

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

FILIFE DA SILVA ECHEVENGUA

**Visualização e Análise
de Dados de Microclima**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre em Ciência
da Computação

Orientador: Luciana Nedel
Co-orientador: Carla Maria Dal Sasso Freitas

Porto Alegre
2020

CIP — CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

da Silva Echevengua, Filipe

Visualização e Análise
de Dados de Microclima / Filipe da Silva Echevengua. –
Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2020.

65 f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio
Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computa-
ção, Porto Alegre, BR-RS, 2020. Orientador: Luciana Nedel;
Co-orientador: Carla Maria Dal Sasso Freitas.

1. Visualização, Dados Climáticos, Dados de Sensores,
Aviário. I. Nedel, Luciana. II. Dal Sasso Freitas, Carla Maria.
III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitor: Prof. Jane Fraga Tutikian

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Celso Giannetti Loureiro Chaves

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Coordenador do PPGC: Prof. Luciana Salete Buriol

Bibliotecária-chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha esposa, Bruna Teixeira de Oliveira, que me suportou durante todo o mestrado, me proporcionando a força e o amor para que eu pudesse aguentar esse processo, principalmente na reta final, com todas as pedras que impediam o meu caminho, com todo sentimento de frustração e ansiedade. Ela me ajudou a contornar cada problema para que essa dissertação fosse concluída. Esse trabalho não é só meu, é dela também.

Agradeço as minhas orientadoras, Luciana Nedel e Carla Freitas, por toda a assistência durante esse trabalho, compreensão com o meu estado emocional e, conseqüentemente, alívio na carga de todas as etapas que eu precisava realizar.

Agradeço a minha família por ter me apoiado nessa jornada de altos e baixos.

Agradeço aos meus amigos, que aguentaram as minhas reclamações, as minhas frustrações e ficaram ao meu lado no decorrer desse trabalho. Agradeço, principalmente, pela amizade e pela parceria nessa etapa final.

Agradeço ao pessoal da empresa Eaware pelo auxílio no processo de implementação do sistema.

Agradeço ao pessoal da empresa Softerize, onde eu trabalho, pela compreensão com os meus atrasos e cansaços.

Agradeço ao meu pai, que está no céu, mas sempre ao meu lado.

Agradeço a todos as pessoas envolvidas em todo esse processo.

Por fim, agradeço a Deus pela força nos momentos difíceis e por me ajudar a alcançar mais um objetivo na minha vida.

RESUMO

Este trabalho descreve o projeto, desenvolvimento e avaliação de um sistema Web que permite ao usuário visualizar e analisar dados obtidos de sensores distribuídos em um ambiente fechado. O desenvolvimento deste aplicativo foi motivado pelas necessidades das instalações aviárias. Nessas instalações, pode-se identificar um ou mais microclimas, cada um com características diferentes em relação a atributos como temperatura, umidade, velocidade e direção do vento, entre outros, que podem impactar na produção aviária. Um microclima é uma área pequena ou restrita que apresenta dados climáticos diferentes de sua grande área circundante. Nesta aplicação, o usuário tem acesso aos dados climáticos de diferentes locais, podendo visualizar a localização de cada conjunto de sensores a partir de uma planta baixa. Cada estação meteorológica gera um conjunto de dados que são então representados por diferentes técnicas de visualização de dados. A partir da definição de uma data ou de um período, o usuário pode navegar dentro do histórico de dados do sensor. Além disso, filtros foram desenvolvidos para modificar os dados selecionados. Esta aplicação tem como objetivo ajudar e facilitar o monitoramento desses microclimas usando técnicas de visualização e análise de dados. Os resultados obtidos em testes com usuários demonstram que nossos objetivos foram atingidos. Os usuários mostraram serem capazes de executar o conjunto de tarefas proposto usando a maioria das visualizações disponíveis.

Palavras-chave: Visualização, Dados Climáticos, Dados de Sensores, Aviário.

ABSTRACT

This work describes the design and evaluation of a Web-based system that allows the user to visualize and analyze data from sensors distributed in a closed environment. We developed the system motivated by the needs of aviary facilities. In these facilities, one can identify one or more microclimates, each one having different characteristics regarding attributes such as temperature, humidity, wind velocity and direction, and others, that may impact aviary production. A microclimate is a small or restricted area that presents different climate data from its large, surrounding area. In the application, users have access to climatic data from different locations, being able to view the location of each set of sensors from a floor plan. Each station has a set of data that is represented by different visualization techniques. From the definition of a date or a time period, the user is able to browse within the sensor data history. In addition, filters were developed to modify the selected data. This application aims to help and facilitate the monitoring of these microclimates by using visualization and data analysis techniques. The results obtained from user tests shown our objectives were achieved. Users have demonstrated that they are able to perform the proposed set of tasks using most of the available visualizations.

Keywords: Visualization, Climate Data, Sensor Data, Aviary.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DOM	Modelo de Documento por Objetos
HTML5	Linguagem de Marcação de Hipertexto, versão 5
SVG	Gráficos Vetoriais Escalonáveis
XML	Linguagem de Marcação Extensível
API	Interface de Programação de Aplicativos
CSV	Valores Separados por Vírgula

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Exemplo de estação meteorológica para coleta de dados climáticos. Fonte: (CASA... , 2020)	13
Figura 1.2 Sensor de dados microclimáticos utilizado em aviários. Fonte: (SISTEMA... , 2020).....	14
Figura 2.1 Gráficos vetoriais 3D representando a direção do vento em diferentes posições de uma área. Fonte: (WANG; HUYNH; WILLIAMSON, 2013).....	18
Figura 2.2 Demonstrações das interações entre as ferramentas de visualização de informações. Fonte: (LEUNG et al., 2014).....	19
Figura 2.3 Exemplo de Aplicação Web para visualização de dados de sensores climáticos. Fonte: (POKRIC et al., 2014).....	20
Figura 2.4 Painel para monitoramento on-line e visualização de dados climáticos. Fonte (LOPEZ; VILLARUZ, 2015).	21
Figura 2.5 Página principal do sistema de visualização, contendo textos e imagens junto com gráficos bidimensionais e tridimensionais. Fonte (Kim; Ceong; Jung, 2007).....	22
Figura 2.6 Gráfico para análise de dados ambientais. Fonte (Hyun; Huh; Park, 2018).....	22
Figura 3.1 Mapa com localização de um aviário e respectiva planta baixa com símbolos representando 3 conjuntos de sensores no local.	24
Figura 4.1 Visualização exibida quando o usuário seleciona a estação climática a ser monitorada. Os gráficos indicam os valores atuais de cada uma das variáveis monitoradas.	28
Figura 4.2 Visão geral da interface para exploração e análise dos dados de um sensor.....	29
Figura 4.3 Visão geral dos dados de temperatura capturados ao longo do ano....	30
Figura 4.4 Gráfico em espiral para visualização dos dados do calendário, facilitando a análise comparativa.	30
Figura 4.5 Representação das variáveis capturadas em medidores radiais.....	31
Figura 4.6 Gráfico de séries temporais exibindo a evolução no tempo das variáveis de temperatura e umidade relativa do ar, selecionadas na Figura 4.5. O gráfico inferior ilustra as mesmas variáveis do gráfico superior, porém filtrados para um período mais curto.	32
Figura 4.7 Ferramenta de filtragem de dados. Neste caso, selecionando os momentos em que a temperatura ficou abaixo de 10 graus ou maior que 15 graus.	32
Figura 4.8 Especificação de valores mínimos e máximos dos medidores radiais. ...	33
Figura 4.9 Diagrama de caixas exibindo dados climáticos em um período.....	34
Figura 5.1 Primeira etapa da calibragem, onde é calculada a distância entre o usuário e o eye-tracker.....	36
Figura 5.2 Segunda etapa da calibragem, onde o usuário deveria seguir os círculos vermelhos na tela com os olhos.	37
Figura 5.3 Tela de conclusão da calibração com a exibição dos pontos em que o usuário focou sua visão no testes dos círculos vermelhos.	38

Figura 5.4 Ferramentas de visualização utilizadas pelos usuários.....	39
Figura 6.1 Gráfico com o total de acertos em cada pergunta, considerando os 8 usuários.	40
Figura 6.2 Gráfico com o tempo médio (em segundos) para a execução de cada tarefa pelos usuários.	41
Figura 6.3 Resultado obtido na primeira questão do questionário: <i>Eu consigo selecionar a data ou o período que quero visualizar de maneira fácil.</i>	42
Figura 6.4 Resultado obtido na segunda questão do questionário: <i>Eu consigo visualizar mais de um dado no gráfico de séries temporais de maneira clara.</i>	42
Figura 6.5 Resultado obtido na terceira questão do questionário: <i>Eu consigo adicionar dados ao gráfico de séries temporais sem nenhum problema.</i>	43
Figura 6.6 Resultado obtido na quarta questão do questionário: <i>Eu consigo visualizar e diferenciar valores máximos e mínimos do dado selecionado.</i> ...	43
Figura 6.7 Resultado obtido na quinta questão do questionário: <i>O zoom me ajuda a melhor visualizar os dados de maneira fácil.</i>	44
Figura 6.8 Resultado obtido na sexta questão do questionário: <i>Eu consigo identificar quando um dado atingiu um valor alto (alto risco) ou baixo (baixo risco).</i>	44
Figura 6.9 A imagem superior aponta a região identificada com um círculo preto como aquela com a qual o usuário precisa interagir para executar a primeira tarefa: <i>Qual a temperatura média no dia 5 de dezembro?</i> . A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.	46
Figura 6.10 A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a segunda tarefa: <i>Qual o valor máximo e o valor mínimo da temperatura e da umidade entre o dia 3 e 6 de dezembro?</i> . A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.	47
Figura 6.11 A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a terceira tarefa: <i>Qual a velocidade do vento no dia 5 de dezembro às 14:00?</i> . A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.....	48
Figura 6.12 A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a quarta tarefa: <i>Qual o valor mínimo e máximo da temperatura no dia 6 de agosto entre as 9:00 da manhã e as 15 horas da tarde?</i> . A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.....	49
Figura 6.13 A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a quinta tarefa: <i>No dia 12 de novembro, a ventilação estava com um valor aceitável na última captura do dia?</i> . A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.	51

Figura 6.14 A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a sexta tarefa: <i>Selecione o período do dia 13 ao dia 16 de agosto e verifique se foi um período úmido (com grandes chances de chuva)..</i> A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.....	52
Figura 6.15 A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como aquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a sétima tarefa: <i>Qual o dia mais quente do ano (assuma que as células amarelas são os dias em que não houve medição e considerando somente as células coloridas no mapa de calor)? Qual o pico de calor?.</i> A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.....	54
Figura 6.16 A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a oitava tarefa: <i>No dia mais quente do ano, a ventilação estava funcionando? Se sim, estava abaixo, normal ou acima do recomendado?.</i> A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.....	55
Figura 6.17 A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a nona tarefa: <i>No dia 17 de novembro, morreram muitas aves dentro do aviário, por quê?.</i> A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Resultado final da revisão sistemática.	17
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos e Contribuições	14
2 TRABALHOS RELACIONADOS	16
3 METODOLOGIA E FUNDAMENTAÇÃO DO DESIGN	23
3.1 Captura dos Dados.....	23
3.2 Filtragem dos Dados	23
3.3 Mapeamento de dados para representações visuais.....	24
3.4 Detalhes de Implementação.....	25
4 PROPOSTA DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS.....	27
4.1 Dados Climáticos.....	27
4.2 Visão Geral do Sistema	28
4.3 Técnicas de Visualização	29
5 AVALIAÇÃO COM USUÁRIOS	35
5.1 Procedimento	35
5.2 Tarefas.....	37
5.3 População	38
5.4 Captura de Dados com Eye-Tracking.....	39
6 RESULTADOS	40
6.1 Análise Quantitativa.....	40
6.2 Análise Qualitativa.....	41
6.3 Análise do Movimento Ocular.....	44
7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	57
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE A — QUESTIONÁRIO.....	60
A.1 Público Geral	60

1 INTRODUÇÃO

Sensores são usados comumente para captura de dados climáticos em diferentes setores de atividade. Esses dispositivos auxiliam no monitoramento de ambientes tanto externos quanto internos.

Em ambientes externos, a utilização mais comum de sensores é para captura de dados meteorológicos através das estações meteorológicas, onde cada sensor amostra uma grandeza física diferente, como temperatura, umidade, pressão atmosférica, velocidade do vento, etc. Os dados coletados são utilizados tanto para alimentar modelos de previsão climática como para caracterizar climas de diferentes áreas. Áreas de grande extensão tendem a ser analisadas por satélites ou por uma rede de sensores sem fio, enquanto áreas de menor extensão podem ser estudadas somente com uma ou algumas estações. A Figura 1.1 mostra um exemplo de estação meteorológica, composta por diferentes tipos de sensores.

Figura 1.1: Exemplo de estação meteorológica para coleta de dados climáticos. Fonte: (CASA..., 2020)



Sensores não são somente utilizados em áreas externas, mas também em áreas internas, como prédios, galpões e celeiros, como pode ser visto na Figura 1.2. Dentro desses ambientes existem microclimas, zonas onde as condições atmosféricas diferem das partes externas. Esses microclimas afetam diretamente os residentes desses locais e podem influenciar nos seus comportamentos físicos e biológicos.

Posicionados de maneira correta nesses ambientes, os sensores obtêm informações importantes que facilitam tomadas de decisões acerca tanto do próprio ambiente

Figura 1.2: Sensor de dados microclimáticos utilizado em aviários. Fonte: (SISTEMA..., 2020)



quanto de manejo dos residentes (CORKERY et al., 2013). Em ambientes internos como os aviários e similares, o clima deve ser controlado e manter-se estável para que o animal se desenvolva bem e seja usado em seu melhor estado.

1.1 Objetivos e Contribuições

Este trabalho foca na visualização de dados de microclimas, ou seja, dados obtidos a partir de sensores em ambientes internos. Ele resultou no desenvolvimento de um sistema que objetiva prover visualizações que permitam analisar e monitorar de forma integrada um conjunto de dados obtidos a partir de diversos sensores climáticos diferentes, de forma a manter um histórico dos dados. Para isso, foram utilizados dados cedidos por uma empresa que instala sensores e monitora ambientes de aviários. Os dados correspondem a um período de 1 a 3 meses de amostragem do ambiente e dos animais em si, incluindo o seu peso e taxa de mortalidade.

A partir da captura, os dados são enviados para um servidor onde são armazenados em um banco de dados. Então, eles são processados pela aplicação, onde são geradas várias representações visuais. É possível a visualização de dados como a temperatura, a pressão atmosférica, a umidade relativa do ar, a ventilação, etc., bem como, o estudo dos diferentes microclimas dentro desse ambiente.

Essa aplicação tem como finalidade permitir a análise dos dados de um aviário com base no histórico formado e coletado, para que providências possam ser tomadas a fim de melhorar a produção. A partir das informações adquiridas, o usuário

pode descobrir o motivo das mortes das aves, principal finalidade do aplicativo e, conseqüentemente, carência dos produtores. Com esta informação, é possível mitigar o número de mortes, aumentando a produtividade do aviário. Os produtores também podem avaliar qual o melhor momento para ativar (ou não) a refrigeração ou ainda inspecionar outros dados climáticos do ambiente.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são brevemente apresentados outros trabalhos que tratam da visualização de dados meteorológicos e climatológicos, posto que suas características são similares as dos dados de microclima que nos interessam neste trabalho.

Os trabalhos foram selecionados dentre os resultantes de uma revisão sistemática realizada segundo o método proposto por Kitchenham e Charters (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007) e Verner et al. (Verner et al., 2012).

Em um primeiro momento foi definida a questão de pesquisa para a revisão sistemática: “Quais são as aplicações existentes para visualização de dados climáticos?”.

A partir da questão de pesquisa, foi definido o seguinte conjunto de palavras chave: weather, meteorological, climate, atmospheric conditions, visualization (visualize, visual), graphical, application, monitor, system.

Destas, foi gerada a seguinte string de busca: (*weather OR meteorological OR climate OR "atmospheric conditions"*) AND (*visualization OR visual OR graphical*) AND (*application OR monitor OR technique*). Foram feitas buscas em quatro bibliotecas digitais (IEEE, Springer, ACM e Scopus) na data de 17/07/2016. Os filtros de busca de ambas as bibliotecas possibilitaram inserir todas as restrições estabelecidas.

Os critérios de inclusão e exclusão foram baseados na ocorrência das palavras-chave nos artigos, e aplicados em sequência, (1) no título e abstract, (2) na introdução e na conclusão e (3) nas demais seções do artigo. Resultou um total de 50 trabalhos dos quais foram extraídos os dados para responder a questão de pesquisa: a escala dos dados, o tipo de implementação relatada no artigo e o(s) tipo(s) de visualização (3D ou 2D) empregada(s). A Tabela 2.1 exhibe o resultado encontrado após todas as etapas anteriores serem executadas.

