

IoT Aplicado ao Monitoramento Inteligente de Distribuição de Água

211845 Camila Moura
009766 Rafael Sousa
Profa.: Juliana Freitag Borin

1. Introdução

Em uma época em que a agilidade e o melhor aproveitamento do tempo e recursos é essencial, surge a ideia de interconectar todas as coisas. Essa concepção recebeu o nome de *Internet of Things* IoT, que intenciona permitir que qualquer objeto seja acessado produzindo dados que serão coletados e utilizados para facilitar a vida dos usuários.

Independente do setor, quer seja em casas ou em cidades, deverá ser possível integrar as coisas e gerencia-las em tempo real. Para alcançar esse objetivo foi desenvolvido um plano de ação para o Brasil, de modo a concentrar os principais conceitos que deverão ser abordados para que essa integração ocorra e possam ser concretizadas as *Smart Cities*.

O relatório do plano de ação divide em 4 verticais as principais áreas que deverão ser cobertas para a implantação da IoT, sendo para cada vertical estabelecidos os objetivos estratégicos, que representam os principais desafios para cada setor. Dentre as vertentes do desenvolvimento tecnológico constantes no plano de ação de IoT para o Brasil, será abordado neste trabalho os conceitos que envolvem a linha cidades. O intuito deste nicho é elevar a qualidade de vida nas cidades por meio da gestão integrada dos serviços para o cidadão e a melhoria da mobilidade, segurança pública e uso dos recursos públicos [1].

Considerando-se a necessidade para uma micro região, será proposto um projeto que abranja a integração destas tecnologias na UNICAMP - campus Barão Geraldo, sendo o foco desenvolver um sistema capaz de aumentar a eficiência energética e de saneamento. Ainda de acordo com o plano de ação, devem ser abrangidos os objetivos estratégicos para reduzir o desperdício de *utilities* que possibilite soluções de IoT de forma ampla no campus.

Este nicho foi escolhido devido a necessidade de desenvolver um sistema de gerenciamento da distribuição de água mais eficiente e que seja capaz de informar os locais em que ocorre variação no consumo normal de água, característico de um possível vazamento, por exemplo. Atualmente a identificação ocorre ou por usuários que informam vazamentos visíveis ou pela medição mensal do consumo, que apenas direcionará a região do vazamento havendo ainda a

necessidade de detectar o local específico.

Em se tratando dos dados deverá ser respeitado o ciclo de vida dos dados (CVD), composto pelas fases de coleta, armazenamento, recuperação e descarte dos dados [2], em que preocupa-se não apenas com a obtenção dos dados mas também com a organização e seleção dos dados coletados, persistência, visualização e descarte de informações.

Outra vantagem da Internet das Coisas na gestão da água é a redução do preço e do consumo de energia. A análise preditiva pode ser usada para calcular o preço da energia durante horas diferentes do dia. Esta informação pode então ser usada para agendar os melhores horários para a ativação as bombas ao longo de um dia, de tal forma que não haja perda de energia ou recursos adicionais, também auxiliando na conservação de recursos e energia. [3].

Conforme mencionado por [4], existem muitos fatores que devem ser considerados quando escolhe-se a tecnologia adequada para uma aplicação IoT, incluindo qualidade de serviço, latência, duração da bateria, cobertura, intervalo, modelo de implantação e custo, independente da aplicação, que neste projeto será o desenvolvimento do monitoramento inteligente de distribuição de água.

No decorrer deste trabalho será definida a motivação para este projeto, assim como relatados casos concretos em que solução similar foi eficaz e, por fim, apresentando o protótipo desenvolvido para exemplificar como o problema poderia ser detectado.

2. Plano Nacional para Internet of Things

O relatório do plano de ação é um documento que foi desenvolvido após a realização de um estudo com o intuito de propor um plano de ação estratégico para o Brasil [5]. A partir deste documento foram traçados os caminhos para concretizar o desenvolvimento das cidades inteligentes - *Smart Cities*, tendo em vista que será necessário alterar a infraestrutura pública atual para que esta seja capaz de gerenciar as necessidades básicas tais como o fornecimento de água, gás e energia elétrica, de modo integrado.

Como resultado deste estudo, metas para a implantação da IoT foram definidas, sendo divididas nas fases:

- Diagnóstico geral e aspiração para o Brasil;
- Seleção de verticais e horizontais;
- Aprofundamento e elaboração do plano de ação (2018 - 2022);
- Suporte à implantação.

