



**TRABALHO DE GRADUAÇÃO**

**INCORPORAÇÃO DE UM SISTEMA DE MULTI  
SENSORIAMENTO EM INFRAESTRUTURAS  
SUBUTILIZADAS DE ILUMINAÇÃO PARA MAPEAMENTO E  
MONITORAMENTO REMOTO DE MICROAMBIENTES.**

**Juliana de Almeida Martinelli**

**Marcus Vinícius de Resende Maia Leite**

**Brasília, Junho de 2018**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Tecnologia

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**INCORPORAÇÃO DE UM SISTEMA DE MULTI SENSORIAMENTO EM  
INFRAESTRUTURAS SUBUTILIZADAS DE ILUMINAÇÃO PARA MAPEAMENTO E  
MONITORAMENTO REMOTO DE MICROAMBIENTES.**

**Juliana de Almeida Martinelli**

**Marcus Vinícius de Resende Maia Leite**

**Orientador**

Prof. Ricardo Zelenovsky ENE/UnB \_\_\_\_\_

Brasília, Junho de 2018

## FICHA CATALOGRÁFICA

JULIANA, DE ALMEIDA MARTINELLI e MARCUS VINÍCIUS, DE RESENDE MAIA LEITE

Incorporação de um Sistema de Multi Sensoriamento em Infraestruturas Subutilizadas de Iluminação para Mapeamento e Monitoramento Remoto de Microambientes

[Distrito Federal] 2018.

72p., 6mm (FT/UnB, Engenheiros, Engenharia Elétrica, 2018). Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

- |                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| 1. Multi sensoriamento | 2. Mapeamento de microambientes |
| 3. Poste inteligente   | 4. Mobilidade e segurança       |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MARTINELLI, J A, e LEITE, M V R M, (2016). Incorporação de um Sistema de Multi Sensoriamento em Infraestruturas Subutilizadas de Iluminação para Mapeamento e Monitoramento Remoto de Microambientes. Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 72p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTORES: Juliana de Almeida Martinelli e Marcus Vinícius de Resende Maia Leite

TÍTULO DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO: Incorporação de um Sistema de Multi Sensoriamento em Infraestruturas Subutilizadas de Iluminação para Mapeamento e Monitoramento Remoto de Microambientes

GRAU: Engenharia ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir, emprestar ou vender cópias deste Trabalho de Graduação somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Trabalho de Graduação pode ser reproduzida sem sua autorização por escrito.

---

Juliana de Almeida Martinelli  
SMPW Quadra 19 Conj. 2 Lote 2 Casa D  
Park Way, Brasília - DF – Brasil  
CEP 71.742-002

Marcus Vinícius de Resende Maia Leite  
SQN 310 Bloco L Apartamento 201  
Asa Norte, Brasília - DF – Brasil  
CEP 70.756-120

*Dedicamos este trabalho aos estudantes de engenharia,  
para motivá-los a irem sempre em busca de seus sonhos.*

## AGRADECIMENTOS

*“Sabe aquela história de que nosso destino é escrito certo por linhas tortas? Poisé, antes de agradecer as pessoas que fizeram parte dessa jornada, eu queria agradecer a esse caminho bastante torto que foi definido para mim. Foram muitas voltas até eu chegar aqui, momentos em que cheguei a pensar que eu não teria capacidade intelectual e emocional para seguir em frente e, apesar de grandes frustrações, cada superação me ajudou a ser quem eu sou hoje. Por tudo isso, sou grata a cada escolha certa e errada que fiz nesses últimos 8 anos de faculdade.*

*Com certeza essa conquista não seria possível sem o apoio, a confiança e a força de outras pessoas. Dito isso, gostaria de iniciar agradecendo a minha família. Minha mãe, Cintia, meu pai, Vinicius, minhas irmãs Raiza e Myrna e meus cachorros, Chanel, Manolo e Joe, por terem me dado a oportunidade de correr atrás dos meus sonhos, por estarem do meu lado sempre, por serem meus exemplos e por terem me dado a melhor vida que eu poderia ter tido. Agradeço também aos meus familiares, meus avós, Glória, Sylvia, José e Jorge, meus tios e primos, por estarem sempre na torcida, mesmo de longe.*

*Agradeço às 12 instituições de ensino que passei durante minha vida e seus professores, mestres e doutores, por terem moldado minha personalidade e me dado os conhecimentos necessários para me tornar quem sou hoje. Não poderia deixar de fazer um agradecimento especial à Universidade de Brasília, que vem sendo o maior desafio da minha vida, desde o dia da matrícula, mas que ao mesmo tempo me abriu grandes portas e me deu grandes amigos.*

*Também deixo um agradecimento especial à ENETEC, a Unidade de Inovação e Tecnologia do SENAI Nacional, a Empresa de Cooperação Alemã – GIZ e a InovaHouse3D, por terem reconhecido meu potencial e me ajudado a descobrir meu propósito dentro da Engenharia Elétrica, as experiências que tive nessas instituições são, até hoje, o cerne da motivação para buscar meu diploma de Engenheira Eletricista.*

*Para finalizar, agradeço aos amigos que sempre estiveram comigo, que nunca me deixaram perder a fé, que ouviram muitas reclamações, que sentaram comigo para estudar, que me dão os melhores conselhos, que fazem parte dos meus momentos de descontração, que dão um significado especial a palavra saudade e que fazem minha vida*

*melhor só por existirem. De Norte a Sul desse país, vocês terão sempre um espaço especial na minha vida.*

*Em especial, agradeço ao Marcus, por ter sido esse incrível companheiro de jornada dentro da UnB e que ao longo desses últimos 6 anos se tornou muito mais que um grande amigo, um parceiro de desafios e conquistas, alguém que eu sei que poderei contar para sempre. Nem preciso dizer o quanto eu sou grata por você ter aceitado participar das minhas ideias e por ter sempre acreditado no meu potencial.*

*Obrigada! Obrigada! Obrigada!”*

*Juliana de Almeida Martinelli*

*“Eu acredito que as pessoas são definidas pela série exaustiva de decisões tomadas e de experiências vividas ao longo de sua trajetória. Acredito que estamos em constante mudança, constante evolução, dia após dia e ano após ano. Durante toda escolha e todo momento na minha vida tive o privilégio de estar acompanhado dos melhores.*

*Gostaria de começar falando sobre a melhor família que eu poderia pedir ao mundo. A melhor para mim. Começarei agradecendo à minha mãe, Ana Virgínia, que me proporcionou uma criação repleta de amor, oferecendo um apoio incondicional em literalmente todas as decisões que tomei ao longo da vida, sendo a base acolhedora que sempre precisei e admirei. Agradeço ao meu pai, Marcelo Maia, por fazer tudo pela nossa família e por sempre acreditar em mim e nas minhas aventuras profissionais. Se cheguei até aqui hoje, devo muito a vocês. Jamais esquecerei suas lições, e por isso meus mais sinceros agradecimentos.*

*Agora é necessário um parágrafo dedicado para aquele que me acompanha todos os dias da minha vida desde que nasci, como um parceiro vitalício e imbatível em todas empreitadas e em todos os desafios da minha vida. Tive a sorte de nascer com meu melhor amigo já me esperando em casa, o meu irmão mais velho, Marcelo Augusto de Resende Maia Leite. Irmão a gente não escolhe, mas se fosse possível escolher, minha opção seria exatamente o que eu recebi.*

*É imprescindível o agradecimento à Gabriela Rezende, uma pessoa que em seu jeito afetuoso e cuidador, e em suas palavras sinceras e diretas sempre me inspirou a dar*

*o melhor de mim, me inspirou a me impor diante das dificuldades que surgem e continua a me inspirar a ser sempre uma pessoa melhor em todos aspectos da minha vida. Obrigado por me acalmar nos meus momentos de nervosismo e por me incentivar nos meus momentos de desânimo.*

*Dizem que uma pessoa só é plenamente feliz, e até saudável, quando se tem amizades. Nesse quesito tenho muito a agradecer, não por abundância, em um teor quantitativo, mas por qualidade. Pessoas que a muito tempo se importam e se divertem comigo, presentes nos momentos bons e ruins. Meu agradecimento ao meu amigo Yêdo Martins, que com sua excentricidade sempre demonstrou um apoio e uma confiança incondicional. Meu agradecimento também aos amigos de infância Gabriel Rocha e Filipe Rocha, e também à aquelas amizades adquiridas através de meu irmão mas que já se tornaram intrínsecas, Fábio Guedes e Filipe Guedes.*

*À ENETEC, empresa júnior de elétrica, onde houve o maior processo de transformação que vivi. Jamais esquecerei o aprendizado vivido dentro dessa iniciativa universitária que me proporcionou experiências profissionais e pessoais incríveis. Não seria o engenheiro que me tornei sem todas as reuniões, encontros, apresentações e projetos realizados na ENETEC.*

*À sócia e amiga, Juliana Martinelli, sou muito grato pela parceria que estabelecemos ao longo desses 4 anos que trabalhamos juntos, desde a empresa júnior, passando pela nossa startup e agora também no desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso. Admiro muito sua capacidade profissional, sua visão empreendedora e sua determinação em correr atrás dos seus sonhos.*

*Finalmente, ao professor Ricardo Zelenovsky, por todo o auxílio e paciência conosco ao longo da execução desse trabalho. Além de um educador exímio, bem humorado e extremamente didático nos mostrou ser um orientador solícito e interessado em acolher e apoiar as ideias e projetos dos próprios alunos. Obrigado pela orientação.*

*Todos esses indivíduos e grupos de pessoas fazem parte da minha história e por isso que cada conquista da minha vida não é apenas minha, e sim nossa. Serei eternamente grato a todos.”*

*Marcus Vinícius de Resende Maia Leite*

## RESUMO

É possível observar que uma fatia considerável do orçamento público é voltada para iluminação e segurança de espaços públicos. No entanto, a complexidade e qualidade da infraestrutura adquirida, seu plano de manutenção e suas funcionalidades estão aquém de cumprir com seu potencial. Aplicando princípios e conceitos de IoE (do inglês, *Internet of Everything*), multi sensoriamento, transferência de dados à distância e cidades inteligentes e sensíveis, é possível abolir a subutilização de várias infraestruturas disponíveis nas cidades. Este projeto visa realizar um estudo demonstrativo de como a inclusão de tecnologias diversificadas à principal infraestrutura de iluminação de ambientes públicos, os postes, é uma solução viável para otimizar o monitoramento remoto de ambientes.

Palavras Chave: multi sensoriamento, mapeamento de microambientes, poste inteligente, mobilidade e segurança, cidades inteligentes.

## ABSTRACT

*It is possible to notice that a large share of government's budget is reserved for the lighting and safety of public spaces. However, the complexity and quality of the acquired goods and services, their maintenance plans and functionalities do not meet the expectations. It is possible to abolish the under-spending of many important city infrastructures by applying principles and concepts of IoE (Internet of Everything), multi-sensing, long-distance data transferring and smart and sensible cities. This project will conduct a demonstrative study on how the use of diversified technologies on streetlight poles can be an affordable solution to optimize environmental remote monitoring.*

*Keywords: multi-sensing, meteorology, smart pole, mobility, smart cities.*



## SIGLAS

- ADC – Conversor Analógico-Digital (*Analogic-Digital Converter*)
- API – *Application Programming Interface*
- BD – Base de Dados
- CBMDF – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal
- GPIO – *General Purpose Input/Output*
- GPRS – *General Packet Radio Service*
- GSM – *Global System for Mobile communications*
- HTML – *Hyper Text Markup Language*
- HTTP – *Hypertext Transfer Protocol*
- I2C – *Inter-Integrated Circuit*
- IBRAM – Instituto Brasília Ambiental
- IDE – *Integrated Development Environment*
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
- IoE – *Internet of Everything*
- IoT – *Internet of Things*
- IP – *Internet Protocol*
- LCD – *Liquid-Crystal Display*
- LDR – *Light Dependent Resistor*
- LED – *Light Emitting Diode*
- M2M – *Machine-to-Machine*
- M2P – *Machine-to-Person*
- OS – *Operating System*
- P2P – *Person-to-Person*
- PHP – *Hypertext Preprocessor*
- POO – Programação Orientada a Objeto
- PVC – Policloreto de Vinila
- PWM – *Pulse Width Modulation*
- RTC – *Real Time Clock*
- SD – *Secure Digital*
- SPI – *Serial Peripheral Interface*
- SQL – *Structured Query Language*

- TCP – *Transmission Control Protocol*
- UDP – *User Datagram Protocol*
- URL – *Uniform Resource Locator*
- USB – *Universal Serial Bus*
- VPS – *Virtual Private Server*
- XML – *Extensible Markup Language*

## LISTAS DE FIGURAS, TABELAS, GRÁFICOS, SIGLAS

Figura 1 - Diagrama de Blocos da Configuração do Sistema	6
Figura 2 - Infograma sobre Big Data	8
Figura 3 - Arquitetura TCP/IP	12
Figura 4 - Modelo 3D do Poste de Autoria Própria	16
Figura 5 - Microcontrolador	16
Figura 6 - Shield GSM/GPRS	17
Figura 7 - Sensor de Temperatura e Umidade	17
Figura 8 - Sensor de Chuva	18
Figura 9 - Sensor LDR	18
Figura 10 - Sensor MQ-7 (Monóxido de Carbono)	19
Figura 11 - Sensor MQ-4 (Metano)	19
Figura 12 - Sensor de Nível de Ruído	19
Figura 13 - Sensor de Partículas Suspensas	20
Figura 14 - Protótipo Inicial	22
Figura 15 - Diagrama de funcionamento do sistema	24
Figura 16 - Dados técnicos do sensor de partículas suspensas	25
Figura 17 - Projeto fotovoltaico básico	25
Figura 18 - Primeira aplicação web do projeto	26
Figura 19 - Plataforma de gerenciamento de Banco de Dados	27
Figura 20 - Diagrama de estados básico de funcionamento	28
Figura 21 - Poste desenvolvido durante o trabalho	30
Figura 22 - Tela inicial da aplicação web	31
Figura 23 - Tela de localização da aplicação web	32
Figura 24 - Tela de análise gráfica (Comparativo)	33
Figura 25 - Tela de análise gráfica (Temporal)	33
Tabela 1 - Quantidade de lâmpadas no Sistema Nacional de Iluminação Pública	4
Tabela 2 - Custo de desenvolvimento do protótipo	34
Tabela 3 - Estimativas de custo operacional de comunicação GSM	34
Tabela 4 - Custo de manutenção do servidor	35

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA	1
1.2 CENÁRIO ATUAL E MOTIVAÇÃO	2
1.3 OBJETIVOS E METODOLOGIAS	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1 Big Data	7
2.2 Internet das Coisas (IoT)	9
2.3 Fundamentos de Redes de Comunicação	10
2.4 Servidores	10
2.5 Arquitetura TCP/IP	11
2.6 HTTP Requests	13
2.7 Desenvolvimento Web (HTML, PHP, SQL e XML)	13
2.8 Tecnologia GSM/GPRS	14
2.9 Comandos AT	14
3. DESENVOLVIMENTO	15
3.1 METODOLOGIA	15
3.2 MATERIAIS UTILIZADOS	16
3.3 Estrutura	16
3.4 Hardware	16
3.5 Software	20
3.6 DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA	22
3.7 Plataforma do Poste ( <i>Client-Side</i> )	22
3.8 Plataforma do Servidor ( <i>Server-Side</i> )	26
3.9 DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO	28
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	30
5. CONCLUSÃO	36

5.1	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	36
6.	Referências Bibliográficas	38
APÊNDICE A - CÓDIGOS		I
1.	código principal do microcontrolador ( <i>main</i> )	I
1.1	TCC_Smart_pole.H	I
1.2	TCC_SMART_POLE.CPP	I
2.	OBJETO SMARTPOLE	VII
2.1	SmartPole.h	VII
2.2	SmartPole.cpp	VIII
3.	SERVIDOR	VIII
3.1	connect.php	VIII
3.2	add.php	VIII
3.3	index.php	IX
3.4	dados.php	X
3.5	analise.php	XII
3.6	createXML.php	XVI
3.7	contato.html	XVII
3.8	sobre.html	XVII
3.9	smartpole_stylesheet.css	XVIII

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA

A história da iluminação de áreas públicas é muito antiga, sendo um problema enfrentado pela humanidade desde que se iniciou o convívio em sociedade. Há relatos históricos do uso de lâmpadas nas ruas de Pequim desde o ano 500 a.c. Já na Roma Antiga a iluminação das vias públicas era feita pela queima de óleo vegetal dentro de lampiões, conceito que se estendeu até o século XIV [15].