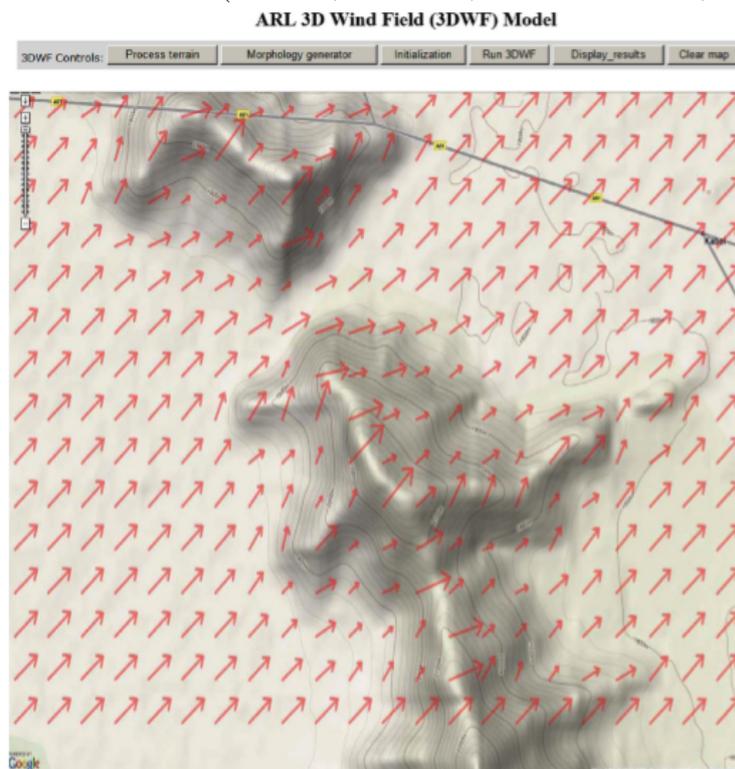
Tabela 2.1: Resultado final da revisão sistemática.

Autor	Biblioteca	Domínio	Implementação	Tipo	Ambiente	Escala
Malakar, P. et al.	ACM	Performance	Framework	2D	Desktop	Global
Nocke, T. et al.	ACM	Visualização	Biblioteca	2D/3D	Desktop	Global
Walton, J. P. R. B. et al.	ACM	Visualização	Aplicação	3D	Desktop	Global
Ziegeler, S. et al.	ACM	Visualização	Aplicação	3D	Desktop	Regional
Leu, J. S. et al.	Springer	Visualização	Aplicação	2D/3D	Mobile	Local/Regional
Alder, J. R., Hostetler, S. W.	Scopus	Visualização	Aplicação	2D	Web	Regional/Nacional
Li, Z. et al.	Scopus	Visualização	Framework	2D	Web	Global
Liu, P. et al.	Scopus	Visualização	Framework	3D	Desktop	Global
Wang, Y. et al.	Scopus	Visualização	Aplicação	3D	Web/Desktop	Local
Williams, D. N. et al.	IEEE	Visualização	Aplicação	3D	Desktop	Global
Steed, C. A. et al.	IEEE	Visualização	Aplicação	2D	Web	Global
Aitor Moreno et al.	IEEE	Visualização	Aplicação	3D	Web	Local
Graves, S. et al.	IEEE	Visualização	Aplicação	3D	Desktop	Global
Jess Christopher et al.	IEEE	Monitoramento	Sistema	2D	Web/Desktop	Local
Leung, R. et al.	IEEE	Visualização	Aplicação	3D	Desktop	Global
Pokric, B. et al.	IEEE	Monitoramento	Sistema	2D	Desktop	Local
Zhou, W. et al.	IEEE	Visualização	Aplicação	2D/3D	Desktop	Global
Lundblad, P. et al.	IEEE	Visualização	Aplicação	2D	Desktop	Global
Tobergte, D. R. et al.	IEEE	Visualização	Aplicação	2D	Desktop	Local

Distintas técnicas de visualização são utilizadas para apresentar diferentes dados climáticos. Do ponto de vista de abrangência, podemos dividir os dados climáticos em **dados locais**, onde o dado amostrado é referente a uma determinada área, e **dados globais**, que correspondem a dados de todo globo terrestre.

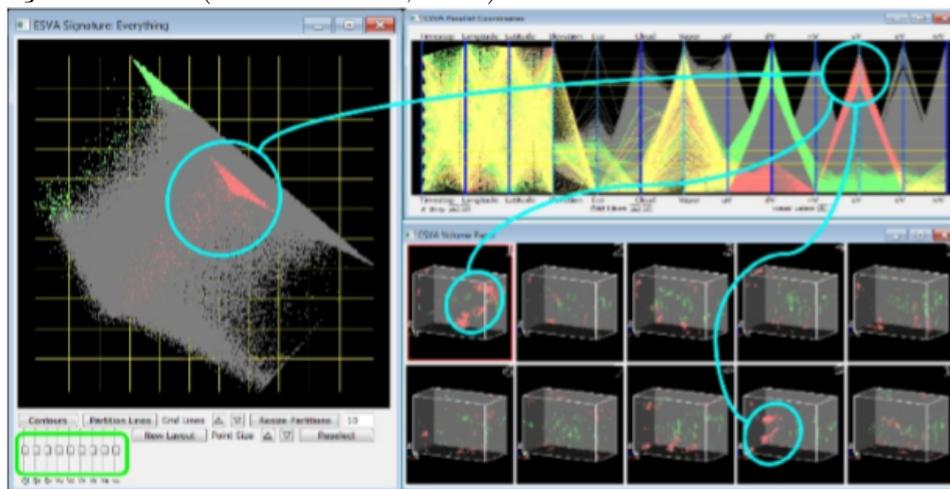
No estudo relatado por Wang (WANG; HUYNH; WILLIAMSON, 2013), é usada a plataforma Google Earth como ferramenta central, compondo outras diferentes visualizações, como gráficos vetoriais 3D ou radiais para representar a direção do vento em diferentes posições de uma área, como podemos ver na Figura 2.1 Já a ferramenta apresentada por Leung (LEUNG et al., 2014) é implementada utilizando gráficos 3D e 2D, como gráficos de fluxo e matrizes de dispersão para a visualização de dados climáticos genéricos. A Figura 2.2 demonstra as interações entre determinadas ferramentas.

Figura 2.1: Gráficos vetoriais 3D representando a direção do vento em diferentes posições de uma área. Fonte: (WANG; HUYNH; WILLIAMSON, 2013)



A maioria das aplicações que utilizam dados em escalas globais (GRAVES; RAMACHANDRAN; BERENDES, 2012) manipulam uma quantidade enorme de informações, o que demanda otimizações para diminuir o tempo de processamento. Esse tipo de problema é analisado no domínio da computação de alto desempenho. Um dos trabalhos encontrados no processo de revisão apresenta um framework

Figura 2.2: Demonstrações das interações entre as ferramentas de visualização de informações. Fonte: (LEUNG et al., 2014)



adaptativo para visualizações e simulações de fenômenos climáticos críticos como ciclones (MALAKAR; NATARAJAN; VADHIYAR, 2010). Os dados nesse tipo de aplicação tendem a ocupar um espaço considerável em disco, além de implicarem em maior tempo para a apresentação dos resultados do processamento. Malakar et al. (MALAKAR; NATARAJAN; VADHIYAR, 2010) propõem uma maneira mais efetiva, com menor custo de espaço e maior velocidade na produção de resultados. Nesses dois trabalhos não são relatadas, entretanto, técnicas de visualização dos dados, mas contemplam a área de dados climáticos em si.

Nos sistemas de monitoramento, um dos maiores problemas para obtenção de dados é o custo dos sensores. Motivado por essa questão, Pokric et al. (POKRIC et al., 2014) apresentam um monitor que dispõe de sensores de baixo custo e implementam um *dashboard* de visualização simples, utilizando medidores radiais para monitorar os dados climáticos capturados (ver Figura 2.3).

Outro trabalho que também busca custo baixo como objetivo principal é o de Lopez e Villaruz (LOPEZ; VILLARUZ, 2015), que utiliza sistemas baseados em Arduino para o processamento de dados climáticos, o que resulta em menor custo em comparação a outros microprocessadores comumente empregados para esse fim. Lopez e Villaruz também propuseram um painel com medidores radiais e gráficos de séries temporais para a visualização dos dados processados pelos arduinos (ver Figura 2.4).

Além do monitoramento de áreas abertas em cidades, prédios ou matas, também é comum o monitoramento de áreas fechadas, especialmente locais de armazenamento de animais. No trabalho de González et al. (González et al., 2017), os

Figura 2.3: Exemplo de Aplicação Web para visualização de dados de sensores climáticos. Fonte: (POKRIC et al., 2014).



autores mostram um estudo sobre diferentes sistemas de análise e algoritmos de processamento de imagens usados no monitoramento de atividades avícolas em granjas reprodutoras.

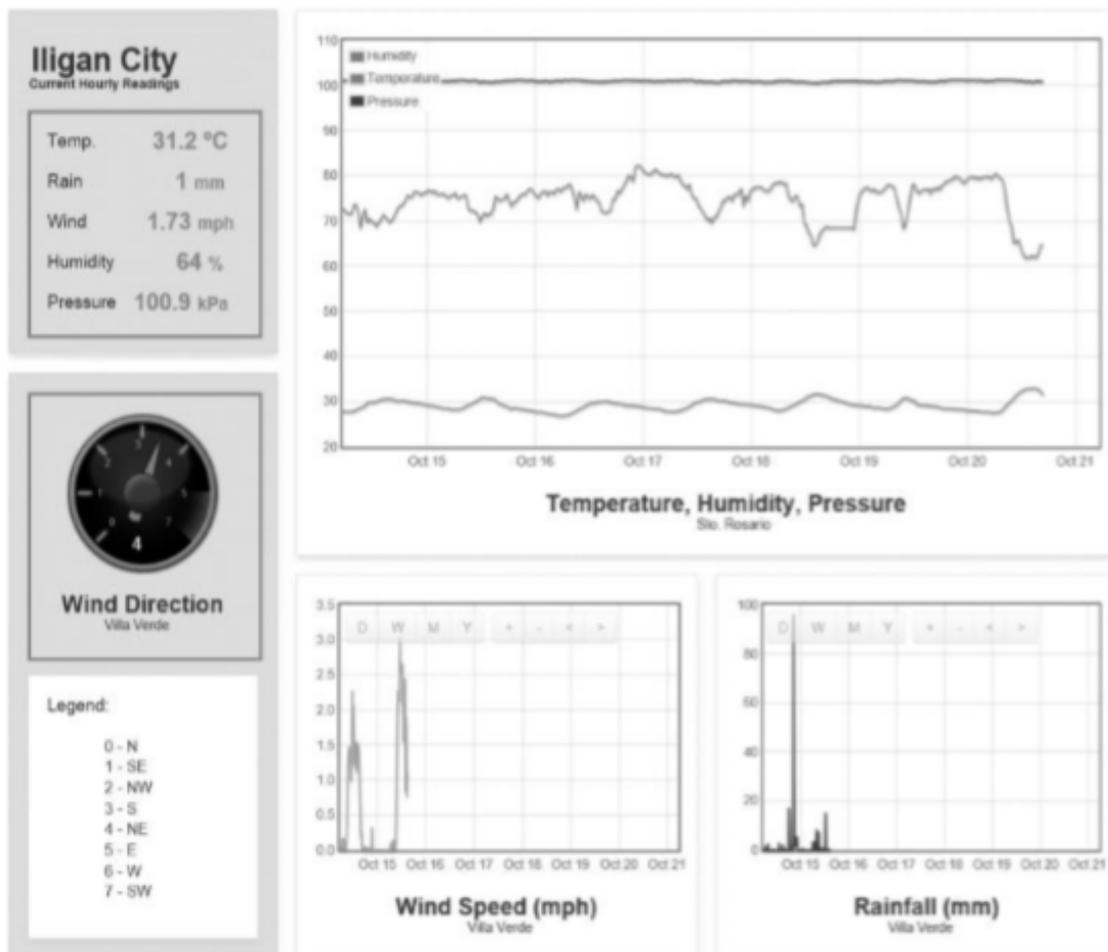
Outros autores tratam da análise e da gerência de dados em diversos ecossistemas, como *aquafarms* (Kim; Ceong; Jung, 2007) e estufas (Hyun; Huh; Park, 2018).

O trabalho de Ceong et al. (Kim; Ceong; Jung, 2007) apresenta diferentes tipos de visualização para dados de sensores com a intenção de administrar criações de peixes (ver Figura 2.5). As visualizações desse trabalho foram criadas para facilitar a compreensão dos usuários, sendo que é possível observar o tempo, o dado em si, sua representação e análises.

Hyun et al. (Hyun; Huh; Park, 2018), descrevem a experiência de implementar uma plataforma para analisar informações de uma estufa (ver Figura 2.6). Nesse trabalho, os dados também são capturados por sensores. Tanto o trabalho de Ceong et al. (Kim; Ceong; Jung, 2007) como o de Hyun et al. (Hyun; Huh; Park, 2018) utilizam gráficos de séries temporais como parte central para a visualização dos dados.

Após a análise dos artigos citados acima, percebeu-se que ainda existe uma

Figura 2.4: Painel para monitoramento on-line e visualização de dados climáticos. Fonte (LOPEZ; VILLARUZ, 2015).



carência na análise e na visualização de dados em aviários. Os produtores precisam de uma aplicação simples e de fácil compreensão que atenda suas necessidades específicas, como a análise do tempo, da umidade e da temperatura. E principalmente, que os auxiliasse a aprimorar a produção e, conseqüentemente, a reduzir as mortes das aves. A aplicação proposta nesta dissertação não difere dos demais artigos somente no tema, mas também no aperfeiçoamento das funcionalidades.

Figura 2.5: Página principal do sistema de visualização, contendo textos e imagens junto com gráficos bidimensionais e tridimensionais. Fonte (Kim; Ceong; Jung, 2007).



Figura 2.6: Gráfico para análise de dados ambientais. Fonte (Hyun; Huh; Park, 2018).



3 METODOLOGIA E FUNDAMENTAÇÃO DO DESIGN

A metodologia adotada na concepção do sistema e que refletiu também no desenvolvimento da aplicação usada como estudo de caso seguiu os seguintes passos (KNAFLIC, 2015):

- Captura dos dados
- Filtragem de dados
- Mapeamento da visualização
- Implementação

Este capítulo apresenta cada um desses passos, resumindo os métodos principais utilizados no trabalho.

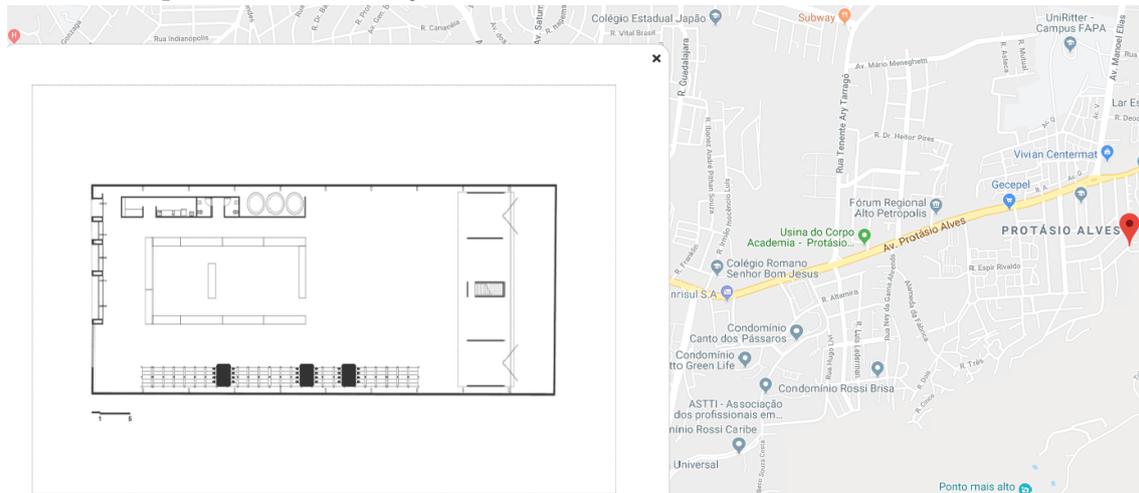
3.1 Captura dos Dados

A captura de dados é feita em pontos específicos dentro de um aviário com o objetivo de monitorar o ambiente (ver Figura 3.1 para um exemplo). Além dos sensores climáticos, como temperatura, pressão atmosférica, velocidade do vento e umidade, são utilizadas balanças dispostas dentro do ambiente para calcular o peso médio das aves. Existe também uma contagem manual de aves mortas. Essa contagem é feita por uma pessoa que acessa o local e conta o número de aves mortas, removendo-as. Após o cálculo, o responsável cadastra o número de aves em uma aplicação que salva essa informação em um servidor. Os dados obtidos pelos sensores são recebidos no servidor em intervalos de um segundo, gerando cerca de 86.400 registros por dia, i.e., um volume bastante grande de dados.

3.2 Filtragem dos Dados

Algumas das informações coletadas não são importantes para o usuário deste sistema. Portanto, foi executada uma filtragem manual dos dados, para remover entradas com informações inconsistentes e desnecessárias, como variáveis de sistema

Figura 3.1: Mapa com localização de um aviário e respectiva planta baixa com símbolos representando 3 conjuntos de sensores no local.



e identificadores. A aplicação tem seu foco nos dados do ambiente. Sendo assim, foram considerados dados de temperatura, pressão atmosférica, umidade e ventilação. Além disso, também inclui o peso médio dos animais e a contagem de aves mortas.

3.3 Mapeamento de dados para representações visuais

Essa etapa de mapeamento tem como objetivo escolher as técnicas de visualização que apresentem graficamente os dados capturados de maneira intuitiva para o usuário. Normalmente, são utilizadas representações em formato de texto, tabelas, gráficos e diagramas. Para representar o ambiente interno dos aviários, foi utilizada uma planta baixa que corresponde ao local onde as aves se encontram (ver Figura 3.1). Nessa planta baixa, símbolos foram utilizados para representar as posições dos grupos de sensores dentro do espaço interno do aviário.