Logo, para a implementação de um projeto de IoT no Brasil, este documento deve ser utilizado como suporte, de modo a identificar as necessidades do país e como/quando deverá ser desenvolvida a solução para que seja significativa ao mercado.

Como parte desta projeção, está presente no relatório os ambientes de abrangência prioritária, definidos como verticais, divididos em cidades, saúde, rural e indústria, sendo para cada vertical definidas além da justificativa para a escolha deste nicho, os chamados horizontais, que representam os desafios dentro de cada ambiente [5].

Focando na temática escolhida para o projeto de IoT proposto, a importância em realizar o melhor aproveitamento dos recursos naturais, foi selecionado o objetivo estratégico de eficiência energética e saneamento, com ênfase na redução do desperdício de *utilities*, neste caso a água.

3. Justificativa

A preservação de água é importante tanto para manter o fornecimento quanto para garantir que os recursos hídricos não se esgotem. Para tanto deve ser considerado como princípio básico para a longínqua utilização o racionamento e controle do uso de água [6]. Como citado por [7] "Perder água é perder dinheiro", entretanto este não deve ser considerado como fator primordial para preservação deste recurso finito.

No âmbito de uma cidade, o gerenciamento do fornecimento de água, abrange diversas etapas do processo de obtenção de água, tais como captação, tratamento, fornecimento e detecção de perdas. Analisando a necessidade de um campus e suas limitações nesta cadeia, este projeto irá desenvolver o monitoramento da distribuição de água dentro dos limites de acesso.

Como meio de monitorar e consequentemente preservar este recurso, deverá ser realizada a automatização do processo de leitura dos hidrômetros, agilizar a detecção de vazamentos por meio do monitoramento constante e de um software que permita, entre outras funcionalidades, a visualização das estatísticas de perda, tendo como resultado a economia tanto de água quanto de dinheiro.

4. Trabalhos Relacionados

No trabalho de [8] foi desenvolvido um sistema capaz de monitorar o nível de água de um reservatório através de um

aplicativo para celular associado ao controle automático do motor, quando o nível está baixo, inicia-se o preenchimento do reservatório e o motor se auto desliga quando o nível de água no reservatório já é suficiente.

O trabalho desenvolvido por [9] aplica o gerenciamento de água em irrigação, sendo utilizada a rede *Long Range Wide Area Network* (LoRaWAN) para que as informações possam ser transmitidas através de uma antena que consegue emitir dados a uma distância de 12 km. Este trabalho justifica-se a utilização do *Long Range* (LoRa) devido a implementação de baixo custo para uso comercial. Como o próprio nome indica LoRa tem como vantagem a capacidade de transmissões de longo alcance. [7]

No trabalho desenvolvido por [10] um protótipo do sistema de monitoramento foi desenvolvido e os dados de taxa de fluxo e consumo por hidrômetro é disponibilizado para visualização pelo App "*Save Water Using IoT*", o que demonstra a capacidade de coleta bem sucedida dos dados.

Ampliando o campo de monitoramento a companhia SENSUS disponibiliza uma gama de soluções para as diversas etapas de conservação de recursos hídricos, tendo inclusive, um estudo de caso na cidade de Fountain Valley - California, [11], em que foi implantada a rede de água inteligente auxiliando na redução do uso de água além de identificar proativamente os vazamentos, produzindo uma economia de 23% no uso de água.

Analisando um caso em que a tecnologia é aplicada também no Brasil, o trabalho de [12] aplicou o monitoramento em poços artesianos da região metropolitana da cidade de Recife durante o ano de 2017, sendo automatizada a coleta e envio das informações em tempo real. Com os dados de consumo, condutividade e temperatura dos poços foi realizada a análise para traçar gráficos de consumo por região por período do dia, a fim de traçar medidas de prevenção o esgotamento do aquífero.

O desenvolvimento deste projeto, baseia-se especialmente no trabalho desenvolvido por [12], que além de ter sido realizado neste país, propõe o monitoramento de poços com análise dos dados para perfil de consumo.

5. Infra Estrutura UNICAMP

A fim de entender o escopo ao qual este projeto será aplicado, deverá ser realizado o mapeamento do espaço em que a UNICAMP - campus Barão Geraldo poderá realizar o gerenciamento. A seguir estão apresentados as fontes de água disponíveis neste campus.