Foi em Londres, no ano de 1417, que surgiu a primeira forma organizada de iluminação pública (IP). O prefeito de Londres, Sir Henry Barton, ordenou a colocação de lanternas fora das casas nas noites de inverno. As ruas de Paris foram obrigadas por lei a receberem iluminação cerca de 100 anos depois, onde os moradores de casas às margens das ruas tinham que acender as lanternas nas janelas durante a noite [13].

Em 1802, o escocês William Murdock, propôs uma iluminação mais eficiente que as lanternas à óleo. Sua invenção, a lâmpada à gás, era abastecida com gás de carvão e foi mostrada pela primeira vez na iluminação da SoHo Foundry [29]. Essa nova forma de iluminação chegou aos Estados Unidos, na cidade de Baltimore, em 1816 e na França, em Paris, em 1820.

A iluminação pública evoluiu consideravelmente com a eletricidade. Em 1878, em Paris, surgiu a primeira forma de iluminação pública elétrica. Seu nome era Vela de Yablochkov que usava uma lâmpada de arco elétrico para funcionar. Foram instaladas 80 lâmpadas desse tipo para iluminar os *Grands Magasins du Louvre*, rendendo à Paris o apelido de “Cidade Luz”. A invenção chegou aos Estados Unidos em 1890, como uma torre com várias lâmpadas e maior alcance, chamada de *Moonligh Tower* (Torre ao Luar) [22].

O Brasil acompanhou os avanços da iluminação pública, do óleo, passando pelo gás e chegando à lâmpada elétrica. A primeira cidade brasileira a inaugurar um serviço de iluminação pública, utilizando eletricidade, foi a cidade de Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, no ano de 1883. Em 1887, Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, foi a primeira cidade com uma rede de iluminação pública abastecida por uma usina termelétrica, seguida de São Paulo [4].

## 1.2 CENÁRIO ATUAL E MOTIVAÇÃO

A rápida urbanização das cidades, a necessidade de melhoria nos serviços públicos e o aumento das atividades industriais impulsionaram o desenvolvimento de novas tecnologias de iluminação pública. Hoje, no mundo, existem vários exemplos de projetos de otimização da infraestrutura de iluminação pública, principalmente substituição das lâmpadas tradicionais por lâmpadas de LED (do inglês, *Light Emitting Diode*) [7].

A mudança dos tipos de lâmpadas de IP para lâmpadas mais econômicas e que necessitam de menos manutenção é um grande passo para atualização e efficientização desses sistemas. Segundo levantamento do PROCEL em parceria com a ELETROBRÁS, em 2008, correspondiam a cerca de 3% do consumo total de energia do país, o equivalente à 9,7 bi kWh/ano [11].

No entanto, com o avanço de tecnologias aliadas aos conceitos de Cidades Inteligentes e *Internet of Everything* (IoE), além da economia gerada pela utilização de LED, os postes de luz, principal infraestrutura de iluminação pública do país, podem adquirir diversas outras funcionalidades como o fornecimento de informações meteorológicas, indicação de vagas livres em grandes estacionamentos e controle da intensidade de iluminação de acordo com a quantidade de luz no ambiente.

A empresa alemã, Continental, está investindo em sistemas de iluminação com mais funcionalidades. O “*Street Light Smart*” foi apresentado no Congresso de Sistemas Inteligentes de Transporte, maior congresso sobre o futuro da mobilidade do mundo, que aconteceu na França, em 2015. Esse novo produto utiliza componentes eletrônicos e sensores para transformar postes de luz tradicionais em inteligentes. Segundo o coordenador do projeto, Alfred Waldhaeusl, além do uso do LED o sistema transmite através da nuvem, alerta aos operadores quando há falhas, aviso aos motoristas indicando vagas livres nas ruas e iluminação focada para pedestres e ciclistas que se aproximam da faixa exclusiva [17].

Outro sistema de IP inteligente é o LSN (do inglês, *Light-Sensory Network*), apresentado pela Americana CISCO, no Fórum Mundial de Internet das Coisas [24]. O diferencial desses dois modelos está justamente nas funcionalidades. Onde o primeiro

aumenta a segurança e leva mais conforto ao motorista do veículo e o segundo pensa na interligação completa de uma cidade, através de uma rede.

O modelo da CISCO prevê iluminação com LED, sensores que capturam e informam as condições climáticas (umidade e temperatura), níveis de CO<sub>2</sub> no ambiente, radiação UVA e UVB, atividades sísmicas, e câmera HD para que a captura de imagem e som possam ser analisados por uma central e assim aumentar a segurança de espaços públicos. Essas tecnologias agregadas em uma infraestrutura irão servir como suporte para diversos serviços públicos, melhorando a qualidade do policiamento e os alertas relacionados ao meio ambiente [5].

Vale a pena destacar mais um modelo de multi sensoramento aplicado à iluminação pública. Segundo a GE, São Francisco irá se tornar a primeira metrópole do mundo a implementar um sistema de iluminação inteligente, o *Intelligent Cities* da GE *Lighting*. Além de gerar economia e eficiência, por reduzir o consumo de energia e utilizar iluminação de LED, os postes de luz terão dados interligados por um sistema inteligente, capaz de analisar e fornecer dados e respostas em tempo real. Outra cidade que pretende implementar essa tecnologia é Nashville, também nos EUA. Segundo o prefeito Alvin Brown “Essa tecnologia tem o potencial para transformar a maneira como resolvemos os problemas de infraestrutura na cidade, entendendo como o uso de Big Data pode nos trazer resultados em flexibilidade e eficiência” [10].

Outras cidades, como Copenhague, na Dinamarca, também mostram o interesse existente em aprimorar a tecnologia de postes de iluminação, considerada uma tecnologia passiva, ineficiente e ultrapassada. Juntamente com mais duas cidades vizinhas, Albertslund e Frederikssund, Copenhague possui um sistema inteligente que utiliza a internet para integrar iluminação, gestão de água e estacionamento à rede, contribuindo para a sustentabilidade e a qualidade de vida na cidade. Com os avanços desse desenvolvimento foi criado o Danish Outdoor Light Lab (DOLL), que serve de modelo e espaço de experimentação para projetos que visam testar tecnologias para melhorar a iluminação inteligente dessas cidades [6].

No Brasil, a maior preocupação ainda é tornar a iluminação pública mais eficiente por meio da substituição de lâmpadas incandescentes, mistas e a vapor de mercúrio por lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão, a vapor metálico ou luminárias LED, mais



eficientes que as anteriores (Tabela 1). O Programa Procel Reluz, por si só, já é responsável por mais de 2,78 milhões de substituições desde sua criação nos anos 2000 [23].

Apesar da evolução na substituição desses equipamentos, o Brasil ainda se encontra em situação precária quando o assunto é o desenvolvimento de tecnologia de ponta para explorar de maneira mais inteligente a infraestrutura da iluminação pública do país, principalmente quando comparado com as iniciativas dos países citados nos parágrafos anteriores.

Tipo de Lâmpada	Brasil	Norte	Nordeste	Sul	Centro-Oeste	Sudeste
Vapor de Mercúrio	23,6%	31,3%	20,7%	23,9%	23,0%	24,4%
Vapor de Sódio	71,1%	64,5%	68,6%	71,4%	72,2%	72,5%
LED	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%
Outras	5,3%	4,2%	10,7%	4,7%	4,9%	3,1%

*Tabela 1 - Quantidade de lâmpadas no Sistema Nacional de Iluminação Pública  
Fonte: Cadastro Eletrobrás 2012*

Inicialmente, este trabalho foi motivado pelos modelos desenvolvidos no exterior e entendendo os benefícios que uma tecnologia como esta pode trazer à realidade do Brasil. Seu principal objetivo é agregar funcionalidades sensoriais e analíticas a uma infraestrutura que hoje pode ser considerada subutilizada no país. Com isso, foi priorizado o tratamento dos dados ambientais com maior impacto nos problemas da Região Centro-Oeste do Brasil, local de desenvolvimento deste trabalho. “Hoje a qualidade do ar é medida em apenas 4 pontos do Distrito Federal, de forma manual e pouco frequente.” Segundo informações obtidas no setor responsável pela medição da qualidade do ar do Instituto Brasilia Ambiental (IBRAM).

As causas priorizadas para essa região foram a violência, os baixos níveis de umidade do ar, a aparição de focos de incêndio, a não confiabilidade dos sistemas de iluminação e a qualidade do ar. Através da coleta e do tratamento de dados relacionados a esses fenômenos, é possível realizar análises mais profundas dos problemas, tais como sazonalidade e regionalização.

### 1.3 OBJETIVOS E METODOLOGIAS

São objetivos e metodologias utilizadas na fundamentação deste trabalho:

1. Levar informações meteorológicas, geográficas e demográficas, em tempo real, para a população e órgãos interessados;
2. Em situações de risco, emitir alertas sonoros e enviar gravação de imagens para comunicação com uma central;
3. Aumentar a segurança e interatividade de estacionamentos públicos com um contador de vagas e a dimerização da iluminação;
4. Facilitar o acesso à internet e a comunicação, com repetidores de sinal WiFi e estações de carregamento USB;
5. Aumentar a iluminação e a sinalização de locais como faixas de pedestres com a dimerização e foco de iluminação;
6. Emitir alerta de manutenção para as empresas responsáveis pelo bom funcionamento dessas infraestruturas.

Ao conectar os postes entre si e com um servidor, é possível adicionar o conceito de Internet das Coisas e assim aumentar o nível de utilidade de um poste de iluminação. Entre as funcionalidades possíveis de se implementar, destacam-se: sensoriamento remoto de ambientes em tempo real e sistema de vigilância emergencial.

O sensoriamento remoto pode medir características como a temperatura e umidade do ambiente, a intensidade chuvosa, a presença de chamas ou gases nocivos à saúde, medição da qualidade do ar, entre outros. Todas essas informações podem incorporar um banco de dados de ambientes, ponto onde o trabalho se relaciona com o tema *Big Data*.

Estudos mostram que a segurança está intimamente ligada com a qualidade da estrutura de iluminação do ambiente. Em 1974, na Inglaterra, ocorreu durante a crise do petróleo uma medida econômica que reduziu a iluminação pública em 50%. Nesse mesmo ano o índice de furtos sofreu um aumento de 100% e o índice de criminalidade sofreu um aumento de 50%, evidenciando a relação entre iluminação pública e criminalidade. Em pontos conhecidos por venda de drogas na cidade de São Paulo, postes são danificados sistematicamente de forma camuflar a movimentação do tráfico de drogas [1].

A Figura 1 ilustra o sistema a ser desenvolvido no projeto através de um esboço de diagrama de blocos.

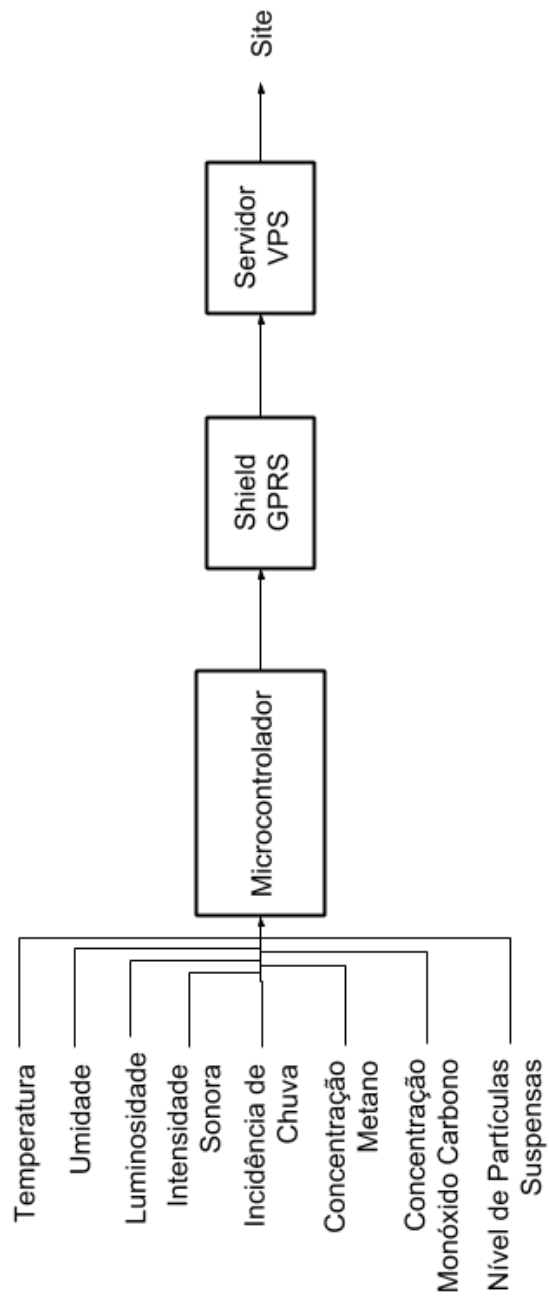


Figura 1 - Diagrama de Blocos da Configuração do Sistema

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como o trabalho aborda uma diversidade de conceitos novos e pouco usuais no dia-a-dia da maioria da população, foi decidido apresentar sucintamente o significado desses conceitos, assim como vinculá-los a importantes fatos da sociedade moderna, contextualizando-os não apenas com o texto, mas também com os momentos históricos dos últimos séculos.

### 2.1 BIG DATA

É seguro afirmar que o acesso à informação é o grande responsável pelas principais mudanças na sociedade pós-moderna. Começando com o surgimento do computador e sendo potencializado com o acesso à internet. Ambas as tecnologias possibilitaram armazenar, transmitir e processar uma quantidade de dados jamais imaginada, fazendo com que processos evolutivos das tecnologias acontecessem de forma mais acelerada e compartilhada nos quatro cantos do mundo.

Em 2011, foi publicado pela revista Science, um estudo que analisou a evolução da capacidade de armazenar, transmitir e processar informações entre os anos de 1986 e 2007, realizado por pesquisadores da Universidade Aberta da Catalunha e da Universidade do Sul da Califórnia. Segundo os estudiosos, em 1986 o mundo tinha capacidade máxima para armazenar 2,6 trilhões de megabytes, 20 anos depois esse limite cresceu cerca de 100 vezes, chegando a 295 trilhões de megabytes [14].

A importância do acesso à informação, desde a geração do conteúdo até a entrega da mensagem aos receptores, é tamanha que, foi citada pela diretora-geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), Irina Bokova, como ferramenta fundamental para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Segundo ela “é crucial que continuemos nossos esforços para garantir que toda mulher e todo homem usufrua plenamente do acesso à informação” [28].

Hoje fazemos parte, passiva e ativamente, de uma rede complexa de comunicação, onde informações transitam de forma acelerada. Os principais meios para isso são a televisão, as mídias impressas (jornais e revistas) e as mídias digitais (Internet). O aumento desgovernado de acessos a esses veículos os torna mais acessíveis a cada dia,

mesmo ainda sendo possível encontrar desigualdades e domínio de países mais desenvolvidos em cima das informações que circulam no mundo.

O termo *Big Data*, como a própria tradução literal dá a entender “Grandes Dados”, é usado para descrever a grande quantidade de dados gerados atualmente. Sua primeira utilização se deu nos anos 2000 [12], juntamente com o surgimento de empresas como Google e Yahoo, e vem se tornando cada vez mais relevante e presente na vida das pessoas.

Para simplificar a abrangência do termo a IBM o sistematizou por meio dos 4 Vs do *Big Data*, como visto na Figura 2:

- Volume: quantidade (em bytes) de informação existente;
- Velocidade: rapidez com que o processo de troca acontece;
- Variedade: formas e meios existentes onde os dados são encontrados;
- Veracidade: confiabilidade do conteúdo gerado e disseminado.