Para representar os dados capturados por cada estação presente no ambiente, foram utilizadas as seguintes técnicas de visualização: um mapa de calor para exibir o histórico dos valores de uma variável selecionada ao longo dos 365 dias do ano; gráficos de linha para exibir séries temporais; *gauges* para o monitoramento dos dados mais recentes; e *boxplots* para exibir os dados de microclima de forma sumariada. Lembrando que, a escolha do mapa de calor ocorreu pela sua facilidade de compreensão perante o usuário e por permitir a representação sumariada de todas as células de datas e seus valores através de cores e textos. Porém, se o usuário quiser saber as informações e dados capturados em um dia e hora específico, os gráficos de linha

são os que possibilitam a união de essas todas informações juntamente com a sua visualização completa. Já os *gauges* foram escolhidos por apresentar da melhor maneira dois elementos simultâneos, o valor atual e os valores de mínimos e máximos. Por último, os *boxplots* são uma ótima ferramenta de visualização secundária para absrair os valores totais dos gráficos de linha citados anteriormente. A forma como estas técnicas foram utilizadas, será explorada com mais detalhes no Capítulo 4.

3.4 Detalhes de Implementação

Para o usuário duas questões eram fundamentais: a performance da aplicação e os resultados a serem obtidos, uma vez que esses poderiam auxiliá-los a melhorar a produção do aviário, ou seja, descobrir uma forma de diminuir as mortes das aves. Assim sendo, após o levantamento dos requisitos e mapeamento das visualizações, um protótipo foi construído para executar em navegadores Web. Para isso, foi utilizado javascript juntamente com a biblioteca de funções jQuery, com a intenção de facilitar as interações com a aplicação Web.

Para o desenvolvimento e renderização de gráficos foi utilizado o SVG, uma linguagem XML para descrever de forma vetorial desenhos e gráficos bidimensionais, e o HTML5, que contém diferentes funcionalidades para desenhos. As bibliotecas javascript D3.js e Plotly forneceram as funcionalidades para a construção de gráficos utilizando SVG. Para facilitar o desenvolvimento com HTML5, foi utilizada a biblioteca Echarts.

Para desenvolver gráficos mais complexos com baixo impacto no desempenho, foram utilizadas as bibliotecas baseadas na linguagem SVG. Para gráficos com maior densidade de pontos e elementos a serem renderizados no navegador, foi usada a biblioteca baseada em HTML5.

Essa escolha foi feita, porque as bibliotecas que utilizam SVG para o desenho descrevem todas as informações dos desenhos criados no DOM, o que ocasiona o aumento de memória consumida pela aplicação. Já o HTML5 utiliza o elemento canvas para desenhar, populando o DOM da aplicação com apenas um nodo, o que auxilia consideravelmente na melhora do desempenho em gráficos com maior número de informações (JOHNSON; JANKUN-KELLY, 2008).

O software de banco de dados utilizado nessa aplicação para o gerenciamento e armazenamento de dados enviados pelos sensores foi o MongoDB. Este software

foi escolhido pela facilidade de configuração e por utilizar a mesma linguagem base da aplicação, o Javascript. Testes de performance foram feitos para entender como o tempo de busca dos dados impacta na aplicação, uma vez que ela usa como seu principal filtro de dados a data em que o dado foi capturado. Um índice foi utilizado tendo como campo central a data em que os dados foram capturados. A estrutura do banco de dados é bem simples. Existe nos documentos um campo para cada tipo de dado capturado pelos sensores, um campo para identificar de qual grupo de sensores ele pertence e a data em que o dado foi capturado.

4 PROPOSTA DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS

Neste capítulo, a aplicação desenvolvida como prova de conceito para nossa abordagem ao problema de visualização interativa de dados de sensores será apresentada. A aplicação foi desenvolvida considerando o ambiente de um aviário. A seguir, são descritos o conjunto de dados obtidos a partir dos sensores, as técnicas de visualização escolhidas, incluindo a representação espacial inicial, assim como as possibilidades de interação com as visualizações.

4.1 Dados Climáticos

Os dados do modelo climático utilizados nesse trabalho são dados fornecidos por sensores localizados na parte interna de um aviário, conforme mencionado anteriormente. Estes dados foram providos por uma empresa de monitoramento climático de aviários, com dados dentro de um período de 3 meses. Alguns sensores não foram mantidos ativos dentro deste período. Nestes casos, esses valores foram ignorados e apenas os sensores ativos foram utilizados.

Além dos dados climáticos, como temperatura, pressão atmosférica e umidade, o número de animais mortos também foi cadastrado. Como mencionado no Capítulo 3, esse número é cadastrado por um funcionário do aviário em diferentes momentos do dia. Por este motivo, não estava contido nos dados enviados pelos sensores. A fim de criar um cenário que contivesse esse dado, valores fictícios de mortes de animais foram criados usando um script e utilizados para popular o banco de dados com essa informação. Determinados valores, portanto, estão salvos no banco de dados, mas não foram geradas visualizações para eles até o momento.

Como comentado anteriormente, os dados são armazenados em um banco de dados utilizando o software MongoDB. Eles são acondicionados em documentos, onde cada atributo constitui um dado climático capturado pelo sensor. Os dados cedidos foram de uma amostragem dentro do período de três meses. As entradas de dados são separadas em intervalos de três segundos, contendo o valor capturado de seus respectivos sensores climáticos. Atualmente, a massa de dados fornecida pela empresa que lida com aviários tem o tamanho de aproximadamente um gigabyte.

4.2 Visão Geral do Sistema

A interface inicial da aplicação exibe um mapa com a localização de um ou mais ambientes a serem monitorados, correspondendo a uma visão geral na abordagem *overview+detail* usada em visualização de informações (SHNEIDERMAN, 1996) e, em detalhe, a representação em planta baixa do ambiente monitorado, como ilustrado na Figura 3.1.

O mapa é exibido utilizando a interface de programação de aplicações (API) Google Maps. A partir das funções fornecidas pela API, são posicionados ícones que representam a localização dos aviários. Clicando com o cursor sobre um destes ícones, é exibida a planta baixa do ambiente selecionado com símbolos indicando a localização dos sensores geradores dos dados a serem coletados para monitoramento.

A Figura 3.1 mostra três conjuntos de sensores localizados na parte inferior da planta baixa. Cada símbolo, ao ser selecionado, exibe um botão para acessar os dados daquele conjunto de sensores juntamente com um resumo dos últimos dados capturados representados em um gráfico do tipo barra, como pode ser visto na Figura 4.1. Nesta interface, gráficos apresentam os últimos dados capturados por aquele conjunto de sensores posicionados na parte interna do ambiente.

Na janela seguinte (ver Figura 4.1), um conjunto de gráficos é mostrado com o resumo dos atuais dados capturados. Esse conjunto de visualizações foi projetado para cobrir as principais necessidades no monitoramento, na análise e na visualização dos dados climáticos de um ambiente.

Figura 4.1: Visualização exibida quando o usuário seleciona a estação climática a ser monitorada. Os gráficos indicam os valores atuais de cada uma das variáveis monitoradas.



Uma vez que o usuário clique no botão “Abrir Aplicação”(ver Figura 4.1), a tela usada para inspeção dos dados obtidos através da estação climática escolhida é exibida. A Figura 4.2 ilustra esta interface. Na parte superior, é apresentada a lista dos dias do ano, os relógios na parte central, indicam o estado atual de cada variável, ao passo que o gráfico na parte de baixo mostra a evolução das variáveis no tempo. Os diversos elementos de interface serão detalhados na próxima seção.

Figura 4.2: Visão geral da interface para exploração e análise dos dados de um sensor.

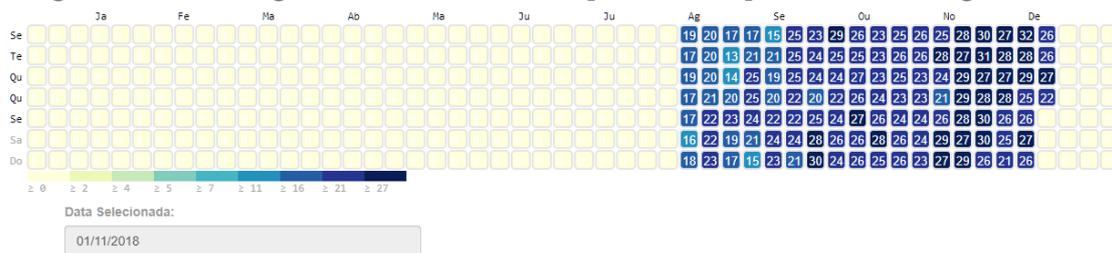


4.3 Técnicas de Visualização

Para a visualização e análise dos dados capturados pelos sensores, foram escolhidas técnicas condizentes com o tipo do dado e com a necessidade de análise pelos *stakeholders*.

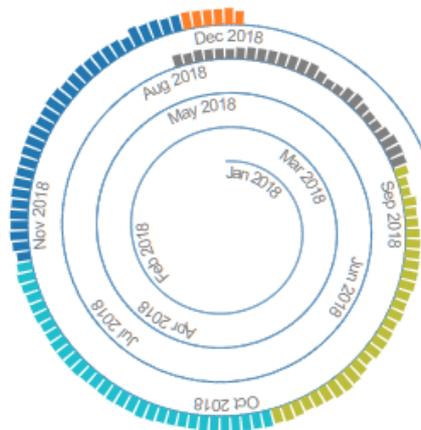
Para proporcionar uma visualização geral dos dados climáticos, foi escolhida uma representação em forma de calendário, com 7 linhas e 52 colunas, totalizando 365 células. Desta forma, os dados referentes a cada dia do ano são divididos em semanas. A cor de cada célula representa o valor da variável selecionada para visualização. Um mapa de calor (*heatmap*) é usado para determinar a cor de cada célula. Células representando dias onde não houve sensoriamento de dados, são exibidas em amarelo claro. A Figura 4.3 mostra um exemplo desta visualização.

Figura 4.3: Visão geral dos dados de temperatura capturados ao longo do ano.



Além da representação em calendário, também foi desenvolvido um gráfico de barras em espiral (ver Figura 4.4), para auxiliar na visualização dos dados apresentados. Esse gráfico de barras apresenta os dias do ano em uma espiral para representar a totalidade dos dados de maneira que não ocupe muito espaço na janela da aplicação e consiga traduzir as informações também contidas na tabela de dias de maneira simples.

Figura 4.4: Gráfico em espiral para visualização dos dados do calendário, facilitando a análise comparativa.



A representação do calendário é também utilizada para selecionar o período a ser visualizado nos gráficos radiais e de séries temporais. Selecionando um ou mais dias no mapa, esses serão o período base de filtragem dos dados.

Em conjunto as células do calendário, um gráfico com medidores radiais foi implementado para apresentar os mínimos e máximos mencionados anteriormente, bem como o valor instantâneo de cada variável.

Dados específicos representando um conjunto de informações também foram modelados utilizando o medidor radial, como o vento, que tem como seus atributos a velocidade e a direção. Para representar esse conjunto de informações, um medidor radial foi utilizado para descrever a velocidade e um medidor circular foi

implementado internamente ao medidor radial para indicar a direção do vento. A Figura 4.5 ilustra os medidores radiais utilizados.

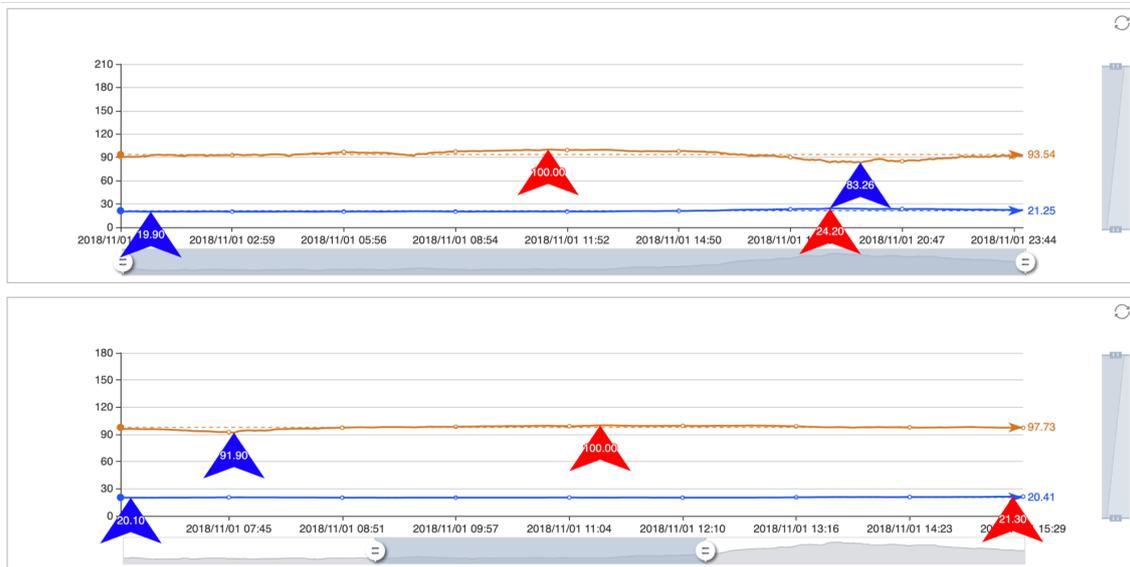
Figura 4.5: Representação das variáveis capturadas em medidores radiais.



A partir dos medidores radiais, o usuário pode escolher uma ou mais variáveis que serão exploradas em sua dimensão temporal através de um gráfico de séries temporais. Na Figura 4.5, os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram selecionados para análise de sua evolução no tempo.

A Figura 4.6 mostra o gráfico de séries temporais utilizado para exibir a evolução no tempo dos valores de temperatura e umidade relativa do ar. As setas azul e vermelha indicam o maior e menor valor encontrados no período inspecionado, respectivamente. As retas pontilhadas horizontais representam o valor médio no período indicado no gráfico. Nos eixos x e y se encontra ainda uma ferramenta de *zoom* para permitir que o usuário veja com em detalhe os dados no intervalo desejado. Para melhor ilustrar esta funcionalidade, o gráfico exibido no alto da Figura 4.6 mostra a evolução de temperatura e umidade no dia 01/11/2018 entre as 00:01 e as 23:44. O gráfico embaixo na mesma figura, mostra os mesmos dados, porém entre as 06:36 e as 15:29 do mesmo dia.

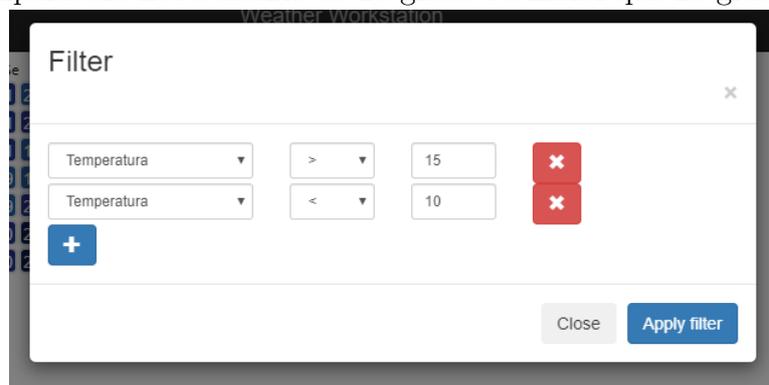
Figura 4.6: Gráfico de séries temporais exibindo a evolução no tempo das variáveis de temperatura e umidade relativa do ar, selecionadas na Figura 4.5. O gráfico inferior ilustra as mesmas variáveis do gráfico superior, porém filtrados para um período mais curto.



Como explicado anteriormente, a quantidade de dados manipulada é consideravelmente grande. Então, com o objetivo de melhorar o tempo de resposta da aplicação e o desempenho de exibição no navegador Web, foi utilizada uma biblioteca para desenvolvimento de gráficos baseada em canvas, que tem melhor desempenho que as bibliotecas que utilizam como base de desenho o padrão SVG.

Para filtragem dos dados renderizados no gráfico de séries temporais, foi desenvolvido um *widget* de filtros onde o usuário pode criar uma expressão lógica de filtragem com o objetivo de retornar apenas os dados que satisfazem essa expressão, como pode ser visto na Figura 4.7.

Figura 4.7: Ferramenta de filtragem de dados. Neste caso, selecionando os momentos em que a temperatura ficou abaixo de 10 graus ou maior que 15 graus.



Em um aviário, é muito importante manter a estabilidade microclimática do

local, pois os animais são sensíveis a todo o tipo de mudança no ambiente (NARDONE et al., 2010). Logo, o monitoramento dos sensores também foi levado em consideração no conjunto de visualizações da aplicação. Para resumir os últimos dados capturados pelos sensores, um conjunto de células foi desenhado, retratando cada tipo de dado capturado por eles. Como cada dado tem seus extremos, um cadastro de mínimos, máximos e intermediários foi criado para o usuário definir cada extremo que representa a sua realidade. Na Figura 4.8 um exemplo é apresentado.

Figura 4.8: Especificação de valores mínimos e máximos dos medidores radiais.