5.1. Distribuição de Água

O fornecimento de água da UNICAMP ocorre por dois meios: parte pelos poços artesianos e parte pela rede de abastecimento da SANASA (Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A). Na Figura 1, que apresenta

o mapa deste campus, defini-se por distintas cores os reservatórios responsáveis por suprir a necessidade de cada região para ele atribuída.



Figura 1. Mapa UNICAMP - campus de Campinas. [13]

Nas subseções a seguir, serão fornecidos maiores detalhes acerca da origem da água de cada região.

5.1.1 Poços Artesianos

Parte dos recursos hídricos que fornecem o abastecimento para a UNICAMP, originam-se de poços artesianos, entretanto, apenas uma região é atendida por este sistema. Na Figura 2 está destacada a região em que há poços artesianos, constituídos por quatro poços sendo estes localizados: na Faculdade de Educação Física (FEF), na rua Charles Darwin ao lado do Centro de Convivência Infantil (CECI), ao lado do Laboratório de Epidemiologia e Fisiologia Matemáticas (Lab EPIFISMA) e no Centro de Convenções da UNICAMP - este que encontra-se desativado.

Juntos fornecem $2500 m^3$ armazenadas no reservatório abaixo do Teatro de Arena. De modo a preservar o es-

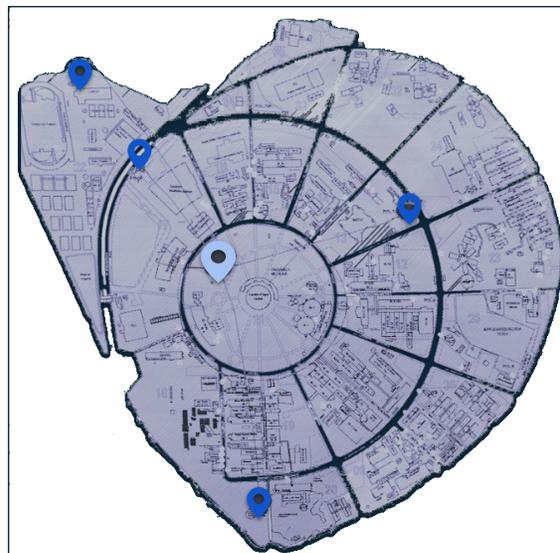


Figura 2. Mapa Poço Artesiano UNICAMP

tado dos poços o nível de lâmina de água é monitorado e a extração da água do poço é realizada ao ser acionado manualmente o motor de sucção.

O consumo médio por hora é de $35 m^3$, sendo mensurado duas vezes por dia, e em caso de necessidade, o reservatório pode ser atendido pela rede de abastecimento emergencial fornecida pela SANASA.

5.1.2 SANASA

Toda água consumida pelo restante dos prédios da UNICAMP (Figura 3), é fornecida pela rede de abastecimento da SANASA que disponibiliza em média $45000 m^3$ de água por mês, além de toda a infraestrutura para coleta e afastamento do esgoto.

No Campus há nove reservatórios utilizados para armazenamento da água fornecida pelos pontos de distribuição mencionados no mapa da Figura 3, tendo em cada um deles dois tipos de encanamento: um para realizar a distribuição de água para os prédios e outro para abastecer a rede de incêndio.

5.2. Hidrômetros

Independente da origem do fornecimento de água o modo de realizar o controle do fluxo de água utilizado é o mesmo, ou seja, por meio de hidrômetros. Para tanto há cerca de 300 hidrômetros distribuídos pelos 2,4 milhões de metros quadrados deste campus [14].

Entretanto, estes aparelhos são de fabricantes diferentes sendo 90% dos hidrômetros instalados nesse campus da marca *itron* divididos em modelos simples (sem a estrutura



Figura 3. Mapa dos pontos de entrada de água fornecidos pela SA-NASA. Região em branco abastecida por poços artesanais



Figura 4. Tipos de Hidrômetros da UNICAMP. De cima para baixo Itron, Elster e Octave

para leitura digital) e alguns que permitem integração de dispositivo acoplado para leitura, além de alguns modelos da *Elster* e da *Octave*, mostrados na Figura 4.

