

# Pegada Hídrica através de plataforma web no Campus da UNICAMP

Palavras-Chave: Pegada Hídrica, indicador de perfil de consumo de água, campus sustentável

Autores/as:

Aluno: André de Souza Justo - [a230409@dac.unicamp.br](mailto:a230409@dac.unicamp.br)

Orientadora: Profa. Dra. Bárbara Teruel Medeiros [barbarat@unicamp.br](mailto:barbarat@unicamp.br)

Co-orientador: Prof. Dr. Hildo Guillard Junior – [h.guillard@unesp.br](mailto:h.guillard@unesp.br)

---

## RESUMO

O conceito da pegada hídrica foi introduzido como um indicador qualitativo e quantitativo de consumo de água para a humanidade, que pode ser definido como o volume total de água utilizado, direto e indireto (consumo de água que é medido, e aquele implícito na produção de bens e serviços). Tal índice fornece aos gestores um indicador mensurável para tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos (HOEKSTRA, 2007; HOEKSTRA et al, 2008; HOEKSTRA et al, 2016). Especificamente em campus universitários, conhecer a pegada hídrica pode auxiliar na educação ambiental, e desenvolvimento de projetos e ações que incentivem a comunidade ao uso racional deste recurso. Nesse contexto se insere este projeto, fazendo parte de objetivos da Agenda 2030, e de ações do projeto institucional, Campus Sustentável Unicamp, que se desenvolve como Laboratório Vivo. A pesquisa aqui relatada buscou estimar a pegada hídrica do campus de Barão Geraldo, desenvolvendo uma plataforma web de monitoramento, alimentada com os dados de consumo de água, de refeições, e outros itens, fornecidos pela Prefeitura do Campus de Barão Geraldo. Aplicando a metodologia de cálculo, os índices relacionados à pegada hídrica são mostrados através de gráficos, em sistema com interface homem-máquina amigável e acessível.

## METODOLOGIA

O desenvolvimento foi dividido em duas etapas: Desenvolvimento de Plataforma de Monitoramento IoT e Estimativa da Pegada Hídrica (PH). Para o escopo de Pegada Hídrica (PH), foi aplicada a metodologia de cálculo proposta por Hoekstra et al (2011) e aprimorada por HOEKSTRA et al, 2016. A metodologia considera as medições de volumes de entradas e saídas de água (fluxo bidirecional) de uma entidade medida (ex: Restaurante). Para cada fluxo (entrada e saída) de uma entidade medida, a sua pegada hídrica é dividida em três categorias: azul, verde e cinza (FALKENMARK & ROCKSTRÖM, 2004; HOEKSTRA & CHAPAGAIN, 2008).

- A Pegada Hídrica Verde: volume de águas pluviais armazenadas temporariamente no solo ou superfície (Ex: Água proveniente da Chuva e poços artesianos).
- A Pegada Hídrica Azul: indicador do consumo de água utilizada (evaporada), oriundos de rios e lagos (ex: água proveniente da Sanasa através Rio Atibaia).
- A Pegada Hídrica Cinza: representa a quantidade utilizada de água poluída associada ao processo de produção. Está relacionado com o indicador de qualidade como poluição.

A pegada hídrica de um produto consiste na soma das pegadas hídricas das etapas do processo ocorridas na elaboração deste produto (considerando toda a cadeia produtiva e de suprimento). A pegada hídrica de um consumidor equivale a soma das pegadas hídricas de todos os produtos consumidos por ele. Para a estimativa da pegada hídrica do campus foram consideradas a pegada azul e cinza, já que não há dados de coleta de água de chuva na Unicamp.

Para a estimativa da pegada hídrica teve-se acesso ao banco de dados (período de 01/01/2019 a 31/05/2022), proveniente das seguintes fontes:

- 1) Relatório de consumo mensal dos hidrômetros disponíveis em cada unidade do campus referente ao período citado acima fornecido pela Divisão de Água e Energia da Prefeitura do campus universitário da Unicamp. (Total: 11202 registros).
- 2) Relatório de registros de entradas de consumidores coletadas através de catracas eletrônicas instalados em dois restaurantes: RU (Restaurante Universitário) e RS (Restaurante Saturnino) durante o período citado fornecido pela Divisão de Alimentação da Prefeitura do campus universitário (Total: 10.018 registros).
- 3) Relatório de população de cada unidade durante o período citado fornecido pela Diretoria Executiva de Planejamento Integrado da (DEPI) da Prefeitura do campus (Total: 6.696 registros)

O desenvolvimento da Plataforma de Monitoramento IoT contempla cinco camadas conforme a arquitetura lógica (Figura 1). Além de duas "camadas transversais" que são interligadas às todas outras camadas, ou seja, "Segurança" e "Soluções verticais".