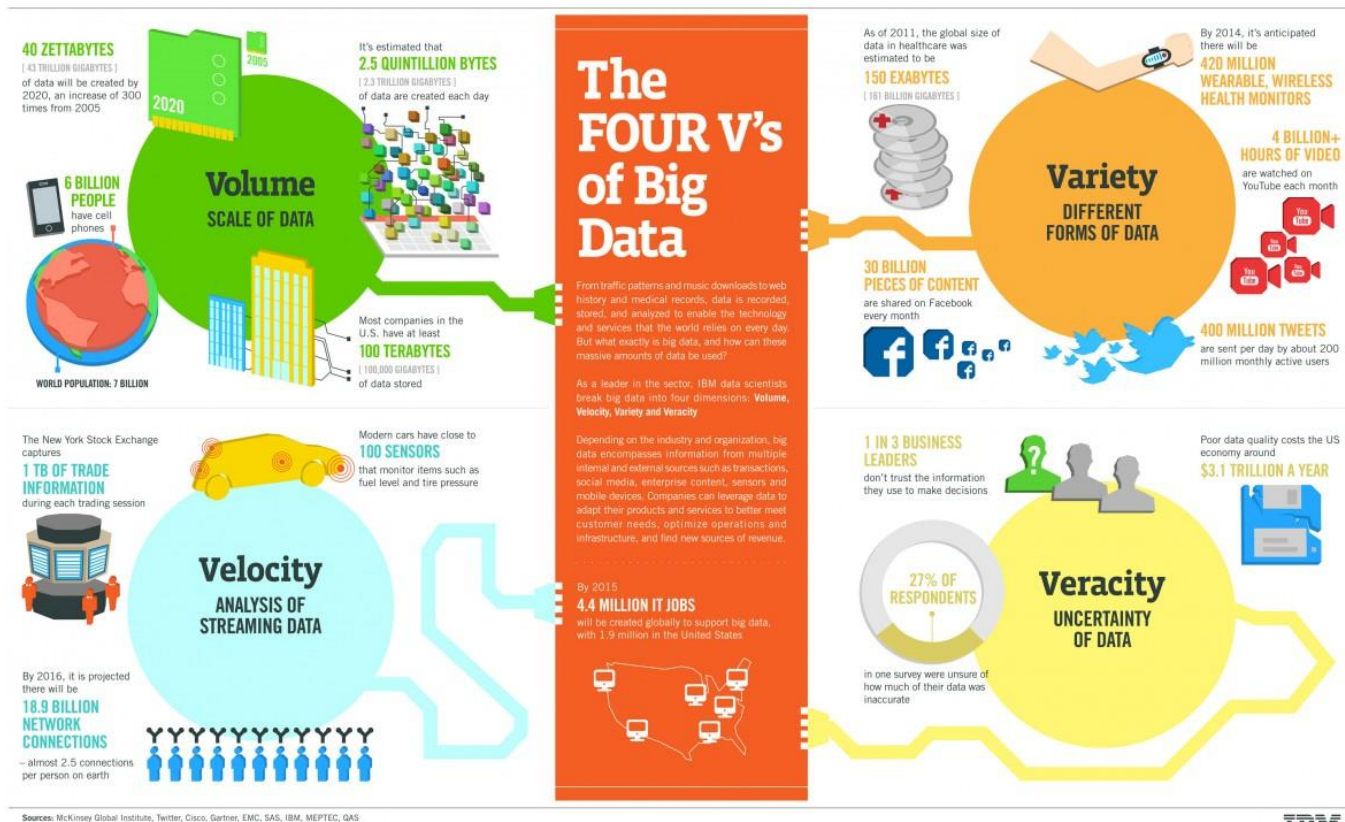


Figura 2 - Infograma sobre Big Data [16]

A importância de entender o processo de compartilhamento vem aumentando exponencialmente, principalmente porque cerca de 90% dos dados existentes no mundo foram criados nos últimos anos [27]. No entanto, esse crescimento acelerado e pouco estruturado resultou em uma baixa eficiência quando há necessidade de utilização e análise dessas informações. Ou seja, grande parte dos dados encontrados hoje são considerados não estruturados [21], pois não se encontram em um banco de dados confiável, e sim em plataformas de mídias sociais, derivadas muitas vezes de opiniões pessoais e sem embasamento teórico.

## 2.2 INTERNET DAS COISAS (IOT)

Em meio a todos esses dados sendo gerados em uma rede complexa conectada, a Internet, surge um outro conceito cujo entendimento é de extrema relevância para este trabalho: a Internet das Coisas, do inglês, *Internet of Things* (IoT).

O conceito trazido nesta seção vai além da geração e transmissão de informações, ele abrange a análise e interpretação das mesmas, transformando-as em um conteúdo funcional para a sociedade, permitindo conhecer o ambiente físico e espacial a partir do volume de dados que foram gerados nele.

As estruturas presentes no ambiente conectadas nessa rede de informações e responsáveis por captar, armazenar e transmitir os dados pré-estabelecidos são chamadas de objetos inteligentes. A estrutura básica desses objetos é geralmente composta por uma alimentação, identificação, sensores/atuadores, processamento/memória e comunicação [26], podendo ele ser uma nova estrutura ou o aproveitamento de infraestruturas até então subutilizadas.

A mineração e o cruzamento dos conteúdos armazenados em cada um dos objetos inteligentes encontrados em um microambiente nos permitem definir padrões, ciclos, ou tendências, facilitando ações de interferência específicas na região onde eles se encontram e definindo uma nova funcionalidade para esses objetos.

Estima-se que até 2020 mais de 30 bilhões de objetos estarão conectados em rede, se comunicando uns com os outros, provendo e utilizando serviços, contribuindo com aquisição de dados e reagindo a eventos, de forma descentralizada e suficientemente precisa [19 e 3].

As informações captadas e utilizadas por tecnologias de IoT geralmente estão vinculadas a temas como cidades inteligentes, racionalização e flexibilização da produção, logística e transporte de bens, monitoramento remoto de pacientes, melhor uso de insumos para o agronegócio, melhoria da eficiência energética e ampliação do acesso a serviços do setor financeiro [2].

Com o multi-sensoriamento sendo cada vez mais aplicado e suas utilidades ampliadas, problemas que antes não existiam passam a fazer parte do cotidiano das pessoas e das empresas que trabalham com esse tipo de desenvolvimento. Pode-se citar os problemas relacionados aos erros atrelados as medições feitas pelos sensores, a ordem de envio desses dados para leitura na plataforma de distribuição e ao tratamento diverso que cada sensor exige dependendo do tipo e da origem do dado coletado.

Esses obstáculos tornam o desenvolvimento de uma solução IoT complexa e bastante personalizada. No entanto, grandes avanços estão sendo feitos com relação a esse conceito. Como exemplo, a americana CISCO trabalha de forma mais avançada, chamando sua nova metodologia de Internet de Todas as Coisas, do inglês *Internet of Everything* (IoE), sendo diferenciada da IoT pelo fato de, além do envolvimento máquina-máquina (M2M), permitir interação pessoa-máquina (M2P) e pessoa assistida por tecnologia-máquina (P2P) [9].

### 2.3 FUNDAMENTOS DE REDES DE COMUNICAÇÃO

Todos os conceitos tratados até então neste trabalho têm como precedente fundamental o meio pelo qual os dados são transmitidos desde sua geração até sua análise. Sem a comunicação nenhum avanço dessas metodologias e tecnologias seria possível. No passado existia uma segmentação das Redes de Comunicação, onde a comunicação via computador apresentava pontos divergentes da comunicação tradicional. Hoje os limites entre redes de comunicação e redes de computadores encontra-se basicamente extinto.

### 2.4 Servidores

Na informática, um servidor é uma estrutura centralizada de computação que possibilita fornecer diferentes funcionalidades a uma rede de computadores, geralmente tratada como cliente.

O principal serviço vinculado a essa estrutura é o compartilhamento de dados entre um ou mais clientes, assim como a configuração e o desempenho do sistema. Dito isso, vale ressaltar que um mesmo servidor pode ter vários clientes e um cliente pode estar vinculado a vários servidores.

A história dos servidores remete a comunicação de computadores e sua popularização, onde alguns computadores ficariam responsáveis pela primeira ação e os outros se utilizariam desse “serviço” para executar as próximas.

A comunicação entre dois computadores, ou entre um servidor e um computador é feita por meio de protocolos. Essa comunicação pode ser simultânea e um mesmo servidor pode atuar com diferentes funções ao mesmo tempo, o que é bastante comum. Computadores que prestam apenas um único tipo de serviço são chamados de servidores dedicados, ou *Virtual Private Server (VPS)*, e sua maior vantagem está na velocidade com que os protocolos são atendidos.

Podemos classificar os servidores, de forma simples, em dois grupos:

- Servidores de aplicação: servidores de bancos de dados, que são responsáveis por executar o processamento das informações armazenadas em seus clientes;
- Servidores de armazenagem: responsáveis apenas por guardar os dados que serão processados pelos seus clientes.

Para o correto funcionamento de uma rede cliente-servidor, esta precisa estar instalada em um sistema operacional (OS) compatível com esse tipo de rede. Para aplicações como servidor web os sistemas Unix são os mais utilizados, já para gerenciamento de usuários ou serviços o Windows ainda é dominante.

É interessante citar que a Internet é a maior rede de computadores do mundo, sendo compostas de milhares de sistemas cliente-servidor interligados e que processam diversos tipos de informação simultaneamente.

## 2.5 Arquitetura TCP/IP

A internet faz uso de dois protocolos fundamentais, sendo eles o Transmission Control Protocol e o Internet Protocol Suite, que originam os acrônimos TCP/IP simultaneamente.



A estrutura de comunicação que acontece na Internet, o protocolo IP, é fundamentada pelo paradigma de chaveamento de pacotes (*packet-switching*). Já os protocolos do tipo TCP/IP aplicam-se nas mais variadas estruturas de rede.

Em sua estrutura, o protocolo TCP/IP conta com uma organização em pilhas (Figura 3), onde cada camada é responsável por uma propriedade diferente.

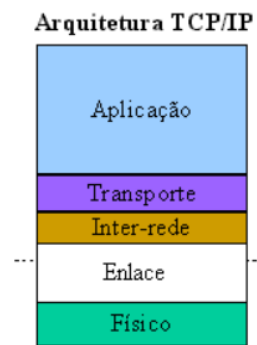


Figura 3 - Arquitetura TCP/IP [18]

A camada Enlace tem como principal função a identificação por meio de um endereço físico, o que distingue uma máquina da outra, possibilitando que mensagens específicas sejam enviadas de forma correta para a máquina solicitante. Além dessa função, ela também envia datagramas criados na camada superior da pilha, a camada Inter-rede.

Em seguida, a camada Inter-rede, ou apenas Rede, é responsável por determinar um endereço IP para a máquina, um identificador independente de outros endereçamentos que acontecem em níveis inferiores. A principal função dessa camada é a comunicação com máquinas vizinhas. É aqui que as mensagens entre as redes são transportadas e sua rota definida.

A camada Transporte é considerada um ponto de chegada e partida, não executando nenhuma outra função intermediária relacionada com o transporte da mensagem. É nessa camada que o protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*) e UDP (*User Data Protocol*) são encontrados.

Por último, temos a camada Aplicação, onde protocolos de serviços básicos para o usuário são encontrados. Os serviços básicos são aqueles relacionados com as necessidades do sistema, ao contrário dos serviços para usuários.

## 2.6 HTTP Requests

O *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) é um comando utilizado para enviar petições HTTP para um determinado URL (*Universal Resource Locator*), considerado a base para estabelecer uma comunicação de dados via World Wide Web (WWW).

Considerado um protocolo do tipo requisição-resposta em um sistema cliente-servidor, ele possibilita a melhoria e habilita a comunicação entre os sistemas. Além das informações contidas no corpo da mensagem, a resposta possui informações completas de estado.

## 2.7 DESENVOLVIMENTO WEB (HTML, PHP, SQL E XML)

O desenvolvimento web costuma ser um processo complexo, por precisar ser planejado de acordo com todas as funcionalidades necessárias e público alvo desejado. No caso deste projeto, foi desenvolvida uma plataforma para demonstração e análise dos dados captados pelo sistema inteligente conectado ao poste, tanto no passado quanto em tempo real.

HTML: o acrônimo vem de *Hypertext Markup Language*, ou em português Linguagem de Marcação de Hipertexto. É uma das principais linguagem para desenvolvimento web, por ser de fácil entendimento para o programador e para as máquinas.

PHP: o acrônimo vem de *Hypertext Preprocessor*, ou em português Pré-processar de Hipertexto. É uma linguagem *open source* geral que pode ser incluída dentro do código em HTML, comumente utilizada para programação e comunicação com entre servidores.

SQL: o acrônimo vem de *Structured Query Language*, ou em português Linguagem de Consulta Estruturada. Considerada uma linguagem padrão para trabalhar com banco de dados relacionais, fundamental para o desenvolvimento de softwares.

XML: o acrônimo vem de *Extensible Markup Language*, ou em português Linguagem de Marcação Extensível, altamente utilizada para que documentos sejam criados e dados sejam armazenados nos mesmos. O nome contém a palavra extensível

pois ela é uma linguagem de programação que permite definir seus próprios elementos de marcação

## 2.8 TECNOLOGIA GSM/GPRS

O GSM (*Global System for Mobile Communications*) é uma tecnologia aberta desenvolvida para utilização na comunicação móvel e amplamente utilizada no mundo. A tecnologia ficou conhecida por utilizar canais digitais de voz e pelo acoplamento desde o início da comunicação de dados ao seu sistema. Apesar de implementar a comunicação de dados, a taxa de transferência ainda era baixa, na casa dos 12 kbps.

Logo surgiu uma tecnologia para atenuar o problema da baixa taxa de transmissão, o GPRS (*General Packet Radio Service*). A sua maior função é aumentar as taxas de transferência de dados obtidas ao se utilizar o GSM, sendo capaz de proporcionar um aumento de até 233% [30].

## 2.9 Comandos AT

Os comandos AT representam uma linguagem de comandos com séries de cadeias de texto curtas desenvolvido por Hayes para controlar diversos modems de maneira estruturada. Por meio do envio de comandos AT é possível submetê-los a realizar diversas operações como desligar o telefone, realizar uma requisição HTTP, ou até mesmo enviar uma mensagem de texto. [20]

### 3. DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 METODOLOGIA

Como visto anteriormente, este trabalho trata da implementação de um sistema de iluminação pública para compor um ambiente inteligente, conectado e integrado, que capta informações em tempo real de forma descentralizada, específica de cada região monitorada.

O primeiro objetivo é definir quais dados seriam relevantes adquirir e interpretar com esse sistema, como forma de dar um foco específico ao trabalho e gerar novas possibilidades de estudo futuro. Nessa etapa foi realizado um *brainstorming* de possibilidades, tendo como base os principais problemas enfrentados em Brasília. Com isso foram mapeados os seguintes pontos:

- Queimadas;
- Baixa umidade do ar;
- Alagamento de vias;
- Falta de estacionamento público;
- Segurança;
- Baixa manutenção de infraestrutura pública;
- Poluição;
- Pouca sinalização nas faixas de pedestre;
- Baixa eficiência de iluminação dos sistemas atuais.

Percebendo que a maioria dos problemas listados se refere aos problemas climáticos da região, foi decidido focar o desenvolvimento das funcionalidades do sistema inteligente neste tema. Procurou-se o Instituto Brasília Ambiental (IBRAM), o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para entender como os dados relacionados ao clima e qualidade do ar eram captados, qual a relevância dessa coleta para a sociedade, a granularidade geográfica de captura dos dados, o custo de uma estação de coleta, como eles eram acessados e outras questões decorrentes.

Com base nos resultados apurados, definiu-se o potencial de impacto do trabalho desenvolvido, assim como a forma com que os dados seriam interpretados e divulgados, e quais tecnologias seriam utilizadas.

Após a definição das funcionalidades, definiu-se as tecnologias que seriam utilizadas para cada sistema.

### 3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

#### 3.3 Estrutura

Ficou estabelecido que, para esse estudo inicial, seria construído uma estrutura simulando um poste de iluminação, usando tubos e conexões de PVC e uma estação de coleta de dados, como ilustrado na Figura 4. A estação de coleta seria uma caixa acoplada à estrutura do poste, feita sob medida, modelada digitalmente no SketchUp e impressa em 3D.

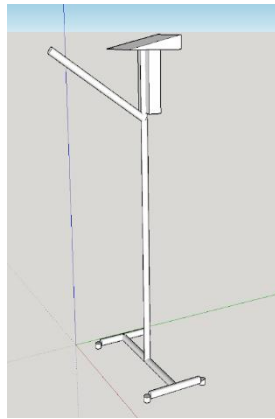


Figura 4 - Modelo 3D do Poste de Autoria Própria

#### 3.4 Hardware

Placa de Prototipagem com Microcontrolador: Como microcontrolador do sistema, foi escolhido o modelo Arduino Mega 2560 R3 (Figura 5) devido à sua quantidade elevada de pinos de uso geral (GPIOs), sua capacidade de processamento e memória, além de oferecer um bom custo benefício por ser uma placa de prototipagem comum no mercado.

