

## **ARQUITETURA DE SOFTWARE PARA MEDIÇÃO E MONITORAMENTO DOS ÍNDICES DE QUALIDADE D'ÁGUA**

### **SOFTWARE ARCHITECTURE FOR MEASUREMENT AND MONITORING WATER QUALITY INDEXES**

**GEC\_PI\_I\_N\_G04**

Diego Rodrigues<sup>1</sup>

Fernando Fabbrini<sup>2</sup>

**Resumo** – Arquitetura de Software Web para monitoramento e controle de aspectos físico-químicos através de métodos estatísticos, com intuito de notificar e conscientizar a comunidade ou pessoas interessadas na situação de qualidade d'água do corpo hídrico sob medição. Incluindo a geração de relatórios segundo legislações e índices do CONAMA, Ministério da Saúde, CETESB e Governo do Estado de São Paulo. Além da entrega de um dispositivo Arduino para prova de conceito da arquitetura.

**Palavras chave:** Índice de Qualidade de Água, Arquitetura de Software para Medição e Monitoramento

**Abstract** – Web Software Architecture for monitoring and control of physical-chemical aspects by statistical methods, with the objective of notify and promote awareness on a community or any person interested on the water quality of the water body under measurement. Including the reporting according to legislation and indexes from CONAMA, Ministry of Health, CETESB and São Paulo's State Government. And an Arduino device as prototype for testing the architecture.

**Keywords:** Water Quality Index, Software Architecture for Environmental Monitoring

---

<sup>1</sup> Senac – Aluno de Engenharia da Computação - diego.mrodrigues@outlook.com

<sup>2</sup> Senac – Orientador do Projeto – fernando.fabbrini@sp.senac.br

## **INTRODUÇÃO**

A água potável é o recurso mais importante neste planeta, pois sua disponibilidade segura e adequada é vital para a sobrevivência de todos organismos vivos e para o funcionamento dos ecossistemas, comunidades e economias. Mas devido a expansão das atividades humanas e as crescentes mudanças climáticas tem colocado este recurso sobre muito stress. Diminuindo não só sua quantidade, mas também sua qualidade. Essa questão é um dos grandes desafios que a humanidade irá enfrentar nos próximos séculos, havendo a necessidade urgente de que todos membros da sociedade trabalhem em conjunto para proteger e melhorar a qualidade da água nos rios, lagos, aquíferos e mares.

Segundo relatório das Nações Unidas, estima-se que um bilhão de pessoas carece de acesso a um abastecimento suficiente, definido como uma fonte que possa fornecer 20 litros por pessoa por dia a uma distância não superior a mil metros. Essa carência possui várias causas, desde a escassezes devido a fatores naturais até o uso ineficiente e degradação pela poluição industrial e urbana. Ressaltando a importância deste recurso para o desenvolvimento socioeconômico, bem-estar e saúde de populações humanas.

No Brasil, segundo o IBGE, apesar de concentrar 12% de toda água doce de superfície do planeta, possui sérios problemas no que diz respeito à proteção, qualidade e distribuição da água. Fruto do desperdício, da falta de saneamento básico, da falta de proteção e controle do seu na indústria e na agricultura. Por isso a criação de iniciativas abrangentes é fundamental para reverter essa tendência e assegurar a segurança hídrica.

Para abordar este problema devemos entender que a obrigação de cuidar da água cabe a todos membros da sociedade, desde governos e municípios, até empresas e comunidades. Como exemplificado no artigo 3º portaria Nº 2.914 do Ministério da Saúde, de 12 de dezembro de 2011, "toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água".

Entretanto, apesar da obrigatoriedade, este controle e vigilância são deficientes ou inexistentes. E muitas comunidades fazem uso diário de águas que não cumprem nem os requisitos mais básicos expressos nesta portaria. Consequência de falta de informação e descaso público, que por mais que possua os meios e recursos para fornecer esta informação, muitas vezes não está presente junto a comunidades para encontrar uma solução que seja benéfica e viável para todos.

Para suprir essa carência de informação propomos o desenvolvimento de um sistema de monitoramento ambiental através de uma arquitetura de software para coleta contínua de dados

através de sensores espalhados em diversos pontos de um corpo hídrico, e a distribuição de uma aplicação web para complementar os dados com medições periódicas realizadas pela própria comunidade.

Além de fornecer o acesso aos dados coletados, desenvolvemos diversas funcionalidades que permitem que até mesmo leigos consigam compreender o estado da água através de relatórios, cálculo automático de índices e informações de utilidade pública a respeito de como proceder diante uma situação onde a qualidade da água potável está em risco.

Entretanto, certas localidades, por exemplo, comunidades próximas a indústrias, estão vulneráveis a alterações rápidas na qualidade da água, causando danos irreversíveis se nenhuma medida for tomada de imediato. Para isso criamos um sistema de notificação que utiliza métodos de controle estatísticos para o disparo de notificações via email para todos membros de uma comunidade sempre um índice estiver apresentando medições fora do normal. O que não só aumenta o tempo de resposta, como também permite um engajamento social mais ativo na busca de soluções para o problema.

## **EMBASAMENTO TEÓRICO E METODOLOGIA**

Qualquer sistema de monitoramento de água potável deve-se definir de maneira clara e objetiva quais informações são necessárias, quais já estão disponíveis e quais buracos devem ser fechados. De forma que seja possível: descrever o recurso hídrico e identificar problemas atuais e emergentes no que diz respeito à qualidade desta água; formular planos e definir prioridades para o gerenciamento da qualidade da água; e avaliar a efetividade destas medidas de gerenciamento (Baltram, 1996, p. 11).

Nossa arquitetura tem como objetivo principal a coleta de dados para o cálculo de índices e indicadores ambientais, e qualquer medida corretiva terá sua eficácia mensurada através dos mesmos. Assim, ao adotar nosso sistema, todas informações que dizem respeito à qualidade de um corpo hídrico serão armazenadas e cruzadas de forma a fornecer à população que faz uso diário dessa água uma visão geral do estado e histórico da qualidade da mesma.

Os índices e indicadores ambientais nasceram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento urbano, processo que requer um número elevado de informações em grau de complexidade cada vez maiores.

O indicador mais utilizado para determinar a qualidade de um corpo d'água é o IQA (Índice de Qualidade das Águas), criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*, com o intuito de avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para

abastecimento público. Tendo principalmente parâmetros que estão relacionados à contaminação causada por lançamento de esgoto doméstico.

O IQA é calculado pelo produtório ponderado da qualidade de água correspondentes às variáveis que integram o índice. Segundo a seguinte formula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

**IQA:** Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

**$q_i$ :** qualidade do i-ésimo parâmetro, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade";

**$w_i$ :** peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

**n:** número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A principal vantagem dos índices de qualidade são as facilidades de comunicação com o público leigo, os status maior do que as variáveis isoladas e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade. O índice, apesar de fornecer uma avaliação integrada, jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica.

Para suprir essa deficiência, usamos uma arquitetura de monitoramento contínuo, que permite além da avaliação diária do IQA do corpo da água, a visualização de cada variável físico-química em tempo real, e seu histórico. O que permite com que interessados sejam avisados assim que um dos índices apresente anomalias. Algo imperceptível com a avaliação periódica do IQA. A importância e inter-relação das variáveis monitoradas neste sistema serão explicadas a seguir:

A Temperatura da Água influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que pode causar impactos sobre seu crescimento e reprodução. Uma vez que o ecossistema seja afetado, as variáveis que possuem uma ligação mais próxima com o oxigênio disponível começam a sofrer variações também. Não consta na legislação valores máximos e mínimos estipulados para esta variável, entretanto, seu monitoramento é imprescindível para registrar indícios de poluição térmica, onde um grande volume de água sob uma temperatura diferente da normal do sistema é introduzido de maneira repentina.

O PH é o segundo parâmetro de maior peso e de importância para vida aquática no corpo d'água, pois este afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. Outros impactos de elevados níveis de pH é solubilidade de nutrientes, o que afeta os processos fotossintéticos do fitoplâncton. As variações do mesmo em um corpo é o que determina o tipo de fauna e flora que habitam o local, sendo que o meio neutro é o que possibilita uma maior estabilidade do meio e diversificação dos ecossistemas, permitindo o desenvolvimento de diferentes espécies. Por isso o seu monitoramento contínuo e entendimento do seu comportamento ao passar das estações é vital para que sistemas de alertas detectem anomalias que possam comprometer a qualidade desta água. A Resolução do CONAMA 357 estabelece que para proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9. Já a Portaria 2914 do Ministério da Saúde de 2011 recomenda que, no sistema de distribuição de água para consumo humano, o pH deve ser mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

O Oxigênio Dissolvido é o parâmetro de maior peso na composição do IQA, e este é vital para a preservação da vida aquática, já que vários organismos são dependentes de uma concentração adequada. Sendo este repostado principalmente pelas trocas gasosas entre a atmosfera e a fotossíntese das algas e plantas que habitam o corpo hídrico. Este pode ser afetado por temperaturas elevadas, uma vez que essa aumenta a solubilidade da água, e fatores relacionados à poluição por metais, pois este sofre processos de oxidação, o que retira oxigênio do sistema. Não existe uma legislação clara sobre a faixa que este parâmetro deve habitar, entretanto existem restrições no que diz respeito ao controle de poluição (Decreto Nº 8.468 do Governo do Estado de São Paulo, de setembro de 1976). Onde são definidos limites das variações que um despejo em corpo hídrico pode alterar.

