



Estimativa da Pegada Hídrica através de plataforma IoT no Campus da UNICAMP

Palavras-Chave: Pegada Hídrica, IoT, campus sustentável

Autores/as:

Aluno: André de Souza Justo - a230409@dac.unicamp.br

Orientadora: Profa. Dra. Bárbara Teruel Medeiros barbarat@unicamp.br

Co-orientador: Prof. Dr. Hildo Guillard Junior - h.guillardi@unesp.br

Introdução

Estima-se que cada brasileiro consome anualmente cerca de 2027 m³ de água, porém este valor não necessariamente inclui aqueles relacionados com todos os componentes da pegada hídrica (GIACOMIN & OHNUMA, 2012). O conceito da pegada hídrica foi introduzido em 2002, como um indicador de consumo de água para a humanidade, fornecendo aos gestores um indicador confiável e mensurável para tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos (HOEKSTRA, 2007; HOEKSTRA et al, 2008; HOEKSTRA et al, 2016).

A Unicamp tem implementado diversas iniciativas para se tornar uma cidade-modelo de desenvolvimento sustentável através dos projetos: Campus Sustentável (<http://www.campus-sustentavel.unicamp.br/>), e Smart Campus (<https://smartcampus.prefeitura.unicamp.br/>). Esses projetos visam melhorar a infraestrutura do campus e aprimorar o ensino e a pesquisa por meio do desenvolvimento de novas tecnologias, transformando a Unicamp no maior Laboratório Vivo de Sustentabilidade Energética da América Latina. Também há o trabalho que vem sendo desenvolvido pela Câmara de Eficiência Energética do campus, no marco do qual foi desenvolvida uma ferramenta de acesso aos dados de Patrimônio e Cadastro de Sistemas e Equipamentos Consumidores de Energia Elétrica na UNICAMP (<https://hildogjr.gitlab.io/unicamp-inventory/>). Estas iniciativas e projetos fazem parte do Plano Diretor da UNICAMP, Campus que incorpora os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Na esfera hídrica, medidas estão sendo tomadas para melhorar a gestão de recursos hídricos, incluindo a substituição de medidores de água e a independência das instalações hidráulicas, permitindo que cada unidade/setor possa monitorar seu próprio consumo de água. A Unicamp também está planejando a instalação de medidores inteligentes de consumo de água que serão integrados à uma plataforma web de supervisão e monitoramento em tempo real que se encontra em desenvolvimento desde o projeto PIBIC anterior e este projeto propõe integrar à plataforma de Estimativa da Pega Hídrica no campus.

O projeto aqui relatado é orientado pela professora Bárbara Teruel e faz parte dos esforços tanto do Campus Sustentável Unicamp como do Grupo de Trabalho da Câmara de Eficiência Energética da UNICAMP. O Dr. Hildo Guillard, especialista em Inteligência Artificial e IoT, co-orienta o projeto e auxilia no desenvolvimento da plataforma digital. O projeto também conta com a colaboração do Prof. Luiz Carlos da Silva, coordenador do Projeto Campus Sustentável.

O projeto aprovado na chamada teve como objetivos dar continuidade ao trabalho iniciado em 2021, com a integração dos dados das medições de consumo de água em algumas unidades do campus de Barão Geraldo e desenvolver o software com Interface Homem-Máquina Amigável, para acesso aos dados e estimativas da Pegada Hídrica UNICAMP.

Metodologia

O escopo desta pesquisa trata-se do desenvolvimento da camada 4 e 5 da plataforma web de monitoramento conforme mostrada na arquitetura lógica, cujo objetivo é a integração dos hidrômetros inteligentes à plataforma para coleta de dados de consumo em tempo real (Figura 1).

- **Camada 4 - Gerenciamento de Dispositivo:** Ela atua como gerenciador de tarefas de solicitações enviadas para outra camada de *integração de dispositivos*. A camada de integração de dispositivos, em seguida, apenas confirma que a mudança de status (ou seja, a ação) está em conformidade com o atuador e, em seguida, traduz a alteração de status para o atuador. Cada modificação no registro de um dispositivo, bem como os dados de métricas recebidos precisam ser comunicados da *camada de integração de dispositivo* para a *camada de gerenciamento de dispositivo*, de modo que a informação (metadata) possa ser atualizada e armazenada em um banco de dados gerenciada pela camada 3 de gerenciamento de dados.
- **Camada 5 - Integração de Dispositivo:** Responsável pela interpretação da solicitação recebida pela camada anterior para efetuar comunicação aos dispositivos IoT. Esta camada pode ser vista como um tradutor de linguagem dos protocolos de comunicação pois, a entrada e saída dos sensores e tags dependem do protocolo implementado pelo fabricante dos dispositivos IoT.