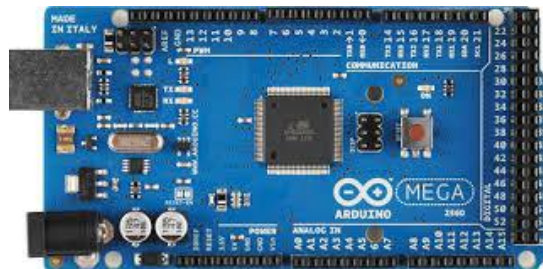


Figura 5 - Microcontrolador

Módulo de Comunicação GPRS: O componente selecionado como responsável pela comunicação do sistema foi um *shield* GSM GPRS SIM900 (Figura 6). Além de oferecer uma boa estabilidade e confiabilidade, sua interface facilitada com o Arduino torna o agrupamento mais robusto. Em conjunto com o *shield* foi utilizado um chip pré-pago da operadora TIM, para nos oferecer acesso à internet por GPRS.

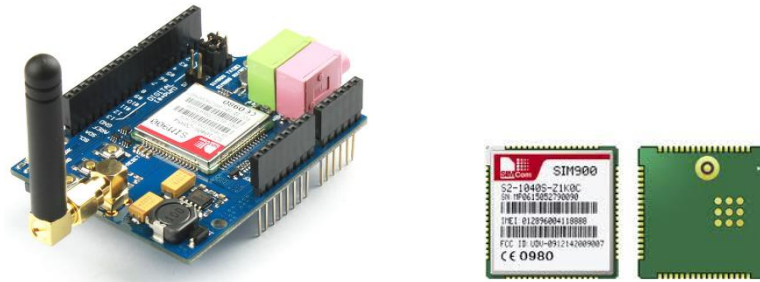


Figura 6 - Shield GSM/GPRS

Sensor de umidade e temperatura: O DHT11 (Figura 7) é um sensor de baixo custo comum no mercado de prototipagem. Ele oferece leituras seriais de dados de temperatura (em celsius) e de umidade (em percentual) utilizando o protocolo I2C.

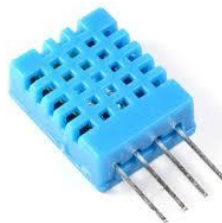


Figura 7 - Sensor de Temperatura e Umidade

Sensor de chuva: O Módulo raindrops MH-RD (Figura 8) é capaz de monitorar a presença de gotas de chuva ou neve com sensibilidade ajustável via potenciômetro e saída digital e analógica a qual pode ser conectada ao conversor AD de 10 bits do Arduino.



Figura 8 - Sensor de Chuva

Sensor de luminosidade: O sensor de luminosidade (Figura 9) é composto de uma placa eletrônica regulada com a presença de um resistor sensível à luz, ou *light-dependent resistor* (LDR). A resistência do LDR varia com a incidência de luz e com o valor da queda de tensão gerada é possível se obter uma leitura da luminosidade do local.

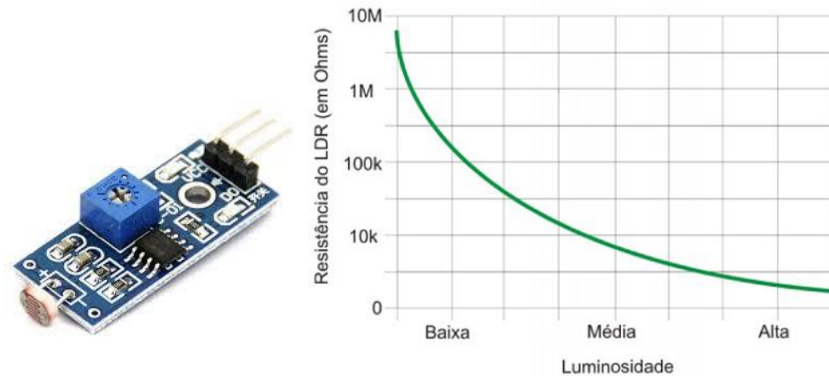


Figura 9 - Sensor LDR [25]

Sensor de gás MQ7: Este sensor é responsável por realizar medições de concentração de monóxido de carbono (CO) no ambiente, componente importante para se avaliar a qualidade do ar monitorado. O sensor MQ7 (Figura 10) também é sensível à presença de outros gases de acordo com o gráfico abaixo, presente em seu datasheet, porém a sensibilidade ao monóxido de carbono é mais representativa e por isso é utilizado para esse fim.

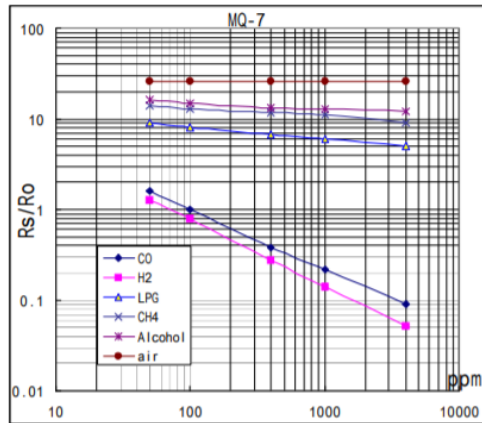


Figura 10 - Sensor MQ-7 (Monóxido de Carbono)

Sensor de gás MQ4: Este sensor, da mesma família que o anterior, é responsável por realizar medições de concentração de metano (CH4) no ambiente, sendo outro componente importante para se avaliar a qualidade do ar do local onde o poste se encontra instalado. Assim como o MQ7, o MQ4 (Figura 11) também é sensível à presença de outros gases porém apresenta maior sensibilidade para o metano.

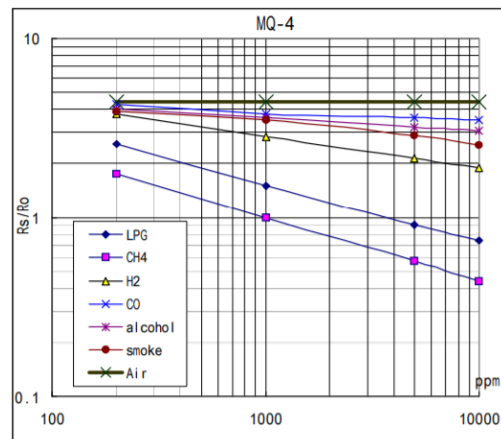


Figura 11 - Sensor MQ-4 (Metano)

Sensor de ruído : O objetivo desse sensor (Figura 12) é detectar o nível de poluição sonora do ambiente através de um microfone de eletreto em conjunto com o comparador LM393.



Figura 12 - Sensor de Nível de Ruído



Sensor de partículas suspensas: O nível de partículas suspensas é um parâmetro amplamente utilizado para se avaliar a qualidade do ar de ambientes. O sensor DSM501A – SamYoung (Figura 13) tem como objetivo medir a presença e concentração de partículas suspensas no ar com mais de determinado diâmetro. Segundo seu datasheet, o sensor pode ser configurado para detectar partículas a partir de 1 micrômetro ou 2,5 micrômetros e sua detecção utiliza uma câmara de leitura ótica com fluxo de ar induzido termicamente.



Figura 13 - Sensor de Partículas Suspensas

### 3.5 Software

A IDE original do Arduino, por ser na maioria das vezes voltada a um público mais inexperiente, proporciona um ambiente de trabalho minimalista e simplista configurando um *workspace* muito limitado para o propósito do projeto, principalmente no que diz respeito à descentralização do código.

Assim, com o objetivo de trazer mais organização ao desenvolvimento do sistema, foi pesquisado quais seriam as melhores alternativas à IDE oficial do Arduino. O Sloeber, um plugin baseado no Eclipse, sana as dificuldades impostas pela IDE oficial de maneira simples se mostrando uma ferramenta prática e útil para os propósitos almejados [8].

Dentre as linguagens de programação mais conhecidas o C vem sendo amplamente utilizado no âmbito de desenvolvimento de sistemas embarcados devido a sua sintaxe intuitiva e de baixo nível. Além disso, o C++ soma ao C propriedades e funcionalidades interessantes para o desenvolvimento de sistemas com microcontroladores através do modelo de programação orientada a objeto (POO) e por isso foi a linguagem escolhida para se implementar o código em questão. Esse estilo de programação possibilita que os programas definam objetos,

os quais possuem atributos e funções (métodos) próprios. Uma pessoa, por exemplo, poderia ter como atributos nome e idade e ter funções como comer e andar. No caso do poste, isso pode ser útil ao tratar cada um como objeto, que contenha como atributos seu endereço, os valores lidos pelos sensores, número de identificação e como métodos acionar um *buzzer*, enviar dados, entre outros [31].

No caso do desenvolvimento de uma aplicação web, entretanto, o C/C++ não é a linguagem mais adequada. A programação de páginas web possui linguagens próprias que modelam o design, o conteúdo e as aplicações da página. A linguagem mais comum para esse propósito é o HTML (*HyperText Markup Language*) que conta com diferentes elementos que dizem ao *browser* como a página web deve ser construída. Além do HTML, é implementado no desenvolvimento do sistema web trechos em PHP e JavaScript, utilizando bases de dados em SQL e arquivos XML.

Durante o desenvolvimento deste trabalho foi identificado a necessidade da contratação de um servidor dedicado, ou *Virtual Private Server* (VPS), configurado com o sistema operacional (SO) Linux Ubuntu 16.04 com o painel Vesta e interface com o phpMyAdmin. Essa configuração permitiu, além da comunicação com o microcontrolador, criar todas as estruturas de dados e interfaces convenientes com o usuário.

Na camada de aplicação do site, o interesse por apresentar um mapa com a localização e dados dos postes tornou atrativo o uso do API do Google Maps, uma interface muito popular, eficiente e interativa, que possibilita a criação de mapas com diferentes características, tamanhos e marcadores. Ainda, é importante a análise dos dados de maneira gráfica e para isso foi utilizado a biblioteca *Chart.js*, em JavaScript, que oferece uma ampla gama de recursos e opções para se realizar análises comparativas e temporais de diferentes naturezas.

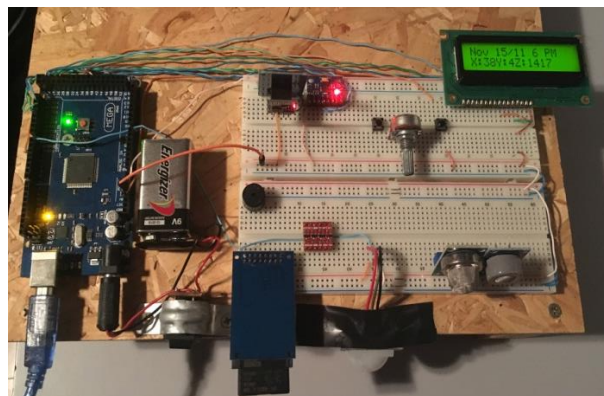
O processo de implementação da aplicação web será melhor detalhada mais à frente deste capítulo, na seção 3.8.

### 3.6 DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA

O desenvolvimento do projeto pode ser segregado em duas frentes: a plataforma do poste, estrutura capaz de detectar diversas variáveis ambientais; e a plataforma do servidor, responsável por receber, organizar e tratar os dados recebidos. O conjunto das duas plataformas trabalhando simultaneamente constitui o sistema desenvolvido.

### 3.7 Plataforma do Poste (*Client-Side*)

O primeiro protótipo do projeto foi desenvolvido utilizando o mínimo de recursos possível, de maneira a validar o conceito do trabalho antes de despendere mais recursos pessoais no projeto. Assim, os sensores foram adquiridos e montados sobre uma estrutura de madeira possibilitando a avaliação dos dados gerados pelos primeiros sensores instalados.



*Figura 14 - Protótipo Inicial*

A primeira versão do projeto, ilustrado na Figura 14, contava com um acelerômetro (posteriormente preterido), um sensor de presença (posteriormente preterido) e os sensores referentes à presença de gases nocivos como o metano (MQ4) e o monóxido de carbono (MQ7). Além dos sensores, constava na primeira versão uma tela LCD para verificação do estado dos sensores, um módulo para cartão SD para ser utilizado em uma aplicação não priorizada de acordo com a evolução do projeto, e a comunicação feita através de um módulo Wi-Fi.

Por meio do progresso do projeto percebeu-se que o sistema seria mais eficaz ao priorizar os dados a serem obtidos. Para tal, foi imprescindível a consulta aos órgãos competentes relacionados com as áreas focais do projeto até então.

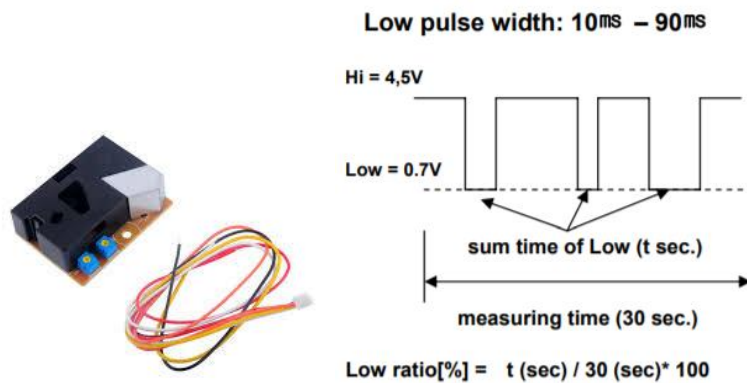
O responsável pela Segurança do Campus na UnB, ao ser perguntado se “Seria interessante se os postes de iluminação tivessem câmeras instaladas, um botão de pânico e um microfone para detectar gritos e ou acidentes de carro?” demonstrou que a instituição já acredita existir canais suficientes para cumprir essa função e ressaltou que um problema existente seria o frequente vazamento de gases em laboratórios. Uma Química do IBRAM, ao ser questionada sobre o monitoramento da qualidade do ar no Distrito Federal respondeu que todo o monitoramento feito atualmente é manual e em apenas 4 pontos do DF. Ressaltou que o equipamento poderia ser mais moderno e o monitoramento automatizado e descentralizado.

As entrevistas realizadas demonstram que o maior potencial de impacto do poste inteligente é o trabalho com o monitoramento ambiental e da qualidade do ar. Para tal, os sensores foram revisados chegando nos equipamentos listados no item 3.3. Além disso percebeu-se a necessidade de revisar a estratégia de comunicação com o servidor. O uso de um módulo Wi-Fi restringe o funcionamento do poste em locais remotos onde não há sinal Wi-Fi disponível. Assim, trocou-se o módulo WiFi ESP8266 pelo *shield* GPRS SIM900.

A tecnologia GSM/GPRS permite a comunicação nas mais diversas áreas, sendo limitada apenas pela cobertura da operadora telefônica utilizada. Além disso, através do chip SIM900 também é possível extrair a localização aproximada do poste, funcionalidade essencial para o projeto.

Uma visão mais estruturada e assertiva do sistema, ilustrado na Figura 15, foi proporcionada após um processo de revisão do projeto.





### 8-3. LOW RATIO vs. PARTICLE

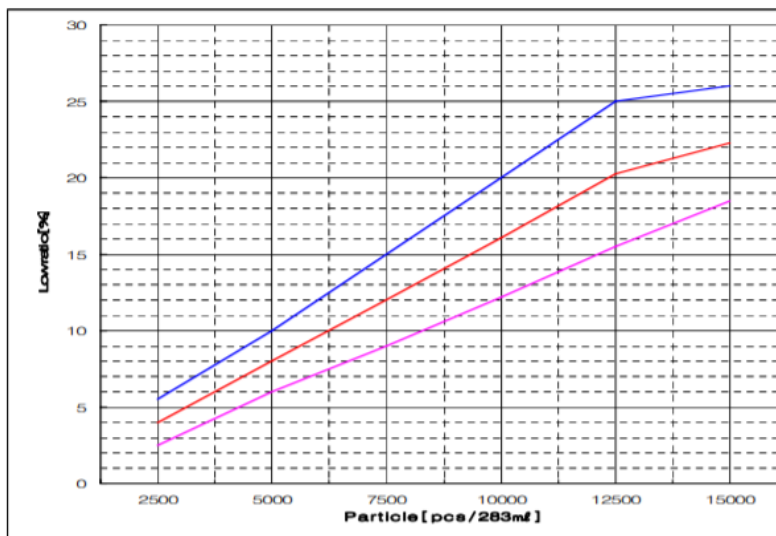


Figura 16 - Dados técnicos do sensor de partículas suspensas  
 Fonte: SAMYOUNG S&C Co, Specification Sheet

O sistema deve ser alimentado por um conjunto de geração solar fotovoltaica representado abaixo (Figura 17), em conjunto com circuito de chaveamento automático para ligar e desligar a luz do poste.