Coliformes Fecais, ou Termotolerantes, é o maior indicador de poluição por esgotos domésticos. Elas não são patogênicas, mas sua presença em grandes números indicam a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ex: disenteria bacilar, febre tifoide e cólera). Segundo Resolução Nº 274 do CONAMA, águas doces não devem ter concentrações superiores a 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros (essa concentração varia de acordo com o objetivo da água). As medições dessas variáveis seriam feitas periodicamente de acordo com exigências legais.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbica. No IQA, é usada o DBO<sub>5,20</sub> que é a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C. Valores altos de DBO<sub>5,20</sub> num corpo d'água são provocados geralmente causados pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. Este parâmetro é diretamente relacionado ao oxigênio dissolvido na água, e valores altos podem

ocasionar a mortandade de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos. A legislação DBO<sub>5,20</sub> exige um valor máximo de 10 mg/L em qualquer dia.

O Nitrogênio Total pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causa uma doença metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças. Pelo fato dos compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público e afetar o oxigênio no sistema. A Resolução Nº 274 do CONAMA estabelece que o nitrogênio não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos.

O Fósforo Total é o principal fator que coloca limite na produtividade da água e está envolvido diretamente no processo de eutrofização. Participa em processos fundamentais nos seres vivos, como formação da membrana celular e no armazenamento de energia. O desequilíbrio na sua composição com a água, acarreta outras variáveis que são analisadas no processo de verificação da potabilidade da água. Como altera o funcionamento das algas presentes, ele mudará a concentração de oxigênio dissolvido. Quando fósforo entra em contato com a água pode ocorrer a produção de ácidos, como  $H_3PO_4$ ,  $H_2PO_4$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ , mudando o pH da água. Apesar de não acarretar nenhum malefício direto ao organismo humana, sua elevada concentração no corpo d'água pode alterar o ecossistema. Segundo resolução Nº 357 do CONAMA, a concentração deste parâmetro não pode ultrapassar o valor de 0,030 mg/L (valor varia de acordo com classificação do ambiente). Apesar de constar legislação pertinente, sua importância varia de acordo com a utilidade do corpo d'água.

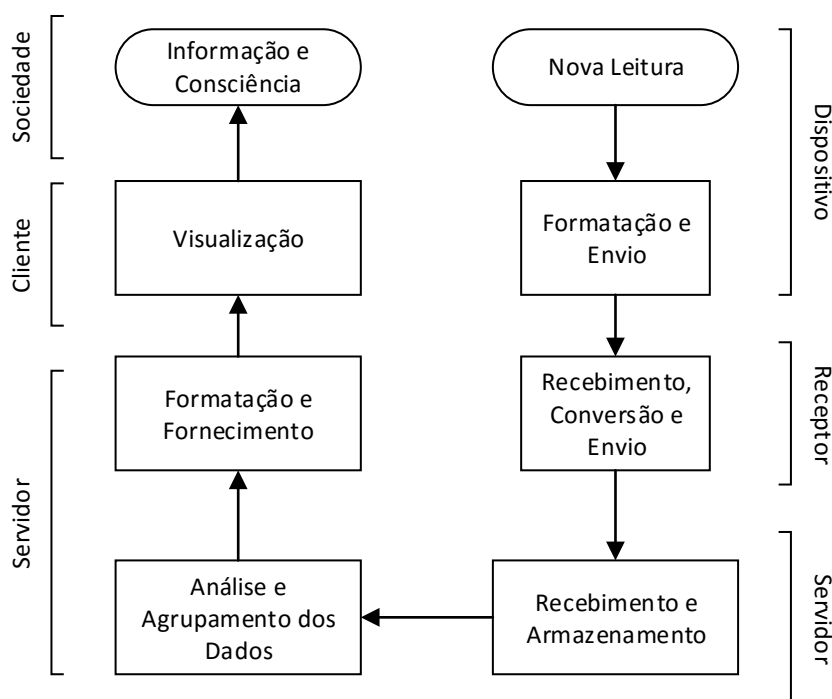
A Turbidez é a medida de dificuldade que a luz tem de atravessar uma quantidade de água, essa medição é feita através por um turbidímetro comparando o feixe da água analisada com um feixe de uma água potável. Os principais problemas que ocasionam a turbidez é a presença de sólidos em suspensão, matérias (inorgânica e orgânica) fívidas e algas e organismos microscópicos. Esses materiais têm como origem os esgotos não tratados corretamente. Quando a luz não consegue chegar as algas presentes na água, elas não realizam a quantidade de fotossíntese necessária para manter o ecossistema estável, assim provocando alterações no oxigênio dissolvido, pH e temperatura. Para águas doces o CONAMA exige que a turbidez do corpo d'água seja inferior à 100 UNT, já o Ministério da Saúde exige que amostras de água potável deve ser de 5,0 uT.

Os Sólidos Totais ou Suspensos, é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação de água durante um determinado tempo e temperatura. Quando resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água podem causar seu assoreamento, que gera problemas para a navegação e pode aumentar o risco de enchentes. Além disso podem causar danos à vida

aquática pois ao se depositarem no leito eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes. Segundo a Resolução Nº 357, a concentração máxima dos sólidos dissolvidos é 500 mg/L.

Para a geração de relatórios e emissão de notificações é usado o método estatístico conhecido como Carta de Controle. Este tipo de gráfico é comumente utilizado para o acompanhamento durante um processo, determina uma faixa chamada de tolerância limitada pela linha superior (limite superior de controle) e uma linha inferior (limite inferior de controle) e uma linha média de processo (limite central), que foram estatisticamente ou legalmente determinadas. Assim, podemos obter evidências de que um processo esteja operando em estado de controle e enviar notificações sempre que esses limites sejam ultrapassados. Cabendo a comunidade ou responsável adotar medidas que façam essa medição voltar ao estado de controle.

A arquitetura do projeto possui três componentes essenciais: Um dispositivo de medição, um software intermediário e uma aplicação web, e posteriormente um aplicativo mobile. O dispositivo é responsável por fazer leitura periódicas de índices físico-químicos da fonte d'água sob monitoramento e enviá-las via cabo usb para o software intermediário, chamado receptor. Este irá receber o sinal, convertê-lo no formato adequado e enviá-lo para o servidor. Que armazenará todas medições em um banco de dados e, através de uma aplicação web, fornecerá o acompanhamento das medições e uma plataforma para geração de relatórios e envio de notificações.



**Figura 1 Visão Geral da Arquitetura**

## PROTÓTIPO

O protótipo foi desenvolvido com intuito de demonstrar como um dispositivo físico poderia integrar a arquitetura que propomos, enviando os dados ao computador que possui o software receptor. Sua funcionalidade representa apenas uma parte do dispositivo final. Uma boia que faz medições contínua dos aspectos físicos e químicos do corpo d'água sob análise.

Os sensores presentes nesta prova de conceitos são os seguintes: sensor LM35, temperatura externa; sonda Ds18B20, temperatura d'água; sensor LDR 5mm modelo GL5528, luminosidade; e sonda A1004v2, pH. Os três primeiros permitem com que a sobreposição de seus dados ter uma visão geral do ambiente em que o corpo d'água se situa, e o pH permite uma análise química importante para determinar a potabilidade desta água. Estes sensores foram conectados na placa Arduino UNO através de uma protoboard usando jumpers.

O sensor de temperatura externa LM35 é um sensor de precisão fabricado pela *National Semiconductor*<sup>3</sup>, que apresenta uma saída de tensão relativa à temperatura em que ele se encontra no momento, tendo em sua saída um sinal de 10mV para cada grau celsius de temperatura. Sua exatidão está em cerca de ¼°C dentro da faixa de -55°C à 150°C.

Para converter o output do componente na sua atual medida em celsius, usamos o seguinte trecho de código:

```
void medirTemperaturaExterna() {  
  
    double leitura = analogRead(gPinTemperaturaExterna);  
  
    gTemperaturaExterna = ((leitura / 1024.0) * 5000) / 10;  
  
}
```

### **Código 1 Medição Temperatura Externa**

Que faz a leitura do pino no qual o output do sensor está conectado, que varia de 0 a 1023, onde 0 é 0V e 1023 é 5V, e faz o mapeamento para seu valor equivalente em celsius.

O sensor de luminosidade LDR é um componente simples que funciona alterando a resistência conforme a luminosidade que é submetido, sendo assim, sua resistência em ambiente escuro é de cerca de 10k Ohm, e sua resistência em um ambiente claro será de cerca de 1k Ohm. Para sua leitura é feito o mapeamento da voltagem lida, que oscila de 0 a 1023, para faixa de 5v a 0v. Após isso é feita a conversão para unidade Lux. Conforme código abaixo:

---

<sup>3</sup> Também conhecida como Texas Instruments, website: <http://www.ti.com/>



```
void medirLuminosidade() {  
  
    double v = analogRead(gPinLuminosidade);  
  
    v = map(v, 0, 1023, 5, 0);  
  
    gLuminosidade = (1000 * (5 - v)) / v;  
  
}
```

