor da sílica nos testes a campo.



Figura 18 - Estufa situada na UFPR setor Palotina utilizada para estudos na área da Botânica



Figura 19 - Fotos da sílica tiradas da estufa em um espaço de 1 hora mostrando estabilidade, onde apenas a cor da sílica muda

4.8.2 Ambiente climatizado

O segundo teste foi ministrado dentro do bloco de química da universidade com a utilização de um climatizador industrial, como visto pela Figura 20 e a umidade marcada pelo MK1 foi de $52,15 \pm 13,50\%$ e do sensor $45,95 \pm 10\%$. A Figura 21 demonstra a estabilidade, pelo tempo de 4 horas onde a sílica ficou, e apenas sua cor foi modificada no MK1.



Figura 20 - Climatizador industrial situado no bloco de química da UFPR setor Palotina

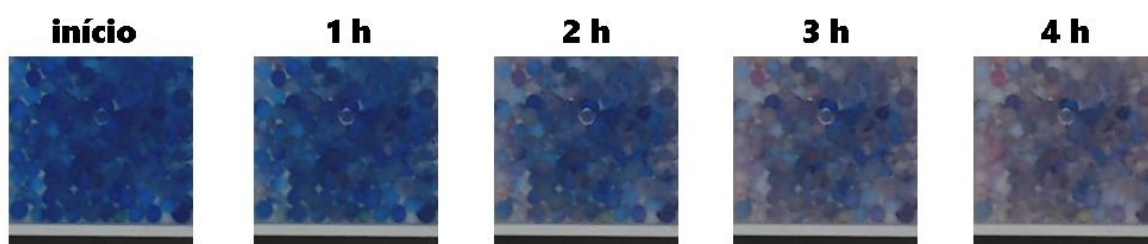


Figura 21 - Fotos da sílica tiradas dentro do bloco de química climatizado em um espaço de 1 hora mostrando estabilidade, onde apenas a cor da sílica muda

4.8.3 Aviário

O terceiro teste foi feito em um aviário da UFPR onde é visto sua posição na Figura 22. A umidade marcada pelo MK1 foi de $77,87 \pm 5,89\%$ e do sensor $82,74 \pm 10\%$. Repetindo o teste de persistência da altura, iluminação e outros fatores intrínsecos da fotografia referenciado da Figura 23.



Figura 22 - Aviário situado em Palotina pertencente a UFPR onde pode ser observado o MK1 operando a aquisição das imagens.

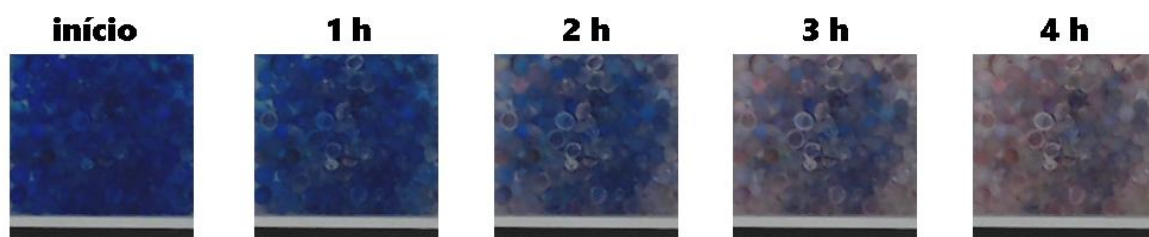


Figura 23 - Fotos da sílica tiradas do aviário em um espaço de 1 hora mostrando estabilidade, onde apenas a cor da sílica muda

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mudança de cor da sílica gel colorida proveniente da adsorção de umidade foi uma maneira eficiente de demonstrar que a criação do protótipo MK1 conseguiu de maneira eficaz estabilizar a iluminação, conservar a altura das fotografias, como também obter constância no brilho, foco e contraste padronizando a obtenção das fotografias pelo tempo. Os resultados obtidos em campo até o momento mostraram que o protótipo MK1 atende ao objetivo proposto de capturar imagens de qualidade e o erro sendo próximo aos encontrados em sensores comerciais, o que permitiu a obtenção de modelos matemáticos de boa correlação para o tratamento de dados e possível aplicação na indústria, tornando-se possível utilizar métodos de calibração

multivariável possibilitando observar de maneira mais quantitativa a variação da cor, prevendo o tempo de saturação da sílica em diferentes umidades relativas.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Dentro das mais variadas áreas das ciências são muitas as possibilidades de aplicação do MK1, um exemplo prático disso seria o setor de combustíveis, onde na prática poderemos ver e analisar fotos retiradas pelo equipamento e nelas poderá ser feita a comparação de amostras de combustíveis padrões já comercializados e amostras de novos combustíveis ainda em investigação.