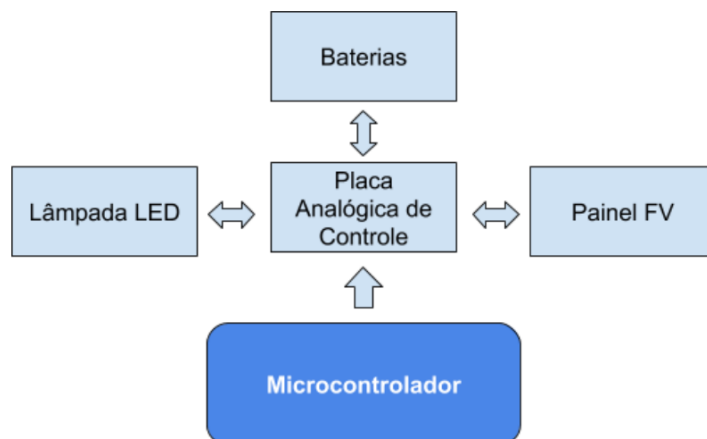


Figura 17 - Projeto fotovoltaico básico

O sistema utiliza a tecnologia GPRS (General Packet Radio Service) para se comunicar com o servidor dedicado (VPS) através de requisições http, mais especificamente requisições POST, que utilizam comunicação TCP/IP. Esse tipo de requisição permite que a mensagem seja enviada no seu corpo, ao contrário do GET, onde os dados são enviados através do *query list*, o que poderia comprometer a segurança dos dados.

### 3.8 Plataforma do Servidor (*Server-Side*)

Durante os ensaios com a primeira versão do projeto, a utilização do módulo Wi-Fi ESP8266 possibilitou a criação da primeira página web a partir do próprio número IP do microcontrolador conforme ilustrado na Figura 18. Nesta versão, o microcontrolador realizou a função tanto de cliente como de servidor, visto que o código HTML estava hospedado no próprio Arduino® e seu envio era requisitado pelo próprio navegador web.

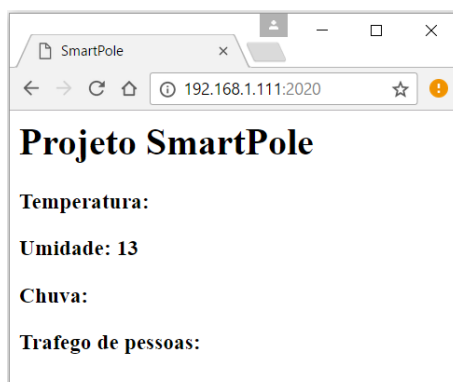


Figura 18 - Primeira aplicação web do projeto

Quando o sistema de comunicação via GPRS foi implementado e o servidor dedicado contratado, o desenvolvimento web foi colocado em destaque. Implementou-se uma Base de Dados (BD) em SQL, via phpMyAdmin (Figura 19) e MySQL, possibilitando o armazenamento dos dados enviados pelos postes (clientes) e a sua integração com o sistema. *Scripts* desenvolvidos em PHP permitem realizar a interface entre a BD e o site, que utiliza linguagem HTML. Dessa forma é possível conectar-se à base de dados, selecionar e filtrar dados utilizando PHP.

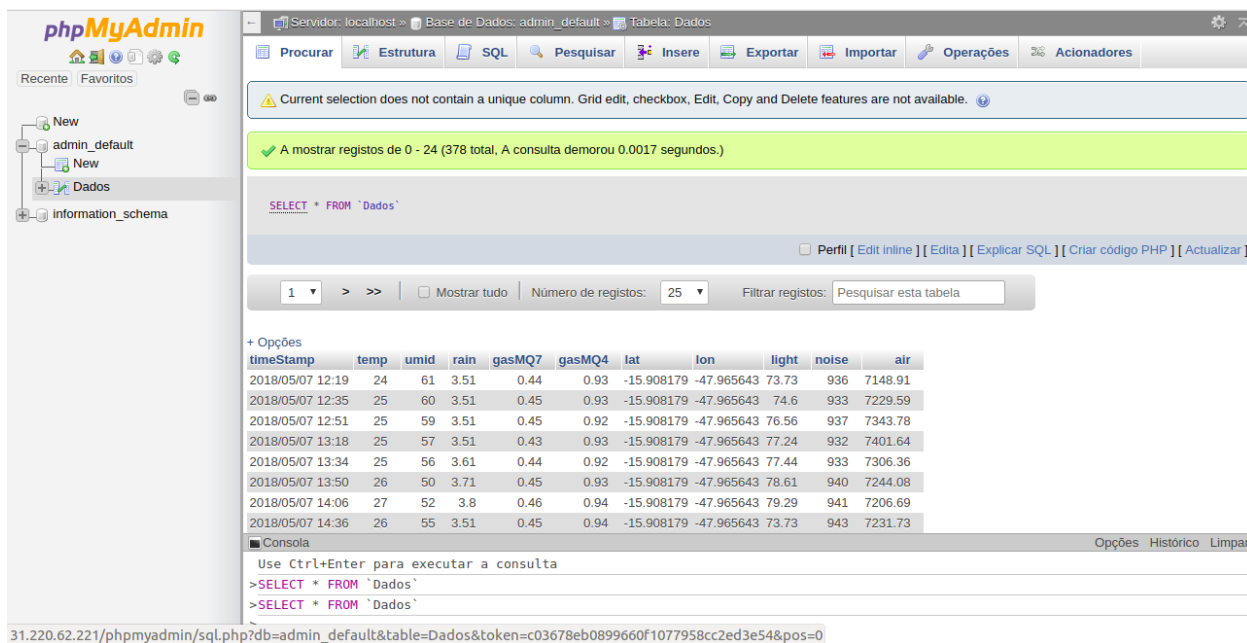


Figura 19 - Plataforma de gerenciamento de Banco de Dados

O PHP é capaz de realizar a interface entre a base de dados e o código HTML sem dificuldades, porém quando se trata da interface entre a BD e aplicações em JavaScript, é necessária uma abordagem diferente. A solução adotada é um código PHP responsável por realizar a criação de um arquivo XML com uma estrutura pré-definida e com os dados necessários para a aplicação. Dessa maneira o código JavaScript é capaz de carregar o arquivo XML e utilizar os dados contidos no arquivo livremente. Por meio dessas tecnologias é possível realizar todas as interfaces necessárias à plataforma web.

Ao utilizar o API Google Maps para representar a geolocalização dos postes cadastrados na base de dados, são colocados marcadores no mapa com números identificadores de cada um dos equipamentos instalados. Os marcadores foram programados para apresentar a última medida dos principais dados cadastrados ao ser clicado, gerando uma espécie de monitoramento em tempo real.

Para disponibilizar uma ferramenta efetiva de análise dos dados armazenados é necessário a implementação de representações gráficas em diferentes formatos e selecionando diferentes postes. Assim, foi instalada e utilizada a biblioteca *open source* em JavaScript *Chart.js* para desenvolver duas opções de gráfico. A primeira opção de gráfico é destinada à análises comparativas



entre postes e, conseqüentemente, regiões diferentes, podendo selecionar o parâmetro a ser comparado e escolher entre valor mínimo, máximo e médio. Já a segunda opção é destinada a uma análise temporal, demonstrando o histórico de determinada variável ao longo do tempo de funcionamento.

Todos códigos desenvolvidos podem ser encontrados no APÊNDICE A.

### 3.9 DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO

Considerando o sistema corretamente configurado, o fluxo de funcionamento do poste pode ser ilustrado seguindo os passos representados na Figura 20, constituído de 3 fases principais.

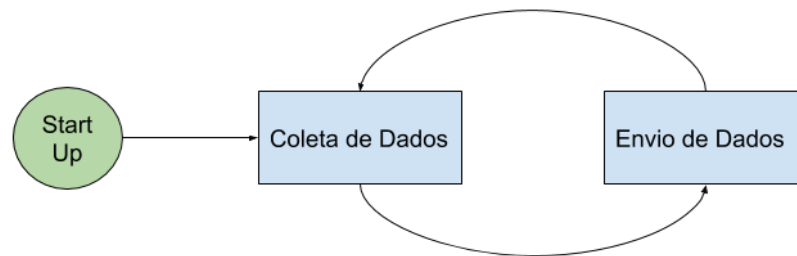


Figura 20 - Diagrama de estados básico de funcionamento

Na fase de Inicialização, ou *Start Up*, o poste realiza a configuração de todos os seus sensores, do *shield* GPRS, estabelece e testa a conexão do *shield*, configura o *timer* utilizado e captura a localização aproximada do poste utilizando a tecnologia GSM.

Para configurar a maior parte dos sensores que o microcontrolador vai monitorar basta definir os pinos de *input* e *output* de dados, categorizando se a leitura será analógica, utilizando PWM, ou digital. Quanto ao sensor de temperatura e umidade (DHT11), além de definir o tipo de leitura, é necessário configurar a comunicação I2C. De maneira a economizar tempo e recurso, foi utilizado uma biblioteca para simplificar o código de recebimento dos dados via comunicação serial I2C.

Inicialmente o *shield* GSM GPRS SIM900 requer um pulso quadrado de amplitude de 5 volts e período de 2 segundos gerados a partir do microcontrolador para inicializá-lo. Em seguida usa-se a função `gsm.begin()`, disponibilizada pela biblioteca “`inetGSM.h`”, que envia e recebe uma série de comando AT ao *shield* GSM e cujo

retorno é avaliado de maneira a saber se a inicialização foi bem sucedida ou não, emitindo um aviso de erro caso necessário.

Para capturar a localização através do SIM900 é enviado a sequência de comandos AT a seguir. Segundo o manual de referência os três primeiros comandos são responsáveis por ativar o *bearer context* (contexto portador), enquanto o penúltimo comando resgata o valor das coordenadas em si e o último comando desativa o *bearer context*.

```
AT+SAPBR=3,1
AT+SAPBR=1,1
AT+SAPBR=2,1
AT+CIPGSMLOC=1,1
AT+SAPBR=0,1
```

O *timer* utilizado para determinar a frequência de envio de dados, por sua vez, é configurado usando os registradores do microcontrolador conforme descrito a seguir: primeiro, o mesmo é desativado para realizar sua configuração, em seguida o valor do registrador contador é resetado para 130 e do registrador sinalizador de *overflow* é zerado, então se ativa a interrupção de acordo com o *overflow* e finalmente reativamos o respectivo *timer*.

```
TCCR2B = 0x00;    //Disable Timer2 while we set it up
TCNT2 = 130;     //Reset Timer Count to 130 out of 255
TIFR2 = 0x00;   //Timer2 INT Flag Reg: Clear Timer Overflow Flag
TIMSK2 = 0x01;  //Timer2 INT Reg: Timer2 Overflow Interrupt Enable
TCCR2A = 0x00;  //Timer2 Control Reg A: Wave Gen Mode normal
TCCR2B = 0x05;  //Timer2 Control Reg B: Timer Prescaler set to 128
```

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O protótipo, com estrutura em cano PVC e com caixa modelada em softwares computacionais e concebida através da tecnologia de impressão 3D, trouxe mais economia, personalização e eficiência ao projeto. A estrutura pode ser verificada na Figura 21.



*Figura 21 - Poste desenvolvido durante o trabalho*

A página inicial do sistema disponível temporariamente em [smartpoleunb.com](http://smartpoleunb.com) conta com um breve resumo sobre o projeto e alguns dados brutos armazenados no servidor conforme ilustrado na Figura 22.

**Objetivo**

This is a Senior Design Project in Electrical Engineering for the University of Brasília. In Brazil, a good share of the government budget is destined to public lightning and safety. Besides that, today the air quality of the city is poorly managed. Thinking about those issues we decided to pursue a project which would cause a solid impact in society, bringing the idea of IoT, energy efficiency, and sensor network to build a light-pole which would reduce the cost of lighting and improve the air quality measurement.

**Dados**

Data e Hora	Latitude	Longitude	Temperatura (C)	Umidade (%)	Chuva (%)	Gas MQ4 (ppm)	Gas MQ7 (ppm)
2018/05/20 11:28	-15.758846	-47.885543	25	60	17.77	3.39	0.98
2018/05/20 11:11	-15.758846	-47.885543	25	55	17.77	3.1	0.94
2018/05/20 10:54	-15.758846	-47.885543	25	54	17.87	2.76	0.9
2018/05/20 10:36	-15.758846	-47.885543	25	54	18.06	2.71	0.9
2018/05/20 10:20	-15.758846	-47.885543	24	60	18.06	2.7	0.91

Figura 22 - Tela inicial da aplicação web

Devido às limitações orçamentárias e de tempo foi necessário simular a existência de múltiplos postes espalhados pela cidade, deslocando o sistema até o ponto desejado e ligando-o por um determinado período de tempo. Foram escolhidos 4 locais de captura de dados: Asa Norte, Lago Sul, Cidade do Automóvel (SCIA) e Park Way conforme ilustrado na Figura 23. A localização aproximada é capturada utilizando o sinal GPRS ao invés do GPS, que elevaria consideravelmente o custo do protótipo, e por isso a sua margem de erro é considerável, da grandeza de 1 km, aproximadamente, calculado empiricamente.

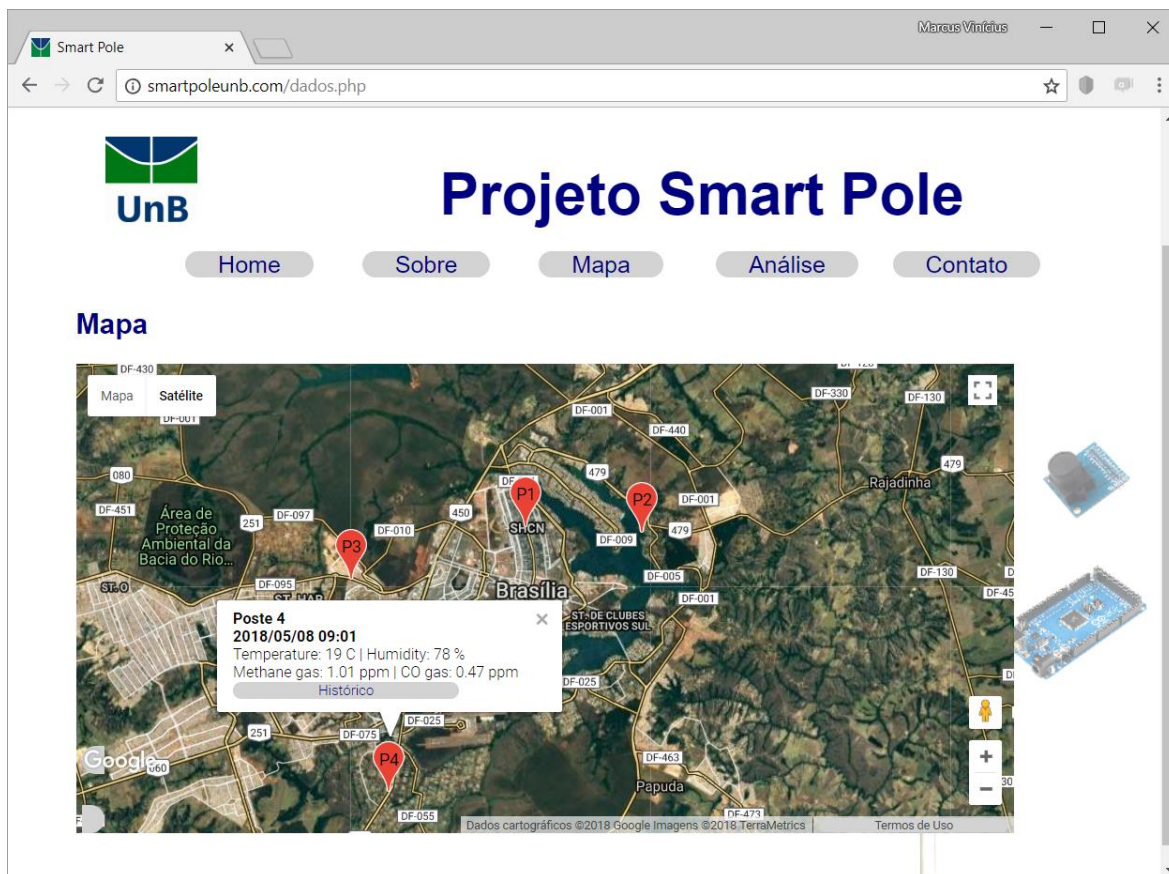


Figura 23 - Tela de localização da aplicação web

Ao clicar nos marcadores do mapa é possível verificar o último dado enviado ao servidor que, na prática, pode ser considerado a informação em tempo real. Além disso, há o botão “Histórico” disponível abaixo dos dados. Esse botão leva o usuário diretamente à página de análise de dados com o poste em questão selecionado para visualização de seus dados no gráfico de análise temporal.