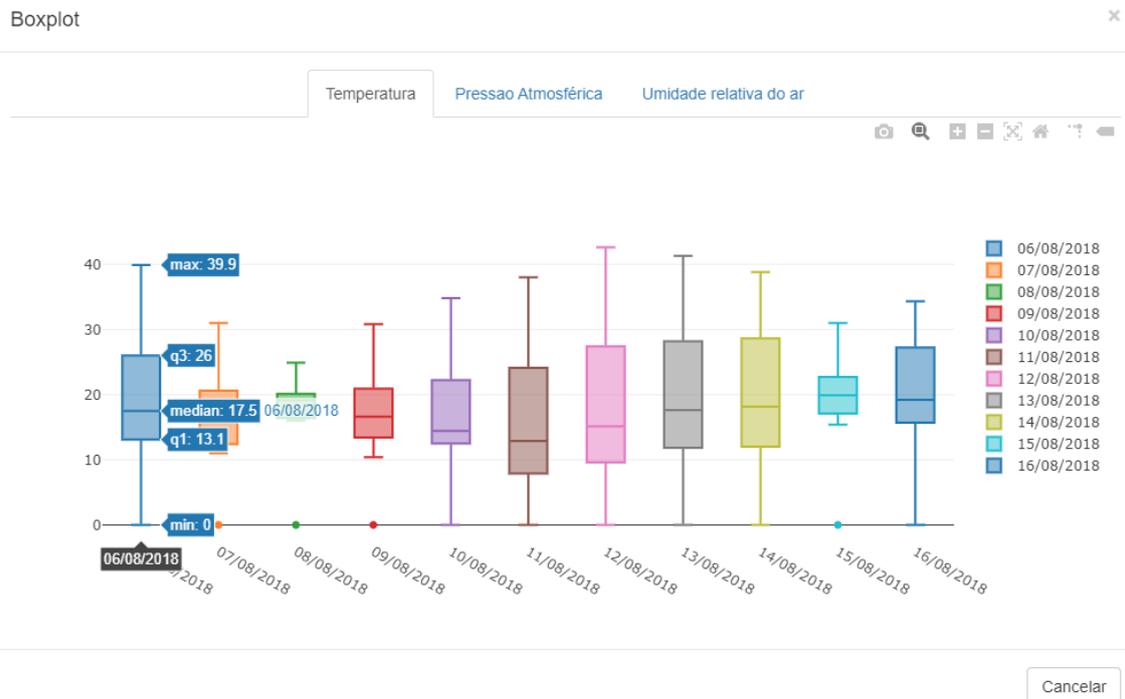
Sensor	Mínimo	Intermediário	Máximo
Temperatura:	20	50	100
Pressão:	1000	2000	3000
Umidade relativa do ar:	20	50	100
Vento:	20	180	360
Luminosidade:	2000	4000	6000
CO2:	1000	2000	3000
SO2:	1000	2000	3000
Número de aves mortas:	10	50	80

Finalmente, como forma de abstrair os dados e dar uma nova opção de visualização ao usuário, foi proposto um gráfico do tipo *box plot*, tendo como objetivo o detalhamento com melhor precisão da distribuição dos dados apresentados na aplicação, bem como oferecer um meio mais apropriado para comparação entre os dias e os dados selecionados.

A partir dos dados utilizados na representação de séries temporais, foi gerado um diagrama de caixas por dia dos diferentes tipos de informações climáticas do ecossistema local. Ao clicar duas vezes sobre o gráfico de séries temporais é gerada uma janela, onde são exibidos os diagramas separados por abas. Cada aba contém um tipo de informação selecionada na aplicação, como apresentado na Figura 4.9. A figura mostra o diagrama de caixas onde etiquetas marcam para cada dia do período selecionado, o limite mínimo, o primeiro quartil, a mediana, o terceiro quartil e

o limite máximo. Os elementos discrepantes no diagrama são simbolizados como círculos e se encontram acima do limite máximo ou abaixo do limite mínimo.

Figura 4.9: Diagrama de caixas exibindo dados climáticos em um período.



5 AVALIAÇÃO COM USUÁRIOS

A fim de avaliar a efetividade do sistema desenvolvido no que diz respeito a sua utilidade e usabilidade, foram conduzidos testes controlados com 8 usuários não especialistas na análise de dados climáticos. Foram coletados dados qualitativos e quantitativos através de questionários, medidas de tempo, bem como com o auxílio de um eye-tracker Tobii x2-30 Compact.

5.1 Procedimento

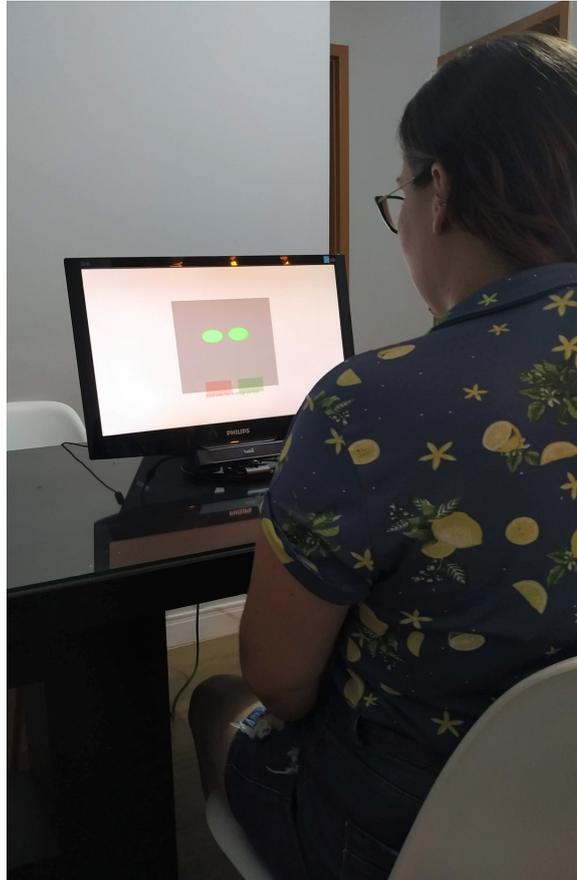
Primeiramente, o usuário era aconselhado a sentar-se de maneira confortável. A principal razão para isto é que o eye-tracker apenas rastreia o movimento dos olhos do usuário e não de sua cabeça. Desta forma, ao longo dos testes, pede-se que o usuário não movimente a cabeça.

Em seguida, o condutor dos testes explicava ao usuário o objetivo da aplicação e as diversas visualizações, que seriam usadas durante o teste. Eram explicadas, de forma verbal, cada funcionalidade da tela principal, com o intuito de guiar o usuário para que ele executasse as tarefas que serão propostas. Assim sendo, foram explicados o funcionamento do calendário, o que ele representa, e as funcionalidades de seleção de datas e períodos. Da mesma forma, eram apresentados ao usuário os medidores radiais e explicados sua funcionalidade de seleção de dados para visualização no gráfico de séries temporais. Também eram explicados o funcionamento a medição dos extremos de cada tipo de dado. Por último, eram apresentados o gráfico de séries temporais, a sua funcionalidade de zoom e a sua interação com as outras visualizações.

Na próxima etapa dos testes, era realizada a calibração do usuário utilizando o eye-tracker. A calibração é feita utilizando uma aplicação secundária juntamente com o kit de desenvolvimento de software fornecido pela empresa Tobii, que adapta a captura do movimento dos olhos a diferentes pessoas e estaturas. Durante a calibração o primeiro passo executado era ajustar a distância dos olhos em relação ao display. O objetivo dessa etapa era manter o usuário entre 55 e 70 centímetros de distância da tela, como mostra a Figura 5.1. Após o ajuste da distância, o programa realiza uma calibragem utilizando pontos vermelhos. Círculos vermelhos são exibidos na tela e o usuário deve segui-los com os olhos para a regulagem da

movimentação e demarcação das extremidades da tela para a qual o usuário está olhando (ver Figura 5.2). Após a conclusão da calibragem, os testes eram então iniciados (ver Figura 5.3).

Figura 5.1: Primeira etapa da calibragem, onde é calculada a distância entre o usuário e o eye-tracker.

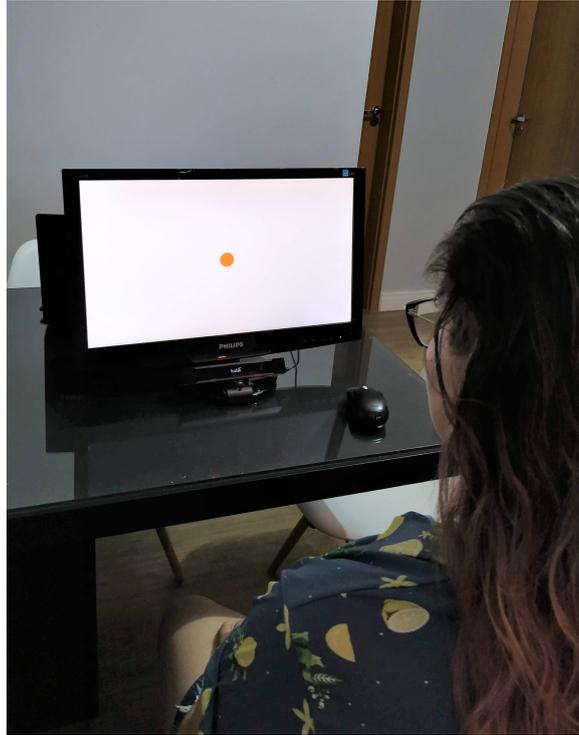


O usuário era então informado que ele realizaria algumas tarefas durante o período de testes. Essas tarefas eram executadas em ordem aleatória, ou seja, nenhum usuário seguiu a mesma ordem de execução. O fluxo dessa etapa baseia-se em: informar o usuário sobre a tarefa, o usuário executar a tarefa em si e, após encontrar a resposta relacionada a ela, informar o resultado à pessoa que aplicou os testes. No início e no fim da tarefa, o aplicador dos testes salvava esses dados em um arquivo para posterior análise.

Ao terminar de executar todas as tarefas, era solicitado ao usuário que respondesse um questionário (ver Apêndice A) para coletar sua avaliação sobre o sistema.

Os resultados dos testes com o usuário eram salvos em um banco de dados para uso posterior. Nesse banco de dados eram salvas as posições em que os olhos se encontravam na tela (x e y) a cada 0.04 segundos.

Figura 5.2: Segunda etapa da calibragem, onde o usuário deveria seguir os círculos vermelhos na tela com os olhos.

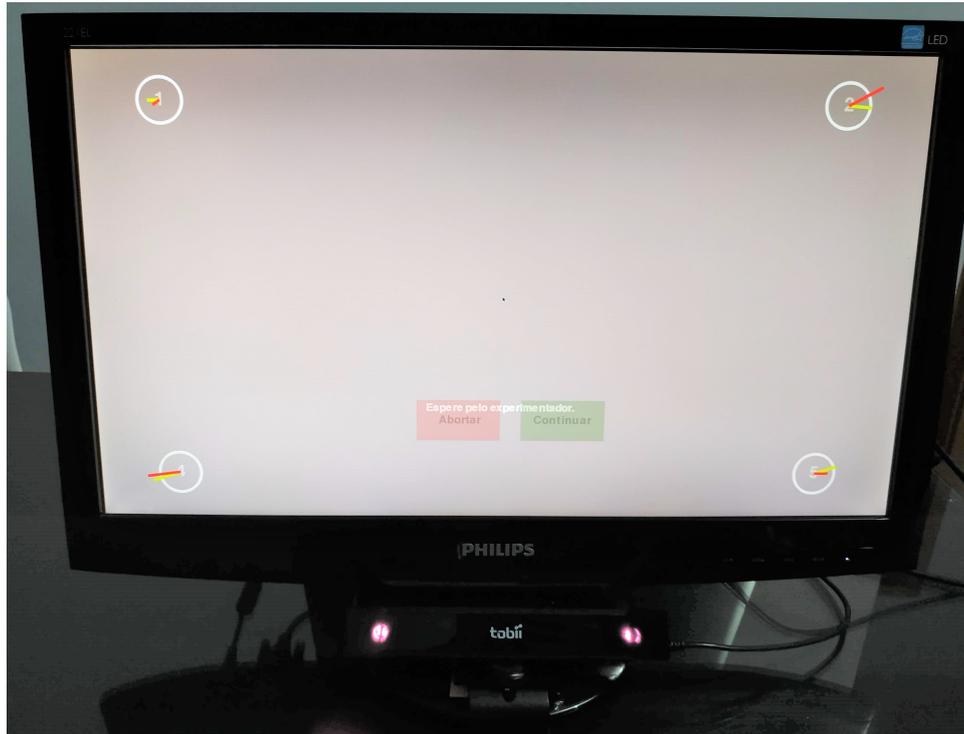


5.2 Tarefas

As perguntas feitas durante os testes foram elaboradas e então validadas por um especialista no domínio da aplicação. As mesmas foram concebidas com o intuito de avaliar a efetividade e usabilidade dos elementos de interface utilizados, ao mesmo tempo simulando tarefas que são usualmente executadas pelos usuários-alvo deste tipo de sistema. Segue abaixo a lista de tarefas utilizadas:

1. Qual a temperatura média no dia 5 de dezembro?
2. Qual o valor máximo e o valor mínimo da temperatura e da umidade entre os dias 3 e 6 de dezembro?
3. Qual a velocidade do vento no dia 5 de dezembro às 14:00?
4. Qual o valor mínimo e máximo da temperatura no dia 6 de agosto entre as 9:00 da manhã e as 15 horas da tarde?
5. No dia 12 de novembro, a ventilação estava com um valor aceitável na última captura do dia?

Figura 5.3: Tela de conclusão da calibração com a exibição dos pontos em que o usuário focou sua visão no testes dos círculos vermelhos.



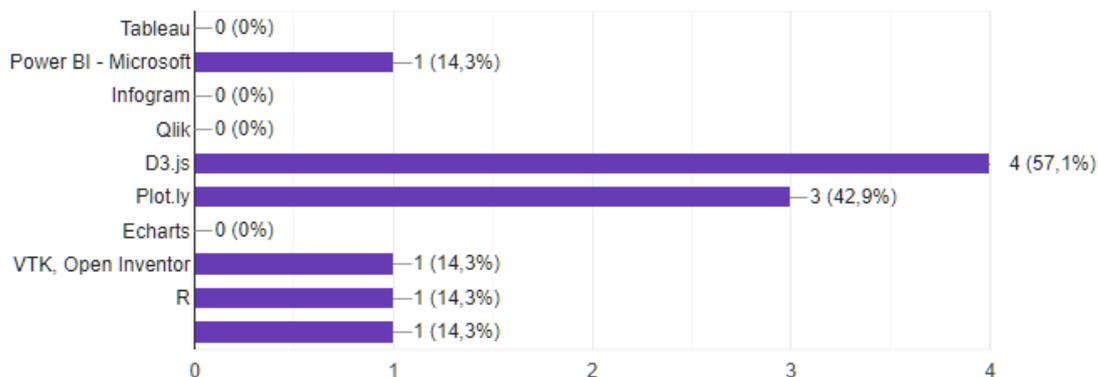
6. Selecione o período do dia 13 ao dia 16 de agosto e verifique se foi um período úmido (com grandes chances de chuva). Observação: Considere um período úmido como um período que tenha a umidade relativa do ar acima de 60 por cento
7. Qual o dia mais quente do ano (assuma que as células amarelas são os dias em que não houve medição e considerando somente as células coloridas no mapa de calor)? Qual o pico de calor?
8. No dia mais quente do ano, a ventilação estava funcionando? Se sim, estava abaixo, normal ou acima do recomendado?
9. No dia 17 de novembro, morreram muitas aves dentro do aviário. Por quê?

5.3 População

A população utilizada nos testes com usuários foi composta basicamente por estudantes de Ciência da Computação na Universidade em que este estudo com conduzido. A idade média dos usuários foi de 27 anos, onde dentre os 8 usuários, 5 se identificaram como homens e 3 como mulheres. Todos os usuários completaram o

ensino superior, cinco apontaram mestrado, um apontou doutorado e apenas 2 o ensino superior. Já a experiência dos usuários com alguma ferramenta de visualização pode ser vista na Figura 5.4.

Figura 5.4: Ferramentas de visualização utilizadas pelos usuários.



5.4 Captura de Dados com Eye-Tracking

Para capturar os dados e calibrar o eye-tracker, foi desenvolvido, em parceria com um colega, um software utilizando a linguagem Ruby, por ser uma das linguagens que a API fornecida pelo hardware aceitava. Este software possui dois botões através dos quais o operador sinaliza o início e o fim da execução de uma tarefa, assim como uma janela contendo todas as ações que o usuário deverá executar durante o teste.

Ao clicar em determinada tarefa, todos os dados e interações com a aplicação são salvos juntamente com o seu identificador, para que seja possível separar os espectros de captura das movimentações oculares por ação. Após a calibragem, detalhada no próximo capítulo, os dados que fazem referência ao posicionamento dos olhos do usuários são salvos em um banco de dados SQLite. A partir dessas informações, um arquivo CSV pode ser gerado.

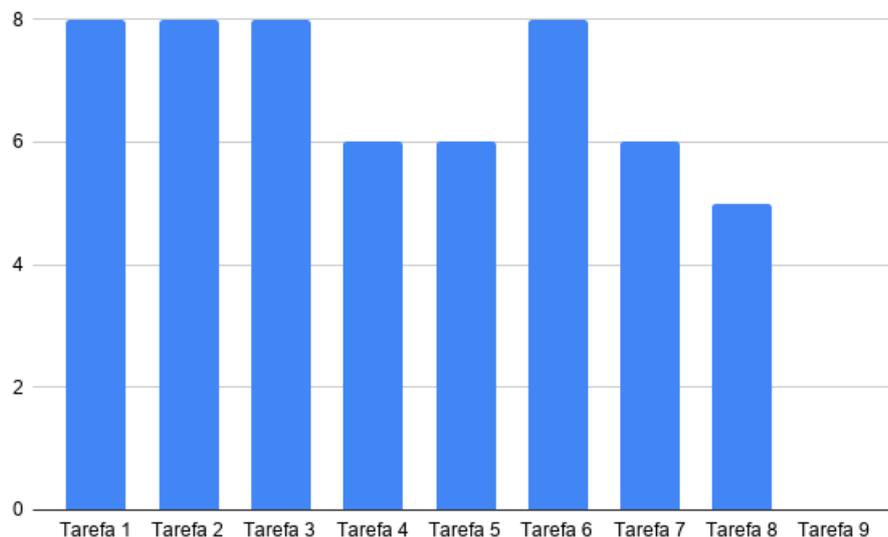
6 RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos a partir dos testes com usuários descritos no Capítulo 5, organizados de acordo com a sua natureza.