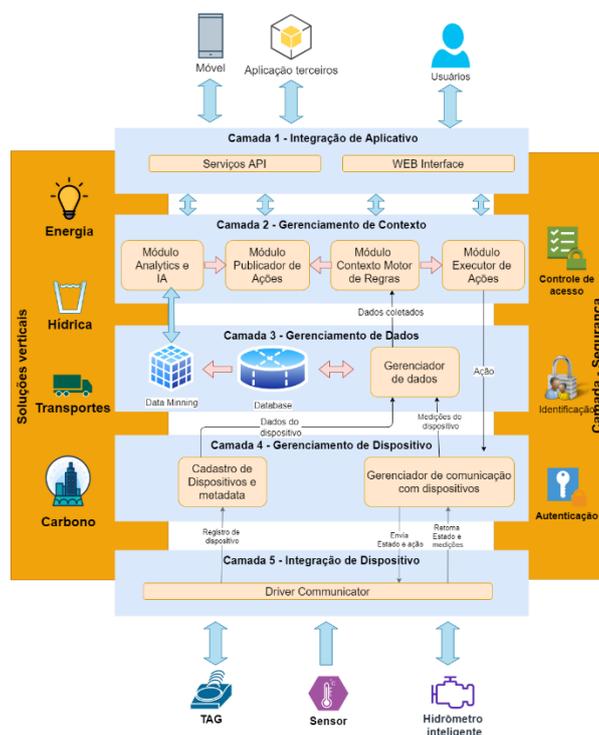


Figura 1 Arquitetura lógica da plataforma

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve o desenvolvimento 100% concluído da Camada 5 e estando em desenvolvimento parcial e/ou avançado, as demais camadas, como descrito:

- **Camada Transversal – Segurança:** A segurança da plataforma contempla uma central única integrada com os recursos de identificação, autenticação e controle de perfil de acesso por parte dos usuários e dos dispositivos. Todos os registros de conexão à plataforma são identificados, autenticados e auditados através de API (*Application Programming Interface*) com uso de chave token de segurança gerado aleatoriamente pela plataforma. Faltou apenas o desenvolvimento dos componentes visuais (*forms/telas*) para consulta de diversos dados sobre segurança: usuários, auditoria de históricos de acesso, perfis de acesso e outros.
- **Camada 1 (Integração de dispositivo) e Camada 2 (Gerenciamento de Dispositivo):** Responsável pela gestão e comunicação com dispositivos IoT.
- **Camada 4 (Gerenciamento de Dados):** Banco de dados modo multidimensional já pronto para recebimento de dados de consumo mensais inclusive contabilização dos resultados das pegadas hídricas e geração de relatórios de dados apurados. Faltou apenas a parte de módulo de Analytics e BI com um dashboard mais completo e personalizado que está incluído na próxima proposta IC PIBIC.
- **Camada 5 (Integração de Aplicativo):** Toda integração API da plataforma a terceiros foi desenvolvida e testada para migração de dados dos relatórios de consumo mensal dos hidrômetros instalados, relatório de registros de entradas de consumidores coletadas através de catracas eletrônicas nos restaurantes e relatório de população de cada unidade administrativa com sucesso.
- **Camada 3 (Gerenciamento de dados):** A base de dados central que armazena todas as informações históricas de um dispositivo está pronta porém os Módulos Analytics e IA se encontra em desenvolvimento.

Algumas telas da plataforma já foram desenvolvidas e mostram-se nas figuras a seguir:

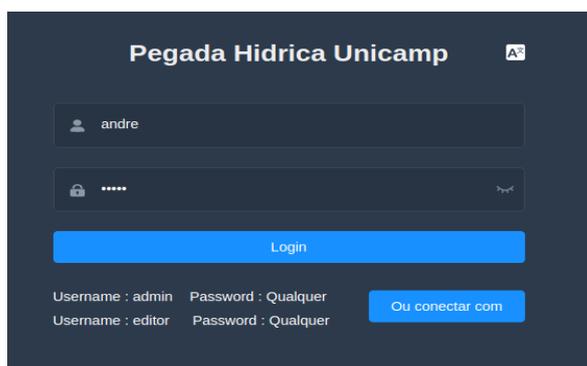


Figura 2 - Tela de Login

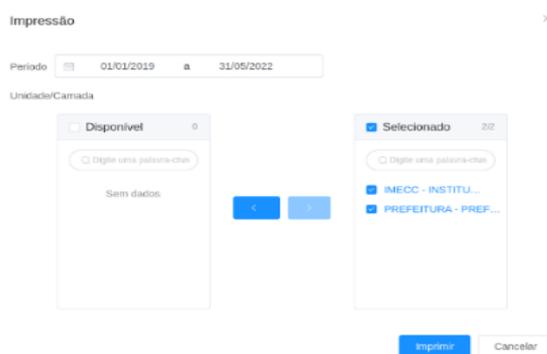


Figura 3 - Tela de Seleção/Impressão

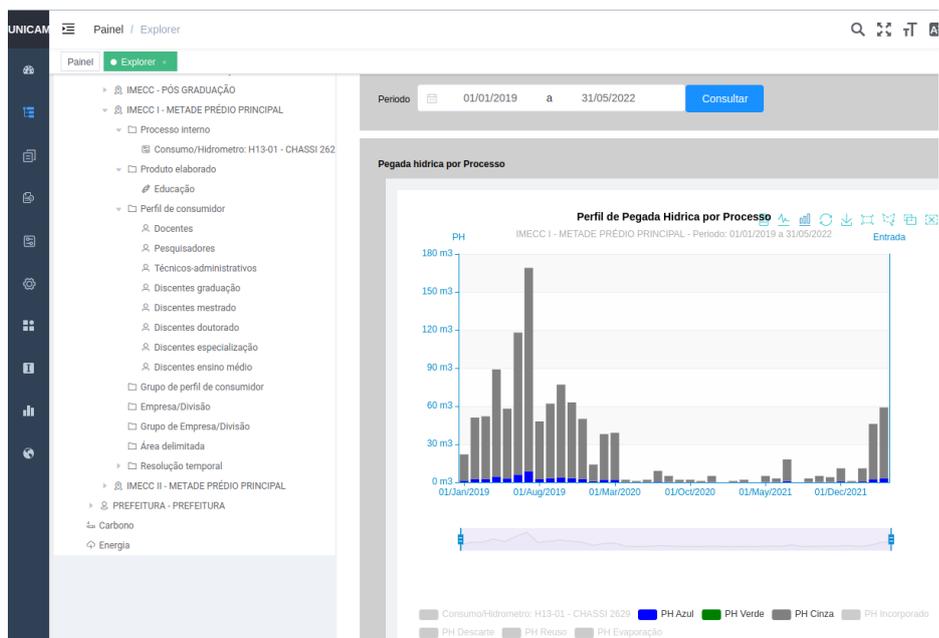


Figura 4 - Tela Principal com hierarquia de entidades e seus indicadores

Devido ao grande volume de dados processados e número de unidades administrativas do campus (são mais de 330 unidades), foram selecionadas apenas três entidades de setores diferentes como escopo desta pesquisa para efeitos de discussão dos resultados:

Entidade	Setor	Padrões mundiais de Referência de destinação hídrica aplicada		
		Incorporação	Evaporação	Descarte
RU – Restaurante Universitário	Alimentação	25%	5%	70%
RS – Restaurante Saturnino	Alimentação	25%	5%	70%
IMECC – I Metade Prédio Principal	Ensino	5%	0%	95%

Para entendimento sobre o padrão mundial de referência de destinação hídrica, o componente **evaporação** faz parte do cálculo da pegada hídrica azul pois uma parte significativa do fluxo de evaporação é conservada (reservada) para a natureza, ou seja, é retornada para rios e lagos através de chuvas. Ela sempre é contabilizada como PH AZUL. Portanto podemos perceber que as entidades de alimentação (RU e RS) possuem taxa de evaporação maior do que outros setores da universidade devido os processos de cozimentos de alimentos.

A respeito do componente **Descarte** tem o mesmo significado de escoamento de água de esgoto e também serve como indicador de poluição hídrica e o volume hídrica sempre será contabilizada como PH Cinza. E o último componente **Incorporação** tem o significado que uma parte da água é incorporado a um produto ou à água que não retorna a mesma bacia da qual foi retirada. Ex: uma parte da água é incorporado nos alimentos cozidos nos restaurantes tais como feijão e arroz por exemplo. Também vale para os consumidores que bebem água através dos bebedouros disponíveis nas entidades. Este componente tem o mesmo conceito de contabilização da evaporação, ou seja, ela sempre é contabilizada como PH Azul.