Esta heterogeneidade dificulta a incorporação de uma solução para a automatização do processo de leitura do consumo mensal, sendo, portanto, um dos desafios ao projetar a implantação de um novo método de leitura.

6. Solução Proposta

A elaboração da solução foi dividida em pontos chaves, sendo eles:

- Realizar um levantamentos das tecnologias já existentes em hidrômetros do mercado;
- Desenvolver a arquitetura para a nova rede;
- Verificar as tecnologia de rede disponíveis;
- Propor o desenvolvimento de uma plataforma para coleta e estruturação dos dados;
- Desenvolver um sistema que permita apresentar os dados para a central de monitoramento;
- Auxiliar na rápida detecção de irregularidades no consumo e de vazamentos.

A fim de fornecer uma análise inicial de viabilidade da proposta foi desenvolvido um protótipo para coleta e transmissão de informações, ver Seção 6.4.

6.1. Hidrômetros com tecnologia para coleta de dados

Alguns dispositivos contam com a possibilidade de acoplar o sistema coletor de dados ao hidrômetro, desde que o modelo instalado conte com o suporte para tal tecnologia. Dentre os modelos existentes está o *everBlu Cycle Enhanced* com transmissão Wireless [15], *Sirius ACB* gerador de pulso com detecção ótica [16], *Arrow Wan mvm 868MHz* radio compacto com transmissão LoRaWan classe A [17] ou o *Arrow Wan mvm 169MHz* com transmissão Wireless M-Bus [18]. Os diferentes tipos de modelos destes dispositivos são apresentados na Figura 5.



Figura 5. Comparativo entre coletores de dados. De cima para baixo, Itron, Sirius e Madalena. [16] [15] [17]

Após análise dos modelos e o modo como a coleta dos dados é realizada por eles, foi possível verificar que não há uniformidade entre as marcas, em assim sendo, seria necessário adotar apenas um modelo de hidrômetro para então conseguir usufruir da tecnologia específica para o modelo. Dada a quantidade de hidrômetros sob a responsabilidade deste campus, esta seria uma solução inviável, pois seria necessária a troca de vários dispositivos e ainda adquirir o módulo para coleta dos dados.

A fim de minimizar o impacto financeiro para a aquisição deste novo modelo, propõe-se o desenvolvimento de um módulo coletor próprio que seja invariante ao tipo do hidrômetro ou que minimize a quantidade de hidrômetros a ser trocado. Para viabilizar o desenvolvimento desta ferramenta, deverá ser definida a melhor tecnologia para transmissão dos dados, conforme será discutido na Sessão 6.2.

6.2. Tecnologia de Transmissão

Dadas as características do problema, foram selecionados dois tipos de tecnologias: *Narrow Band IoT* (NB-IoT) e LoRa, que serão melhor definidas a seguir.

LoRa é uma tecnologia de rádio frequência derivada da tecnologia *chirp spread spectrum* (CSS) que permite comunicação a longas distâncias, com consumo mínimo de energia [19] [20]. Por meio do protocolo LoRaWAN define-se sua arquitetura e os parâmetros de comunicação. A arquitetura de rede da LoRaWAN é dividida entre servidores de aplicação, servidores de rede, *gateways* e dispositivos finais, conforme representação da Figura 6.

Em contrapartida a esta tecnologia há a NB-IoT, também conhecida como LTE Cat NB1, com foco em cobertura interna, com baixo custo, alta densidade de conexão e longa duração da bateria, com o diferencial de ser compatível com

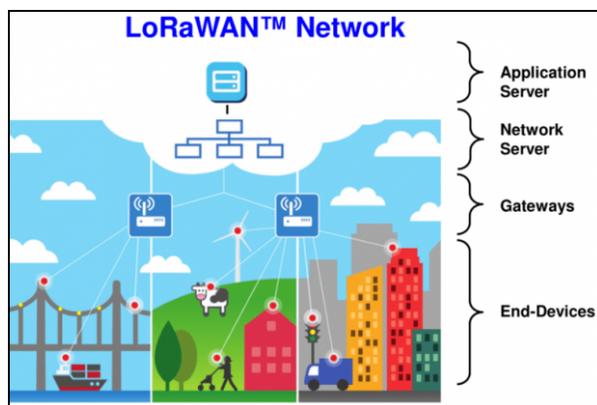


Figura 6. Rede LoRaWAN

a tecnologia GSM/GPRS [21].