6.1 Análise Quantitativa

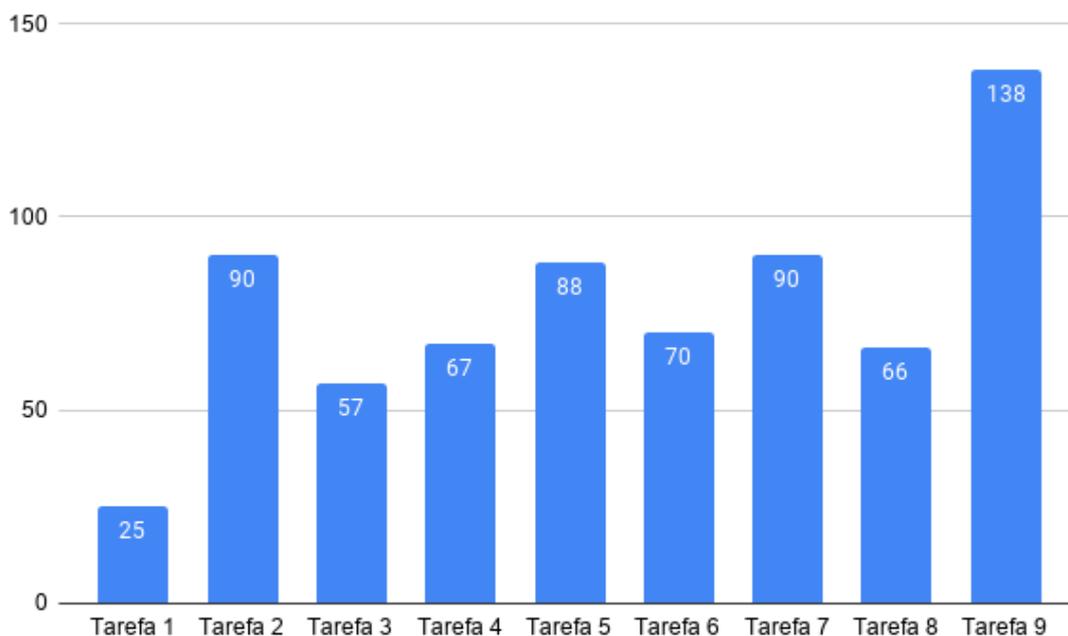
As respostas obtidas durante os testes foram tabuladas e o número de acertos é apresentado no gráfico da Figura 6.1. Com exceção da Tarefa 9, as demais tarefas tiveram um alto número de sucessos. Enquanto 4 tarefas foram concluídas com sucesso por todos os usuários, 3 delas obtiveram 6 acertos e uma 5 acertos.

Figura 6.1: Gráfico com o total de acertos em cada pergunta, considerando os 8 usuários.



A média dos tempos que os usuários levaram para executar as tarefas é apresentada na Figura 6.2. Como podemos ver, a questão que levou menos tempo para ser resolvida foi a Tarefa 1. Por ser uma questão de menor complexidade, era esperado que ela fosse de mais rápida resolução. A tarefa que obteve o maior tempo de execução foi a Tarefa 9. Por ser uma tarefa mais específica e que dependia da exploração do usuário na aplicação como um todo, os usuários, conseqüentemente, levaram mais tempo para concluí-la, como esperado.

Figura 6.2: Gráfico com o tempo médio (em segundos) para a execução de cada tarefa pelos usuários.



Na Tarefa 5, esperava-se que os usuários obtivessem a resposta em bem menos tempo, pois a ideia era apenas selecionar uma data e verificar um valor diretamente nos medidores radiais. Entretanto, algumas pessoas apontaram uma dificuldade para diferenciar as cores que foram utilizadas para representar os extremos no medidor radial, o que pode ter implicado em um maior tempo para avaliação.

A Tarefa 7 também foi concluída em um tempo relativamente maior em relação ao previsto. Mesmo sendo uma tarefa exploratória, era esperado que o usuário localizasse o valor facilmente. Analisando a escala de cores percebemos que o motivo para esse atraso pode ter sido o degrade das cores, ou seja, seria preciso um intervalo maior entre elas para que temperaturas com pouca diferença, por exemplo, pudessem ser visualizadas e distinguidas rapidamente.

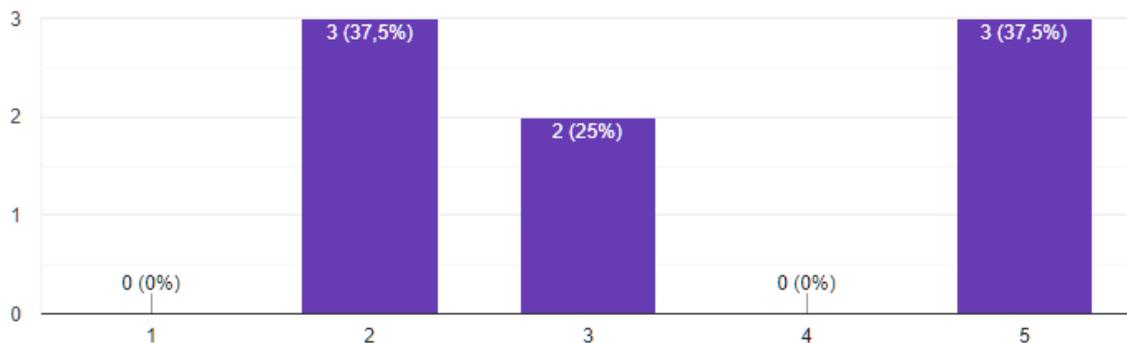
6.2 Análise Qualitativa

A avaliação qualitativa da aplicação foi realizada através da análise individual de cada um dos diferentes tipos de visualização presentes na aplicação. As respostas para todas as questões foram dadas em uma escala Likert de 5 pontos, onde 1 representava “Discordo totalmente” e 5 representava “Concordo totalmente”. O

questionário completo pode ser visto no Apêndice A.1.

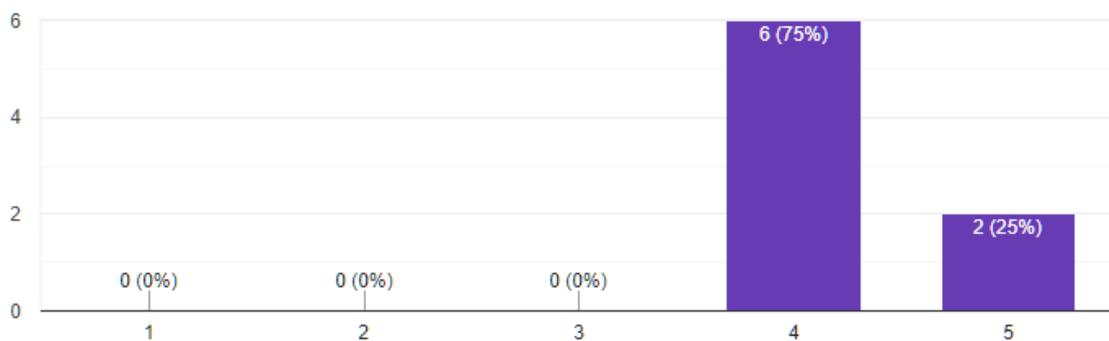
A primeira questão do questionário era em relação a seleção de datas e períodos na escala de cores. O gráfico da Figura 6.3 mostra que os usuários tiveram dificuldade na seleção de datas e períodos. Eles comentaram que as células do calendário estavam muito pequenas e de difícil manuseio. Outro comentário interessante em relação a essa pergunta é que os valores das médias de temperatura na célula os confundiram no início do teste, pois alguns usuários acharam que as médias eram na verdade os dias dos meses. Uma vez que se acostumaram com o que as células representavam, o problema foi resolvido.

Figura 6.3: Resultado obtido na primeira questão do questionário: *Eu consigo selecionar a data ou o período que quero visualizar de maneira fácil.*



Os resultados da segunda questão são apresentados na Figura 6.4 e indicam se os usuários conseguiram visualizar mais de um dado no gráfico de séries temporais de maneira clara. Eles comentaram que em algumas situações acabaram selecionando um dado por vez para facilitar a visualização. É possível que a apresentação dos dados no gráfico de séries temporais esteja muito densa, o que pode ter dificultado na execução das tarefas.

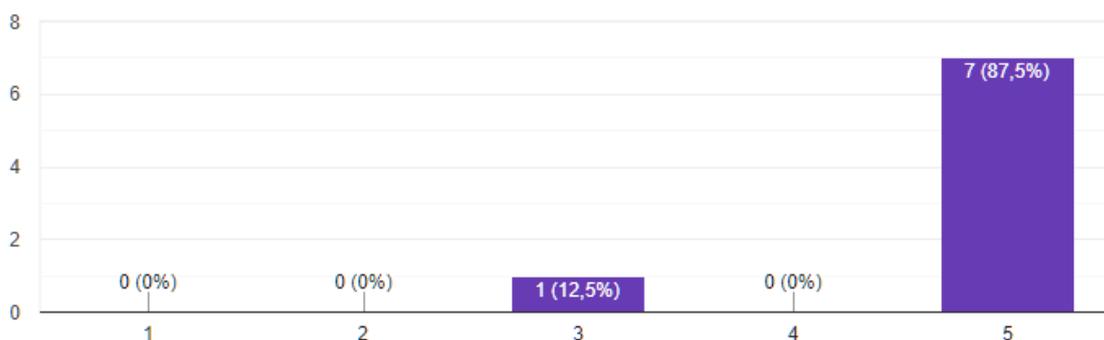
Figura 6.4: Resultado obtido na segunda questão do questionário: *Eu consigo visualizar mais de um dado no gráfico de séries temporais de maneira clara.*



Na Figura 6.5 pode-se verificar que quase todos os usuários concordaram

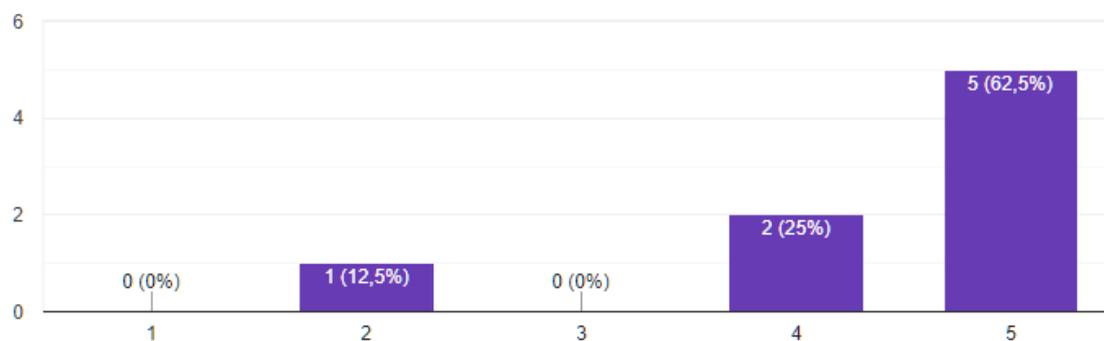
com a afirmação da terceira questão, o que indica que conseguiram adicionar os dados ao gráfico de séries temporais sem nenhum problema. O único comentário no questionário foi em relação a forma de seleção dos dados, que se dá através do clique na célula do medidor radial. Como no calendário foi utilizada a tecla *control* do teclado para selecionar mais de uma data, o usuário imaginou que seria da mesma forma na seleção de dados, o que pode ter atrapalhado a execução da tarefa.

Figura 6.5: Resultado obtido na terceira questão do questionário: *Eu consigo adicionar dados ao gráfico de séries temporais sem nenhum problema.*



A quarta afirmação se referia aos valores máximos e mínimos apresentados no gráfico de séries temporais. A Figura 6.6 mostra que a maioria dos usuários concorda com a afirmação, mas alguns tiveram problemas para visualizar os máximos e mínimos. Os três usuários que não concordaram plenamente com a afirmação comentaram o mesmo problema, que ao selecionar mais de um dado para ser desenhado no gráfico de séries temporais, em alguns cenários os valores máximos e mínimos podem se sobrepor.

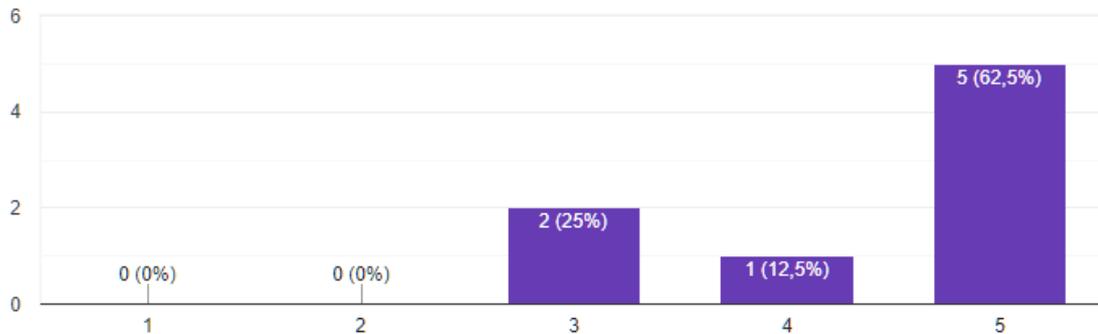
Figura 6.6: Resultado obtido na quarta questão do questionário: *Eu consigo visualizar e diferenciar valores máximos e mínimos do dado selecionado.*



A Figura 6.7 apresenta como resultados que a maioria dos usuários concordou plenamente com a quinta afirmação apresentada no questionário. O único comentário deixado por um dos usuários é de que ele não utilizou o zoom nas tarefas, o que

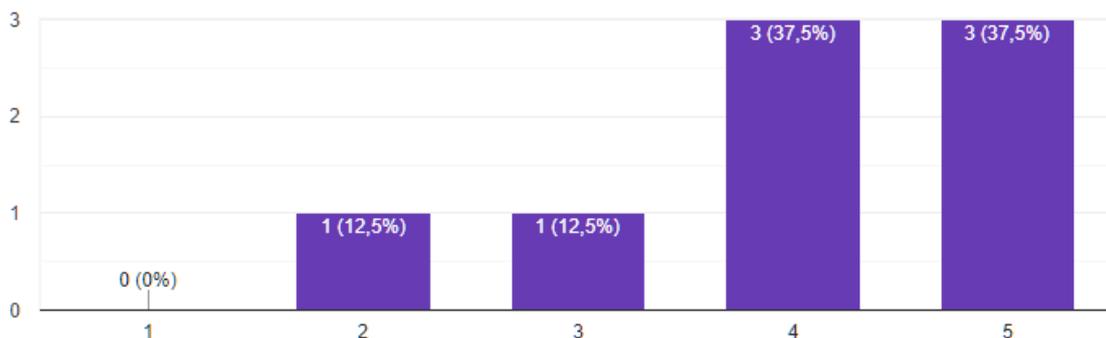
indica que ele pode ter tido dificuldade para finalizar algumas tarefas facilmente.

Figura 6.7: Resultado obtido na quinta questão do questionário: *O zoom me ajuda a melhor visualizar os dados de maneira fácil.*



A última afirmação apresentada no questionário não alcançou uma maioria de aprovações, como pode ser visto na Figura 6.8. Alguns usuários sugeriram modificações nessa parte, pois ficou um pouco confuso para eles identificar se um dado estava muito alto ou muito baixo utilizando os medidores radiais. Uma das modificações sugeridas foi colocar essa informação no próprio gráfico de séries temporais. Dessa forma eles conseguiriam analisar os dados e, ao mesmo tempo, ter essa informação mais próxima da tarefa que estão executando.

Figura 6.8: Resultado obtido na sexta questão do questionário: *Eu consigo identificar quando um dado atingiu um valor alto (alto risco) ou baixo (baixo risco).*



6.3 Análise do Movimento Ocular

Com a captura dos movimentos oculares dos usuários com o eye tracker, para cada tarefa executada foram gerados mapas de calor com todos os pontos da aplicação onde o usuário mais fixou sua visão.