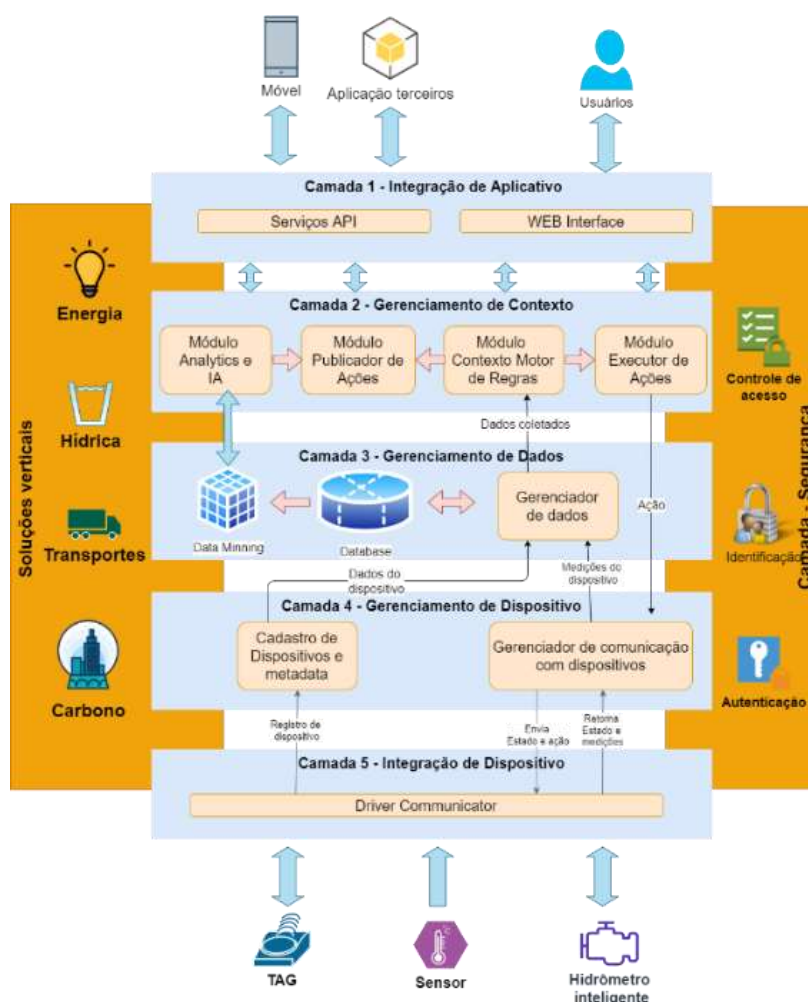


Figura 1 - Arquitetura logica da plataforma

Resultados e Discussão

Após o estudo de diversos tipos de comunicação IoT mais comuns no mercado: *Wi-Fi*, *ZigBee*, *LoRaWAN*, *MQTT*, *XMPP* e seus respectivos protocolos responsáveis pela troca de mensagens: *MODBUS*, *PROFIBUS*, *ETHERNET/IP* e outros. Dentre as opções estudadas, foram escolhidos, por critério técnicos e custo/benefício, os seguintes padrões: *Wi-Fi* como camada física de comunicação e *MODBUS* como padrão de troca de mensagens entre a plataforma web com o dispositivo.

A integração dos dados das medições de consumo de água com uso de medidores inteligentes instalados em algumas unidades do campus de Barão Geraldo não foi completada porque houve atraso, por parte da UNICAMP, na aquisição e/ou implantação de medidores inteligentes no campus de Barão Geraldo.

Para não impactar o cronograma de desenvolvimento do projeto, foi adquirido um medidor inteligente e um com recurso próprio e implantado na residência do bolsista, realizando os ensaios unitários, com integração com software de interface Home-Máquina amigável.