Um ponto chave de sucesso do projeto é a capacidade do sistema de trabalhar os dados obtidos das mais diversas localidades. Para isso foram desenvolvidos dois estilos de gráfico: o gráfico comparativo (Figura 24), onde é possível comparar todos os postes cadastrados de acordo com o valor máximo, mínimo ou médio da variável selecionada; e o gráfico temporal ou evolutivo (Figura 25), onde é possível visualizar a evolução temporal do poste selecionado para determinada variável.



Figura 24 - Tela de análise gráfica (Comparativo)

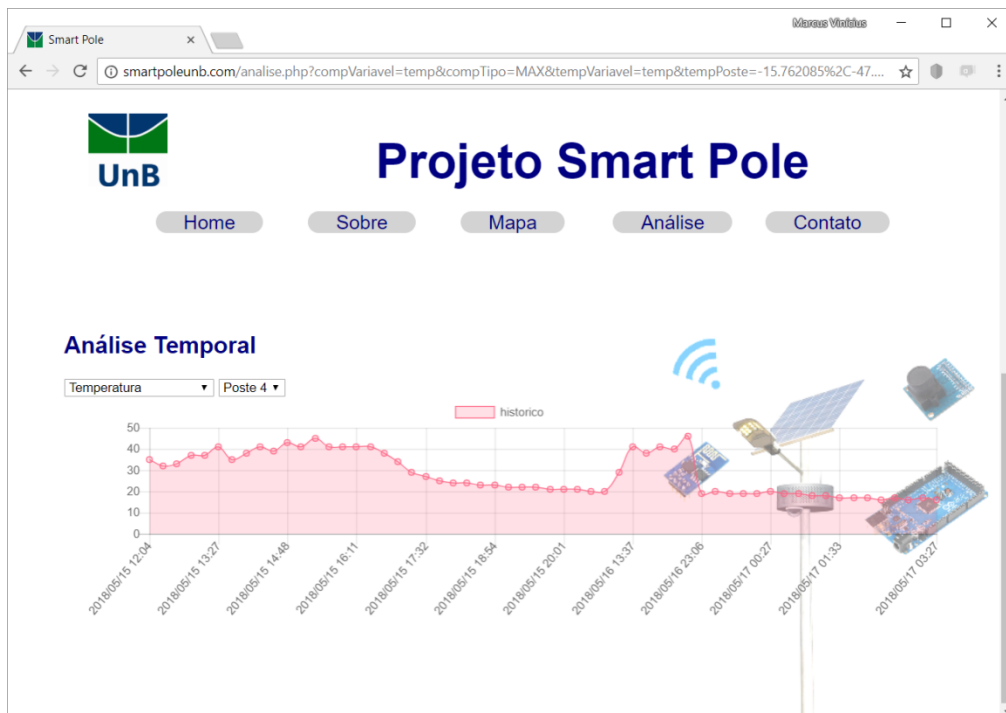


Figura 25 - Tela de análise gráfica (Temporal)

Este trabalho gera diversos custos diferentes, tanto para concebê-lo como o custo operacional de mantê-lo funcionando. O custo para conceber o protótipo, considerando sua última versão, pode ser resumido na Tabela 2, com o total de R\$ 347,98. Já o custo para

manter o sistema web e o servidor é de R\$ 448,99 por ano e pode ser detalhado na Tabela 4.

O custo de operação do poste, no modelo que foi feito, tem seu valor variável de acordo com o número de medições realizadas no dia. O módulo *shield* GPRS apresenta o maior consumo energético dentre os elementos do sistema, gerando também um alto custo de envio de dados a partir de um chip pré-pago da operadora TIM. Cada envio de dados representa um custo de aproximadamente R\$ 0,18, o que ao se manter um intervalo de captura de 15 minutos totalizaria um valor de R\$ 17,28 por dia de funcionamento, ou R\$ 518,40 por mês. Assim, foi realizado um comparativo de custos para diferentes periodicidades de medição detalhados na Tabela 3. Um sistema realizando medições a cada hora gera um custo de R\$ 129,60 por mês por poste ativo. Esse gasto vem da operadora utilizada para realizar a conexão e o tráfego de dados e por isso pode ser otimizado de algumas maneiras. Uma delas é a utilização de um plano com internet ilimitada, ou até mesmo a utilização de chips próprios para comunicação M2M (*Machine-To-Machine*).

Item	Custo
Arduino Mega 2560	R\$ 63,90
Shield GPRS SIM900	R\$ 155,90
Sensor DHT11	R\$ 12,90
Sensor de Chuva	R\$ 12,90
Placa sensor LDR	R\$ 9,90
Sensor de Partículas Suspensas	R\$ 20,54
Sensor de Nível de Ruído	R\$ 10,90
Sensor MQ7	R\$ 16,90
Sensor MQ4	R\$ 16,90
Mini Protoboard	R\$ 6,90
Chip Pré Pago da TIM	R\$ 5,44
Relógio RTC	R\$ 14,90
<b>Total</b>	<b>R\$ 347,98</b>

Tabela 2 - Custo de desenvolvimento do protótipo

Intervalo de Medição (h)	Medições/dia	Custo/dia	Custo/mês
0,25	96	R\$ 17,28	R\$ 518,40
0,5	48	R\$ 8,64	R\$ 259,20
1	24	R\$ 4,32	R\$ 129,60
2	12	R\$ 2,16	R\$ 64,80
4	6	R\$ 1,08	R\$ 32,40
8	3	R\$ 0,54	R\$ 16,20

Tabela 3 - Estimativas de custo operacional de comunicação GSM

Item	Periodicidade	Custo
Servidor VPS	Mensal	R\$ 35,00
Domínio	Anual	R\$ 28,99
<b>Total</b>	<b>Anual</b>	<b>R\$ 448,99</b>

*Tabela 4 - Custo de manutenção do servidor*

Finalmente, o principal objetivo de desenvolver uma plataforma de monitoramento remoto de microambientes foi alcançado. Ressaltamos que assim como os dados e os sensores que foram escolhidos, qualquer outro sensor pode ser adicionado ou removido do sistema, tornando-o flexível e versátil para utilização em diversas aplicações.



## 5. CONCLUSÃO

A subutilização de infraestruturas de iluminação pública proporcionou ao trabalho o objetivo de desenvolver um sistema de monitoramento de microambientes para se integrar às infraestruturas existentes. Durante o desenvolvimento do projeto, o primeiro limitador encontrado foi o fator orçamentário visto que o projeto foi integralmente financiado pelos próprios alunos e pelo professor orientador. O projeto demonstra a necessidade da interdisciplinaridade no tocante ao desenvolvimento de sistemas, sendo necessário conhecimentos das áreas de eletrônica, referente ao sensoriamento e controle, de redes de comunicação, referente a transmissão e recepção de dados em sistemas web, e de sistemas de potência para realizar o projeto da alimentação fotovoltaica a ser implementada futuramente.

Durante a implementação deste trabalho foram gerados alguns aprendizados. Foi identificado, por exemplo, a necessidade da contratação de um servidor dedicado ou Virtual Private Server (VPS), pois servidores compartilhados convencionais possuem em sua implementação medidas de segurança para evitar conexões sem fio de entidades suspeitas. O microcontrolador utilizado, provavelmente por enviar os dados de maneira simples, teve sua conexão bloqueada pelos três servidores coletivos gratuitos testados. Em uma implementação real, o número de postes integrantes do sistema já tornaria atrativa a implementação de um servidor próprio para o sistema.

### 5.1 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

De acordo com o exposto ao longo do trabalho, houve algumas limitações e barreiras ao desenvolvimento do projeto como barreiras financeiras, técnicas e de cronograma. Ainda assim, é importante ressaltarmos como o projeto pode ser levado adiante e quais principais pontos podem ser desenvolvidos e melhorados.

Um ponto importante de ser tratado mais adiante nesse projeto é a otimização do consumo energético do sistema, para possibilitar e facilitar a sua alimentação usando fontes renováveis de energia, como a geração fotovoltaica por exemplo. O primeiro passo nessa atividade é implementar o modo *sleep* no módulo GPRS, sendo ele o responsável pela maior parte do consumo do sistema.

Com o consumo otimizado, deverá ser realizado então o dimensionamento do sistema de alimentação fotovoltaico para suprir a energia necessária ao poste, inclusive à sua lâmpada LED. O futuro das Cidades Inteligentes será impreterivelmente renovável, e nosso projeto tem a necessidade de seguir essa tendência para compor peça útil no futuro urbano.

Considerando o contexto de Cidades Inteligentes é indispensável pensar que um insumo básico para essa realidade é uma conectividade abundante e em massa. Para facilitar o processo de dispersão do sinal e maximizar a cobertura de transmissão de dados sem fio é possível integrar ao poste inteligente repetidores de sinal, formando uma rede ponto a ponto de transmissão de dados. Além disso, como citado anteriormente, existem melhores maneiras de se utilizar a tecnologia GPRS do que com um chip pré-pago. Hoje operadoras já trabalham até mesmo com chips especializados para comunicação M2M (*Machine-To-Machine*) onde os custos são menores sem comprometer o desempenho do sistema.

É importante ressaltar que ambientes diferentes muitas vezes requerem sensores e dados diferentes, que melhor se adequem àquele contexto e, por isso, o trabalho desenvolvido se trata essencialmente de uma plataforma robusta e flexível, sendo possível adicionar os mais diversos sensores e até mesmo atuadores para complementar o sistema e agregar funcionalidades e configurações diferentes.

Existem também melhorias a serem implementadas na outra ponta do sistema: o tratamento dos dados. Foram criados gráficos e interfaces iniciais mas quando se fala em tratamento e visualização de dados existem inúmeras possibilidades e flexibilizações diferentes. A proposta de primeiro incremento do sistema seria a possibilidade de adicionar os dados de outros postes no gráfico temporal, adicionar a possibilidade de filtrar intervalos de tempo específicos e obter valores máximos, mínimos e médios dos mesmos, e finalmente poder filtrar postes específicos no gráfico comparativo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aver A. *A relação Iluminação Pública e Criminalidade*. Pós-graduação em Iluminação e Design de Interiores. Instituto de Pós-graduação – IPOG. Consultado em 20 fev. 2018.
2. BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. Artigo. Internet das coisas: estimando impactos na economia. Disponível em: <[www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/internet-coisas-iot](http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/internet-coisas-iot)> Acesso em 24 abr. 2018.
3. BUSINESS INSIDER. Here's how the Internet of Things will explode by 2020. 31 ago. 2016.
4. CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL. Almanaque Energia. Rio de Janeiro: 2016.
5. CISCO. Cisco Kinetic for Cities Lighting Disponível em: <[www.cisco.com/c/en/us/solutions/industries/smart-connected-communities/city-lighting.html](http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/industries/smart-connected-communities/city-lighting.html)>. Acesso em 12 dez. 2016.
6. DOLL. Lighting the future of Smart Cities. Dinamarca: 2014.
7. EATON. The Lighting reSource. 2015. Disponível em: <[www.thelightingresource.eaton.com/features/2015/a-brief-history-of-street-lighting](http://www.thelightingresource.eaton.com/features/2015/a-brief-history-of-street-lighting)> Acesso em 12 dez. 2016.
8. ECLIPSE. Learn about the arduino aclipse plugin named Sloeber. Disponível em: <[www.eclipse.baeyens.it/learn.shtml](http://www.eclipse.baeyens.it/learn.shtml)>. Acesso em 08 fev 2018.
9. EVANS DAVE. Cisco. A Internet das Coisas: como a próxima evolução da Internet está mudando tudo. Abril 2011.
10. GE. GE Lighting instala mais uma cidade inteligente. Disponível em: <[www.gereportsbrasil.com.br/post/116634467850/ge-lighting-instala-mais-uma-cidade-inteligente](http://www.gereportsbrasil.com.br/post/116634467850/ge-lighting-instala-mais-uma-cidade-inteligente)>. Acesso em 15 dez. 2016.
11. Gianelli B F, Silveira M C F, Thaumaturgo L R Y, Astorga O A M, Filho M B M. *O Emprego de Tecnologia LED na Iluminação Pública – Seus Impactos na Qualidade de Energia e no Meio Ambiente*. 2009. Universidade Estadual de São Paulo. Consultado

em 2016.

12. GIL PRESS. A Very Short History Of Big Data. Forbes. 09 mai. 2013.
13. GOMES, Tiago A F. *Plano diretor da iluminação pública do Município de Matosinhos*. 2012. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Consultado em 2016.
14. Hilbert M, López P. *The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information*. Science 10 fev. 2011. Consultado em 12 dez 2016.
15. HISTORY OF STREET LIGHTING. History of Lighting. Disponível em: <[www.historyoflighting.net/electric-lighting-history/history-of-street-lighting/](http://www.historyoflighting.net/electric-lighting-history/history-of-street-lighting/)>. Acesso em 08 dez. 2016.
16. IBM. Big Data & Analytics Hub – The Four V's of Big Data. Disponível em: <[www.ibmbigdatahub.com/infographic/four-vs-big-data](http://www.ibmbigdatahub.com/infographic/four-vs-big-data)>. Acesso em 18 mai. 2018.
17. ILONA TZUDNOWSKI. Continental makes Street Lights Smart. Continental Press Release. 06 out. 2015.
18. Introdução à Arquitetura TCP/IP da Internet. Disponível em: <[www.gta.ufrj.br/grad/03\\_1/ip-security/paginas/introducao.html](http://www.gta.ufrj.br/grad/03_1/ip-security/paginas/introducao.html)> Acesso em 02 jun 2018.
19. JAMES MANYIKA, MICHAEL CHUI, PETER BISSON, JONATHAN WOETZEL, RICHARD DOBBS, JACQUES BUGHIN, DAN AHARON. McKinsey Global Institute. Report: Unlocking the potential of the Internet of Things. Junho 2015.
20. KNOOW Enciclopédia Temática. AT Command Set. Disponível em: <[www.knoow.net/ciencinformtelec/informatica/at-command-set/](http://www.knoow.net/ciencinformtelec/informatica/at-command-set/)>. Acesso em 10 jun 2018.
21. Kohn K, Moraes C H. *O impacto das novas tecnologias na sociedade: conceitos e características da Sociedade da Informação e da Sociedade Digital*. Universidade Federal de Santa Maria. 2007. Consultado em 8 mar. 2018.
22. LAMM, Willis. *Traffic Signal and Street Light Information Sheets - Early Street Light Systems*. 2014. Disponível em

- <[www.kbrhorse.net/streetlights/streetlight\\_history01.html](http://www.kbrhorse.net/streetlights/streetlight_history01.html)>. Acesso em 10 dez. 2016.
23. PROCEL. Resultados 2017 – Ano base 2016. Disponível em: <[www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)>. Acesso em 02 mai 2018.
  24. REDAÇÃO O FUTURO DAS COISAS. Uma iluminação pública inteligente e que gera receita para a cidade. 05 dez. 2015.
  25. ResearchGate. Curva característica do LDR. Disponível em <[www.researchgate.net/figure/Figura-4-Curva-caracteristica-do-LDR-Fonte-acervo-dos-autores\\_fig4\\_324992497](http://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Curva-caracteristica-do-LDR-Fonte-acervo-dos-autores_fig4_324992497)>. Acesso em 10 jun 2018.
  26. Santos B P, Silva L A M, Celes C S F S, Neto J B B, Peres B S, Vieira M A M, Vieira L F M, Goussevskaia O N, Loureiro A A F. *Internet das Coisas: da Teoria à Prática*. Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais. Consultado em 8 mar 2018.
  27. Tessarolo P H, Magalhães W B. *A ERA DO BIG DATA NO CONTEÚDO DIGITAL: OS DADOS ESTRUTURADOS E NÃO ESTRUTURADOS*. Universidade Paranaense. 2015. Consultado em 13 mai. 2018.
  28. UNESCO. UNESCO: acesso à informação é vital para construção de sociedades mais inclusivas. 26 set. 2017.
  29. WILLIAM MURDOCH. Grace's Guide to British Industrial History . Disponível em <[www.gracesguide.co.uk/William\\_Murdoch](http://www.gracesguide.co.uk/William_Murdoch)>. Acesso em 08 dez. 2016.
  30. WIKIPÉDIA. General Packet Radio Service. Disponível em <[pt.wikipedia.org/wiki/General\\_Packet\\_Radio\\_Service](http://pt.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service)>. Acesso em 10 jun 2018.
  31. WIKIPÉDIA. Object-oriented programming. Disponível em: <[en.wikipedia.org/wiki/Object-oriented\\_programming](http://en.wikipedia.org/wiki/Object-oriented_programming)>. Acesso em 10 jun 2018.