Dessa maneira, para cada tarefa realizada, foi gerada uma imagem com um mapa de calor representando o rastreamento visual do usuário. Assim, foram gerados

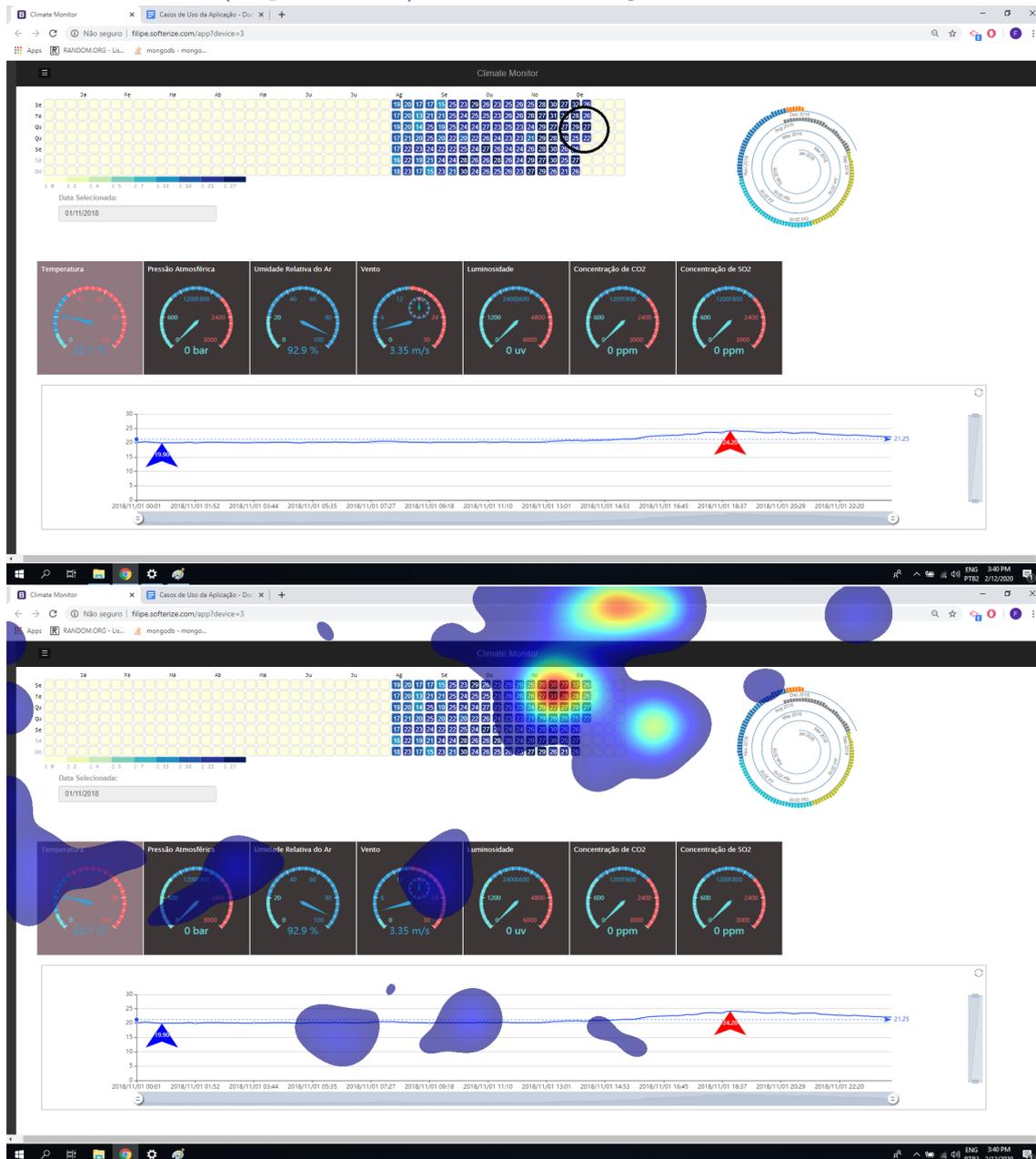
72 mapas de calor. Feito isso, os mapas de calor de cada usuário foram somados a fim de gerar um único mapa para cada uma das 9 tarefas realizadas.

Na parte superior da Figura 6.3, vê-se a tela principal da aplicação, com um círculo preto indicando a área onde se espera que o usuário encontre a resposta para a primeira tarefa. Abaixo, na mesma figura, encontra-se o mapa de calor resultante de todos os 8 usuários que realizaram a primeira tarefa. O objetivo dessa pergunta era que os usuários utilizassem o calendário para descobrir a resposta. No mapa, as zonas azuis são zonas para as quais os usuários olharam, mas não por tanto tempo quanto as zonas vermelhas, que são as zonas onde os usuários mais detiveram sua visão.

Pode-se perceber que o calendário localizado na parte superior da tela foi o foco nessa tarefa, pois os círculos vermelhos estão localizados ali. Pode-se observar também que o ponto de foco acima do calendário é um engano, pois alguns usuários, no momento do teste, movimentaram a cabeça, mudando o ponto de rastreamento do eye tracker. É importante salientar, que por mais que existam pequenas distorções, todos os pontos focais estão sobre o calendário ou próximo dele, o que indica que a maioria dos usuários utilizou esta visualização para executar essa tarefa e o foco está próximo da zona desejada.

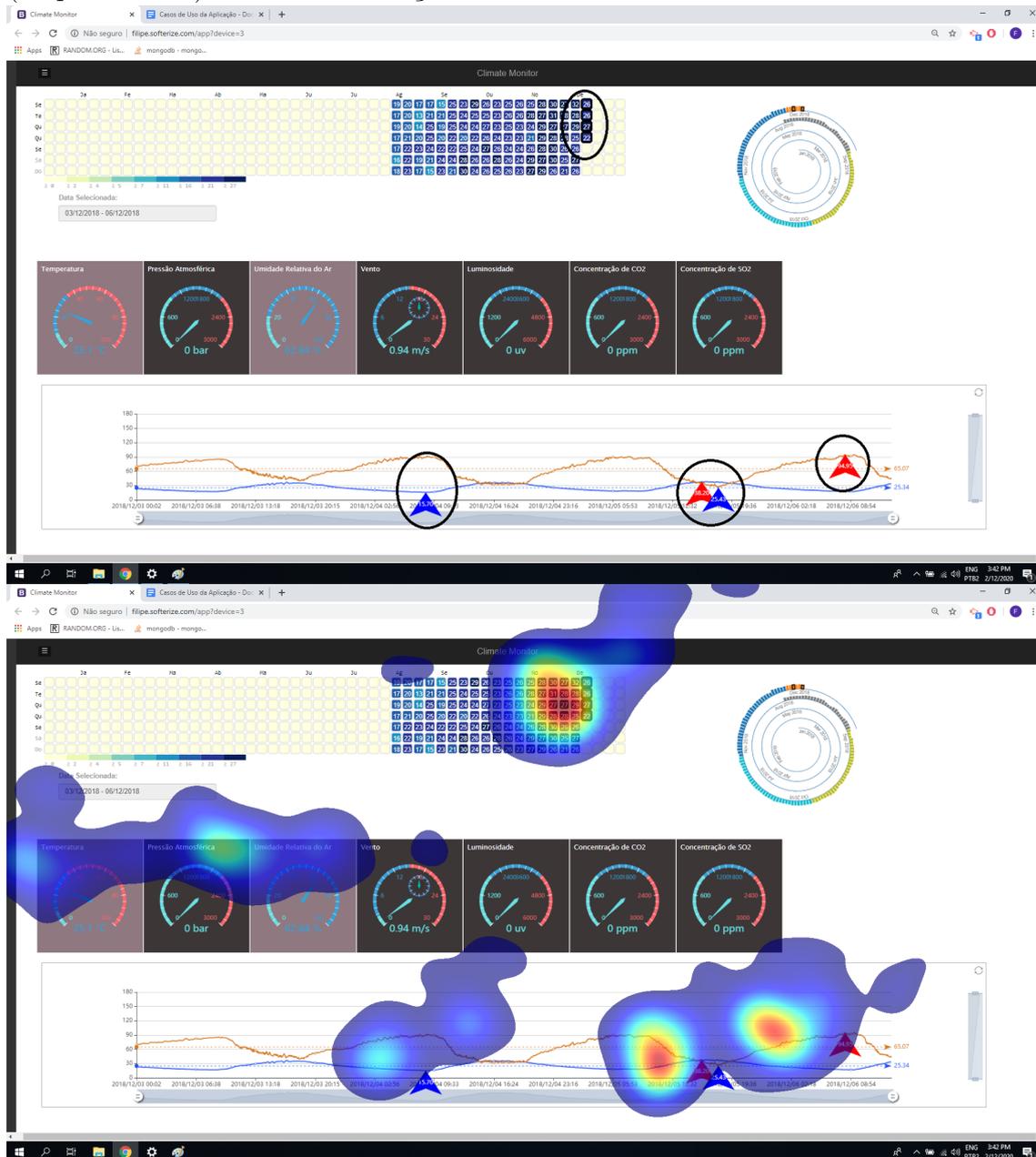
Existem ainda algumas formas azuis espalhadas na parte inferior da tela. Essas formas indicam momentos em que o usuário olhou para aqueles pontos, mas não necessariamente interagiu com a aplicação. Adicionalmente, como indicado na Figura 6.1, todos os usuários encontraram a resposta correta na primeira tarefa, o que reforça a ideia de que a maioria dos usuários executou a tarefa utilizando o calendário.

Figura 6.9: A imagem superior aponta a região identificada com um círculo preto como aquela com a qual o usuário precisa interagir para executar a primeira tarefa: *Qual a temperatura média no dia 5 de dezembro?* A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.



A segunda tarefa tinha como objetivo utilizar a seleção de períodos no calendário para visualizar valores mínimos e máximos de dois dados diferentes. As áreas de foco encontram-se marcadas no topo da Figura 6.10. Como pode-se ver, todas as áreas desejadas foram visualizadas e utilizadas pelos usuários nessa tarefa. As marcas azuis encontradas nos medidores radiais representam as interações para seleção da temperatura e da umidade. Na Figura 6.1, verifica-se que os usuários acertaram todas as respostas, o que evidencia que a tarefa foi realizada como planejado.

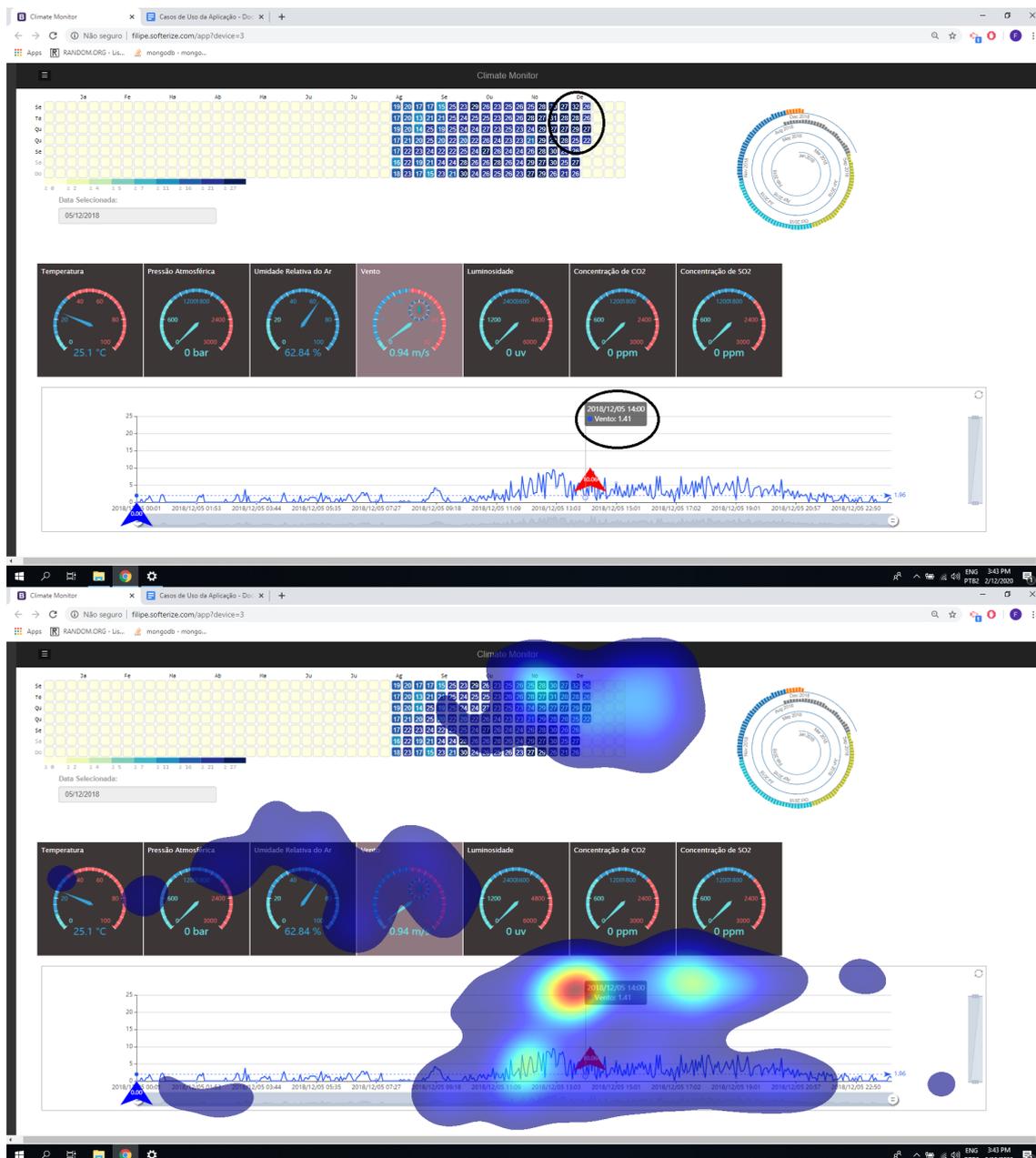
Figura 6.10: A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a segunda tarefa: *Qual o valor máximo e o valor mínimo da temperatura e da umidade entre o dia 3 e 6 de dezembro?*. A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.



Na terceira tarefa, era necessário selecionar uma data e verificar o valor de um dado específico em um certo horário. Como pode-se ver na Figura 6.11, o calendário foi o foco para a seleção da data, o medidor radial foi utilizado para selecionar o dado corretamente e o balão com os valores selecionados foi visualizado para encontrar a solução da tarefa. Nota-se que as áreas de foco foram bem espalhadas nessa tarefa, o que pode indicar dificuldade para encontrar o item procurado, tanto no calendário

quanto no gráfico de linhas. No entanto, pode-se observar que novamente todos os usuários acertaram a resposta da tarefa (ver Figura 6.1).

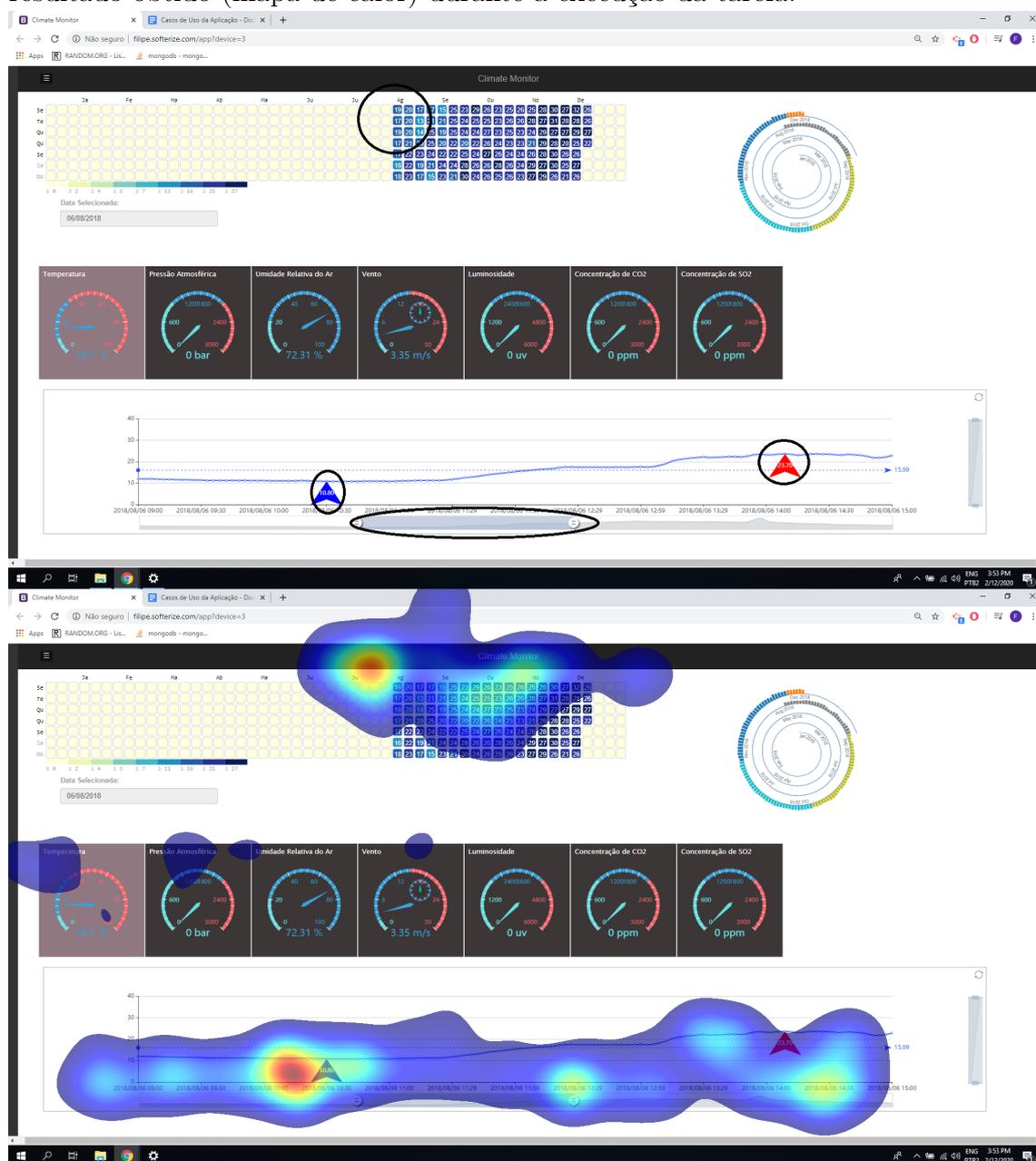
Figura 6.11: A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a terceira tarefa: *Qual a velocidade do vento no dia 5 de dezembro às 14:00?*. A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.