Outra área científica que podemos exemplificar aqui, seria a contribuição do MK1 na análise de cereais, como exemplo prático temos: a visualização da real situação da composição do grão em si, onde essa análise se aprofundaria na condição a qual o grão foi exposto, esse processo quantificaria parâmetros técnicos laboratoriais, fundamentais para o bom andamento dos processos.

Como foi citado anteriormente, as contribuições do MK1 poderão favorecer avanços e descobertas importantes na ciência.

6 REFERÊNCIAS

ALDUCHOV, O. A.; ESKRIDGE, R. E. Improved Magnus Form Approximation of Saturation Vapor Pressure. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 35, n. 4, p. 601–609, 1996. American Meteorological Society.

AMARANTE, R. M.; FUJARRA, A. L. C. Estudo de estática de linhas em catenária, através de análise de imagens. , 2009. Unpublished. Disponível em: <<http://rgdoi.net/10.13140/2.1.3534.7203>>. Acesso em: 22/12/2021.

AMORIM, E. C. G. D.; NETO, M. M. DESENVOLVIMENTO DE SENSOR MICROPROCESSADO DE BAIXO CUSTO PARA ANÁLISE DE CORES EM PROCESSOS PRODUTIVOS. **DESENVOLVIMENTO DE SENSOR MICROPROCESSADO DE BAIXO CUSTO PARA ANÁLISE DE CORES EM PROCESSOS PRODUTIVOS**, v. 3, n. 2011, p. 29–49, 2011.

BARBOSA, J. Z.; CONSALTER, R.; PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. Uso de imagens digitais obtidas com câmeras para analisar plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 15–24, 2016.

CABRAL, P. Erros e Incertezas nas Medições. **Erros e Incertezas nas Medições**, p. 116, 2004.

CORDELLI, E.; SODA, P. Color to grayscale staining pattern representation in IIF. 2011 24th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS). **Anais...** . p.1–6, 2011. Bristol, United Kingdom: IEEE. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5999110/>>. Acesso em: 26/12/2021.

COSTA, M. Diga X: uma breve história da fotografia. Disponível em: <<https://www.tuiuti.edu.br/blog-tuiuti/diga-x-uma-breve-historia-da-fotografia>>. Acesso em: 21/12/2021.

FILHO, J. P. **Análise de imagens digitais para fins analíticos: Aplicações ambientais e tecnológicas**, 2015. Tese, Araraquara: Universidade Estadual Paulista. Acesso em: 21/12/2021.

GALO, M. A. **CALIBRAÇÃO E APLICAÇÃO DE CÂMARAS DIGITAIS**, 1993. Dissertação, Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

LAWRENCE, M. G. The Relationship between Relative Humidity and the Dewpoint Temperature in Moist Air: A Simple Conversion and Applications. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 86, n. 2, p. 225–234, 2005. American Meteorological Society.

NG, K. C.; CHUA, H. T.; CHUNG, C. Y.; et al. Experimental investigation of the silica gel-water adsorption isotherm characteristics. **Journal of Heat Recovery Systems**, v. 21, n. 16, p. 1631–1642, 2001.

RUY, R. D. S.; TOMMASELLI, A.; TIEDTKE DOS REIS, T.; et al. Sistema aerotransportado leve de aquisição de imagens digitais - SAAPI. . p.1329–1335, 2007. Florianópolis: INPE.

SANTOS, K. DA S. L. RI UFPE: Desenvolvimento de uma ferramenta para aquisição de pontos em imagens digitais para a utilização no cálculo de temperaturas através de modelagem computacional. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5508>>. Acesso em: 22/12/2021.

SENSING, K. M. Entendendo o Espaço de Cor $L^*a^*b^*$. **Konica Minolta Sensing**, 2020. Disponível em: <<https://sensing.konicaminolta.us/br/blog/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>>. Acesso em: 22/12/2021.

SETIAWAN, N. A.; SEOK-JU, H.; JANG-WOON, K.; CHIL-WOO, L. Gaussian Mixture Model in Improved HLS Color Space for Human Silhouette Extraction. In: Z. Pan; A. Cheok; M. Haller; et al. (Orgs.); **Advances in Artificial Reality and Tele-Existence**, Lecture Notes in Computer Science. v. 4282, p.732–741, 2006. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/11941354_76>. Acesso em: 26/12/2021.

TOMMASELLI, A.; HASEGAWA, J.; GALO, M. Modernas tecnologias de aquisição de imagens em fotogrametria. **Boletim de Ciências Geodesicas**, v. 6, p. 49–64, 2000.

YU, K.; KIRCHGESSNER, N.; GRIEDER, C.; WALTER, A.; HUND, A. An image analysis pipeline for automated classification of imaging light conditions and for quantification of wheat canopy cover time series in field phenotyping. **Plant Methods**, v. 13, n. 1, p. 15, 2017.