### **Código 2: Medição Luminosidade**

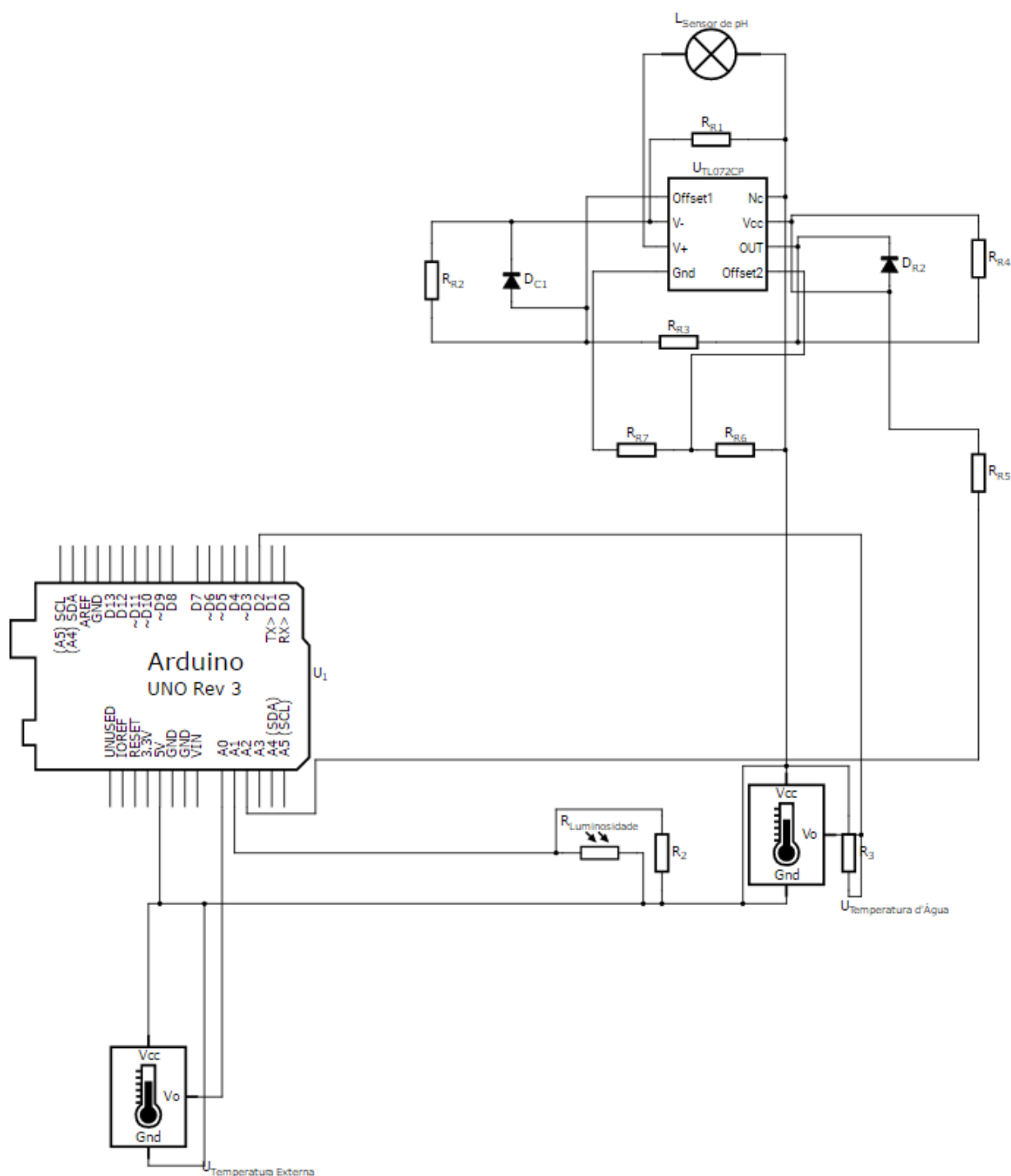
A sonda de temperatura d'água Ds18b20 é um sensor digital que opera em uma tensão de 3 a 5,5V e em uma faixa de medição de -55°C a +125°C. Sua precisão é de cerca de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  entre -10°C a +85°C, e o envio é feito através de um único fio. Para realizar sua leitura usamos as seguintes bibliotecas: OneWire, que permite o acesso à dispositivos de um fio fabricados pela Maxim/Dallas; e a DallasTemperature, da mesma fabricante, que permite uma interface entre o Ds18b20 com o Arduino. O trecho a seguir mostra como a medida é feita:

```
#include <OneWire.h>  
  
#include <DallasTemperature.h>  
  
  
OneWire gOWSensorTemperaturaAgua(gPinTemperaturaAgua);  
  
DallasTemperature gDallasSensors(&gOWSensorTemperaturaAgua);  
  
  
void medirTemperaturaAgua() {  
  
    gDallasSensors.requestTemperatures();  
  
    gTemperaturaAgua = gDallasSensors.getTempCByIndex(0);  
  
}
```

### **Código 3 Medição Temperatura d'Água**

Após ler a saída de todos sensores o dispositivo escreve na porta serial 9600, no seguinte formato de chave e valor. Por exemplo, "TE:25.3123;TA:20.3000;LU:650.0000;PH:7.89;". O procedimento de lida e envio é feito continuamente em intervalos de 0,5 segundos.

Os sensores foram conectados ao Arduino segundo o seguinte esquema:



### Figura 2 Esquema do dispositivo

O código-fonte do dispositivo é protegido pela licença MIT e pode ser encontrado no repositório Github através do link: <https://github.com/diegomrodz/WaterSenseArduino>. E é mantido pelo Diego Rodrigues, [diego.mrodrigues@outlook.com](mailto:diego.mrodrigues@outlook.com).

**SOFTWARE RECEPTOR**

Para leitura e envio dos dados escritos na porta serial foi necessário o desenvolvimento de um software intermediário entre o dispositivo e o servidor. E para construção deste programa escolhemos o Node.JS, que roda o interpretador JavaScript V8 da Google, por causa da sua assincronicidade nativa<sup>4</sup>, o que permite o envio de requisições HTTP de forma simultânea, e por sua operação nativa com o formato JSON, usado nas comunicações com as APIs do servidor.

Este programa permite com que configuremos quais sensores estão ativos e visualizar o status do servidor, assim, podemos diagnosticar qualquer interrupção tanto nos sensores como no servidor. Além disso, ele permite a visualização dos últimos dados lidos e assim a detecção de qualquer anomalia nas medições, indicando um possível mal funcionamento de algum dos sensores.

A leitura da porta serial é feita usando a biblioteca Serialport que provém uma interface bastante completa para manipular as portas seriais do computador. Como o Node.JS é assíncrono, para a realização de leituras usamos o evento<sup>5</sup> *data*, que é disparado sempre que um novo dado é escrito na porta serial.

```
SerialPortListener.prototype.onData = function (ctx, callback) {  
    this.serialPort.on('data', function (data) {  
        callback.call(ctx, data);  
    });  
};
```

**Código 4 Leitura da porta serial**

Para evitar computação desnecessária e um melhor uso da plataforma, realizamos toda formatação e envio dos dados lidos através do *callback*<sup>6</sup> passado como argumento para função *onData*. Assim, o receptor irá se comunicar com o servidor sempre que o dispositivo escrever na porta serial.

---

<sup>4</sup> O processamento assíncrono permite a divisão de uma grande tarefa em múltiplas tarefas menores e fazer com que estas sejam executadas de forma paralela. E, através do uso de eventos e callbacks, ordená-las de forma a construir um algoritmo mais eficiente que a sua forma síncrona.

<sup>5</sup> Uma ação ou ocorrência que é manejado pelo software. Podendo ser ativado pelo sistema ou pelo usuário.

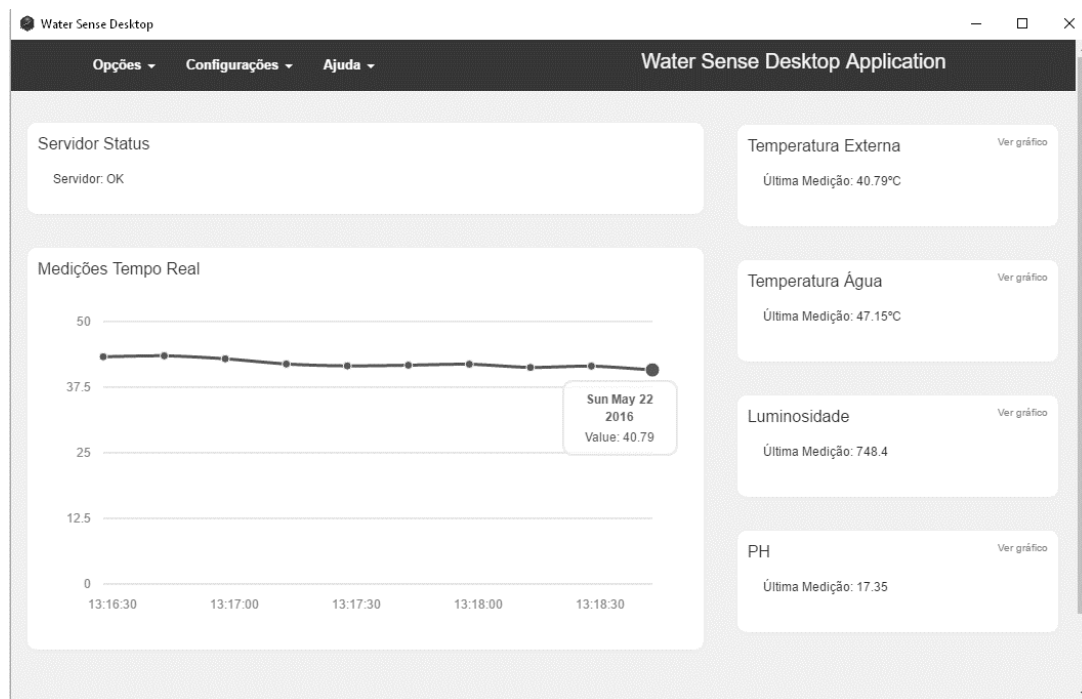
<sup>6</sup> Uma peça de código executável que é passado como argumento para outra peça de código, normalmente usado por linguagens que façam uso do paradigma funcional.

O formato enviado para o servidor segue o seguinte modelo:

```
{  
  
    "sensor": int,  
  
    "ext_temp": double,  
  
    "water_temp": double,  
  
    "luminosity": double,  
  
    "ph": double  
  
}
```

### **Código 5 Formato para comunicação receptor-servidor**

Onde o campo sensor é o ID do dispositivo no banco de dados da aplicação servidor, e é inserido através da interface gráfica. Para controle do funcionamento do servidor são mantidas contagens das requisições bem-sucedidas e das má-sucedidas.