Na Figura 6.12, é apresentado o rastreamento resultante da quarta tarefa. Esta tarefa tinha como propósito selecionar uma data. Para encontrar esse resultado, era necessário utilizar o zoom do gráfico de séries temporais para selecionar um período dentro do dia determinado e verificar o valor mínimo e o máximo dos dados

nesse intervalo. Como pode-se ver pela imagem, novamente houve uma dispersão grande na área do calendário para encontrar a data requisitada. Já na área do gráfico de séries temporais, a distribuição resultante está de acordo com o esperado, pois o usuário precisava interagir com o gráfico até encontrar o intervalo de tempo correto e a resposta.

Figura 6.12: A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a quarta tarefa: *Qual o valor mínimo e máximo da temperatura no dia 6 de agosto entre as 9:00 da manhã e as 15 horas da tarde?* A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.



Nesta tarefa, apenas 6 dos 8 usuários conseguiram chegar na resposta correta,

o que pode ter acontecido em função de alguma dificuldade em interagir com o zoom. Nos testes, também se percebeu que alguns usuários inconscientemente se aproximavam do monitor para visualizar algumas informações contidas dentro dos balões, seja na escala de cores ou no gráfico de séries temporais, o que pode ser um segundo motivo para as inconsistências percebidas. Este resultado também indica que o tamanho de fonte utilizado na aplicação talvez seja pequeno demais para o usuário.

Na quinta tarefa, os usuários precisavam selecionar uma data e verificar um medidor radial específico para encontrar a resposta. O comportamento visto na Figura 6.13 foi um pouco diferente dos resultados descritos anteriormente. Os usuários usaram corretamente a aplicação e os focos marcados na parte superior da imagem foram os pontos principais visualizados pelos usuários. Contudo, a porção mais à direita do gráfico de séries temporais também foi bastante utilizada, já que os medidores radiais utilizam a última captura de dados na data selecionada. Isso indica que a solução buscada podia ser obtida tanto através dos medidores radiais, quanto da parte mais à direita do gráfico de séries temporais.

A tarefa seguinte (sexta), teve como objetivo encontrar a média dos valores de um certo dado dentro de um período. O usuário precisava selecionar um período no calendário para então visualizar a média dos valores na parte direita do gráfico. O mapa de calor apresentado na Figura 6.14 mostra que o usuário efetivamente utilizou o calendário para selecionar o período desejado.

Pode-se notar também que toda a área do gráfico de séries temporais foi visualizada, o que indica que os usuários podem não somente ter utilizado o valor da média encontrado à direita do gráfico mais abaixo, mas também notaram que a maioria dos valores visualizados no gráfico de séries temporais estava acima do valor desejado, chegando na conclusão correta da tarefa. Vale ressaltar também que todos os usuários chegaram à resposta correta nessa tarefa, como pode-se ver na Figura 6.1.

Figura 6.13: A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a quinta tarefa: *No dia 12 de novembro, a ventilação estava com um valor aceitável na última captura do dia?* A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.

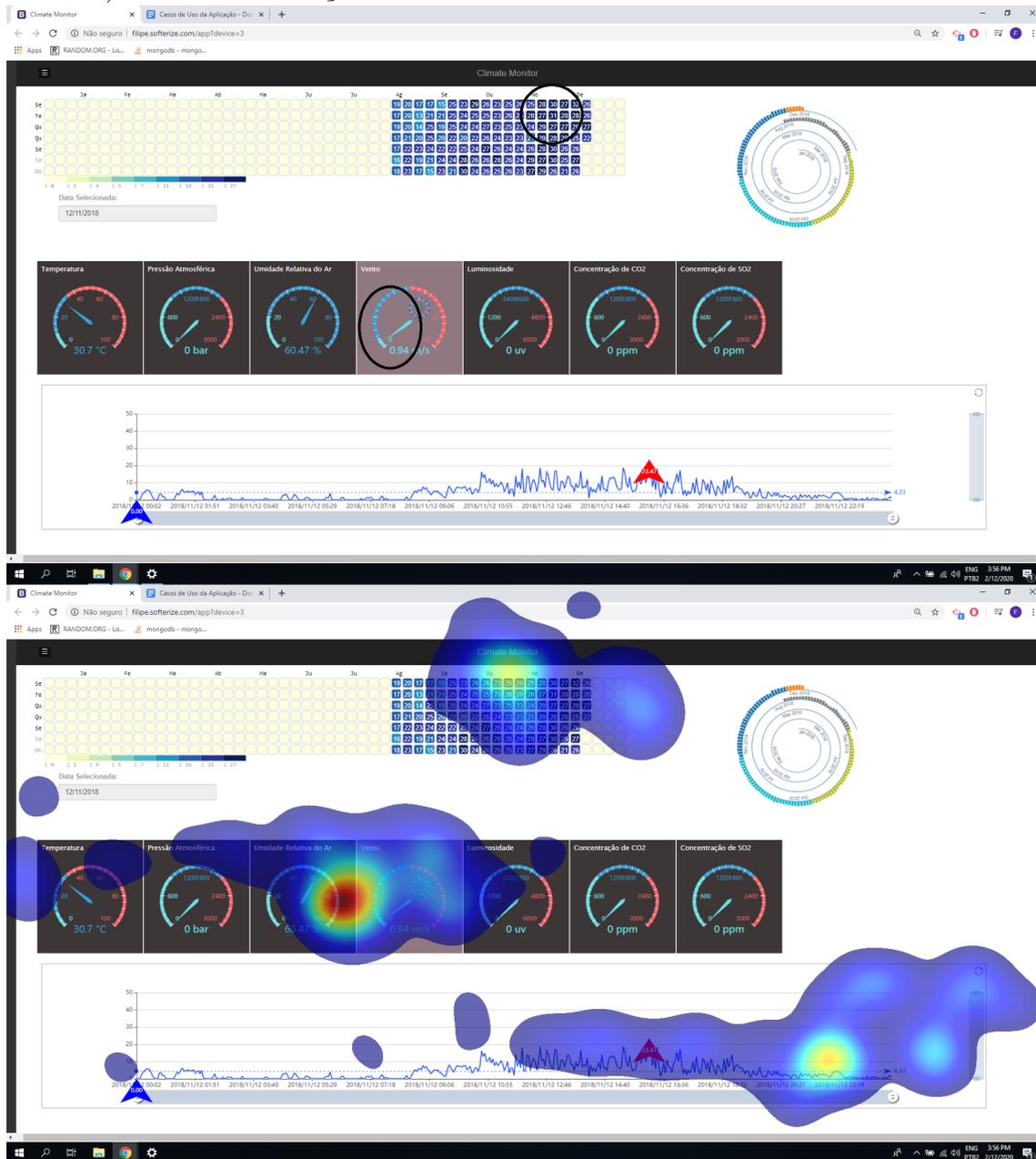
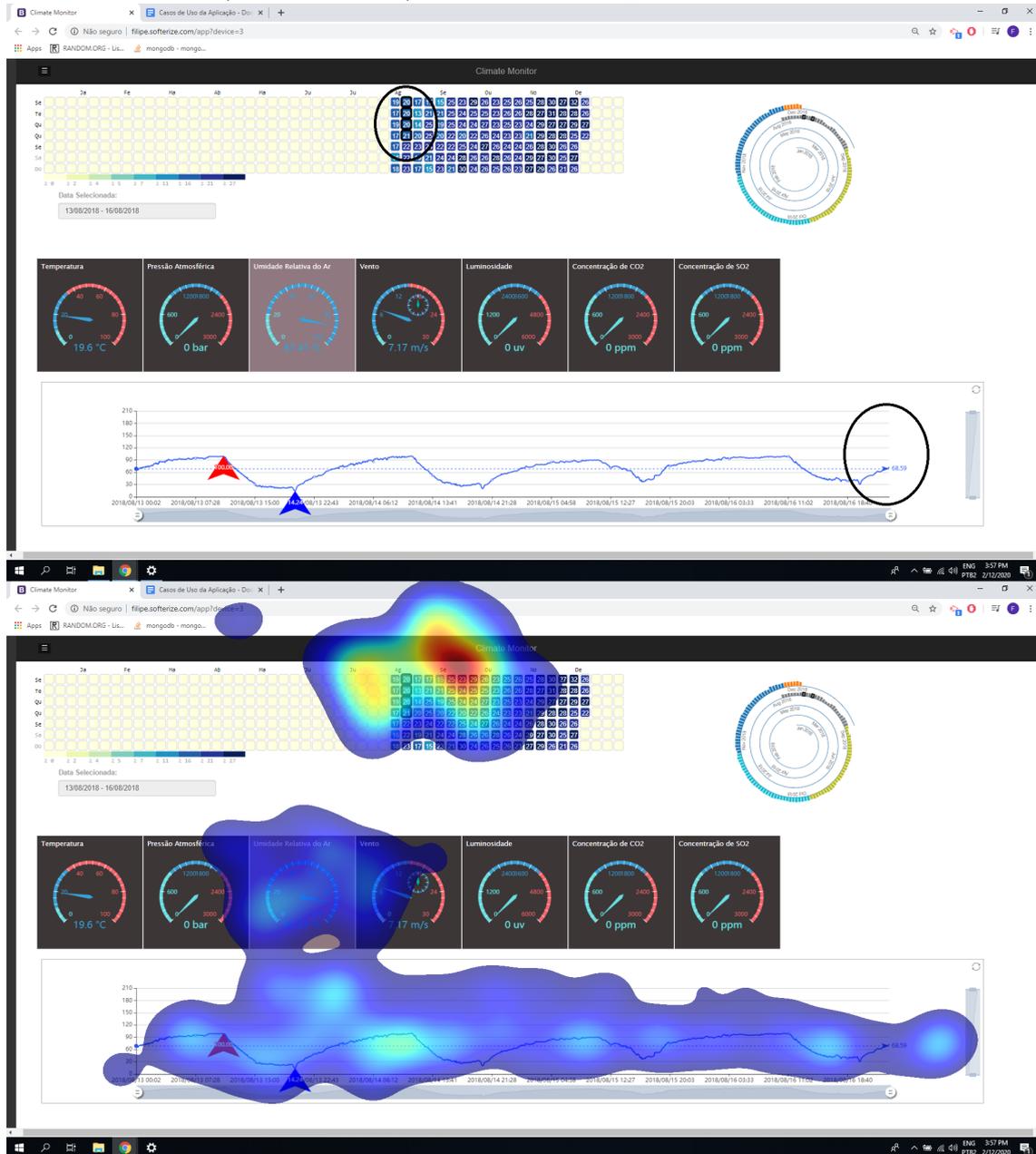


Figura 6.14: A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a sexta tarefa: *Selecione o período do dia 13 ao dia 16 de agosto e verifique se foi um período úmido (com grandes chances de chuva)..* A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.



A sétima tarefa foi concebida com o intuito de não guiar o usuário até a resposta, mas sim para que ele pudesse chegar na conclusão sozinho, explorando livremente a interface. O usuário precisava encontrar a média do dia mais quente do ano e dizer o pico de calor neste dia, ou seja, o valor máximo de temperatura encontrado nesse dia. Para encontrar estes valores, o usuário precisava analisar o calendário (utilizando as cores mais fortes para facilitar na busca pelo valor),

selecionar o dia com maior média e visualizar o pico de calor neste dia.

No mapa de calor resultante, mostrado na Figura 6.15, toda a escala de cores foi visualizada. No gráfico de séries temporais, o valor máximo foi focado, mas a marca azul não está bem em cima do valor, o que indica que os usuários podem ter utilizado o zoom para visualizar o valor e por isso o foco não está exatamente sobre ele. Pode-se observar também que para essa tarefa o gráfico de barras em espiral foi utilizado para tentar encontrar o maior valor do ano. Dessa maneira, por mais que essa tarefa possa ser um pouco mais genérica que as demais, somente dois usuários a erraram (ver Figura 6.1).

A oitava tarefa também tinha como objetivo encontrar o dia mais quente do ano. Entretanto, o dado avaliado não era a temperatura, mas sim a ventilação. O usuário tinha como tarefa identificar este dia e após encontrá-lo, verificar se a ventilação estava funcionando corretamente, ou seja, validar se o sensor de vento estava reproduzindo dados no gráfico de séries temporais. Além disso, o usuário precisava avaliar o estado da última captura de dados utilizando o medidor radial.

A partir da análise da Figura 6.16, pode-se deduzir que o usuário rastreou o dia mais quente no calendário, avaliou o medidor radial que representa a variável vento, e visualizou o gráfico de séries temporais para verificar se a ventilação estava funcionando corretamente. Porém, na Figura 6.1 pode-se ver que a Tarefa 8 foi a segunda tarefa em que os usuários mais erraram a resposta. A causa poderia ser a dificuldade em encontrar o dia mais quente do ano apenas rastreando as cores no calendário, ou seja, os usuários podem ter escolhido um dia incorreto e por isso não chegaram na conclusão certa.

A última tarefa (nona) foi construída para simular um evento que ocorre em aviários. A morte de aves é bem comum em galpões fechados e uma das tarefas dos usuários é encontrar o motivo pelo qual elas morrem. O propósito dessa tarefa era deixar o usuário explorar a aplicação livremente em busca da resposta. Assim sendo, pode-se observar que o usuário utilizou o calendário para selecionar o dia solicitado. Todavia, como pode-se ver na Figura 6.17, os medidores radiais apresentam um foco bem disperso, o que indica que também foram utilizados para tentar resolver o problema.

Figura 6.15: A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como aquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a sétima tarefa: *Qual o dia mais quente do ano (assuma que as células amarelas são os dias em que não houve medição e considerando somente as células coloridas no mapa de calor)*? *Qual o pico de calor?*. A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.