Interpretando um gráfico mensal (Gráfico 1) de Pegada Hídrica pela entidade IMECC – I Metade Prédio Principal referente ao período de 01/01/2019 a 31/05/2022, podemos identificar que:

- No mês de julho/2019, foi contabilizado um consumo total de através de um hidrômetro instalado na entidade IMMEC I – Metade Prédio Principal. No total de 160m<sup>3</sup> consumido, uma parcela de 8m<sup>3</sup> (5%) de PH Azul foi incorporada conforme referência de destinação parametrizada para esta entidade e o restante de 152m<sup>3</sup> (95%) foi classificado como descarte, ou seja, PH Cinza. Vale lembrar de que não há canal de PH verde pois não há utilização de água de chuva coletada pela entidade.
- Entre o período de abril/2020 a fevereiro/2022 ocorreu o período de pandemia COVID no qual a Unicamp declarou um período de quarentena para todos alunos e professores com atividades remotas. A partir de março/2022 houve o retorno ao presencial.

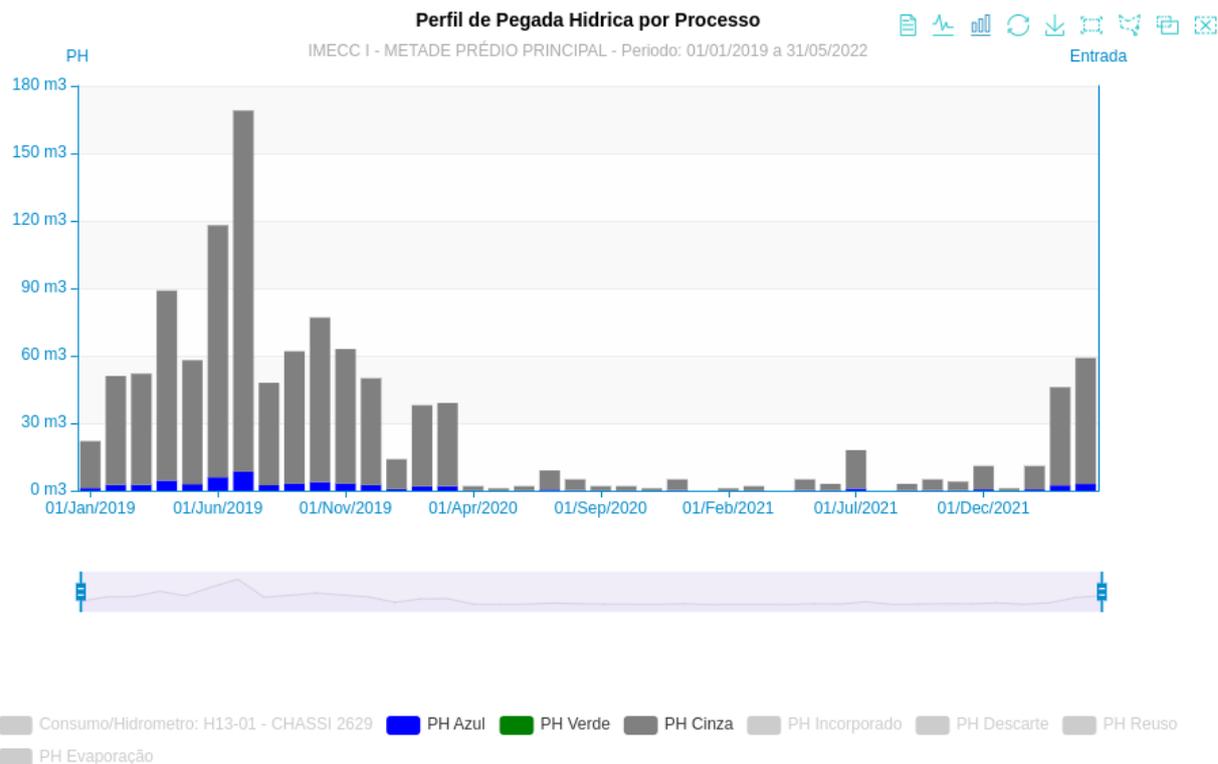


Gráfico 1 - Perfil de Pegada Hídrica por Processo

E quanto às informações de PH por consumidor desta entidade, segue abaixo um gráfico interessante abaixo ((vide gráfico 2) onde mostra a média anual de PH por tipo de consumidor no período de 2019 a 2022 para a entidade de IMMEC I – Metade Prédio Principal:

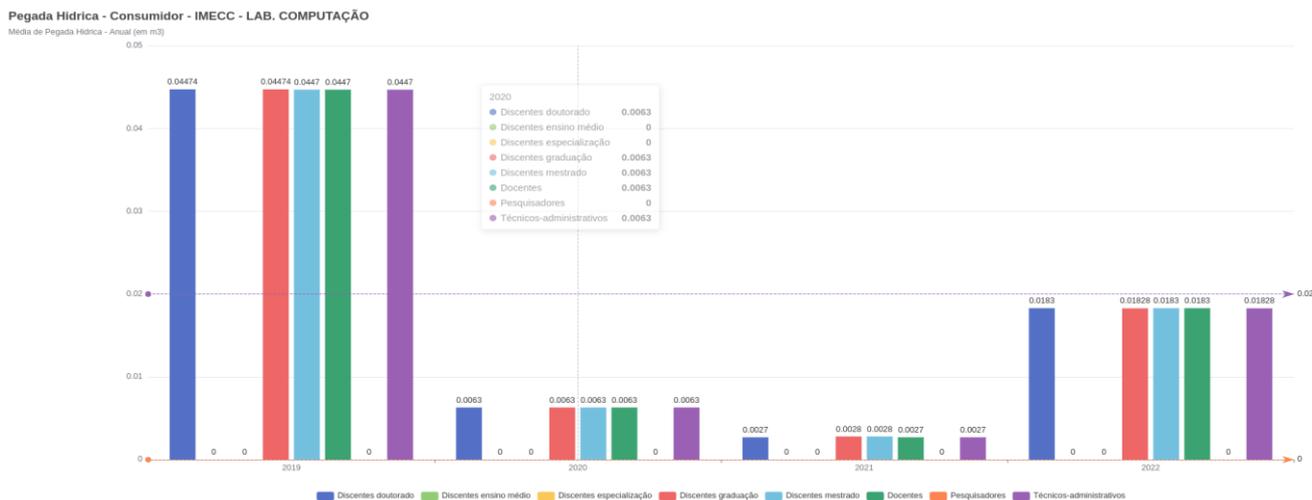


Gráfico 2 – Perfil de Pegada Hídrica por Consumidor

Através da plataforma, é possível realizar uma comparação de PH de produto produzido (refeição) entre duas entidades de alimentação (RU – Restaurante Universitário e RS - Restaurante Saturnino) onde mostra um indicador de média de quanto metro cúbico de água é necessário para a produção de apenas uma refeição em cada ano (vide gráfico 3).



Gráfico 3 - Comparação de Pegada Hídrica por produto (Refeição) entre dois restaurantes

## CONCLUSÕES

Aplicando mineração aos dados dos relatórios das divisões da Unicamp foram identificados diversos *insights*, dentre exequíveis, mensuráveis e replicáveis, podendo ser utilizados pela instituição como subsídios para gestão e tomada de decisões.

Espera-se que a Plataforma em desenvolvimento seja uma ferramenta útil, acessível a toda a Comunidade Universitária da Unicamp, que auxilie no entendimento do uso da água no cotidiano do campus, voltando-se para conscientização e uso consciente.

O atingimento de metas e objetivos do projeto, assim como os resultados obtidos até o momento, indicam que poderia haver contribuição para a Gestão Hídrica Inteligente no Campus da Unicamp.

## BIBLIOGRAFIA

- BATISTA, **Gabriele de Souza et al.** Estimativa da pegada hídrica dos estudantes do curso de Engenharia civil da Universidade Federal de Campina Grande. Anais IV CONAPESC.. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/56806> . Acesso em: 12/05/2021 19:54.
- CARLI, L. N. et al. **Racionalização do Uso da Água em uma Instituição de Ensino Superior – Estudo de Caso da Universidade de Caxias do Sul.** GeAS – Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade E-ISSN: 2316-9834; DOI: 10.5585/geas.v2i1.30
- 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>)
- 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., 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.
- HOEKSTRA, A. Y., et al. Water Footprints and Sustainable Water Allocation. **Rev. Sustainability**. v. 8, n.20, 2016.