## APÊNDICE A - CÓDIGOS

### 1. CÓDIGO PRINCIPAL DO MICROCONTROLADOR (MAIN)

#### 1.1 TCC\_Smart\_pole.H

```
// Only modify this file to include
// - function definitions (prototypes)
// - include files
// - extern variable definitions
// In the appropriate section

#ifndef _TCC_Smart_Pole_H_
#define _TCC_Smart_Pole_H_
#include "Arduino.h"
#include "PoleI2C.h"
#include "SmartPole.h"
#include "DS1307.h"
#include "DHT.h"
#include <string.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#endif _TCC_Smart_Pole_H_
```

#### 1.2 TCC\_SMART\_POLE.CPP

```
#include "TCC_Smart_Pole.h"

// Pinagem
#define RTC 52
#define CHUVA A11 //Pino sensor de chuva
#define MQ7 A9
#define MQ4 A8
#define LUZ A10
#define DHT_pin 31
#define NOISE A12
#define PARTICLE_VCC 4
#define PARTICLE 3
#define PARTICLE_GND 2

#define DEBUG_ON

#include "inetGSM.h"

//GPRS
InetGSM inet;

boolean started = false;
char smsbuffer[160];
char n[20];

byte valor;

//Criação de Objetos Globais
// CRIA OBJETO POSTE
SmartPole meuPoste;

//Modulo RTC DS1307 ligado as portas 24(SDA) e 22(SCL) do Arduino
DS1307 rtc(50, 48);
```

```

//Sensor de temperatura e humidade DHT11
DHT poste_dht(DHT_pin,"DHT11");

//Timer tick de 1 millisegundo
volatile uint16_t msTick = 0;
volatile uint16_t minTick = 0;

//Setup functions
void setup_RTC(){
    pinMode(RTC,OUTPUT);
    digitalWrite(RTC,HIGH);        // RTC Vcc
    // Inicializa RTC
    rtc.halt(false); //Aciona o relógio
    //As linhas abaixo setam a data e hora do módulo
    //e podem ser comentada após a primeira utilização
    //rtc.setDOW(TUESDAY);        //Define o dia da semana
    //rtc.setTime(13, 16, 0);      //Define o horário
    //rtc.setDate(13, 12, 2016);   //Define o dia, mes e ano
}

void setup_DHT(){
    //DHT inicialização
    poste_dht.begin();
}

void setup_MQ(){
    // Sensores de gas
    pinMode(MQ7,INPUT);
    pinMode(MQ4,INPUT);
}

void setup_chuva(){
    pinMode(CHUVA,INPUT);
}

void setup_LDR(){
    pinMode(LUZ,INPUT);
}

void setup_noise(){
    pinMode(NOISE,INPUT);
}

void setup_particle(){
    pinMode(PARTICLE,INPUT);
    pinMode(PARTICLE_VCC,OUTPUT);
    pinMode(PARTICLE_GND,OUTPUT);
    digitalWrite(PARTICLE_VCC, HIGH);
    digitalWrite(PARTICLE_VCC, LOW);
}

void setup_timer_1s(){
    //sei(); // Enable interrupts globais
    //Setup Timer2 to fire every 1ms
    TCCR2B = 0x00;        //Disbale Timer2 while we set it up
    TCNT2 = 130;         //Reset Timer Count to 130 out of 255
    TIFR2 = 0x00;        //Timer2 INT Flag Reg: Clear Timer Overflow Flag
    TIMSK2 = 0x01;        //Timer2 INT Reg: Timer2 Overflow Interrupt Enable
    TCCR2A = 0x00;        //Timer2 Control Reg A: Wave Gen Mode normal
    TCCR2B = 0x05;        //Timer2 Control Reg B: Timer Prescaler set to 128
}

float read_particle(int DUST_SENSOR_DIGITAL_PIN)
{
    unsigned long duration;
    unsigned long starttime;
}

```

```

unsigned long endtime;
unsigned long sampletime_ms = 30000;
unsigned long lowpulseoccupancy = 0;
float ratio = 0;

starttime = millis();

while (1) {
    duration = pulseIn(DUST_SENSOR_DIGITAL_PIN, LOW);
    lowpulseoccupancy += duration/1000.0; //ms
    endtime = millis();

    if ((endtime-starttime) > sampletime_ms) {
        ratio = (100.0*lowpulseoccupancy)/((endtime-starttime)); // Integer
percentage 0=>100
        //ratio = (100*lowpulseoccupancy)/sampletime_ms;
        Serial.println(ratio);
        float concentration = 1.1*pow(ratio,3)-3.8*pow(ratio,2)+520*ratio+0.62; //
using spec sheet curve
        return(concentration);
    }
}

String get_coord(){
    char coord[64];

    gsm.SendATCmdWaitResp("AT+SAPBR=3,1,'CONTYPE','GPRS'", 5000, 10, "", 3);
    //gsm.SendATCmdWaitResp("AT+SAPBR=3,1,'APN','CMNET'", 5000, 10, resp, 3);
    //memset(&resp[0], 0, sizeof(resp));
    gsm.SendATCmdWaitResp("AT+SAPBR=1,1", 5000, 10, "", 3);
    gsm.SendATCmdWaitResp("AT+SAPBR=2,1", 5000, 10, "", 3);
    gsm.SendATCmdWaitResp_GPS("AT+CIPGSMLOC=1,1", 5000, 10, coord, 3);
    gsm.SendATCmdWaitResp("AT+SAPBR=0,1", 5000, 10, "", 3);

    //Separate lat and long
    int n = 0;
    char lat[16]="";
    char lon[16]="";

    for(int i = 0; i<64; i++){

        if(coord[i]==' '){
            n++;
            if(n==1){
                for(int j = 1; coord[i+j]!=' '; j++){
                    lon[j-1] = coord[i+j];
                }
            }
            else if(n==2){
                for(int j = 1; coord[i+j]!=' '; j++){
                    lat[j-1] = coord[i+j];
                }
                break;
            }
        }
    }

    Serial.println(lat);
    Serial.println(lon);
    strcpy(meuParam.lat, lat);
    strcpy(meuParam.lon, lon);
    //meuParam.lat = lat;
    //meuParam.lon = lon;

    Serial.println(meuParam.lat);

```



```

        Serial.println(meuParam.lon);

        return coord;
    }

void read_sensors(){
    // Leitura dos sensores de gas
    meuPoste.gasMQ4 = (((10000.0-300)/1024.0)*analogRead(MQ4))+300/1000.00; //10 bit adc from
300 to 10000 ppb
    meuPoste.gasMQ7 = (((2000.0-20)/1024.0)*analogRead(MQ7))+20/1000.00; //10 bit adc from 10
to 2000 ppb
    // Leitura do DHT11
    meuPoste.temp = poste_dht.readTemperature();
    meuPoste.umid = poste_dht.readHumidity();
    // Leitura LDR
    meuPoste.light = (100.0/1024.0)*analogRead(LUZ); //intensidade da luz em percentual
    // Leitura Chuva
    meuPoste.rain = (100.0/1024.0)*(1023-analogRead(CHUVA)); //intensidade de chuva em
percentual
    // Leitura Poluicao Sonora
    meuPoste.noise = analogRead(NOISE);
    // Leitura Poluicao Particulas Suspensas (mg/m3)
    meuPoste.particles = read_particle(PARTICLE);
    if(strlen(meuParam.lat)==0) get_coord();
}

void print_sensors(){
    Serial.println("==== Dados dos Sensores =====");
    Serial.print("Hora : ");
    Serial.print(rtc.getTimeStr());
    Serial.print(" ");
    Serial.print("Data : ");
    Serial.print(rtc.getDateStr(FORMAT_SHORT));
    Serial.print(" ");
    Serial.println(rtc.getDOWStr(FORMAT_SHORT));
    Serial.print("Latitude: ");
    Serial.print(meuParam.lat);
    Serial.print(" | Longitude: ");
    Serial.println(meuParam.lon);
    Serial.print("Gas MQ4: ");
    Serial.println(meuParam.gasMQ4);
    Serial.print("Gas MQ7: ");
    Serial.println(meuParam.gasMQ7);
    Serial.print("Temperatura: ");
    Serial.println(meuParam.temp);
    Serial.print("Umidade: ");
    Serial.println(meuParam.umid);
    Serial.print("Incidencia de luz: ");
    Serial.println(meuParam.light);
    Serial.print("Chuva: ");
    Serial.println(meuParam.rain);
    Serial.print("Ruido: ");
    Serial.println(meuParam.noise);
    Serial.print("Qualidade do Ar: ");
    Serial.println(meuParam.particles);
}

String generate_string(){
    char msg2send[256]="";
    // Create data packet
    // "dados,TEMP,UMID,RAIN,MQ4,MQ7,LATITUDE,LONGITUDE\0"
    char temp[10];

    memset(&temp[0], 0, sizeof(temp));
    sprintf(temp,"%d",meuParam.temp);

```

```

    strcat(msg2send,"TEMPERATURA=");
    strcat(msg2send,temp);
    strcat(msg2send,"&");

    memset(&temp[0], 0, sizeof(temp));
    sprintf(temp,"%d",meuPoste.umid);
    strcat(msg2send,"UMIDADE=");
    strcat(msg2send,temp);
    strcat(msg2send,"&");

    memset(&temp[0], 0, sizeof(temp));
    sprintf(temp,"%d.%02d", (int)meuPoste.rain, (int)(meuPoste.rain*100) -
((int)meuPoste.rain)*100);
    strcat(msg2send,"CHUVA=");
    strcat(msg2send,temp);
    strcat(msg2send,"&");

    memset(&temp[0], 0, sizeof(temp));
    sprintf(temp,"%d.%02d", (int)meuPoste.light, (int)(meuPoste.light*100) -
((int)meuPoste.light)*100);
    strcat(msg2send,"LUZ=");
    strcat(msg2send,temp);
    strcat(msg2send,"&");

    memset(&temp[0], 0, sizeof(temp));
    sprintf(temp,"%d.%02d", (int)meuPoste.noise, (int)(meuPoste.noise*100) -
((int)meuPoste.noise)*100);
    strcat(msg2send,"RUIDO=");
    strcat(msg2send,temp);
    strcat(msg2send,"&");

    memset(&temp[0], 0, sizeof(temp));
    sprintf(temp,"%d.%02d", (int)meuPoste.particles, (int)(meuPoste.particles*100) -
((int)meuPoste.particles)*100);
    strcat(msg2send,"AR=");
    strcat(msg2send,temp);
    strcat(msg2send,"&");

    memset(&temp[0], 0, sizeof(temp));
    sprintf(temp,"%d.%02d", (int)meuPoste.gasMQ4, (int)(meuPoste.gasMQ4*100) -
((int)meuPoste.gasMQ4)*100);
    strcat(msg2send,"GASMQ4=");
    strcat(msg2send,temp);
    strcat(msg2send,"&");

    memset(&temp[0], 0, sizeof(temp));
    sprintf(temp,"%d.%02d", (int)meuPoste.gasMQ7, (int)(meuPoste.gasMQ7*100) -
((int)meuPoste.gasMQ7)*100);
    strcat(msg2send,"GASMQ7=");
    strcat(msg2send,temp);
    strcat(msg2send,"&");

    strcat(msg2send,"LATITUDE=");
    strcat(msg2send,meuPoste.lat);
    strcat(msg2send,"&");

    strcat(msg2send,"LONGITUDE=");
    strcat(msg2send,meuPoste.lon);

    return msg2send;
}

void SubmitHttpRequest(){
    char msg[50];
    memset(msg,0,sizeof(msg));
    int numdata;

```

```

    if (inet.attachGPRS("timbrasil.br", "tim", "tim"))
        Serial.println(F("status=Conectado..."));
    else Serial.println(F("status=Nao conectado !!"));
    delay(1000);
    String valor = generate_string();
    char temp_string[valor.length()+1];
    valor.toCharArray(temp_string, valor.length()+1);
    Serial.println(temp_string);
    numdata = inet.httpPOST("smartpoleunb.com", 80, "/add.php",temp_string, msg, 50);
    //numdata = inet.httpGET("posteunb.epizy.com", 80, "/add.php?TEMPERATURA=23", msg, 50);
    Serial.println(msg);
    delay(5000);
}

void powerUpOrDown()
{
    //Liga o GSM Shield
    Serial.print(F("Liga GSM..."));
    pinMode(6, OUTPUT);
    digitalWrite(6, LOW);
    delay(1000);
    digitalWrite(6, HIGH);
    delay(1000);
    Serial.println(F("OK!"));
    digitalWrite(6, LOW);
    delay(500);
}

void setup_GPRS(){
    powerUpOrDown();
    Serial.println(F("Testando GSM Shield SIM900"));
    if (gsm.begin(2400))
    {
        Serial.println(F("\nstatus=READY"));
        started = true;
    }
    else Serial.println(F("\nstatus=IDLE"));
}

void setup(void){
    Serial.begin(19200);
    delay(500);

    Serial.println("Setup RTC\n");
    setup_RTC();
    Serial.println("Setup DHT\n");
    setup_DHT();
    Serial.println("Setup MQ\n");
    setup_MQ();
    Serial.println("Setup Motion\n");
    Serial.println("Setup GPRS\n");
    setup_GPRS();// Connect to GPRS
    Serial.println("Setup Timer\n"); //DANDO GALHO
    setup_timer_1s();
    Serial.println("End of setup\n");

    delay(500);
}

// Timer Interrupt
//Timer2 Overflow Interrupt Vector, called every 1ms
ISR(TIMER2_OVF_vect) {
    msTick++; //Increments the interrupt counter
    if(msTick > 59999){
        msTick = 0; //Resets the interrupt counter
    }
}

```

```

    minTick++;          //Increment the minute counter
    Serial.println(minTick);
}
TCNT2 = 130;          //Reset Timer to 130 out of 255
TIFR2 = 0x00;        //Timer2 INT Flag Reg: Clear Timer Overflow Flag
};

void loop(void)
{
    if(minTick>14){
        read_sensors();
        SubmitHttpRequest();
        minTick = 0;
    }

    if (Serial.available())
        switch(Serial.read())
        {
            case 'h':
                Serial.print("HTTP\n");
                SubmitHttpRequest();
                break;
            case 'r':
                Serial.print("Read\n");
                read_sensors();
                print_sensors();
                break;
            case 'l':
                Serial.println(get_coord());
        }
}

```

## 2. OBJETO SMARTPOLE

### 2.1 SmartPole.h

```

/*
 * SmartPole.h
 *
 * Created on: Nov 16, 2016
 * Author: root
 */

#ifndef SMARTPOLE_H_
#define SMARTPOLE_H_
#include <stdint.h>

class SmartPole {
public:
    SmartPole();
    virtual ~SmartPole();
    uint8_t temp, umid;
    char lat[16];
    char lon[16];
    float gasMQ4, gasMQ7,rain, light, noise;
    float particles;
};

#endif /* SMARTPOLE_H_ */

```

## 2.2 SmartPole.cpp

```
/*
 * SmartPole.cpp
 *
 * Created on: Nov 16, 2016
 * Author: root
 */

#include "SmartPole.h"

SmartPole::SmartPole(): gasMQ4(0), gasMQ7(0),rain(0), light(0), noise(0),temp(0), umid(0),
particles(0){

}

SmartPole::~SmartPole() {
    // TODO Auto-generated destructor stub
}
```

