

# Capítulo 4

## Sistema Implementado

Este capítulo trata sobre a implementação do sistema proposto e dos componentes necessários para seu funcionamento.

### 4.1 Construção do Sistema

O propósito deste sistema é o armazenamento das informações produzidas pelos sensores conectados à ele, agir como intermediário entre os usuários e os dados, possibilitando a colaboração dos usuários com informações sobre fatos e sensações do ambiente e, a partir dos dados coletados pelos sensores e fornecidos pelos usuários, produzir uma noção de qualidade dos sensores.

#### 4.1.1 Requisitos

Os requisitos que guiaram a construção do sistema estão elencados na lista a seguir:

- Funcionar em ambientes de baixa capacidade computacional;
- Armazenar informações coletadas por sensores;
- Apresentar as informações dos sensores de forma simplificada ao usuário;
- Escalabilidade e facilidade para adição de sensores;
- Permitir o envio de informações sobre fatos e sensações do ambiente pelo usuário;
- Baseado nos dados coletados pelos sensores e informações enviadas pelos usuários, calcular uma nota para os dispositivos sensíveis, gerando uma noção de qualidade.

### 4.1.2 Funcionamento

As Figuras 4.1 e 4.2 mostram, de forma simplificada, o funcionamento do sistema. Na Figura 4.1 a interação I consiste nas seguintes fases:

- O sensor envia mensagens em formato JSON dos dados coletados para o servidor para que sejam armazenados;
- O servidor envia o código identificador referente ao sensor ao dispositivo sensível.

Já a interação II possui as seguintes componentes:

- Acesso dos usuários às informações armazenadas e/ou processadas no sistema;
- Disponibilização de perguntas a serem respondidas pelos usuários;
- Envio das percepções e sensações do usuário sobre o ambiente para o servidor.

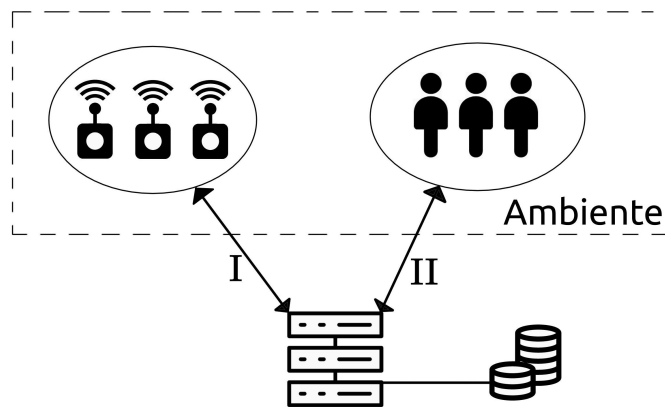


Figura 4.1: Esquema de funcionamento do sistema.

A Figura 4.2 indica a forma em que o usuário pode auxiliar com informações importantes sobre suas percepções e sobre o ambiente, fornecendo uma contextualização para o sistema, como por exemplo:

- Quantidade de aberturas;
- Fontes de calor;
- Percepções de frio e calor;
- Noções sobre conforto.

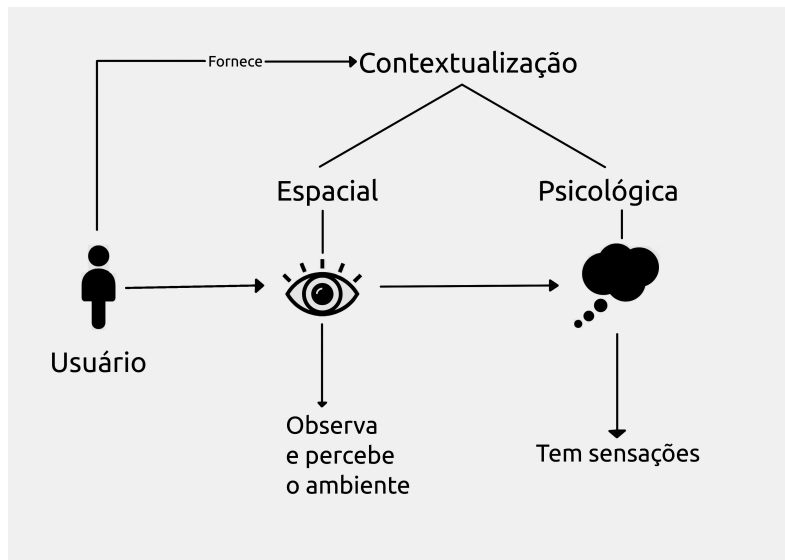


Figura 4.2: Esquema de participação dos usuários no sistema.

### 4.1.3 Servidor

Foi contratado um serviço online de baixo custo para o funcionamento do sistema; a máquina virtual utilizada possui as seguintes características:

- Processador de um núcleo;
- 512MB de memória RAM;
- 20 GB de SSD de armazenamento.