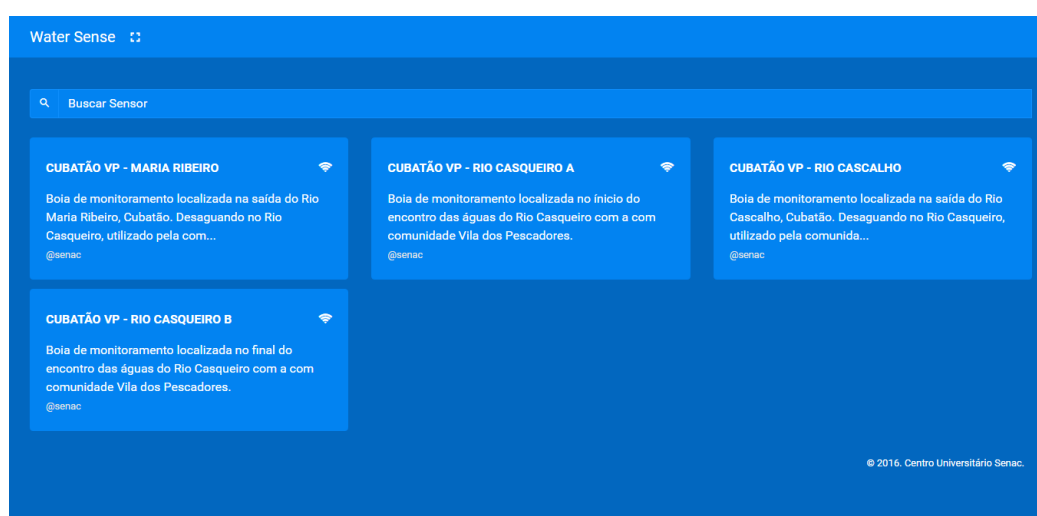


**Figura 3 Software Receptor**

O código-fonte do software é protegido pela licença MIT e pode ser encontrado no repositório Github através do link: <https://github.com/diegomrodz/WaterSenseDesktop>. E é mantido pelo Diego Rodrigues, [diego.mrodrigues@outlook.com](mailto:diego.mrodrigues@outlook.com).

## APLICAÇÃO WEB

A aplicação servidor está hospedada numa instância na PaaS<sup>7</sup> (Platform as a Service) Heroku e foi desenvolvida usando a web-framework Sails, que também roda em cima do Node. Esta foi escolhida por causa da sua fácil integração com o software receptor, e a facilidade na criação e gestão de APIs JSON. Já para persistir as leituras, foi usado o banco de dados MySQL por causa de sua confiabilidade, escalabilidade e velocidade de processamento. Já no lado do cliente, foi utilizada uma aplicação de página única usando a framework MVC<sup>8</sup> Angular.JS da Google.

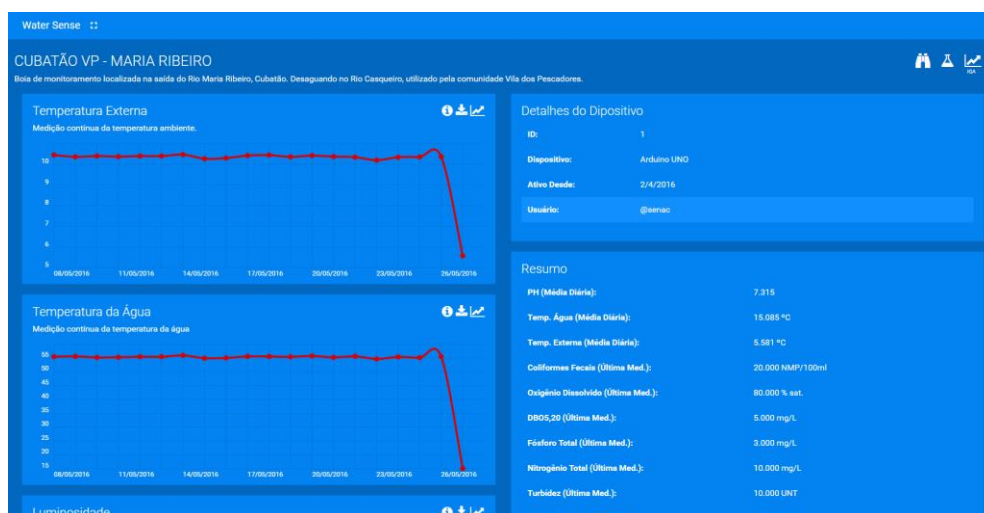


**Figura 4 Página inicial da aplicação web**

A ferramenta é servida via web através do link: <http://water-sense.herokuapp.com>, e pode ser acessada por qualquer interessado em visualizar, baixar ou gerar relatórios em cima dos dados dos sensores cadastrados no sistema. Cada sensor cadastrado tem sua página única, e para obter acesso a ela basta pesquisar e clicar no sensor desejado, como mostrado na Figura 3, que o usuário será redirecionado para a seguinte página:

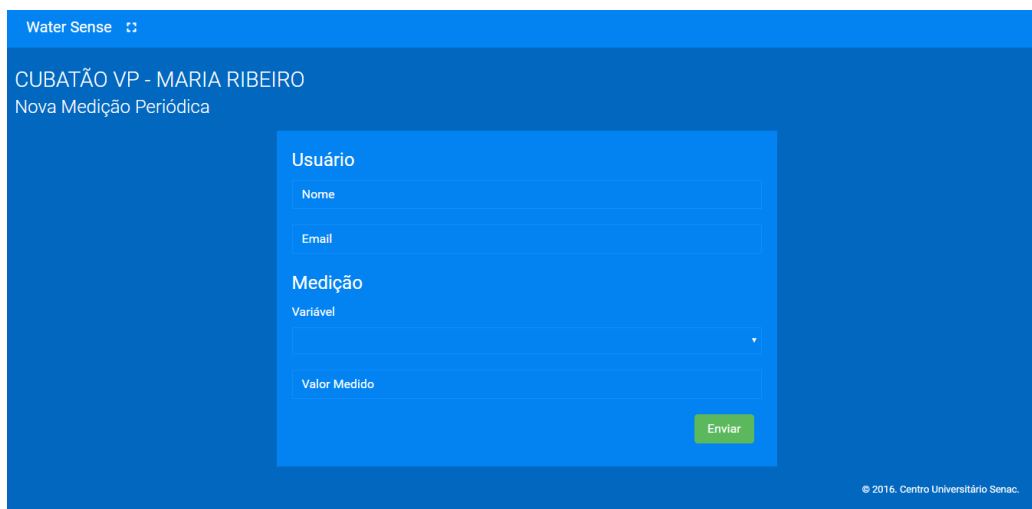
<sup>7</sup> PaaS é o termo usado para indicar o tipo de serviço que tem como produto uma plataforma de hospedagem e gerenciamento de software.

<sup>8</sup> MVC é o padrão de projeto que permite um fácil e rápido desenvolvimento de softwares onde a interação com o usuário é o foco principal.

**Figura 5 Página do dispositivo**

Nesta página podemos visualizar o gráfico das últimas médias diárias para cada sensor ativo no dispositivo, seus detalhes, resumo de cada índice, classificação da qualidade da água segundo o CONAMA e CETESB e a localização do dispositivo (não mostrado na imagem acima). Na parte superior da caixa de cada sensor encontramos 3 botões. O representado pelo "i" permite com que usuários leigos, principalmente membros de comunidades que fazem uso da aplicação, se informem a respeito da importância e impactos da variável medida. Já o botão representado por uma seta e um computador, permite com que pesquisadores e usuários mais avançados façam o download no formato CSV de todas medições feitas por aquele sensor. Por fim, o botão representador pelo gráfico de linha permite com que o usuário visualize o gráfico diários e das duas últimas semanas, assim como as médias de controle usadas para o disparo de notificações (informações específicas de acordo com a variável).

Como nem todos parâmetros do IQA permitem o monitoramento contínuo, permitimos que certas medições sejam inseridas periodicamente através de um formulário que pode ser acessado através do botão representado por um erlenmeyer na parte superior direita da página do sensor representada na Figura 4.



The screenshot shows a web application interface with a blue header and background. The header contains the text "Water Sense" and a small icon. Below the header, the text "CUBATÃO VP - MARIA RIBEIRO" and "Nova Medição Periódica" is displayed. A white form is centered on the page, containing the following fields: "Usuário" (with sub-fields "Nome" and "Email"), "Medição" (with a sub-field "Variável" and a dropdown arrow), and "Valor Medido". A green "Enviar" button is located at the bottom right of the form. In the bottom right corner of the page, there is a small copyright notice: "© 2016. Centro Universitário Senac."

**Figura 6 Formulário para medições periódicas**

Essas medições serão usadas no cálculo do IQA da seguinte forma: caso o parâmetro esteja sob monitoramento contínuo, será usada a média diária das medições, caso não, será usado a última medição periódica, assim, por mais que não seja a representação exata do IQA, podemos ter uma ideia da qualidade desta água. Por exemplo, caso os parâmetros de Temperatura da Água, pH e Oxigênio Dissolvido estejam sob monitoramento contínuo, então os 6 demais parâmetros serão considerados a última medição periódica feita através da página Figura 5.

Na página do sensor, figura 4, no canto superior direito, encontramos o botão representado pela figura de um binóculo. Ao clicar neste botão o usuário será redirecionado ao formulário de inscrição para recebimento de notificações diárias deste sensor específico. Isto é, sempre que houverem medições fora dos limites de controle.