Figura 2 - Hidrômetro digital ultrassônico



Figura 3 - Servidor WIFI Serial

Para eventual experimento, foram adotados dois dispositivos: Hidrômetro de fluxo de água digital ultrassônico (marca: T3-1-H fabricante: Dalian Teren Instruments site: <https://www.tereninstruments.com/>) (porta padrão RS485) (Figura 2) e Conversor Serial HF2211 (marca: HF2211 – fabricante: HF site: <http://www.hi-flying.com/rs232-rs485-rs422-to-wifi-serial-server>) responsável pela conversão RS485 com WiFi/Ethernet com compatibilidade de protocolo padrão MODBUS) (Figura 3). O hidrômetro digital foi cadastrado com os seguintes parâmetros de configurações dados pelo fabricante (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros do hidrômetro digital ultrassônico T3-1-H

Parâmetro - Data Point do Dispositivo	Hidrômetro 0001
Nome	Hidrômetro Serie 0001
ID Escravo (ID Slave)	10
Faixa de Registro	Registrador Holding
Offset address (representa o valor do último consumo registrado em m3)	0
Tipo de dados modbus	Inteiro de 2 byte sem sinal
Codificação de caracteres	ASCI
Host	127.0.0.1
Porta	502
Agendamento - Periodicidade	Diariamente as 18:00 PM

Fonte: Dalian Teren Instrument Co. Ltd (<https://www.tereninstruments.com/>)

Na plataforma Web foi desenvolvido um módulo chamado EXCHANGE responsável pelas funcionalidades de cadastros de tarefas (Figura 4), agendamento (Figura 6), alertas em casos de falhas/erros, monitoramento das operações realizadas (*audit*), pareamento das variáveis (*bindings*), e visualização dos resultados retornados conforme mostradas na figura 7.

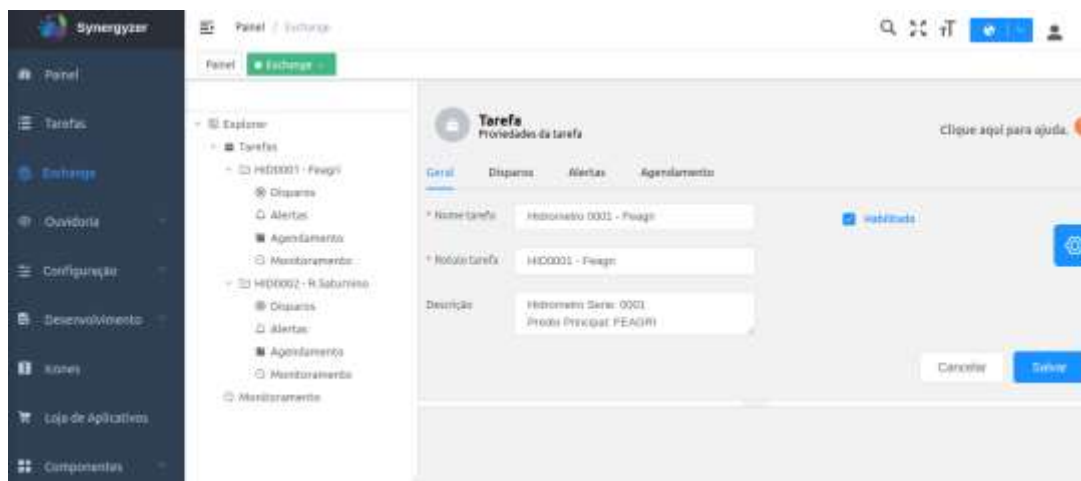


Figura 4-Cadastro de Tarefas (Jobs)