Nessa máquina virtual foram instalados os componentes necessários para a realização do trabalho, como por exemplo:

- Ubuntu 18.0;
- Python 2.7;
- Framework Django;

- PostgreSQL;
- Servidor Apache;
- Git.

#### 4.1.4 Banco de Dados

O banco de dados relacional desenvolvido segue o Diagrama Entidade Relacionamento (DER) da Figura 4.3 e foi implementado no Sistema Gerenciador de Bancos de Dados (SGBD) PostgreSQL por ser um software livre e com capacidade razoável para lidar com grandes volumes de dados.

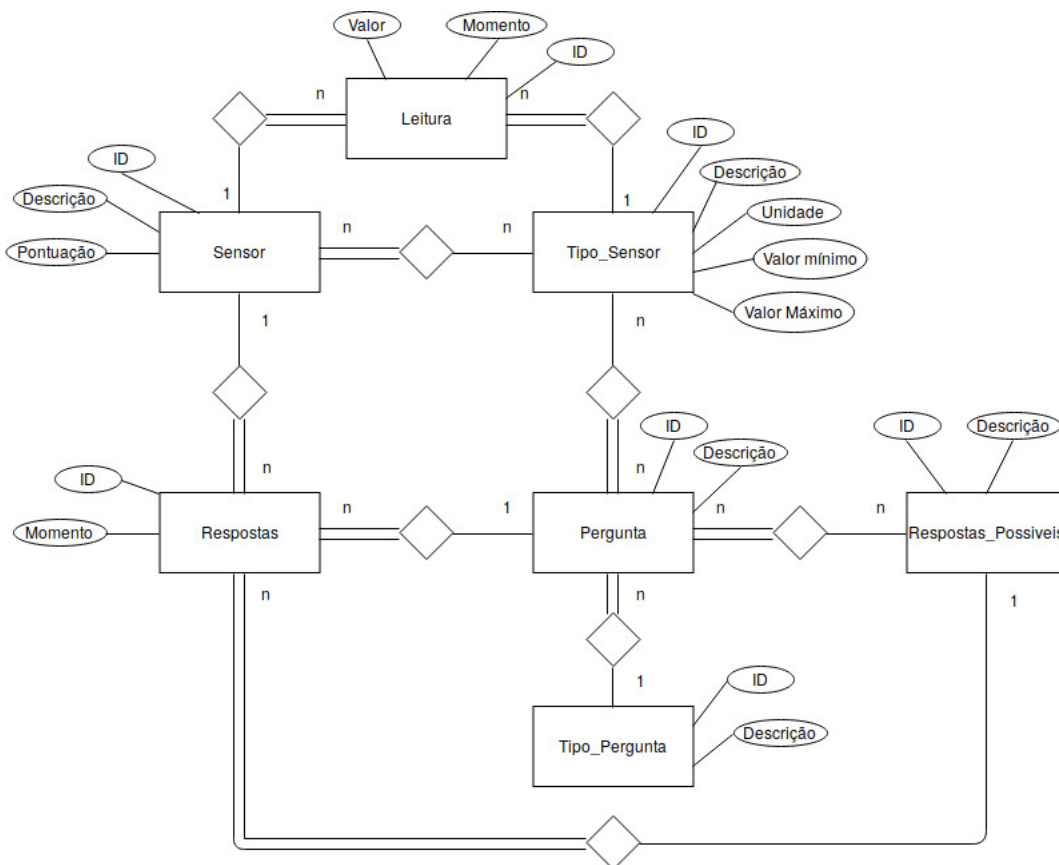


Figura 4.3: Diagrama Entidade Relacionamento.

### 4.1.5 O Sistema de Pontuação

Para a implementação do trabalho era imperativo o desenvolvimento de um sistema de pontuação a fim de se avaliar os sensores. Para atingir este objetivo foi pensado nas seguintes formas de avaliação:

- Modificar a pontuação
  - A cada N leituras verifica-se a proximidade da média dessas N leituras com a média do mesmo período do dia nos M dias anteriores. A proximidade desses valores indica uma provável corretude dos dados gerados, enquanto a diferença indica possíveis erros de leitura.
- Aumentar a pontuação
  - A colaboração dos usuários com informações sobre suas percepções: por hora, se houverem interações, é verificado se há uma concentração nas respostas escolhidas. Por se tratarem de informações sobre sensações, não é possível afirmar que diferenças indicam erros.
- Penalização
  - Interrupções no envio de dados: se há uma interrupção no envio de dados, não há dados para serem considerados pelo sistema;
  - Dados muito constantes: se nas últimas N horas não houve variação alguma entre as leituras é possível presumir que há algum erro na aquisição de dados por parte do sensor.