As principais diferenças entre as duas tecnologias podem ser observadas na Figura 7.

Parameters	LoRa	NB-IoT
Spectrum	Unlicensed	Licensed LTE bandwidth
Modulation	CSS	QPSK
Bandwidth	500–125 kHz	180 kHz
Peak data rate	290 bps–50 kbps (DL/UL)	DL:234.7 kbps; UL:204.8 kbps
Link budget	154 dB	150 dB
Max. # message/day	Unlimited	Unlimited
Duplex operation	–	Half duplex
Power efficiency	Very high	Medium high
Mobility	Better than NB-IoT	No connected mobility (only idle mode reselection)
Connection density	Utilized with NB-IoT	1500 km ²
Energy efficiency	> 10 years battery life of devices	> 10 years battery life of devices
Spectrum efficiency	Chirp SS CDMA better than FSK	Improved by standalone, in-band, guard band operation
Area traffic capacity	Depends on gateway type	40 devices per household, ~55k devices per cell
Interference immunity	Very high	Low
Peak current	32 mA	120–300 mA
Sleep current	1 μA	5 μA
Standardization	De-facto Standard	3GPP Rel.13 (planned)

Figura 7. Comparativo entre LoRa e NB-IoT

Aparentemente a implantação de dispositivos que utilizassem NB-IoT (Narrow Band IoT) seria mais viável, pois essa tecnologia utiliza a rede de comunicação existente 4g das operadoras (LTE), tendo sido criada especificamente para IoT, ou seja, com baixo consumo de energia do dispositivo, longo alcance de transmissão, grande área de co-

bertura, baixo consumo no envio de dados, suporte a conexão de grande quantidade de dispositivos, baixa sensibilidade ao atraso e arquitetura de rede otimizada [22]. Com a vantagem da não necessidade de implantar e realizar as manutenções dos equipamentos de rede, como acontece com LoRa, em que faz-se necessário ter um gateway e um servidor de rede. Além dessa tecnologia já está padronizada pela 3GPP no Release 13 e as operadoras podem habilitar o recurso sem adquirir novas antenas, necessitando apenas de atualizar o software nas estações [23].

Analisando a viabilidade de utilização destas tecnologias, tem-se no *Gartner Hype Cycle* a visão de como ambas tecnologias estão presentes no mercado e quão maduras estão em relação as fases do ciclo de vida [24]. Na Figura 8 é possível verificar que ambas tecnologias - NB-IoT e LoRa - estão na mesma fase do ciclo, ou seja, na descida para o vale da desilusão, deixando ambas sem vantagem uma sob a outra.

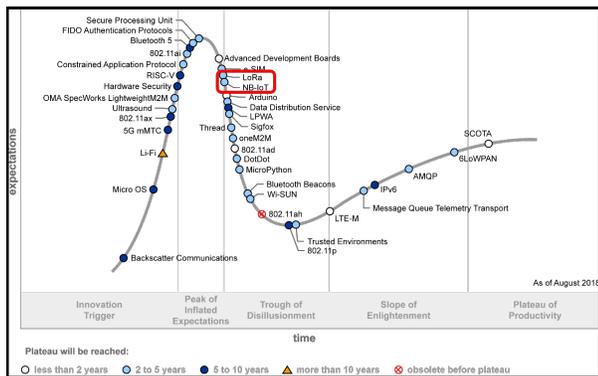


Figura 8. Gráfico Gartner Hype Cycle

6.3. Arquitetura

A arquitetura para a solução proposta esta dividida em 6 camadas:

- Sensores - inseridos nos hidrômetros responsáveis pela medição tanto da água na retirada dos poços quanto na recepção pelos hidrômetros de destino;
- Rede - tecnologia de transmissão dos dados coletados;
- Nuvem - forma de armazenamento dos dados;
- Dados - local de armazenamento;
- Aplicação - tratamento dos dados para atender a finalidade;
- Visualização - interação homem-computador.

Além destas, haverá uma camada de segurança que deverá estar presente em conjunto com todas as demais, a fim

de garantir a proteção dos dados coletados. A Figura 9 demonstra visualmente como estará disposta cada camada da solução.