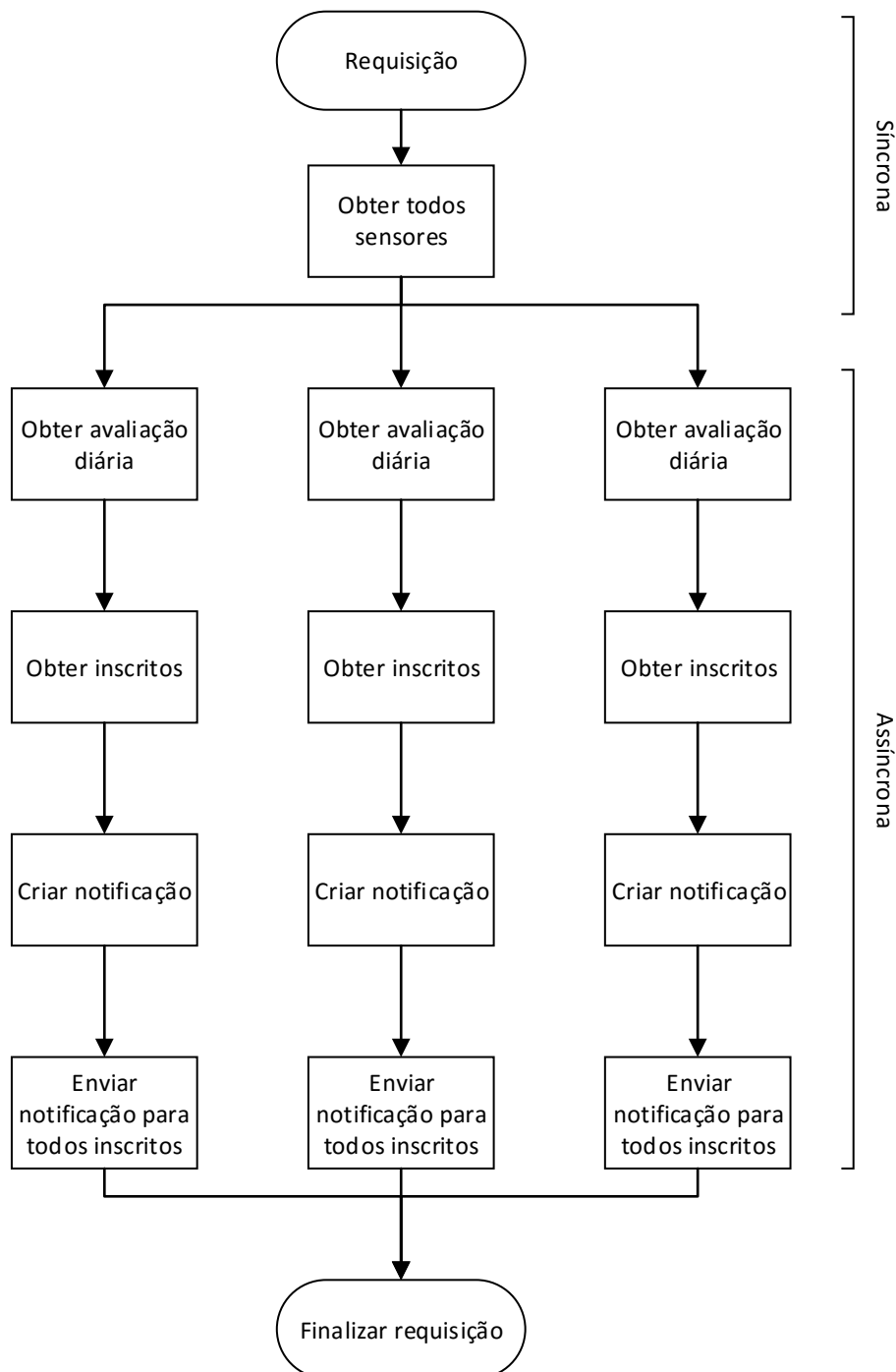
O código-fonte do software é protegido pela licença MIT e pode ser encontrado no repositório Github através do link: <https://github.com/diegomrodz/WaterSenseWebApp>. E é mantido pelo Diego Rodrigues, [diego.mrodrigues@outlook.com](mailto:diego.mrodrigues@outlook.com). Acesse o repositório para obter mais informações sobre a estrutura interna da aplicação.

## **SISTEMA DE NOTIFICAÇÃO**

O principal e mais complexo componente é o sistema de notificação que tem como função enviar e-mails diários para todos inscritos no sensor sempre que houver uma variação que ultrapasse os limites de controle de uma certa variável monitorada. Essa notificação permite com que o usuário saiba a natureza da anomalia bem como quantas vezes ela aconteceu durante

o dia. Assim, se uma variação começa a tornar-se frequente, isso pode indicar que algo está afetando a qualidade desta água.

O envio é feito através de uma requisição HTTP que é programada para ser disparada diariamente as 23hrs. Esta requisição é então recebida por uma controladora que realizará a seguinte operação:



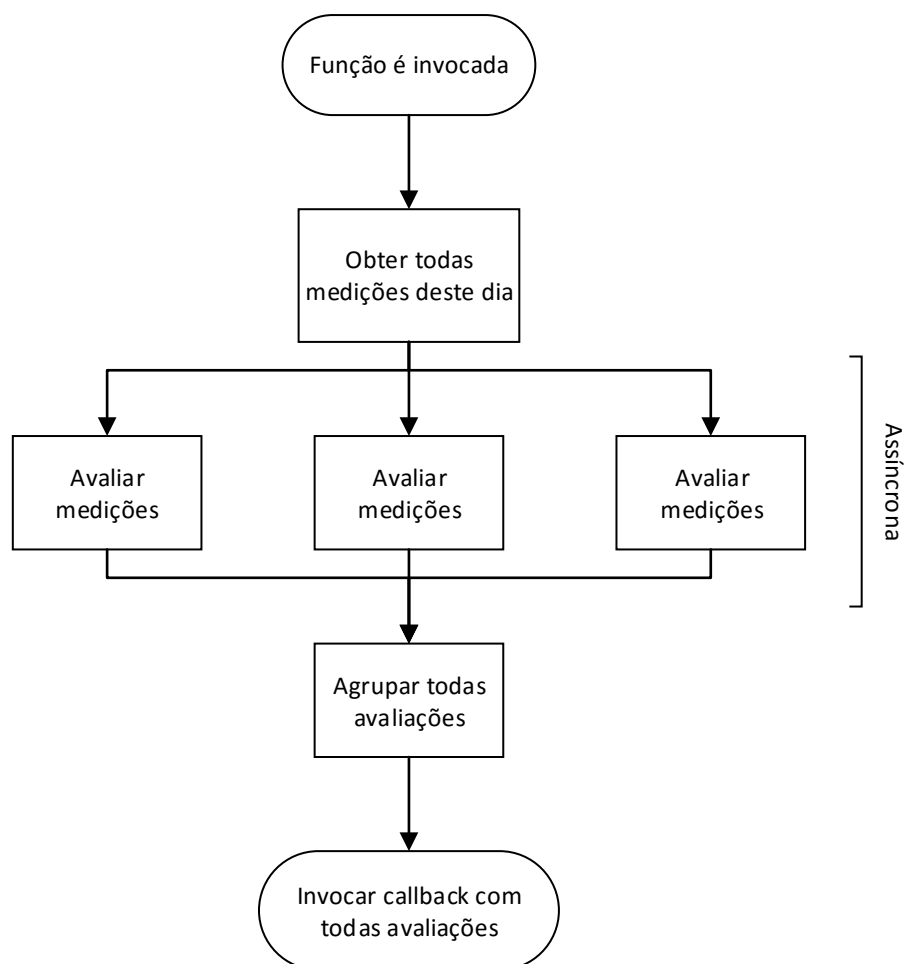
**Figura 7 Flow do sistema de envio de notificações**



A computação assíncrona é uma característica nativa do Node.JS, mas para obter um controle do flow mais simplificado e conciso optamos por usar a biblioteca *async*, que possui diversos módulos e funções para manipular processos assíncronos usando *callbacks*.

Este processamento é ideal para este tipo de aplicação, pois podemos quebrar a complexa tarefa de avaliar, obter inscritos, criar e enviar notificações para cada sensor cadastrado no sistema em pequenas tarefas e organizá-las em um *workflow* onde cada uma delas é independente. Ou seja, enquanto as notificações do sensor A estão sendo criadas, as notificações do sensor B podem já estar a caminho de seus destinatários. Isso aumenta a velocidade de processamento consideravelmente.

A avaliação diária é específica para cada parâmetro e é realizada da seguinte forma:



**Figura 8 Avaliação diária das medições**

Onde cada medição feita naquele dia será avaliada segundo seus limites de controle e depois estas avaliações serão agrupadas e retornadas através do callback. Essas avaliações seguem o seguinte formato:

```
{  
  
    code: int,  
  
    value: double,  
  
    time: datetime,  
  
    message: string  
  
}
```

**Código 6 Formato das avaliações**

Onde o campo *value* representa o valor da medição, *time* representa a data e hora da medição e a *message* é alguma mensagem que explica o significado do campo *code*. Este pode possuir os seguintes valores:

**Tabela 1 Possíveis códigos nas avaliações de medições**

Código	Significado
0	Medição indefinida ou inexistente neste ponto.
1	A medição está na área de controle, ou seja, está adequado segundo seus limites.
-1	A medição ultrapassou o limite inferior de controle.
-2	A medição ultrapassou o limite superior de controle.
-3	A medição está apresentando um valor anormal, indicando um erro de medição. (ex. pH = 15).

Estas avaliações serão agrupadas de acordo com seus respectivos códigos, e será gerado uma notificação para cada grupo de avaliações com código diferente de 1. Assim, os inscritos serão notificados apenas se a variável sob monitoramento apresentar avaliações negativas.

**ESTUDO DE CASO**

Para exemplificar o uso desta arquitetura no mundo real, criamos quatro sensores fictícios que estariam localizados em regiões estratégicas das águas que cercam a comunidade Vila dos Pescadores em Cubatão, São Paulo.



**Figura 9 Imagem de satélite da Vila dos Pescadores**

Foto: Engefoto - Departamento de Imprensa/PMC

Essa comunidade originou-se na década de 1960 quando um grupo de pescadores artesanais se instalou no local, visando a exploração do Rio Casqueiro, fonte geradora de seu sustento. A partir de 1972, devido ao problema habitacional, verificou-se um crescente fluxo populacional para esta área. Esta situação agravou-se quando a empresa santista de economia mista Progresso e Desenvolvimento de Santos S.A. (Prodesan) iniciou a execução de um aterro sanitário na margem oposta do Rio Casqueiro, como mostrado na figura 8, o que obrigou a população que ocupava essa área se deslocar.