### 4.1.6 A Interface do Sistema

Nesta subseção é exposta a interface desenvolvida e suas funcionalidades. Na Figura 4.4 é mostrada a página inicial, na qual há uma pequena explicação sobre o propósito do site e os links para os repositórios do GitHub onde se encontram disponíveis os arquivos da implementação do sistema.

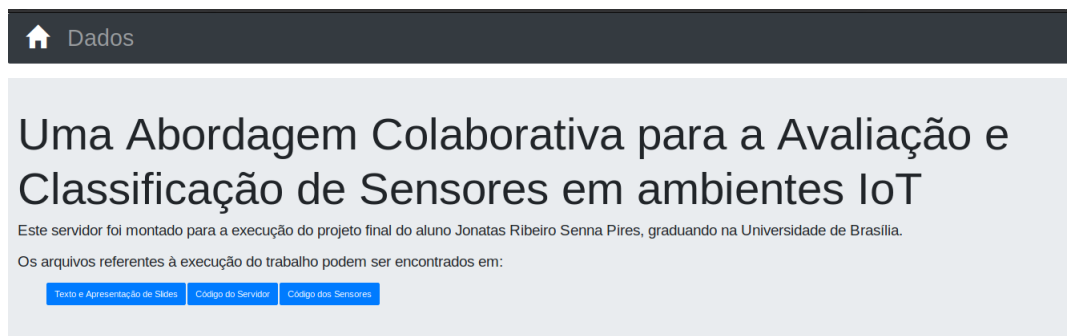


Figura 4.4: Página inicial do site.

Ao clicar em Dados (botão localizado na barra de navegação), o usuário é redirecionado para a página principal do site, que contém informações sobre os sensores, bem como o número de leituras armazenadas e distribuição do número de leituras por sensor, como mostra a Figura 4.5.

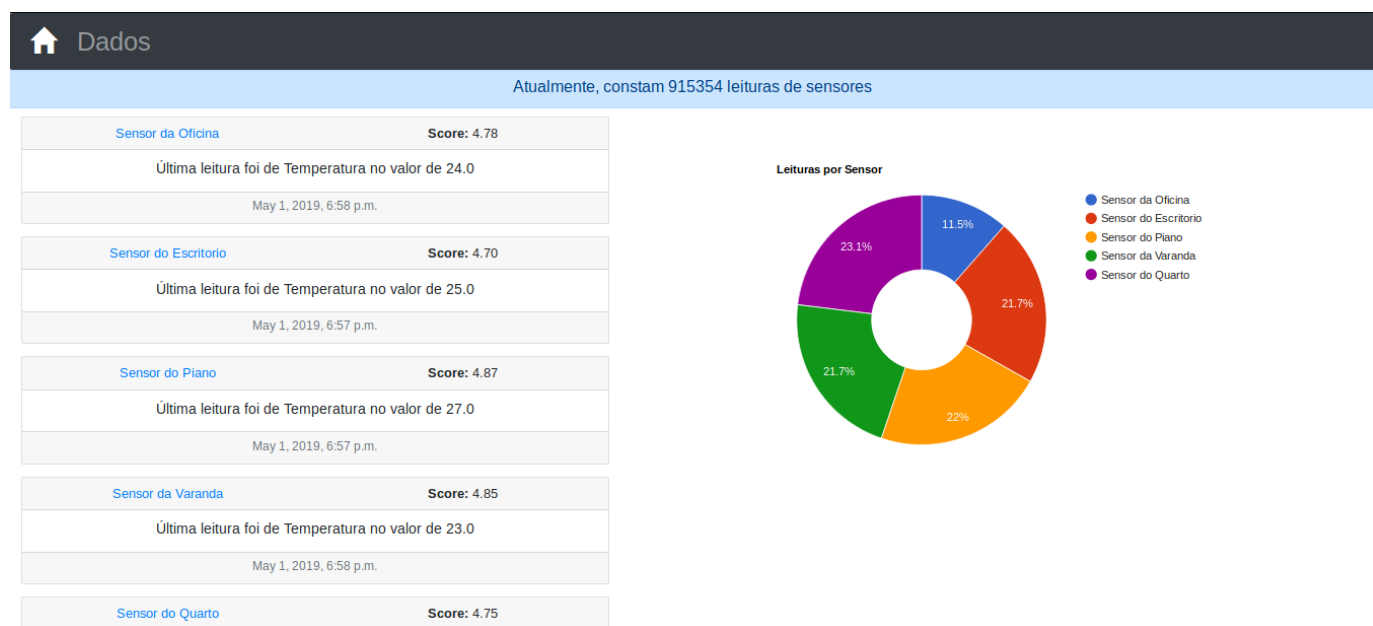


Figura 4.5: Página principal do site.