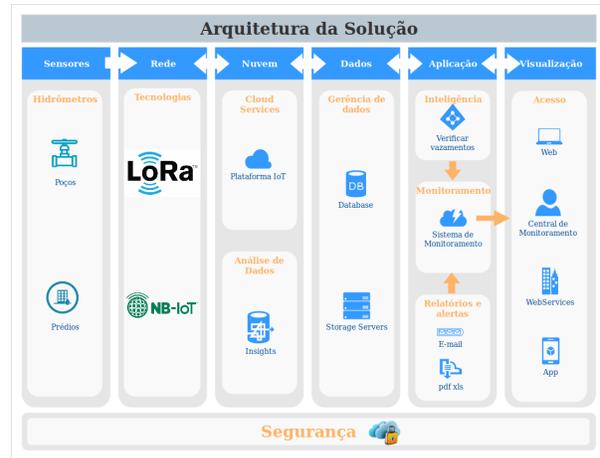


Figura 9. Arquitetura para a solução proposta.

6.4. Experimentos

Complementando a ideia proposta para este trabalho, foi desenvolvido um experimento prático a partir da criação de um protótipo (Figura 10) capaz de simular o fluxo de água entre dois sensores (simulando os hidrômetros). Os dados coletados pelos sensores são enviados de modo a capturar em tempo real o fluxo.

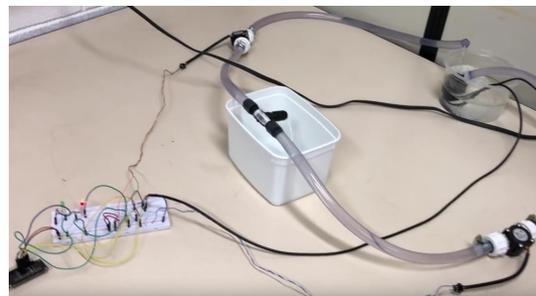


Figura 10. Protótipo da rede

Quando ocorre qualquer alteração do fluxo esperado de água, tal como vazamento, essa informação é transmitida imediatamente de modo a auxiliar na identificação do problema. Exemplificando os dados transmitidos, a Figura 11 demonstra como seria identificado o vazamento pelo sensor.

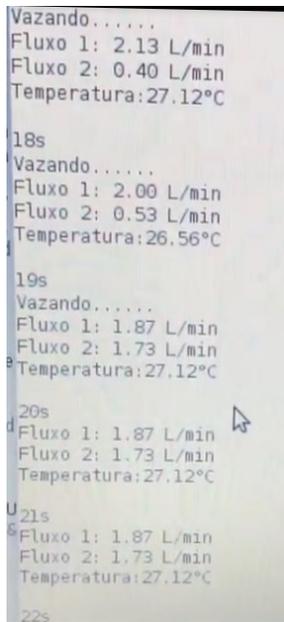


Figura 11. Identificação de vazamentos

6.4.1 Monitoramento

Após o recebimento dos dados o software apresentará, em uma interface amigável, um gráfico de acompanhamento das possíveis variações do fluxo (Figura 12), auxiliando o responsável pelo monitoramento na localização de irregularidades ou possíveis vazamentos mais rapidamente.



Figura 12. Coleta de dados e gráfico de fluxo

7. Resultados Esperados

Com esta solução espera-se diminuir a quantidade de tempo para que irregularidades no fluxo de água sejam detectadas, quer seja por vazamentos ou por uso indevido da rede destinada aos hidrantes, problema este relatado pelo setor de monitoramento hídrico da UNICAMP.

Esta meta será alcançada devido a complementação da instalação de hidrômetros em regiões faltantes, como em alguns institutos, associada a telemetria mais eficiente, com

medições automáticas 4 vezes ao dia, que permitirá ação imediata para conter a perda de recursos hídricos passando dos 22% perdidos hoje, para no máximo 15% de perda, gerando uma economia de 7% de água.