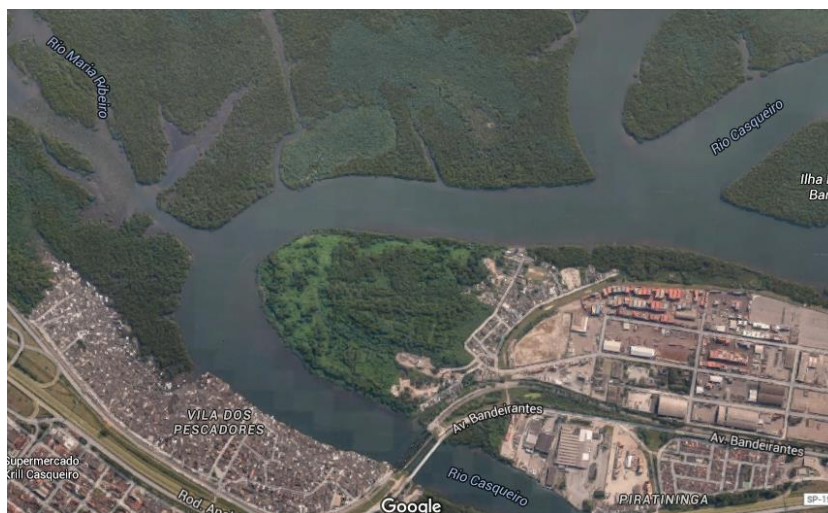


**Figura 10 Imagens Atuais da Vila dos Pescadores**

Fonte: Departamento de Imprensa/PMC - 14 de maio de 2004

Atualmente a comunidade abriga cerca de 9.244 pessoas que vivem em um ambiente precário com baixas condições de saneamento básico, onde o contato com a água é constante. Conforme mostrado na figura 9. E a maior fonte de renda provem da pesca realizada nos rios Casqueiros e Cascalho.

Nota-se que esta comunidade tem uma dependência econômica e social da água que os cerca, o que os torna extremamente sensíveis a qualquer tipo de alteração em sua qualidade. Por isso, identificamos que esta comunidade se beneficiaria bastante de um sistema de monitoramento e, principalmente de uma aplicação que permita uma fácil compreensão dos dados e forneça informações importantes de como remediar a situação desta água.



**Figura 11 Visão aérea da região**

Foi definido que o melhor arranjo dos sensores seria posicioná-los da seguinte forma: dois sensores na saída do Rio Maria Ribeiro, para detectar caso haja despejo tóxico das indústrias que atuam em Cubatão e dos portos localizados acima no Rio Casqueiro; dois sensores nas extremidades da comunidade, para detectar o despejo de esgoto urbano sem tratamento.

Assim é esperado a detecção não só variações nos níveis de qualidade da água, mas também ter uma noção da fonte desta variação. O que com certeza ajudaria na comunicação às autoridades, além de aumentar o tempo de resposta da comunidade frente à um problema.

Obviamente seria necessário a realização de medições periódicas dos índices que não estão sob monitoramento contínuo, como por exemplo, os coliformes fecais, que, por causa das condições de saneamento básico da comunidade, possui uma extrema relevância.

Na sua atual forma, o dispositivo já teria efeitos positivos na detecção de variações na temperatura e no pH da água do rio. Variações estas que poderiam estar associadas com um caso de poluição térmica, onde uma indústria está fazendo o despejo de água usada para resfriamento de forma imprópria, afetando a vida aquática da região, assim diminuindo e agredindo a principal fonte de renda e alimentação da comunidade.

Para simular essa ocorrência foi criado um modelo matemático básico que gera os valores de temperatura ambiente, temperatura da água, luminosidade e pH. Além de simular o despejo tóxico na região do Rio Maria Ribeiro.

As duas principais variáveis utilizadas neste modelo são a hora, que é obtida através do objeto *Date* do JavaScript, e a temperatura ambiente na região de Cubatão. Esta é obtida através de uma requisição HTTP usando a biblioteca *request* para a API JSON de dados climáticos da HG Brasil<sup>9</sup> conforme o código abaixo:

```
getCityWeather: function (cid, callback) {  
  
    request('http://api.hgbrasil.com/weather/?format=json&cid='+cid,  
  
        function (err, res, body) {  
  
            if (err) console.log(err);  
  
            var json = JSON.parse(body);  
  
            callback(json);  
  
        }  
  
    );  
  
}
```

#### **Código 7 Obter clima em tempo real de Cubatão**

O argumento *cid* é o ID da cidade de Cubatão no banco de dados da API, que no caso corresponde ao valor BRXX0375. Este método faz parte do objeto *CubataoModelService*, que possui todas funções referentes à geração de dados segundo o modelo matemático explicado abaixo.

Após obtida a temperatura ambiente, é utilizado o modelo matemático desenvolvido pelo *New Mexico Enviroment Department*, expresso no relatório de agosto de 2011 chamado *Air-Water Temperature Correlation*. Que define as seguintes equações lineares para obter uma temperatura d'água estimada a partir da temperatura atmosférica:

**Tabela 2 Equações de relação entre Temperaturas Ambiente/Água**

NOME	FAIXA	EQUAÇÃO
4T3	$T \leq 18^{\circ}\text{C}$	$1.03T + 1.3029$
6T3	$T \geq 18^{\circ}\text{C}$ E $T \leq 23^{\circ}\text{C}$	$1.06T + 1.8166$
TMAX	$T \geq 23^{\circ}\text{C}$	$1.07T + 4.9597$

<sup>9</sup> Projeto desenvolvido por Hugo Demiglio que dispõe diversas APIs gratuitamente. <http://hgbrasil.com/>

Após obtida a temperatura d'água, é utilizado o *Le Châtelier's Principle*, que expressa que se você alterar as condições de equilíbrio de uma reação, a posição do equilíbrio se moverá na posição contrária da mudança. Então, se você aumentar a temperatura da água, o equilíbrio irá mover-se para temperaturas mais baixas. O que significa que a reação direta será favorecida e mais íons de hidrogênio serão formados e o valor do  $K_w$  irá aumentar também. Logo, obtemos a seguinte tabela:

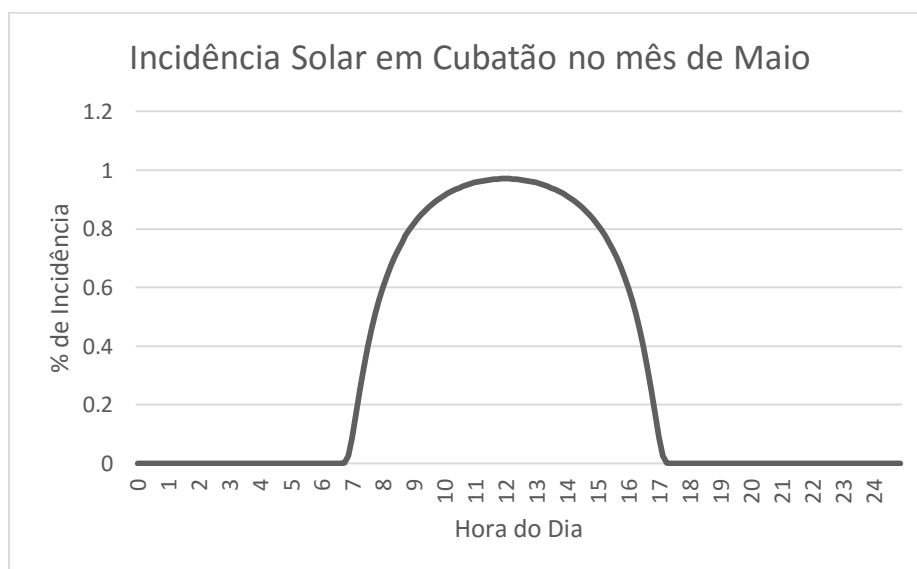
**Tabela 3 Relação Temperatura da água/pH**

T (°C)	$K_w$ (mol <sup>2</sup> dm <sup>-6</sup> )	pH
0	$0.114 \times 10^{-14}$	7.47
10	$0.293 \times 10^{-14}$	7.27
20	$0.681 \times 10^{-14}$	7.08
25	$1.008 \times 10^{-14}$	7.00
30	$1.471 \times 10^{-14}$	6.92
40	$2.916 \times 10^{-14}$	6.77
50	$5.476 \times 10^{-14}$	6.63
100	$51.3 \times 10^{-14}$	6.14

A partir desta tabela foi desenvolvida a seguinte função linear que retorna o pH de acordo com a temperatura da água (TA):

$$pH(TA) = -0.0131TA + 7.4143$$

Independente das variáveis acima, a luminosidade é obtida simulando a luminosidade que o sensor LDR será exposto de acordo com a hora do dia. Para isso usamos a incidência solar na latitude 23° ao sul, onde Cubatão se encontra, durante o mês de maio em função da hora do dia. Conforme mostra gráfico a seguir:



**Figura 12 Incidência Solar em Cubatão no mês de maio**

Esta curva foi obtida utilizando a ferramenta calculadora de incidência solar em função da latitude do site *PV Education*<sup>10</sup>.