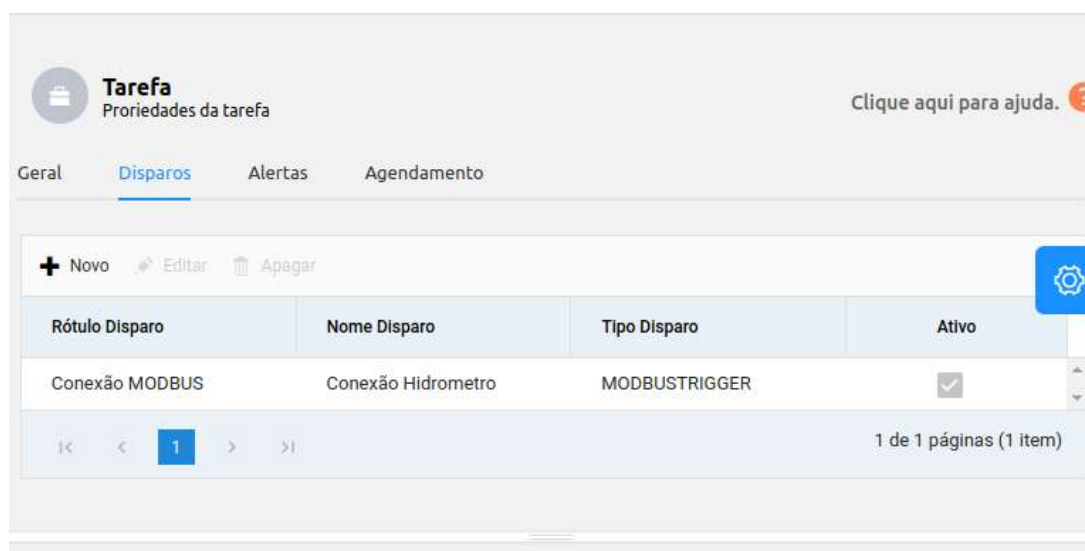


Figura 5 - Cadastro de Disparo de Script

Figura 6 – Agendamento de periodicidade de disparo

Tarefa	Estado	Data Execução	Duração	Exit code	Exit code descrição
HID0001 - Feagri	Sucesso	25/Julho/2023 - 18:00 PM	12 s	0	000243 m3
HID0001 - Feagri	Falha	24/Julho/2023 - 18:01 PM	11 s	1	Fora de operação.
HID0001 - Feagri	Sucesso	23/Julho/2023 - 18:00 PM	8 s	0	000092 m3

Figura 7 - Tela de visualização dos resultados retornados pelos dispositivos

A plataforma, através do módulo EXCHANGE, utiliza o pacote *open source* ModbusTCP [PYMODBUSTCP Package Python, 2023] que é uma biblioteca desenvolvida em PYTHON que realiza a operação de conexão/leitura/escrita dos dispositivos via protocolo padrão MODBUS/TCP. O módulo vai disparar um bloco de script na data/horário programada conforme o exemplo a seguir. O script irá efetuar a conexão ao dispositivo conforme os parâmetros de *DATA POINT* parametrizado e retornará o valor do último consumo registrado (m³) no hidrômetro.

```
# load pyModbusTCP package
from pyModbusTCP.client import ModbusClient

# TCP auto connect on modbus request, close after it
Try:
    c = ModbusClient(host="127.0.0.1", port=502, unit_id=10, auto_open=True, auto_close=True)
except ValueError:
    print("Erro de conexão ao dispositivo. Favor verifique a configuração")
# Read a data in device by address register
regs = c.read_holding_registers(0, 2)
if regs:
    print(regs)# return value data address register
else:
    print("erro leitura dispositivo")
```

Todos os resultados da operação de execução de tarefas são mostrados através da tela de visualização abaixo onde é mostrada as seguintes informações:

- Nome da tarefa executada,
- Estado (sucesso ou falha),
- Data de execução da tarefa,
- Duração em segundos,
- Código retornado (0 se sucessiva ou diferente de 0 => código do erro ocorrido),
- Descrição retornada (pode ser o valor retornado de um dispositivo ou uma mensagem de erro).

Considerações

Os resultados do projeto foram apresentados no Workshop Internacional: Inovação em Segurança da Água para Consumo Humano (ISDW'2022), sendo apresentação oral pelo bolsista e publicação nos Anais do *International Workshop for Innovation in Safe Drinking*. O evento aconteceu na Faculdade de Engenharia Civil, entre os dias 10 e 11 de outubro de 2022 (<https://www.fecfau.unicamp.br/~isdw-2022/>).

A experiência e vivência, considerando a escrita do projeto e desenvolvimento, que incluíram dois anos participando do Programa PIBIC, despertou uma grande aptidão para o espírito de inovação e empreendedorismo.