## 3. SERVIDOR

### 3.1 connect.php

```
<?php
function Connection(){
    $user="admin_default";
    $pass="posteinteligente";
    $db="admin_default";

    $connection = @mysqli_connect('localhost', $user, $pass, $db);

if (mysqli_connect_errno())
    {
    echo "Failed to connect to MySQL: " . mysqli_connect_error();
    }

    return $connection;
}
?>
```

### 3.2 add.php

```
<?php
include("connect.php");

$link=Connection();

$TEMP=$_POST["TEMPERATURA"];
$UMID=$_POST["UMIDADE"];
$CHUVA=$_POST["CHUVA"];
$MQ4=$_POST["GASMQ4"];
$MQ7=$_POST["GASMQ7"];
$LAT=$_POST["LATITUDE"];
$LON=$_POST["LONGITUDE"];
$LUZ=$_POST["LUZ"];
$RUIDO=$_POST["RUIDO"];
$AR=$_POST["AR"];
date_default_timezone_set('America/Sao_Paulo');
```





```

var name = markerElem.getAttribute('name');
var poleLabel = markerElem.getAttribute('label');
var timeStamp = markerElem.getAttribute('timeStamp');
var temperatura = markerElem.getAttribute('temp');
var umidade = markerElem.getAttribute('umid');
var gasMQ4 = markerElem.getAttribute('gasMQ4');
var gasMQ7 = markerElem.getAttribute('gasMQ7');
var point = new google.maps.LatLng(
    parseFloat(markerElem.getAttribute('lat')),
    parseFloat(markerElem.getAttribute('lng'))
);
var infowincontent = document.createElement('div');

var strong = document.createElement('strong');
strong.textContent = name
infowincontent.appendChild(strong);
infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));

var strong = document.createElement('strong');
strong.textContent = timeStamp
infowincontent.appendChild(strong);
infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));

var text = document.createElement('text');
text.textContent = "Temperature: "+temperatura+" C | Humidity: "+umidade+" %"
infowincontent.appendChild(text);
infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));

var text = document.createElement('text');
text.textContent = "Methane gas: "+gasMQ4+" ppm | CO gas: "+gasMQ7+" ppm"
infowincontent.appendChild(text);

var marker = new google.maps.Marker({
    map: map,
    position: point,
    label: poleLabel
});
marker.addListener('click', function() {
    infoWindow.setContent(infowincontent);
    infoWindow.open(map, marker);
});
});
});

}

function downloadUrl(url, callback) {
    var request = window.ActiveXObject ?
        new ActiveXObject('Microsoft.XMLHTTP') :
        new XMLHttpRequest;

    request.onreadystatechange = function() {
        if (request.readyState == 4) {
            request.onreadystatechange = doNothing;
            callback(request, request.status);
        }
    };

    request.open('GET', url, true);
    request.send(null);
}

function doNothing() {}

</script>
<script async defer

```



```
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIzaSyDg919M42dEk0wRzkr123wT_yEMtTjUzFE&callback=my
Map"></script>
</body>
</html>
```

### 3.5 analise.php

```
<!DOCTYPE html>

<?php

    $compTipo=$_GET['compTipo'];
    $compVariavel=$_GET['compVariavel'];
    $queryComp="SELECT ".$compTipo."(".$compVariavel.") As ".$compVariavel." FROM Dados GROUP BY
    lat,lon";

    $tempVariavel=$_GET['tempVariavel'];
    $tempCoords=explode(',',$GET['tempPoste'],2);
    printf("%s",$tempCoords[0]);
    printf("%s",$tempCoords[1]);
    $queryTemp="SELECT ".$tempVariavel.", timeStamp FROM Dados WHERE lat=".$tempCoords[0]." AND
    lon=".$tempCoords[1]." ORDER BY timeStamp ASC";

    include("connect.php");

    $link=Connection();

    printf("%s",$queryComp);

    $resultComp=mysqli_query($link,$queryComp);

    $compArray = array();
    $i = 0;
    while($row = mysqli_fetch_array($resultComp,MYSQLI_ASSOC)) {
        $tempLabel = "P".(string)$i;
        $compArray[$tempLabel] = $row;
        $i = $i +1;
    }

    $resultTemp=mysqli_query($link,$queryTemp);
    $tempArray = array();
    $j = 0;
    while($row = mysqli_fetch_array($resultTemp,MYSQLI_ASSOC)){
        $tempArray[$j] = $row;
        $j = $j +1;
    }

?>

<html>
<head>
<title>Smart Pole</title>
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="smarpole_stylesheet.css">
</head>
<body>
<header>

<h1 class="titulo">Projeto Smart Pole</h1>
<ul>
<li class="menu_horizantal"><a href="./index.php">Home</a></li>
<li class="menu_horizantal"><a href="./sobre.html">Sobre</a></li>
<li class="menu_horizantal"><a href="./dados.php">Mapa</a></li>
```

```

<li class="menu_horizantal"><a href="./analise.php">Análise</a></li>
<li class="menu_horizantal"><a href="./contato.html">Contato</a></li>
</ul>
</header>
<br><br><br><br>

<h2 style="margin-top: 170px">Análise Comparativa</h2>
<form id="compOpcoes" action="" method="get">
<select id="compVariavel" name="compVariavel" onchange="this.form.submit()">
  <option selected value="temp">Temperatura</option>
  <option value="umid">Umidade</option>
  <option value="rain">Precipitacao</option>
  <option value="gasMQ4">Metano</option>
  <option value="gasMQ7">Monoxido de Carbono</option>
</select>
<select id="compTipo" name="compTipo" onchange="this.form.submit()">
  <option selected value="MAX">Maximo</option>
  <option value="AVG">Medio</option>
  <option value="MIN">Minimo</option>
  <option value="LIVE">Atual</option>
</select>

<canvas id="graficoComp" width="60" height="16"></canvas>

<h2 style="margin-top: 170px">Análise Temporal</h2>
<select id="tempVariavel" name="tempVariavel" onchange="this.form.submit()">
  <option selected value="temp">Temperatura</option>
  <option value="umid">Umidade</option>
  <option value="rain">Precipitacao</option>
  <option value="gasMQ4">Metano</option>
  <option value="gasMQ7">Monoxido de Carbono</option>
</select>
<select id="tempPoste" name="tempPoste" onchange="this.form.submit()">
</select>

<canvas id="graficoTemp" width="60" height="16"></canvas>

</form>

<script type="text/javascript">
  document.getElementById('compVariavel').value = "<?php echo $_GET['compVariavel'];?>";
  document.getElementById('compTipo').value = "<?php echo $_GET['compTipo'];?>";
  document.getElementById('tempVariavel').value = "<?php echo $_GET['tempVariavel'];?>";
</script>

<br><br>

<script src="./node_modules/chart.js/dist/Chart.js"></script>
<script>

function downloadUrl(url,callback) {
  var request = window.ActiveXObject ?
    new ActiveXObject('Microsoft.XMLHTTP') :
    new XMLHttpRequest;

  request.onreadystatechange = function() {
    if (request.readyState == 4) {
      request.onreadystatechange = doNothing;
      callback(request, request.status);
    }
  };

  request.open('GET', url, true);
  request.send(null);
}

```

```

}

function doNothing() {}

window.onload = function() {
    var ctx = document.getElementById("graficoComp");
    window.myCompChart = new Chart(ctx, {
        type: 'bar',
        data: grafData,
        options: {
            scales: {
                yAxes: [{
                    ticks: {
                        beginAtZero:true
                    }
                }]
            }
        }
    });

    var ctxTemp = document.getElementById("graficoTemp");
    window.myTempChart = new Chart(ctxTemp, {
        type: 'line',
        data: grafDataTime,
        options: {
            scales: {
                yAxes: [{
                    ticks: {
                        beginAtZero:true
                    }
                }]
            }
        }
    });
};

var compData = <?php echo json_encode($compArray,JSON_PRETTY_PRINT) ?>;
console.log(compData);

var values = [];
var x_label = [];
var j = 0;
for (i in compData) {
    x_label[j]="Poste "+(j+1);
    for(k in compData[i]) values[j]=Number(compData[i][k]);
    j++;
}

console.log(x_label);
console.log(values);

var grafData = {
    labels: x_label,
    datasets: [{
        label: document.getElementById('compVariavel').value+"
"+document.getElementById('compTipo').value,
        data: values,
        backgroundColor: [
            'rgba(255, 99, 132, 0.2)',
            'rgba(54, 162, 235, 0.2)',
            'rgba(255, 206, 86, 0.2)',
            'rgba(75, 192, 192, 0.2)',
            'rgba(153, 102, 255, 0.2)',
            'rgba(255, 159, 64, 0.2)'
        ],
        borderColor: [

```

```

        'rgba(255,99,132,1)',
        'rgba(54, 162, 235, 1)',
        'rgba(255, 206, 86, 1)',
        'rgba(75, 192, 192, 1)',
        'rgba(153, 102, 255, 1)',
        'rgba(255, 159, 64, 1)'
    ],
    borderWidth: 1
}]
}

var lats = [];
var longs = [];
var names = [];
var opcoesPostes=" ";

downloadUrl('http://smarpoleunb.com/createXML.php', function(data) {
    var xml = data.responseXML;
    var markers = xml.documentElement.getElementsByTagName('marker');
    var i = 0;

    Array.prototype.forEach.call(markers, function(markerElem) {
        names[i] = markerElem.getAttribute('name');
        lats[i] = markerElem.getAttribute('lat');
        longs[i] = markerElem.getAttribute('lng');
        opcoesPostes = opcoesPostes + "<option
value="+markerElem.getAttribute('lat')+"," +markerElem.getAttribute('lng')+ ">"+markerElem.getAttribut
e('name')+"</option>";

        i++;
    });

    document.getElementById("tempPoste").innerHTML = opcoesPostes;
    document.getElementById('tempPoste').value = "<?php echo $_GET['tempPoste'];?>";
    window.myCompChart.update();
    window.myTempChart.update();
});

var tempData = <?php echo json_encode($tempArray,JSON_PRETTY_PRINT) ?>;
console.log(tempData);

var valuesTime = [];
var timeLabel = [];
var j = 0;
for (dadoHistorico in tempData) {
    timeLabel[j]=tempData[dadoHistorico].timeStamp;
    for(k in tempData[dadoHistorico]) {
        valuesTime[j]=Number(tempData[dadoHistorico][k]);
        break;
    }
    j++;
}
console.log(valuesTime);
console.log(timeLabel);

var grafDataTime = {
    labels: timeLabel,
    datasets: [{
        label: "historico",
        data: valuesTime,
        backgroundColor: [
            'rgba(255, 99, 132, 0.2)',
            'rgba(54, 162, 235, 0.2)',
            'rgba(255, 206, 86, 0.2)',
            'rgba(75, 192, 192, 0.2)',

```

```

        'rgba(153, 102, 255, 0.2)',
        'rgba(255, 159, 64, 0.2)'
    ],
    borderColor: [
        'rgba(255,99,132,1)',
        'rgba(54, 162, 235, 1)',
        'rgba(255, 206, 86, 1)',
        'rgba(75, 192, 192, 1)',
        'rgba(153, 102, 255, 1)',
        'rgba(255, 159, 64, 1)'
    ],
    borderWidth: 1
    }]
}
</script>

</body>
</html>

```

### 3.6 createXML.php

```

<?php
include("connect.php");

// Start XML file, create parent node
$dom = new DOMDocument("1.0");
$node = $dom->createElement("markers");
$parnode = $dom->appendChild($node);

$link=Connection();

// Select all the rows with unique coords in the markers table
$result=mysqli_query($link,"SELECT lat, lon, MAX(timestamp) As timeStamp FROM Dados GROUP BY
lat,lon");
if (!$result) {
    die('Invalid query: ' . mysqli_error());
}

header("Content-type: text/xml");

// Select unique poles and last timestamp
$arrayLat = array("");
$arrayLon = array("");
$arrayTime = array("");
while ($pole = mysqli_fetch_array($result,MYSQLI_ASSOC)){
    array_push($arrayLat, (string)$pole['lat']);
    array_push($arrayLon, (string)$pole['lon']);
    array_push($arrayTime, (string)$pole['timeStamp']);
}

// Iterate through the rows, adding XML nodes for each
for ($i=1; $i < count($arrayLat); $i++) {
    // Select all data for each row
    $lastData=mysqli_query($link,"SELECT * FROM Dados WHERE lat = ".$arrayLat[$i]." AND lon =
".$arrayLon[$i]." AND timeStamp = ".$arrayTime[$i]."");
    if (!$lastData) {
        die('Invalid query: ' . mysqli_error());
    }

    mysqli_data_seek($lastData, 0);
    while($row = mysqli_fetch_array($lastData,MYSQLI_ASSOC)){

```

```

// Add to XML document node
$node = $dom->createElement("marker");
$newnode = $parnode->appendChild($node);

$name = "Poste ".(string)$i;
$label = "P".(string)$i;

$newnode->setAttribute("name", $name);
$newnode->setAttribute("label", $label);
$newnode->setAttribute("timeStamp", $row['timeStamp']);
$newnode->setAttribute("lat", $row['lat']);
$newnode->setAttribute("lng", $row['lon']);
$newnode->setAttribute("temp", $row['temp']);
$newnode->setAttribute("umid", $row['umid']);
$newnode->setAttribute("gasMQ4", $row['gasMQ4']);
$newnode->setAttribute("gasMQ7", $row['gasMQ7']);
$newnode->setAttribute("rain", $row['rain']);

}
}

echo $dom->saveXML();

?>

```

### 3.7 contato.html

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<title>Smart Pole</title>
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="smartpole_stylesheet.css">
</head>
<body>
<header>

<h1 class="titulo">Projeto Smart Pole</h1>
<ul>
<li class="menu_horizontal"><a href="./index.php">Home</a></li>
<li class="menu_horizontal"><a href="./sobre.html">Sobre</a></li>
<li class="menu_horizontal"><a href="./dados.php">Mapa</a></li>
<li class="menu_horizontal"><a href="./analise.php">Análise</a></li>
<li class="menu_horizontal"><a href="./contato.html">Contato</a></li>
</ul>
</header>
<br><br><br><br>
<h2 style="margin-top: 170px">Contato</h2>
<h3>Marcus Vinicius Maia</h3>
<h4><i>marcus.maia.leite@gmail.com</i></h4>
<br>
<h3>Juliana Martinelli</h3>
<h4><i>martinelli.ju92@gmail.com</i></h4>
</p>
</body>
</html>

```

### 3.8 sobre.html

```

<!DOCTYPE html>

```

```

<html>
<head>
<title>Smart Pole</title>
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="smartpole_stylesheet.css">
</head>
<body>
<header>

<h1 class="titulo">Projeto Smart Pole</h1>
<ul>
<li class="menu_horizontal"><a href="./index.php">Home</a></li>
<li class="menu_horizontal"><a href="./sobre.html">Sobre</a></li>
<li class="menu_horizontal"><a href="./dados.php">Mapa</a></li>
<li class="menu_horizontal"><a href="./analise.php">Análise</a></li>
<li class="menu_horizontal"><a href="./contato.html">Contato</a></li>
</ul>
</header>
<br><br><br><br>
<h2 style="margin-top: 170px">Sobre nos</h2>
</body>
</html>

```

### 3.9 smartpole\_stylesheet.css

```

body {
    background: url("pole.png") no-repeat fixed right bottom;
    font-family: Arial;
    padding: 50px;
}
header {
    position: fixed;
    top:0;
    background-color: white;
    font-family: Arial;
    width:100%;
    z-index: 2;
    padding: 25px;
}
#unb_logo {
    width: 8%;
    height: 16%;
}
.titulo{
    color: navy;
    display: inline-block;
    text-align: center;
    font-family: Arial;
    font-weight: bold;
    font-size: 50px;
    margin: 20px 0px 0px 20%;
    position: absolute;
}
ul {
margin-bottom: 8px;
}
.menu_horizontal{
    list-style: none;
    text-align: center;
    float: left;
    margin: 5px 3% 0% 3%;
    width: 10%;
}
a:link,a:hover,a:visited,a:active {

```

```
text-decoration: none;
font-size: 20px;
color: navy;
background-color: lightgrey;
padding-right: 30%;
padding-left: 30%;
border-radius: 30px;
}
a:hover,a:active {
background-color: navy;
color: white;
}
h2 {
color: navy;
}
p {
text-align: justify;
text-indent: 50px;
width: 75%;
}
```