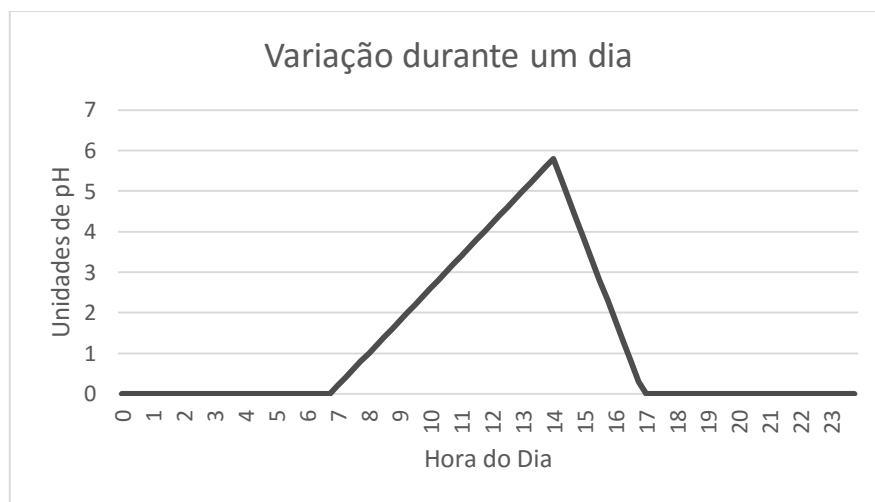
Então, é obtida a incidência a partir da hora no momento da execução e passamos como argumento para função abaixo. Esta irá mapear a incidência (I) que varia de 0 a 1, para um valor de voltagem (V), na faixa de 5 a 0. Onde 5 denota a completa ausência de incidência sobre o sensor.

$$V = 5 - 5I$$

Após obtida a voltagem no sensor LDR, basta converter este valor para seu correspondente valor de intensidade de iluminação (L), na unidade Lux.

$$L = \frac{1000 \times (5 - V)}{V}$$

Após geradas todas medidas padrões, basta a inserção de variações de acordo com posição de cada dispositivo. Ou seja, queremos simular o despejamento de substância ácida periódico fruto de atividade industrial no Rio Maria Ribeiro. Para isso, definimos a variação do pH de acordo com a hora do dia. Simbolizando a hora em que esta indústria fictícia realiza os despejos ilegais.



**Figura 13 Variação durante um dia**

Após obtida a variação da hora da medição, aumentamos o pH de cada um dos dispositivos segundo a seguinte proporção:

<sup>10</sup> Link para ferramenta: <http://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/calculation-of-solar-insolation>



Tabela 1 Variação do pH de acordo com o sensor

Dispositivo	% da variação
CUBATÃO VP – Maria Ribeiro	100 %
CUBATÃO VP – Rio Casqueiro A	55 %
CUBATÃO VP – Rio Casqueiro B	25 %
CUBATÃO VP – Rio Cascalho	0 %

O que mostra que a poluição foi dissolvida durante o percurso do Rio Casqueiro e que o ponto de maior incidência é o ponto de encontro do mesmo com o Rio Maria Ribeiro. O gráfico a seguir mostra como o pH variaria durante um dia segundo este modelo.

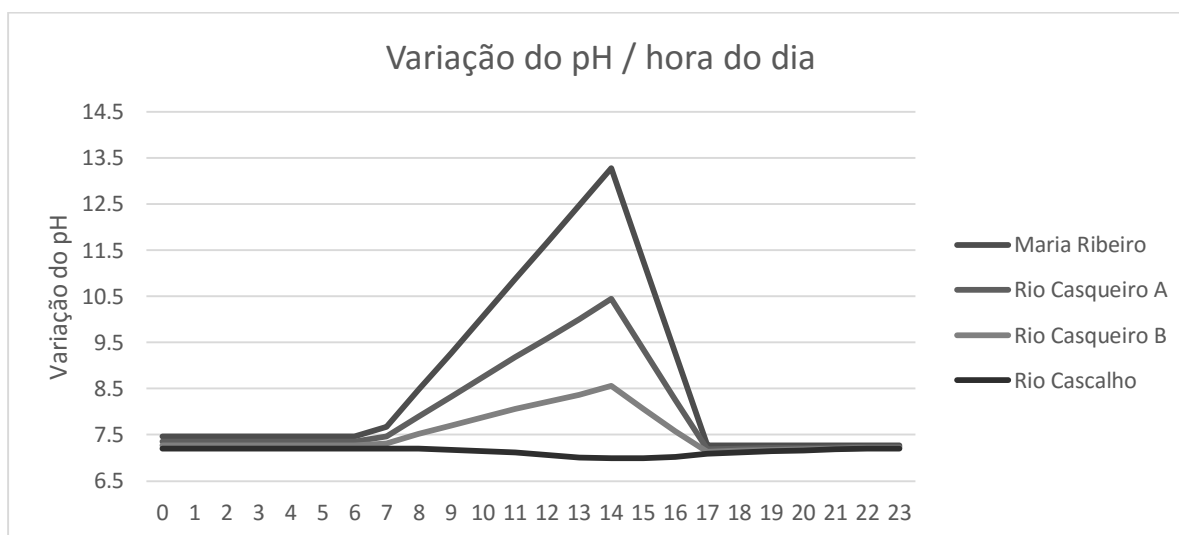
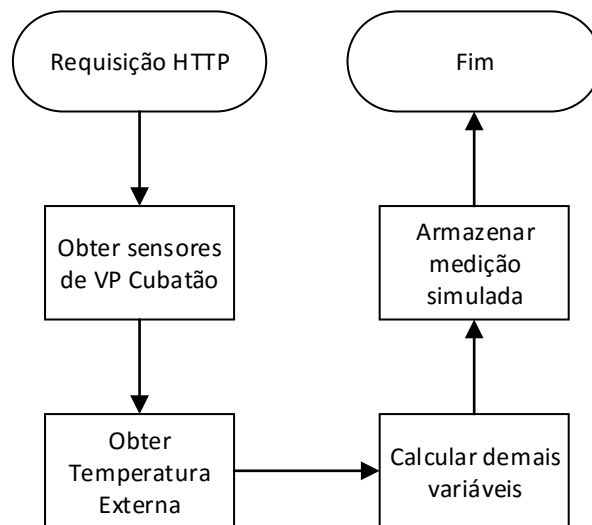


Figura 14 Variação do pH conforme hora do dia

Este modelo está contido em uma classe estática *CubataoModelService* na aplicação web, e esta pode ser invocada através de uma requisição HTTP, esta irá invocar realizar o seguinte processo:





**Figura 15 Geração de medição do modelo matemático**

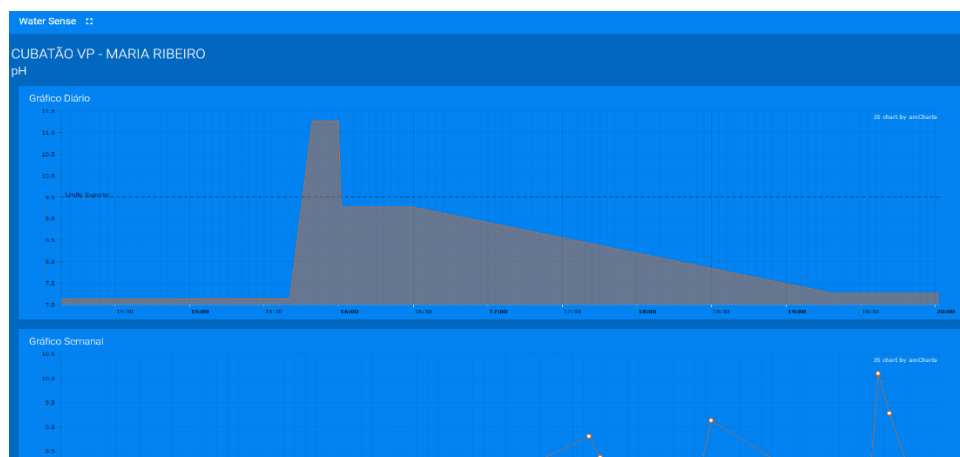
Para sementeação do banco de dados através deste modelo matemático foi utilizado um script que simplesmente realiza requisições, utilizando-se da biblioteca *request*, periódicas para o servidor.

```

setInterval(function () {
    request("http://water-sense.herokuapp.com/CubatiaoModel/sensor");
}, 1000 * 15);
  
```

#### **Código 7 Sementeação do banco de dados**

Então, após um dia de execução deste script, o usuário que ir visitar a página do sensor de pH do dispositivo no Rio Maria Ribeiro irá verificar que houveram, por exemplo, medições acima do controle superior, definido segundo portaria Nº 2.914, de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde entre 15:30 e 16:00 no mesmo dia, chegando a medidas do pH acima de 11.



**Figura 16 Medições diária do sensor pH do sensor Maria Ribeiro**

## XIII SEMANA UNIFICADA DE APRESENTAÇÕES

06 a 10 de Junho de 2016

Engenharia de Computação



No final deste dia, por volta das 20 horas, uma requisição será feita através do add-on *Temporize Scheduler* do Heroku. Esta então irá ativar o sistema de notificação, conforme descrito na sessão anterior, que então notará essas variações e então e-mails no seguinte formato serão enviados aos membros da comunidade cadastrados.

CUBATÃO VP - Maria Ribeiro | Avisos | Sensor PH

↑ ↓ ×



Water Sense (watersensesenac@gmail.com) Add to contacts 2:00 AM  
To: diego.mrodrigues@outlook.com

Water Sense

CUBATÃO VP - Maria Ribeiro

Notificação criada em 3/5/2016 às 20:0:46

Limite Superior

Houveram 43 medições que ultrapassaram o limite superior do parâmetro pH.

Medições			
Código	Parâmetro	Valor	Momento
-2	pH	11.27	15:49:19
-2	pH	11.27	15:49:20
-2	pH	11.27	15:49:32
-2	pH	11.27	15:49:47
-2	pH	11.27	15:50:2
-2	pH	11.27	15:50:17
-2	pH	11.27	15:50:32
-2	pH	11.27	15:51:24
-2	pH	11.27	15:51:41
-2	pH	11.27	15:51:41
-2	pH	11.27	15:52:4
-2	pH	11.27	15:52:30
-2	pH	11.27	15:52:30
-2	pH	11.27	15:53:49
-2	pH	11.27	15:53:49
-2	pH	11.27	15:53:55
-2	pH	11.27	15:53:55

**Figura 17 E-mail enviado por causa de variações no sensor Maria Ribeiro**

Assim, os responsáveis pela comunidade poderão recolher os dados do sistema, montar um relatório e enviá-lo a autoridades para que as devidas providências sejam tomadas. Neste caso, regularizar o vazamento tóxico no rio Maria Ribeiro.