Referências

- [1] Banco Nacional do Desenvolvimento BNDS. Produto 8: Relatório do plano de ação. <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/269bc780-8cdb-4b9b-a297-53955103d4c5/relatorio-final-plano-de-acao-produto-8-alterado.pdf>, 2017. 1
- [2] Victor Ubiracy Borba. Proposta de um modelo de referência para internet das coisas: aspectos de segurança e privacidade na coleta de dados. 2018. 1
- [3] Mohannad Salam. Smart water management using internet of things technologies. <https://iiot-world.com/connected-industry/smart-water-management-using-internet-of-things-technologies/>, 2018. 1
- [4] Hardy Schmidbauer. Nb-iot vs lora™ technology: Which could take gold? http://www.tracknet.io/docs/LoRa-Alliance-Whitepaper_NBIoT_vs_LoRa.pdf, 2016. 1
- [5] Sensus. Smart cities start with smart utilities. <https://sensus.com/internet-of-things/smart-cities/>, 2018. 1, 2
- [6] Petrobras. Recursos hídricos. <http://www.petrobras.com.br/pt/sociedade-e-meio-ambiente/meio-ambiente/recursos-hidricos/>, 2018. 2
- [7] Rashmi Sharan Sinha, Yiqiao Wei, and Seung-Hoon Hwang. A survey on lpwa technology: Lora and nb-iot. *Ict Express*, 3(1):14–21, 2017. 2
- [8] Sayali Wadekar, Vinayak Vakare, Ramratan Prajapati, Shivam Yadav, and Vijaypal Yadav. Smart water management using iot. In *Wireless Networks and Embedded Systems (WECON), 2016 5th International Conference on*, pages 1–4. IEEE, 2016. 2
- [9] Keyur K Patel, Sunil M Patel, et al. Internet of things-iot: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. *Int. J. Eng. Sci. Comput*, 6(5), 2016. 2
- [10] Harpreet Gaurav, Shravan and Prasanna. Smart water management system (intel-iot). <https://www.instructables.com/id/Smart-Water-Management-System/>, 2016. 2
- [11] SENSUS. Fountain valley, california beats water reduction goal with sensus technology. <https://sensus.com/resources/case-studies/fountain-valley-california-beats-water-reduction-goal-sensus-technology>, 2017. 2
- [12] Victor Mendonca de Azevedo, Alexandre Magno Andrade Maciel, and Kiev Santos da Gama. Solução iot de monitoramento de poços para gerenciamento de recursos hídricos. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 3(3), 2018. 2

- [13] Unicamp. Guia de ruas unicamp. <https://www.cdc.proec.unicamp.br/assets/img/downloads/MapaUnicamp.pdf>, 2018. 3
- [14] UNICAMP. Unicamp define aquisição de área. <http://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2014/03/26/unicamp-define-aquisicao-de-area>, 2014. 3
- [15] Itron. Everblu cyble enhanced. https://www1.itron.com/local/PolandProductPortfolio/EverBlu.Cyble.Enhanced.pb_EN_09-11.pdf, 2011. 4, 5
- [16] Mensor Indústria e Comércio de Instrumentação Técnica e Científica. Gerador de pulsos para hidrômetros actaris/itron - sirius acb. http://www.mensorlab.com.br/site/mensorlab/manuais/Sirius_ACB.0211_datasheet.pdf, 2011. 4, 5
- [17] Maddalena. Arrow wan mvm 868 mhz. <https://www.maddalena.it/en/products/communication-modules/arrow-wan-mvm-868-mhz/84>, 2018. 4, 5
- [18] Maddalena. Arrow wan mvm 169 mhz. <https://www.maddalena.it/en/products/communication-modules/arrow-wan-mvm-169-mhz/83>, 2018. 4
- [19] Vidal Pereira da Silva Junior. Conheça a tecnologia lora® e o protocolo lorawan™. <https://www.embarcados.com.br/conheca-tecnologia-lora-e-o-protocolo-lorawan/>, 2016. 5
- [20] semtech. What is lora®? <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>, 2018. 5
- [21] GSM Association. Narrowband – internet of things (nb-iot). <https://www.gsma.com/iot/narrow-band-internet-of-things-nb-iot/>, 2018. 5
- [22] Nitin Mangalvedhe, Rapeepat Ratasuk, and Amitava Ghosh. Nb-iot deployment study for low power wide area cellular iot. In *Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2016 IEEE 27th Annual International Symposium on*, pages 1–6. IEEE, 2016. 6
- [23] Rapeepat Ratasuk, Benny Vejlgard, Nitin Mangalvedhe, and Amitava Ghosh. Nb-iot system for m2m communication. In *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2016 IEEE*, pages 1–5. IEEE, 2016. 6
- [24] Gartner. Interpreting technology hype. <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>, 2018. 6