Ao clicar na descrição de um sensor, o sistema retorna a página de detalhes para aquele sensor, que possui informações sobre a distribuição de leituras ao longo do tempo, leituras mais recentes referentes ao sensor, gráficos a respeito das informações coletadas

nas últimas 24 horas e gráficos sobre a média histórica das leituras desse sensor, como mostra a Figura 4.6.



Figura 4.6: Página de detalhes de um sensor.

Para que os usuários possam fornecer informações sobre suas sensações e percepções, é necessário que o interessado em colaborar escaneie o QR-Code localizado próximo ao sensor, o que o redirecionará para uma página com uma pergunta aleatória referente ao dispositivo, como mostra a Figura 4.7.

Figura 4.7: Página com uma pergunta aleatória referente ao sensor.

Para que os usuários administradores possam cadastrar novos responsáveis, alterar informações sobre sensores e suas categorias, adicionar novas perguntas e respostas possí-

veis, foi utilizada a ferramenta de administração fornecida pelo Framework Django, como mostra a Figura 4.8

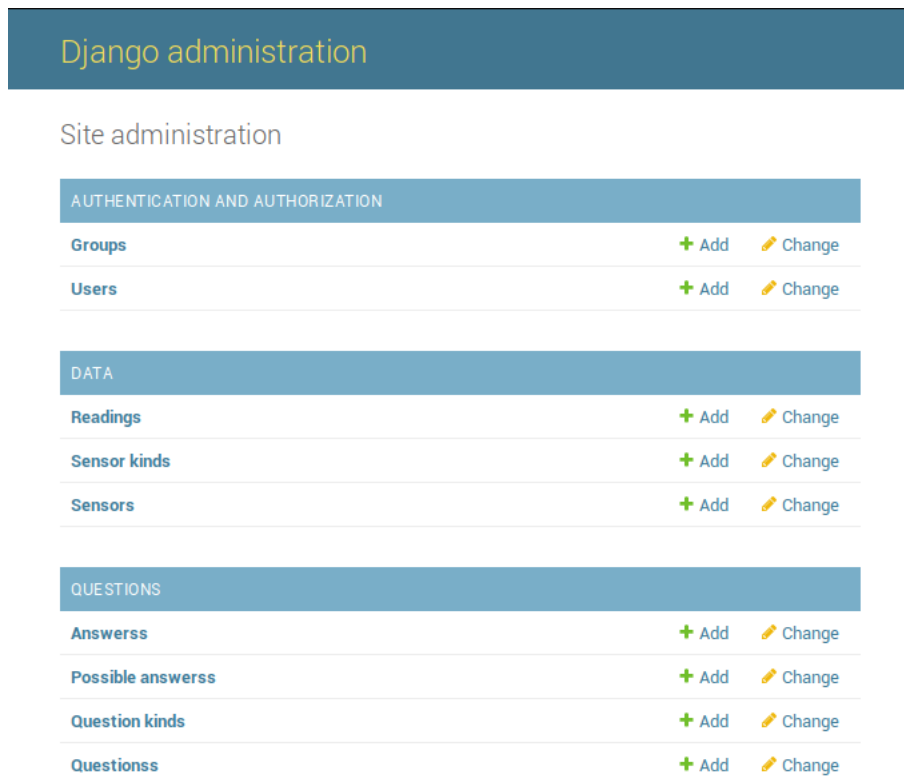


Figura 4.8: Ferramenta de administração fornecida pelo Framework Django.

## 4.2 Construção do Ambiente IoT

O ambiente IoT em escala reduzida utilizado nesta seção é essencial para o teste de conceito do sistema proposto. A alimentação de dados pelos componentes da rede é necessária para que haja dados suficientes para o processamento do programa desenvolvido. As informações geradas por esses dispositivos, ao se comunicarem com o sistema, em colaboração com os usuários, permitem o pleno funcionamento da proposta.

### 4.2.1 Dispositivos Sensitivos

Foram construídos 5 dispositivos sensitivos utilizando a plataforma Raspberry Pi 0 W seguindo o esquema da Figura 4.9. Esta placa foi escolhida por seu baixo valor de custo,



seu desempenho computacional proporcional ao custo, sua capacidade de conexão wireless disponível diretamente na placa, sem necessidade de equipamentos extras e a possibilidade de executar um sistema operacional baseado em linux para simplificar tarefas como a conexão à rede WiFi, armazenamento de dados e atualizações remotas.

Esses equipamentos são capazes de medir temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade do ar (%) utilizando o sensor DHT11. Este sensor foi escolhido por sua praticidade de uso e baixo custo.

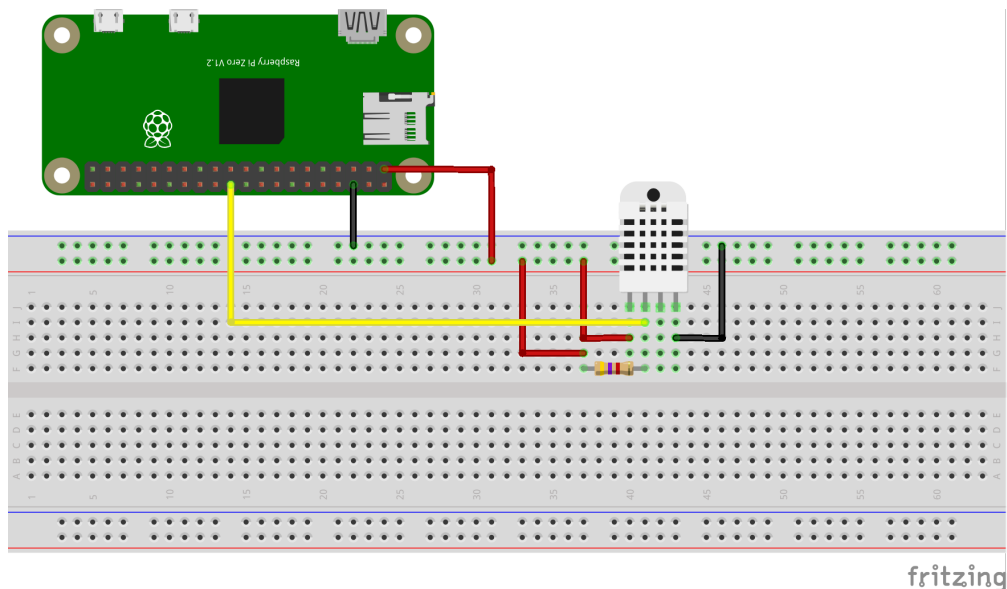


Figura 4.9: Esquema de montagem para os dispositivos sensíveis.

Para o envio e coleta das informações geradas pelo sensor DHT11, foram utilizadas respectivamente as bibliotecas python Requests [15] e Adafruit DHT [16] em um script que segue o fluxograma da Figura 4.10

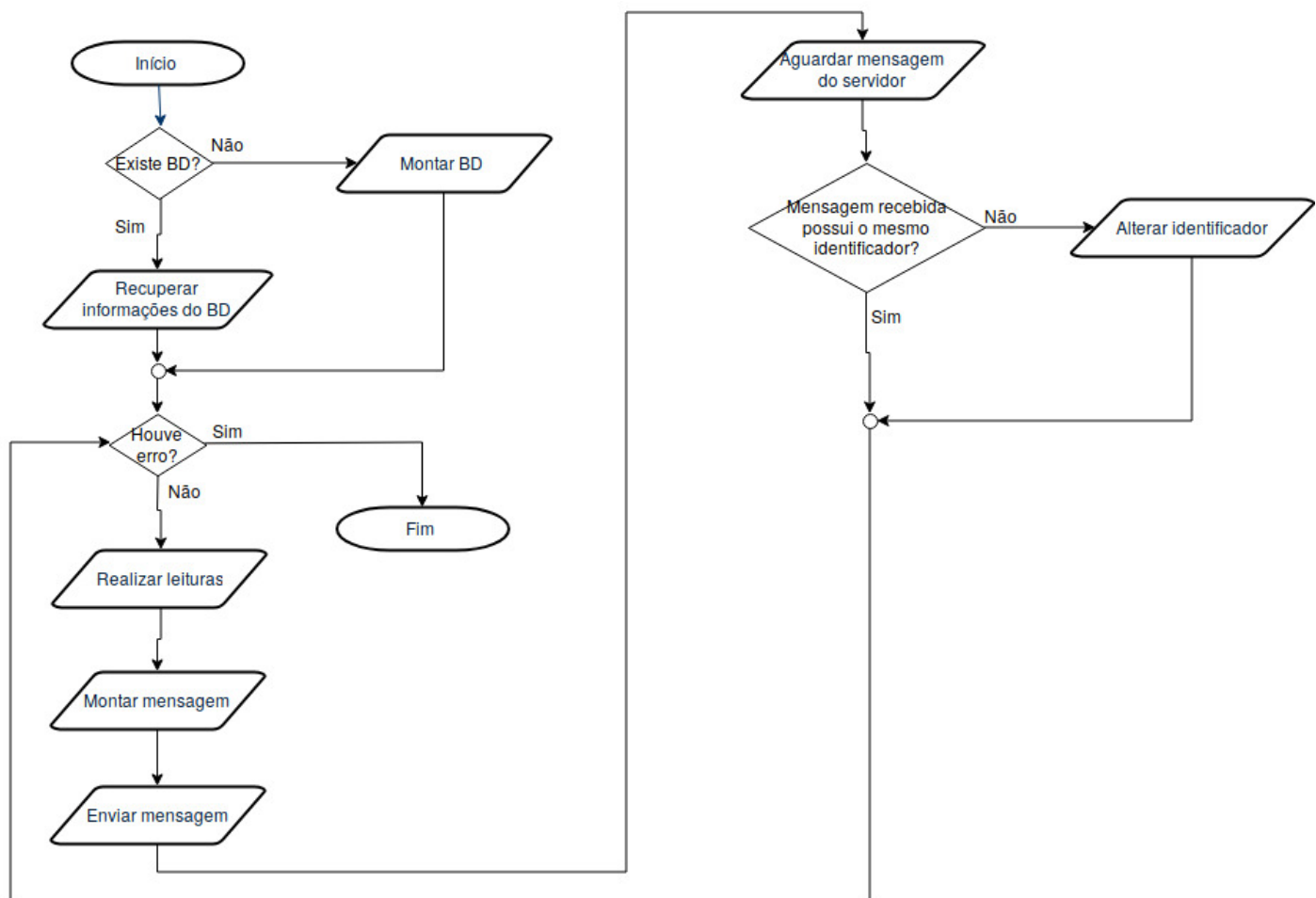


Figura 4.10: Fluxograma do funcionamento básico de um sensor.

### 4.2.2 Interação Sensores-Servidor

A mensagem enviada pelos sensores é uma string no formato JSON formada por todas as informações estritamente necessárias para o registro no banco de dados do sistema de destino. No escopo deste trabalho são essenciais apenas as informações sobre o código identificador do equipamento, o tipo de sensor que esse dispositivo se enquadra, como por exemplo unidade e temperatura, e suas respectivas leituras. A Figura 4.11 mostra o formato da informação a ser enviada.

Ao receber a informação, o sistema decodifica a mensagem JSON e cria um objeto sensor no banco de dados caso o identificador recebido seja igual a 0, cria novas categorias de sensores caso as categorias recebidas não constem no banco de dados e armazena as leituras, permitindo uma rápida e simples adição de sensores ao sistema, bastando, apenas, o envio da mensagem inicial. A chave primária desse objeto sensor recém criado é enviada

do servidor para o dispositivo sensível o qual armazena este identificador em seu banco de dados.

A partir deste momento, novos envios contam com o novo valor do identificador, o que sinaliza para o sistema que deve apenas armazenar as leituras recebidas e associá-las ao sensor cuja chave primária é igual à recebida.

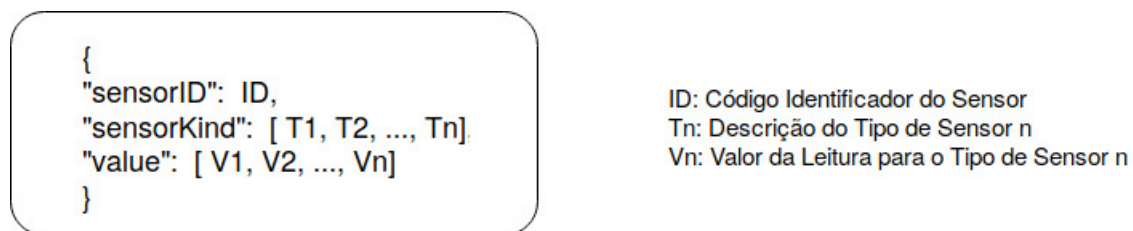


Figura 4.11: Formato genérico para a mensagem JSON.

### 4.2.3 Localização

O ambiente escolhido para a aplicação em escala reduzida é um terreno de 2500  $m^2$  localizado em uma região rural do Distrito Federal. A disposição dos equipamentos foi feita conforme a Figura 4.12, com uma concentração dos sensores nos locais onde há maior fluxo de pessoas e nos lugares de interesse de aquisição de dados.

Este local foi escolhido pela presença constante de pessoas para a colaboração com o sistema, WiFi disponível em toda a área do terreno e pelo conhecimento prévio de valores aceitáveis de temperatura e umidade ao longo do ano.

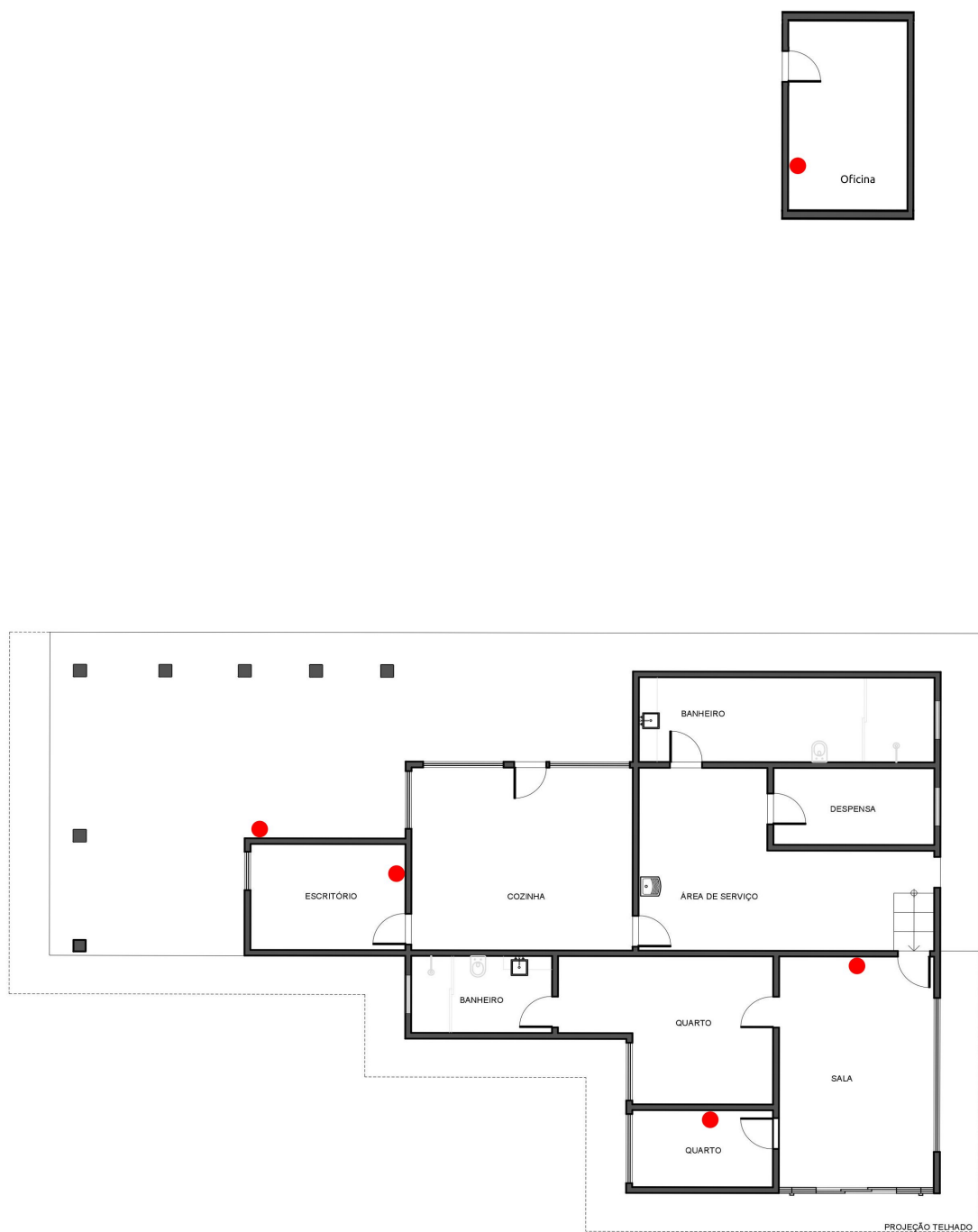


Figura 4.12: Planta baixa do ambiente escolhido para teste em escala reduzida. Os pontos em que os sensores foram instalados estão indicados em vermelho.

Para que os usuários possam contribuir com as informações sobre suas sensações e percepções, foram colocados QR-Codes próximos aos sensores, como mostrado na Figura 4.13, para que sejam escaneados e então redirecionem o usuário interessado em colaborar para uma página com uma pergunta aleatória referente ao sensor mais próximo ao QR-Code escaneado.



Figura 4.13: Sensor e QR-Code.

#### 4.2.4 Comportamento Esperado

A montagem dos equipamentos foi realizada próxima ao solstício de verão. Neste contexto, o comportamento esperado para estes sensores é o seguinte:

- Período chuvoso (do processo de montagem (dezembro) à meados de maio):
  - Valores elevados de temperatura durante o dia;
  - Valores de temperatura amenos durante a noite;
  - Valores de umidade mais elevados.
- Período de seca (meados de maio à meados de outubro):
  - Valores de temperatura elevados durante o dia;
  - Valores de temperatura baixos durante a noite;

- Valores de umidade decrescendo com o passar dos dias.
- Sensores externos à residência devem ter variações maiores de temperatura e umidade.

## 4.3 Dificuldades Encontradas

Durante a execução do projeto, muitas dificuldades foram superadas para que os objetivos traçados fossem atingidos.

### 4.3.1 Localização dos Sensores

A montagem inicial dos sensores foi realizada em uma região central da cidade de Brasília, seguindo o esquema da Figura 4.14. Entretanto, alguns meses após o começo da coleta de dados foi necessária uma mudança para a localização descrita nos procedimentos do trabalho.

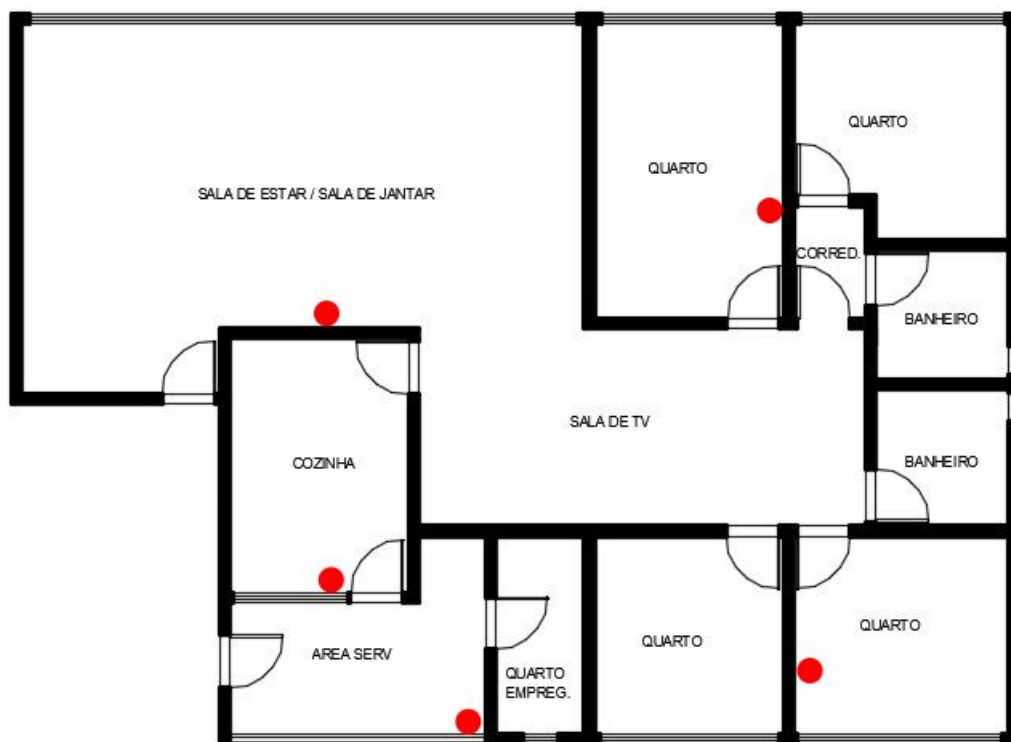


Figura 4.14: Montagem inicial dos sensores.

Foi inevitável a eliminação dos dados produzidos até a data da transferência de localidade por se tratarem de regiões extremamente distintas, o que traria inúmeras inconsis-

tências ao sistema. Devido ao processo de mudança, também houve um grande atraso no recomeço da aquisição de dados, reduzindo consideravelmente a quantidade de registros que seriam coletados até o final da realização do trabalho.

### **4.3.2 Servidor**

Inicialmente, o servidor seria localizado em uma rede local e implementado em uma placa de desenvolvimento Raspberry Pi modelo B+ que possui as seguintes características físicas:

- Tamanho: 85mm x 56mm;
- Processador ARM em clock de 700MHz;
- 512MB de memória RAM;
- 40 pinos GPIO;
- 4 portas USB 2.0.

Anteriormente à mudança de localidade, esta placa funcionou de forma adequada, armazenando os dados enquanto os outros elementos do sistema eram desenvolvidos. Após a mudança de localidade, devido à diversas falhas na rede elétrica, houve uma corrupção dos dados armazenados na placa, o que levou à perda dos dados coletados até então, por volta de 300000 (trezentos mil) registros de leituras. Após essa perda de dados, foi contratado um serviço externo e online, o que acarretou em um novo atraso no início da coleta de dados devido à necessidade da configuração referentes a um servidor remoto e online.

### **4.3.3 Sistema Gerenciador de Bancos de Dados**

Inicialmente, o SGBD escolhido era o MySQL. Entretanto, seguindo a implementação do DER desenvolvido para este trabalho, este Sistema Gerenciador de Bancos de Dados não possuía um desempenho satisfatório ao atingir mais de 900000 (novecentos mil) registros de leituras, limitando consideravelmente a capacidade do servidor.

Devido à quantidade de dados já produzidos, à baixa capacidade computacional do servidor e inconsistências no formato do arquivo de exportação do SGBD previamente utilizado, não foi possível a importação no PostgreSQL das informações contidas no MySQL, levando à perda de uma considerável amostra de dados.