Apesar de uma variação desta proporção em um curto de período parecer absurda, ela serve seu propósito de demonstrar como uma comunidade que está sob constante contanto com águas que passam por zonas industriais pode agir antes que seu meio seja afetado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para garantir uma água potável de qualidade é necessário um monitoramento contínuo e constante preocupação por parte da comunidade que faz uso dessa água e das autoridades. Por isso foram agregados os dois problemas em nossa arquitetura, coletando dados através do dispositivo e fornecendo uma aplicação que facilita o acesso e interpretação das medições feitas.

Apesar da complexidade da tarefa de definir a qualidade precisa de uma água, quando se trata de consciência social, basta fornecer uma visão geral do estado dessa água e permitir que usuários avançados como cientistas e funcionários públicos tenha um acesso completo ao

banco de dados. Assim, a comunidade torna-se ativa nesse processo que já é realizado, mas com um foco científico.

Já existem iniciativas parecidas, como por exemplo o *Fresh Water Watch*, um programa global desenvolvido pelo *Earthwatch*, organização ambiental internacional que conecta pessoas com a ciência e a natureza. Que possui como missão envolver pessoas ao redor do mundo em pesquisa científica de campo e de educação. Essa iniciativa permite com que pessoas façam testes independente de parâmetros relacionados à qualidade da água.

Diante de outras iniciativas já presentes na comunidade, é possibilitado o compartilhamento das informações. Pois o objetivo é ter a visão mais clara possível da qualidade desta água, e não se tornar a única solução para esse fim.

Os desafios de tornar essa iniciativa em um projeto real são enormes, mas acredita-se que através do estado atual desta arquitetura, seja-se capaz de transmitir os benefícios que ela teria em uma comunidade dependente de um corpo hídrico. Como demonstrado no estudo de caso.

O projeto possui um grande potencial, entretanto, foram identificados uma série de problemas que talvez estejam acima de meus (Diego Rodrigues) conhecimentos no momento e que não fazem parte de nossa formação. Por exemplo, meu conhecimento limitado de ciências ambientais e química limitou minha capacidade de transmitir as informações da maneira mais clara e objetiva. Problema que poderia ser resolvido com o auxílio de turmas destas áreas.

A aplicação web tem como objetivo ser simples e informativa para o usuário final, assumindo que este seja leigo. Entretanto, a interface, a visualização dos dados e as informações químicas e jurídicas ainda estão longe do ideal para realmente ajudar uma comunidade tomar decisões sobre sua água. Exigindo mais pesquisa e planejamento.

O sistema de notificação é bastante interessante e poderia ser melhorado de forma a passar mais informações nos e-mails e não só listar os dados que ultrapassaram os limites de controle. Mas acredito que consegui passar a ideia geral do mecanismo.

Entretanto, um resultado interessante do projeto é a identificação do potencial desta arquitetura específica e possibilidade de generalização desta arquitetura (Figura 1). De forma que qualquer pessoa seja capaz de configurar uma rede de sensores usando o Arduino e conectá-la à uma ferramenta web que permita o monitoramento e visualização dos dados. E até a utilização do sistema de notificação (Figura 6 e 7) com regras criadas pelo usuário.

Denominado Orquestra, o projeto open-source e é mantido pelo Diego Rodrigues, [diego.mrodrigues@outlook.com](mailto:diego.mrodrigues@outlook.com). Para mais informações acesse o repositório github: <https://github.com/diegomrodz/Orquestra>.

## REFERÊNCIAS

ANA. *Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA)*. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 22 mai. 2016.

BARTRAM, J; BALLANCE, R (1996). *Water Quality Monitoring – A practical guide to design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. UNEP/WHO. p. 9.

BURTON, M; NEWSOME, T; WHIDDON, J. *Dallas Temperature Control Library*.

MilesBurton.com. Disponível em:

[https://milesburton.com/Dallas\\_Temperature\\_Control\\_Library](https://milesburton.com/Dallas_Temperature_Control_Library). Acesso em 22 mai. 2016.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. *Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP)*. Ambi-Agua, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CETESB. *Índice de Qualidade das Águas*. Brasil, 2015. 29p.

CLARK, J. *Temperature Dependent of the pH of pure water*. UCDAVIS. Disponível em:

[http://chemwiki.ucdavis.edu/Core/Physical\\_Chemistry/Acids\\_and\\_Bases/Aqueous\\_Solutions/The\\_pH\\_Scale/Temperature\\_Dependent\\_of\\_the\\_pH\\_of\\_pure\\_Water](http://chemwiki.ucdavis.edu/Core/Physical_Chemistry/Acids_and_Bases/Aqueous_Solutions/The_pH_Scale/Temperature_Dependent_of_the_pH_of_pure_Water). Acesso em 31 mai. 2016.

CONAMA. *Resolução Nº 274 de 29 de novembro de 2000*.

CONAMA. *Resolução Nº 357 de 17 março de 2015*.

CORRELL, D.L. *The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review*. J. Environ. Qual., 27:261-266, 1998.

DANIEL, T.C.; SHARPLEY, A.N. & LEMUNYON, J.L. *Agricultural phosphorus and eutrophication: A symposium overview*. J. Environ. Qual., 27:251-257, 1998.

EMERGING TECHNOLOGY ADVISORS. *Node Serialport*. Github. Disponível em:

<https://github.com/EmergingTechnologyAdvisors/node-serialport>. Acesso em 22 mai. 2016.

ESTADO DE SÃO PAULO. *Decreto Nº 8.468, de 8 de setembro de 1976*.

ESTEVES, F.A. 1988. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro, Interciência/FINEP.

FRESH WATER WATCH. *Por que Água?*. THE WATER HUB. Disponível em:

<https://freshwaterwatch.thewaterhub.org/pt-br/content/por-que-agua>. Acesso em 29 mai. 2016.

GOOGLE. *AngularJS – Superheroic MVC Framework*. GOOGLE. Disponível em:

<https://angularjs.org>. Acesso em 22 mai. 2016.

### **XIII SEMANA UNIFICADA DE APRESENTAÇÕES**

**06 a 10 de Junho de 2016**

Engenharia de Computação



GOOGLE. *Chrome V8*. Developers Google. Disponível em:

<https://developers.google.com/v8/intro#about-v8>. Acesso em 22 mai. 2016.

HEROKU. *Temporize Scheduler*. Disponível em:

<https://devcenter.heroku.com/articles/temporize>. Acesso em 03 de jun. 2016.

HEROKU. *What is Heroku*. Heroku. Disponível em: <https://heroku.com/what>. Acesso em 22 mai. 2016.

IBGE. Censo Demográfico 2000 – Características Gerais da População. Resultados da Amostra. IBGE, 2003. Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default\\_populacao.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default_populacao.shtm). Acesso em 04 jun. 2016.

ISO 21747 - Statistical methods - Process performance and capability statistics for measured quality characteristics, First Edition, 2006.ISO. *ISSO 8258:1991 Shewhart control charts*. 1991.

JSON. *ECMA-404 The JSON Data Interchange Standard*. JSON. Disponível em:

<http://www.json.org/>. Acesso em 22 mai. 2016.

MAXIN INTEGRATED. *Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer*. EUA, 2015, 20p.

McMAHON, C. *Async JS*. CAOLAN.ORG. Disponível em: <https://github.com/caolan/async>.

Acesso em 29 mai. 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria Nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011*.

MYSQL. *Why MySQL*. MySQL. Disponível em: <http://mysql.com/why-mysql>. Acesso em 22 mai. 2016.

NAÇÕES UNIDAS. *A 10 Year Story: The Water for the Decade 2005-2015 and Beyond*.

NEW MEXICO ENVIROMENT DEPARTAMENT. *Air-Water Temperatura Correlation*. Surface Water Quality Bureau. EUA, New Mexico, Agosto de 2011. 14p.

NODE.JS FOUNDATION. *About Node.js*. Joyent. Disponível em: <https://nodejs.org/en/about/>. Acesso em 22 mai. 2016.

NORDELL, B. *Thermal pollution causes global warming*. *Global and Planetary Change*. Lulea University of Technology. v. 38, n. 1, p. 305-312, 2003.

NÚCLEOS DE CUBATÃO. *Vila dos Pescadores*. Disponível em:

<http://www.novomilenio.inf.br/cubatao/bvpescad.htm>. Acesso em 29 mai. 2016.

### **XIII SEMANA UNIFICADA DE APRESENTAÇÕES**

**06 a 10 de Junho de 2016**



Engenharia de Computação

QUEIROZ, JULIO FERRAZ DE; SILVEIRA, MARIANA PINHEIRO. *Recomendações Práticas para melhorar a Qualidade da Água e dos Efluentes dos Viveiros de Aquicultura*, SP, Dezembro, 2006.

REQUEST. *Simplified HTTP request client*. Github. Disponível em: <https://github.com/request/request>. Acesso em 31 de mai. 2016.

SAILS JS ORG. *What is Sails*. Sails. Disponível em: <https://sailsjs.org>. Acesso em 22 mai. 2016.

SÃO PAULO. *Decreto Nº 8.468 de 8 de setembro de 1976*.

STUDT, J; POLLARD, T; JAMES, R. *The OneWire Library*. PJRC. Disponível em: [http://www.pjrc.com/teensy/td\\_libs\\_OneWire.html](http://www.pjrc.com/teensy/td_libs_OneWire.html). Acesso em 22 mai. 2016.

TEXAS INSTRUMENTS. *GL5528*. Texas, 5p.

TEXAS INSTRUMENTS. *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*. Texas, novembro 2000, 13p.

VIANA, MÔNICA; LIBÂNIO, MARCELO. *I-005 – TURBIDEZ DA ÁGUA BRUTA X PARÂMETROS HIDRÁULICOS: AFINAL, O QUE É MAIS RELEVANTE NO DESEMPENHO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA*. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 2001.