Agradeço aos orientadores, à UNICAMP e ao PIBIC, por ter me apresentado este caminho e espero poder ajudar e inspirar outros alunos a lutarem e a valorizarem a pesquisa nas universidades públicas

Conclusões

A plataforma demonstrou eficácia, tanto no seu conceito operacional, como na utilização como ferramenta de monitoração de dispositivos IoT.

Os objetivos gerais e específicos foram alcançados, resultando em uma ferramenta com capacidade de realização de medições de outros tipos de medidores, tais como energia, armazenando as informações em um banco de dados em tempo real, na nuvem, e disponibilizando os dados de maneira organizada para usuários finais, através de interface web.

A utilização da plataforma de monitoração pela Unicamp depende de algumas ações por meio dos órgãos competentes da UNICAMP: definição do protocolo de comunicação adotado pelos hidrômetros inteligentes; disponibilidade de infraestrutura de internet sem fio segura para conexão dos dispositivos IoT à plataforma. E ainda, recursos computacionais tais como servidores web para aplicação e banco de dados.

No decorrer do processo de experimentos também foram observadas algumas oportunidades de melhorias para as próximas versões do protótipo, podendo ser implementadas em trabalhos de conclusão de curso futuros, dentre eles: desenvolvimento de novas interfaces para outros tipos de comunicação IoT mais comuns no mercado: *Wi-Fi*, *ZigBee*, *LoRaWAN*, *MQTT*, *XMPP*. Assim como os respectivos protocolos, responsáveis pela troca de mensagens: *MODBUS*, *PROFIBUS*, *ETHERNET/IP* e outros; incorporação de processos de gestão de riscos e mudança dos indicadores à plataforma para aceitação comercial, consolidando assim como uma plataforma ideal para conceito de *Smart City* (Cidade Inteligente).

Bibliografia

- COMUNIDADE OPEN SOURCE DJANGO, *Django Backend Python Documentation*. Disponível em: <https://www.djangoproject.com/>. Acesso: 12/12/2022.
- COMUNIDADE OPEN SOURCE VUE, *The Progressive Javascript Framework* Disponível em: <https://vuejs.org/> Acesso: 12/12/2022.
- CRONTAB, *Daemon Job Process Linux Manual Page*. Disponível em: <https://man7.org/linux/man-pages/man5/crontab.5.html> Acesso: 12/12/2022.
- GIACOMIN & OHNUMA **Estimativa da pegada hídrica de um grupo de alunos de uma instituição de ensino superior**. Revista Internacional de Ciências, Rio de Janeiro, v. 07, n. 01, p. 49 - 63, jan-jun 2017 (<http://www.e-publicacoes.uerj.br/ojs/index.php/ric>). Acesso em: 12/09/2022
- GIACOMIN & OHNUMA. **Análise de resultados de pegada hídrica por países e produtos específicos**. Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN: 2236-1170) v(8), nº 8, p. 1562-1572, 2012.
- HOEKSTRA, A. Y. **The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities**. Rev. Ecological Economics. Enschede, The Netherlands, v.64, n.1, p.143-161, 2007.
- HOEKSTRA, A. Y., E A. K. CHAPAGAIN. **Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources**. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2008.
- HOEKSTRA, A. Y., E A. K. CHAPAGAIN, A.; ALDAYA, M. MEKONNE, M. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica. Adaptação do: The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard**. Earthscan. 2011. Available from: <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>. Acesso em: 12/09/2022
- HOEKSTRA, A. Y., et al. Water Footprints and Sustainable Water Allocation. **Rev. Sustainability**. v. 8, n.20, 2016.
- JUSTO, A.; GUILLARDI, H; TERUEL, B. Estimativa da pegada hídrica no campus da UNICAMP. Anais do *International Workshop for Innovation in Safe Drinking* (DOI: <https://doi.org/10.20396/iwisdw.n1.2022.4803>).
- MODBUS ORGANIZATION, *Modbus Protocol Specifications*. Disponível em: <https://www.modbus.org/specs.php> . Acesso: 12/12/2022
- PYMODBUSTCP Package Python – Available from: <https://pymodbustcp.readthedocs.io/> Acesso: 20/05/2023.