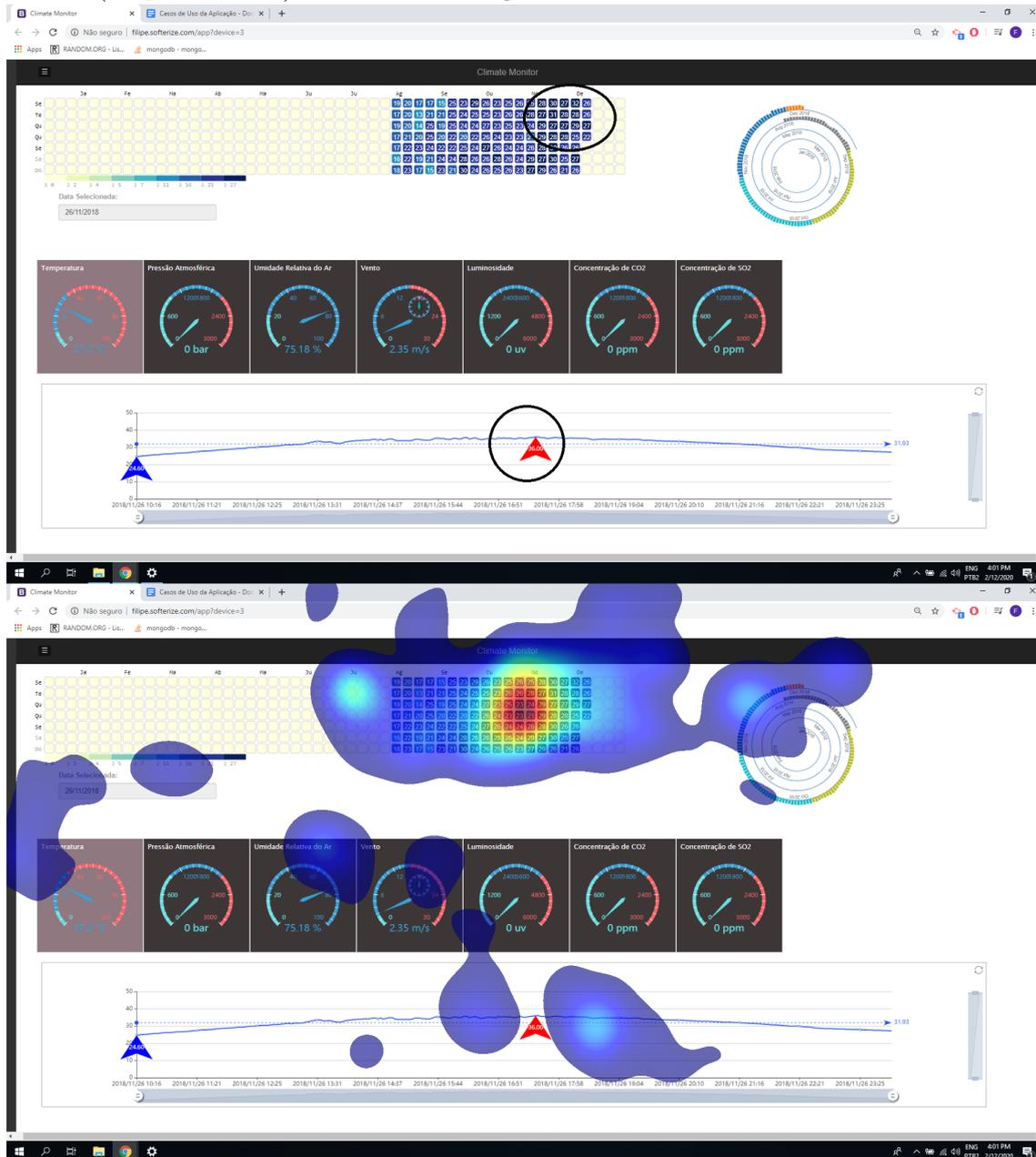
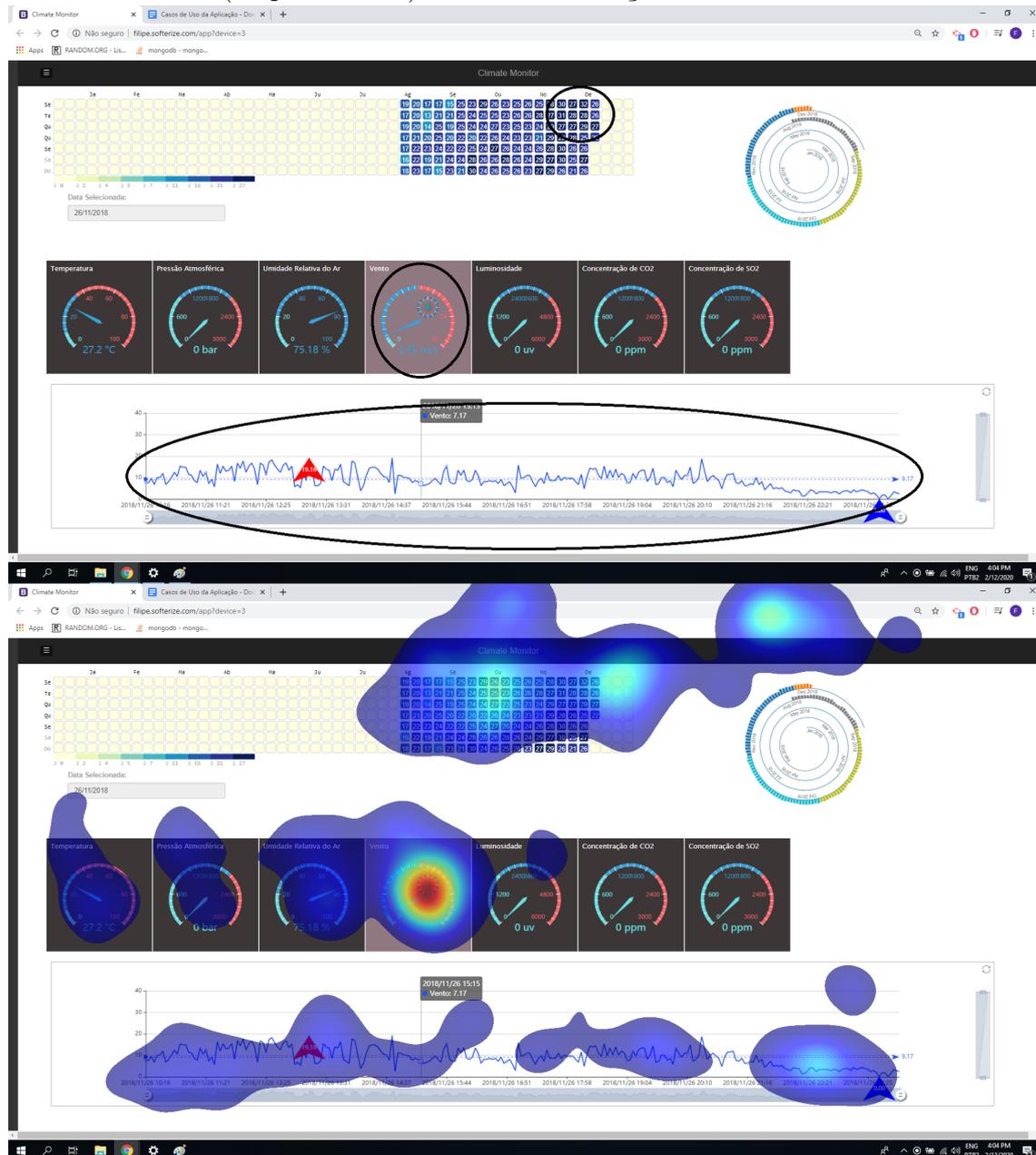


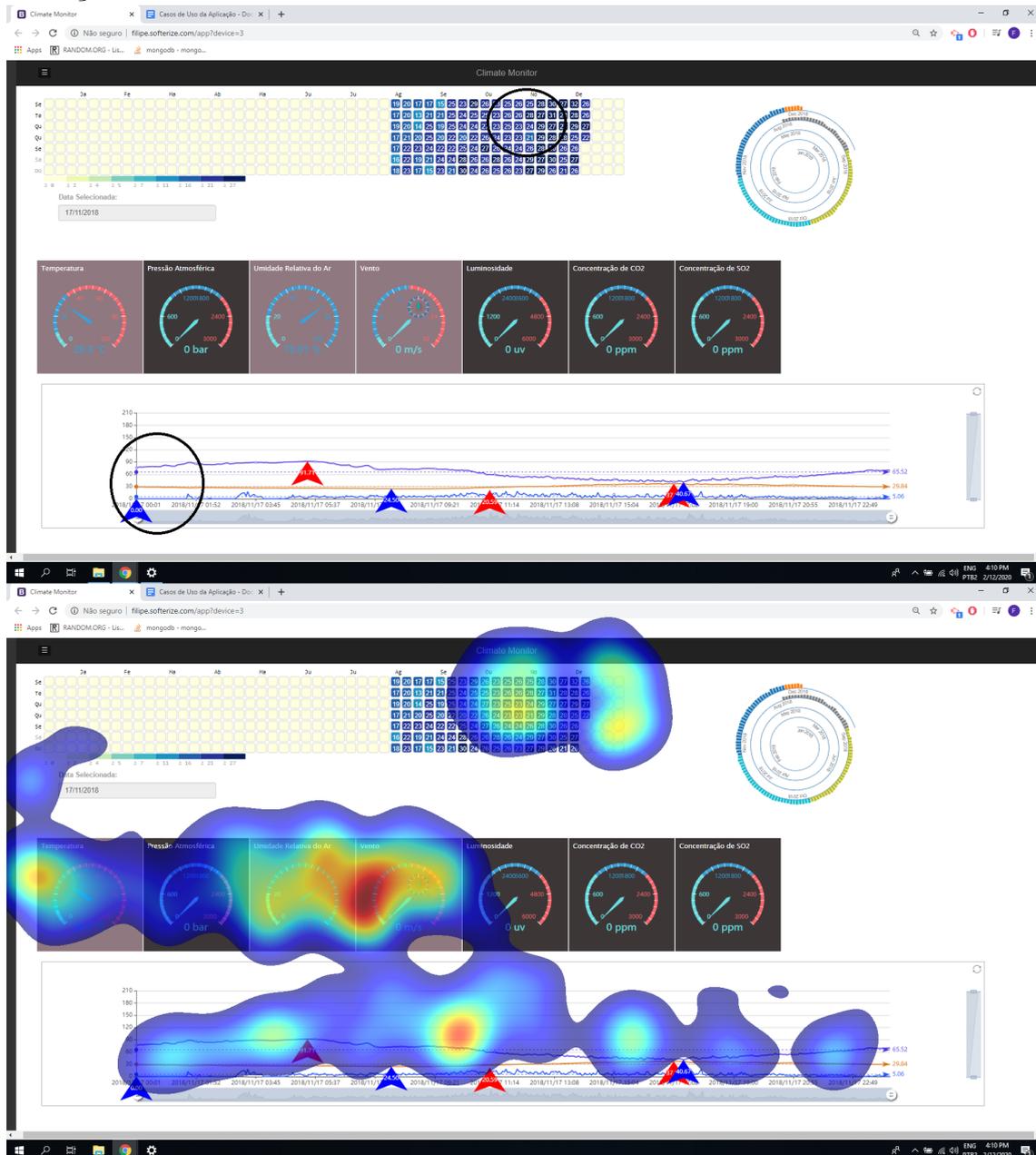
Figura 6.16: A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a oitava tarefa: *No dia mais quente do ano, a ventilação estava funcionando? Se sim, estava abaixo, normal ou acima do recomendado?*. A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.



No gráfico de séries temporais, pode-se ver que os usuários avaliaram os valores encontrados no gráfico. O motivo pelo qual as aves morrem nessa tarefa, era pelo fato de a temperatura estar alta em um momento específico do dia e a ventilação estar desligada, com o valor do vento marcando zero. Na Figura 6.1 nota-se que esta foi a única tarefa em que nenhum usuário chegou na resposta correta. A razão do erro pode ter sido a generalidade da pergunta e/ou a falta de conhecimento específico

do domínio por parte dos usuários testados.

Figura 6.17: A imagem superior aponta as regiões identificadas com um círculo preto como àquelas com as quais imaginava-se que o usuário interagiria para executar a nona tarefa: *No dia 17 de novembro, morreram muitas aves dentro do aviário, por quê?* A imagem inferior apresenta o resultado obtido (mapa de calor) durante a execução da tarefa.



7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou um conjunto de técnicas de visualização integradas para exploração e análise de dados com o objetivo de auxiliar usuários em aviários a estudar e monitorar o ambiente onde as aves se encontram. A partir de uma interface simples, a aplicação Web fornece uma maneira simples e intuitiva para o usuário interagir com os diferentes sensores instalados dentro de um aviário.

A abordagem foi avaliada utilizando uma ferramenta de rastreamento ocular para verificar os diferentes comportamentos dos usuários ao interagir com a tela principal da aplicação. Foram criadas tarefas para que os usuários executassem durante a avaliação. Além disso, ao final da avaliação, um questionário foi entregue aos usuários para que eles analisassem a aplicação e comentassem sobre as diferentes experiências que eles obtiveram. Após a captura dos resultados, foi realizada uma análise sobre esses dados para avaliar a usabilidade da aplicação.

Os resultados indicam que, em geral, os usuários comportaram-se e acordo com o esperado frente as tarefas que lhes foram atribuídas, tendo explorado as visualizações oferecidas conforme esperado. Pode-se desta forma inferir que os elementos de interface escolhidos durante o projeto do sistema, bem como sua distribuição na tela, são suficientemente intuitivos para permitir que os usuários completem as tarefas com êxito e em um tempo relativamente curto em relação ao esperado.

Como trabalho futuro, pretende-se melhorar a usabilidade da aplicação, incorporando os diferentes pontos que os usuários comentaram ao fim dos testes do sistema. Feito isso, pretende-se entrar em contato novamente com a empresa que cedeu os dados para então avaliar o sistema com usuários especialistas, incluir novas funcionalidades e mudanças no sistema, além de finalizar algumas funcionalidades simples, como um cadastro para a contagem de mortes das aves nos aviários.

REFERÊNCIAS

- CASA E. 2020. <<http://www.ufrgs.br/casae/sistemas/monitoracao/mini-estacao-meteorologica>>. No citations.
- CORKERY, G. et al. Incorporating smart sensing technologies into the poultry industry. **J. World Poult. Res.**, v. 3, p. 106–128, 01 2013. No citations.
- González, C. et al. Real-time monitoring of poultry activity in breeding farms. In: **IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 3574–3579. No citations.
- GRAVES, S.; RAMACHANDRAN, R.; BERENDES, T. Using GLIDER for Knowledge Discovery in Climate Science to Visualize, Analyze and Mine Satellite Imagery. **2012 SC Companion: High Performance Computing, Networking Storage and Analysis**, p. 488–494, 2012. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6495852>>. No citations.
- Hyun, W.; Huh, M. Y.; Park, J. Implementation of docker-based smart greenhouse data analysis platform. In: **2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1103–1106. ISSN 2162-1233. No citations.
- JOHNSON, D. W.; JANKUN-KELLY, T. A scalability study of web-native information visualization. In: **Graphics Interface**. [S.l.: s.n.], 2008. p. 163–168. No citations.
- Kim, E. K.; Ceong, H.; Jung, S. Environmental sensor data visualization for aquafarm monitoring. In: **2007 Frontiers in the Convergence of Bioscience and Information Technologies**. [S.l.: s.n.], 2007. p. 884–888. No citations.
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. 2007. No citations.
- KNAFLIC, C. **Storytelling with Data: A Data Visualization Guide for Business Professionals**. Wiley, 2015. ISBN 9781119002062. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=rRSRCgAAQBAJ>>. No citations.
- LEUNG, R. et al. Visual analytics of large-scale climate model data. **2014 IEEE 4th Symposium on Large Data Analysis and Visualization (LDAV)**, p. 85–92, 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7013208>>. No citations.
- LOPEZ, J. C. B.; VILLARUZ, H. M. Low-cost weather monitoring system with online logging and data visualization. **2015 International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)**, n. December, p. 1–6, 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7393170>>. No citations.

MALAKAR, P.; NATARAJAN, V.; VADHIYAR, S. S. An adaptive framework for simulation and online remote visualization of critical climate applications in resource-constrained environments. **2010 ACM/IEEE International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, SC 2010**, n. November, 2010. No citations.

NARDONE, A. et al. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v. 130, n. 1, p. 57 – 69, 2010. ISSN 1871-1413. 10th World Conference on Animal Production (WCAP). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141310000740>>. No citations.

POKRIC, B. et al. ekoNET - Environmental Monitoring Using Low-Cost Sensors for Detecting Gases, Particulate Matter, and Meteorological Parameters. **2014 Eighth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing**, p. 421–426, 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6975500>>. No citations.

SHNEIDERMAN, B. The eyes have it: A task by data type taxonomy for information visualizations. In: **Proceedings of the 1996 IEEE Symposium on Visual Languages**. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 1996. (VL '96), p. 336–. ISBN 0-8186-7508-X. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=832277.834354>>. No citations.

SISTEMA Ocepar. 2020. <<http://www.paranacooperativo.coop.br/ppc/index.php/sistema-ocepar/comunicacao/2011-12-07-11-06-29/ultimas-noticias/123466-avicultura-sensores-de-ambiencia-monitoram-producoes-agroindustriais>>. No citations.

Verner, J. M. et al. Systematic literature reviews in global software development: A tertiary study. In: **16th International Conference on Evaluation Assessment in Software Engineering (EASE 2012)**. [S.l.: s.n.], 2012. p. 2–11. No citations.

WANG, Y.; HUYNH, G.; WILLIAMSON, C. Integration of Google Maps/Earth with microscale meteorology models and data visualization. **Computers and Geosciences**, Elsevier, v. 61, p. 23–31, 2013. ISSN 00983004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2013.07.016>>. No citations.

APÊNDICE A — QUESTIONÁRIO

A.1 Público Geral

3/27/2020

Avaliação do Sistema de Monitoramento de Dados de Sensores Climáticos

Avaliação do Sistema de Monitoramento de Dados de Sensores Climáticos

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema Web para monitoramento de dados climáticos obtidos através de sensores posicionados dentro de um aviário. A condição climática em aviários influencia diretamente no bem-estar nas aves, no seu peso e, em última instância, na taxa de mortalidade da população. Desta forma, o monitoramento dos diversos sensores é fundamental para permitir a detecção dos problemas e correção das condições internas nos galpões.

Este trabalho foi desenvolvido como parte da Dissertação de Mestrado de Filipe da Silva Echevengua, aluno do Programa de Pós-Graduação em Computação do Instituto de Informática da UFRGS, orientado pelas professoras Luciana Nedel e Carla Freitas.

Caso você concorde em participar da avaliação, continue atendendo às instruções abaixo. É importante mencionar que as respostas serão analisadas de forma anônima, jamais mencionando o nome dos envolvidos em nenhuma divulgação científica deste trabalho. Nenhum resultado será usado comercialmente. Você pode abandonar o processo a qualquer momento. Desde já, agradecemos.

Para iniciar, basta avançar para a próxima seção.

***Obrigatório**

Caracterização do usuário

Esta seção contém perguntas para conhecermos o seu perfil, mas suas respostas não lhe identificam individualmente.

1. Idade *

2. Gênero *

Marcar apenas uma oval.

Feminino

Masculino

Não desejo informar

Outro:

3. Formação completa *

Marcar apenas uma oval.

- Sem escolaridade
- Ensino Fundamental
- Ensino Médio
- Ensino Superior
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado

4. Profissão *

5. Você já utilizou alguma ferramenta para visualização de dados ? Se sim, quais?

Marque todas que se aplicam.

- Tableau
- Power BI - Microsoft
- Infogram
- Qlik
- D3.js
- Plot.ly
- Echarts

Outro: _____

Perguntas pós
teste

As perguntas a seguir são pergunta considerando o teste feito com o eye tracker.

Sistema



6. Sistema - "Eu consigo selecionar a data ou o período que quero visualizar de maneira fácil." *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

7. Comentários opcionais:

8. Sistema - "Eu consigo visualizar mais de um dado no gráfico de séries temporais de maneira clara." *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

9. Comentários opcionais:

10. Sistema - "Eu consigo adicionar dados ao gráfico de séries temporais sem nenhum problema." *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente				

11. Comentários opcionais:

12. Sistema - "Eu consigo visualizar e diferenciar valores máximos e mínimos do dado selecionado." *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente				

13. Comentários opcionais:

14. Sistema - "O zoom me ajuda a visualizar melhor os dados de maneira fácil." *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente				

15. Comentários opcionais:

16. Sistema- "Eu consigo identificar quando um dado atingiu um valor alto (alto risco) ou baixo (baixo risco)." *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente				

17. Comentários opcionais:

18. Deixe aqui sua opinião sobre a aplicação, suas críticas e sugestões.

Fim da
Avaliação!

Muito obrigado pelo seu tempo. Seu feedback é de extremo valor, basta apertar no submit para salvar suas respostas. Até a próxima.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários