

I²WAC: Uma Proposta para Gerenciamento de Irrigação Explorando Ciência de Situação na IoT

Rogério Albandes¹, Roger Machado², João Lopes³, Ana Marilza Pernas², Adenauer Yamin^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Eng. Eletrônica e Computação (PPGEEC)
Universidade Católica de Pelotas (UCPel)

²Programa de Pós-Graduação em Computação (PPGC)
Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

³Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias na Educação (PPGCITED)
Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul)

{rogerio.albandes, adenauer.yamin}@sou.ucpel.edu.br

{rdsmachado, marilza}@inf.ufpel.edu.br, joaolopes@cavg.ifsul.edu.br

Abstract. *According to the National Water Agency (ANA), approximately 46.2% of all clean water used in Brazil is destined for irrigation, which has been motivating the evaluation of alternatives for water supply agricultural crops. Considering this scenario, this article presents the I²WAC proposal, which aims to explore Situation Awareness in the decision making process, with the perspective of minimizing socioenvironmental impacts. For evaluation of I²WAC a prototype was developed that integrates open-source IoT technologies to the EXEHDA middleware and explores a weather prediction service. The results achieved were promising, reaching a success rate of approximately 94% regarding the irrigation decision.*

Resumo. *De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), aproximadamente 46,2% de toda água limpa empregada no Brasil é destinada à irrigação, o que vem motivando a avaliação de alternativas para fornecimento de água às culturas agrícolas. Considerando este cenário, este artigo apresenta a proposta I²WAC, que objetiva explorar Ciência de Situação na tomada da decisão de irrigação, com a perspectiva de minimizar impactos socioambientais. Para avaliação da I²WAC foi desenvolvido um protótipo que integra tecnologias IoT open-source ao middleware EXEHDA e explora um serviço de previsão climatológica. Os resultados atingidos se mostraram promissores atingindo uma taxa de acerto de aproximadamente 94% quanto à decisão de irrigação.*

1. Introdução

A água é considerada o recurso mais importante para manutenção da vida na Terra. Do montante de água doce existente no planeta, a utilização para irrigação corresponde a cerca de 70% de toda água consumida no mundo. Frente à necessidade de produção de alimentos e sabendo da limitação da agricultura, os produtores buscam medidas que lhes propiciem uma maior produção, sendo a irrigação uma destas [Erthal and Berticilli 2018].

O projeto de um sistema de irrigação pode ser avaliado por meio de diversos indicadores de desempenho, considerando o escopo deste artigo pode-se destacar sua eficiência operacional e os custos associados a água consumida. Um manejo inadequado da água origina inúmeros problemas, como menor produtividade, frutos de qualidade inferior, danos ao ambiente, erosão do solo e redução do ar no solo, o que se traduz em um elevado impacto socioambiental. Neste sentido, a literatura vem apontando que o emprego de sistemas de irrigação vem sendo prejudicado por decisões inadequadas quanto ao momento de irrigação [PENTEADO 2010].

Em 2016, a demanda total de água destinada para irrigação no Brasil foi de 969 mil litros por segundo ao longo de todo ano, o que, segundo o último senso da Agência Nacional de Águas (ANA¹), correspondeu a 46,2% de toda água limpa utilizada no Brasil no período [Brasil 2018].

Tendo como motivação central este percentual elevado de consumo de água associado à irrigação, o presente artigo propõe um sistema de Smart Farming (SF), que tem como objetivo central decidir a necessidade de irrigação, empregando para isso um mecanismo para Ciência de Situação. Como fonte de dados para este mecanismo é explorado como sensor lógico as informações providas por um serviço de previsão climatológica, sem o emprego de sensores físicos, minimizando deste modo esforços de instalação, calibração e manutenção.

A proposta denominada I²WAC (*Intelligent Internet Watering Automatic Control*), integra os esforços de pesquisa do middleware EXEHDA em desenvolvimento no G3PD (Grupo de Pesquisa em Processamento Paralelo e Distribuído), particularmente aqueles relacionados à avaliação de seu emprego em situações reais.

O EXEHDA consiste de um *middleware* ciente de situação baseado em serviços, o qual visa criar e gerenciar um ambiente computacional largamente distribuído, bem como promover a execução de aplicações sobre ele. O *middleware* vem sendo explorado pelo G3PD em frentes de pesquisa que tratam desafios da Internet das Coisas (IoT) [Souza et al. 2018].

A Ciência de Situação refere-se a um modelo no qual o sistema computacional é capaz de verificar as características do meio nas quais tem interesse e, quando necessário, reagir as suas alterações, realizando as atuações pertinentes no meio. No cenário da IoT, caracterizado por uma elevada escalabilidade e a premissa de envolver o mínimo possível os usuários na gerência das aplicações, a Ciência de Situação possui elevado significado, uma vez que existe a real necessidade da infraestrutura computacional tomar decisões autônomas, a partir das especificações dos usuários [Perera et al. 2014].

De acordo com [Sezer et al. 2018], para a construção de sistemas cientes de situação em ambientes distribuídos, como é o caso da I²WAC, alguns desafios devem ser tratados: (i) aquisição do contexto a partir de fontes heterogêneas e distribuídas; (ii) processamento dos dados contextuais adquiridos; e (iii) respectiva atuação sobre o meio físico.

A proposta I²WAC foi avaliada por meio de um estudo de caso que explora uma prototipação da proposta considerando a arquitetura de software do *middleware*

¹<http://www3.ana.gov.br/>

EXEHDA. Neste estudo de caso, a I²WAC é empregada no monitoramento das condições climáticas da região da cidade de Pelotas, obtidas por meio de um serviço público de previsão do tempo, e com base nesses dados avalia a necessidade de irrigação. Os resultados alcançados mostraram-se promissores, atingindo níveis elevados de acerto, quando da decisão de irrigar ou não.

Este artigo está organizado em seis seções. A segunda Seção apresenta as características do middleware EXEHDA no provimento da Ciência de Situação. Na terceira Seção são discutidos alguns trabalhos relacionados. A quarta Seção exhibe a concepção da proposta I²WAC, mostrando suas principais funcionalidades. Na quinta Seção é discutida a prototipação da proposta, sendo abordados os hardwares e softwares adotados e a avaliação realizada. Por fim, a sexta Seção apresenta as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Middleware EXEHDA

O EXEHDA possui uma organização composta por um conjunto de células de execução, conforme pode ser observado na Figura 1. Cada célula, no que diz respeito ao provimento de Ciência de Situação, é composta por um Servidor de Contexto, e por diversos Servidores de Borda e/ou Gateways.

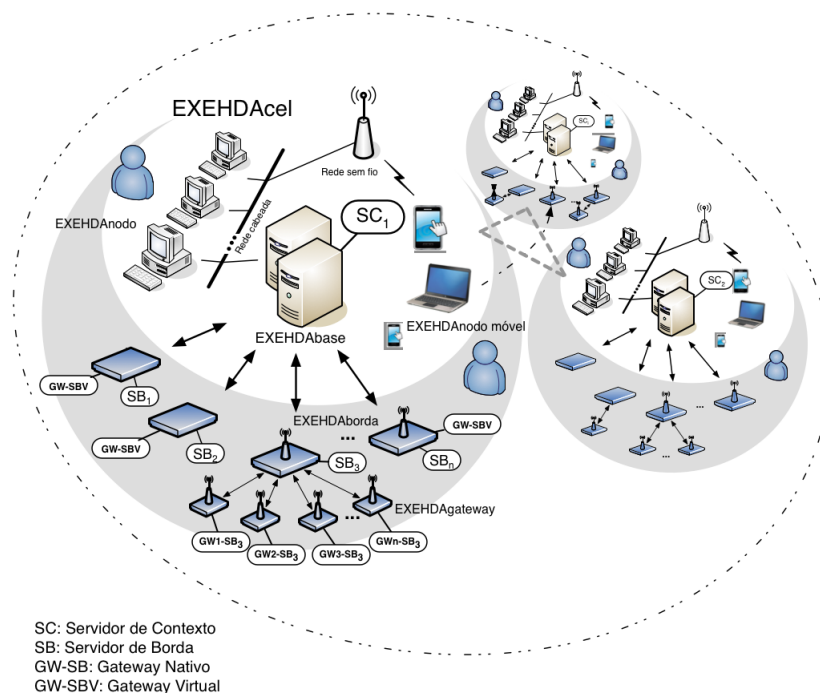


Figura 1. Ambiente provido pelo EXEHDA para Aplicações IoT

Os Gateways coletam informações contextuais, provenientes de sensores físicos ou lógicos e tem a finalidade de tratar a heterogeneidade dos diversos tipos de sensores, em aspectos tanto de hardware como de protocolo; transferem estas informações coletadas de forma normalizada aos Servidores de Borda. No EXEHDA os Gateways podem ser de dois tipos: (i) Nativos, são implementados sobre um hardware embarcado específico para

a finalidade de interoperar com sensores e atuadores; (ii) Virtual, apresentam a mesma estrutura de software do Nativo, mas opera sobre o mesmo hardware do Servidor de Borda.

No EXEHDA o processamento das informações contextuais é distribuída, ficando uma parte com o Servidor de Borda, e outra com o Servidor de Contexto (vide Figura 2). Os dados recebidos pelos diversos Servidores de Borda são transmitidos ao Servidor de Contexto que os gerencia e realiza as etapas de armazenamento e processamento contextual. O Servidor de Contexto pode combinar os dados provenientes dos Servidores de Borda com informações históricas, que ficam registradas no Repositório de Informações Contextuais. Uma discussão mais ampla das diferentes funcionalidades tanto do Gateway, quanto dos Servidores de Borda está disponível em [Souza et al. 2018], por sua vez, uma avaliação das diferentes potencialidades do Servidor de Contexto pode ser encontrada em [Lopes et al. 2014].

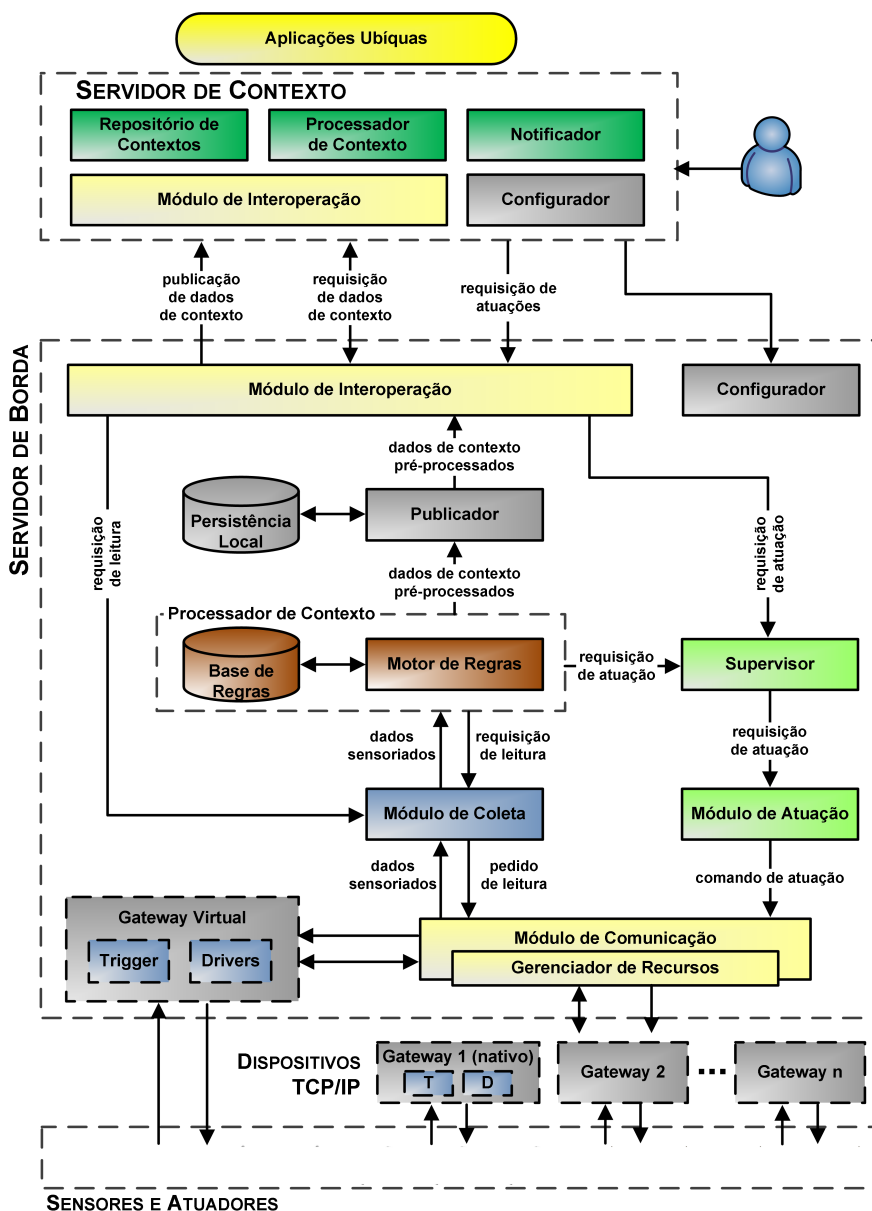


Figura 2. Arquitetura de software do EXEHDA para fornecer ciência de situação

3. Trabalhos Relacionados

Esta seção discute trabalhos relacionados à proposta I²WAC. Foi realizada uma revisão de literatura, tendo como critérios para seleção dos trabalhos sua modernidade e o emprego de metodologias associadas à SF e à IoT.

No trabalho [Goap et al. 2018] é proposta uma arquitetura de irrigação inteligente baseada em IoT, juntamente com uma abordagem híbrida baseada em aprendizado de máquina para prever a umidade do solo. O algoritmo proposto usa dados de sensores do passado recente e os dados meteorológicos previstos para previsão da umidade do solo para os dias seguintes.

O trabalho IoT based *Autonomous Percipient Irrigation System using Raspberry Pi* [Imteaj et al. 2016] propõe um sistema automático de suprimento de água para a agricultura utilizando dados de 2 sensores (umidade do solo e intensidade de luz). Além disso, são enviadas notificações para o administrador da fazenda se houver falta de água, sendo ainda possível a interação entre o sistema e o administrador por meio de trocas de mensagens SMS (*Short Message Service*).

No trabalho *Smart Irrigation System Using Cloud and Internet of Things* [Koduru et al. 2019] é proposto um *framework* baseado em nuvem e IoT para implementar um sistema de irrigação inteligente que preserva a colheita durante chuvas imprevistas, aumenta os níveis de água subterrânea com um mecanismo competente e reutiliza a água excessiva gerada durante a chuva para a irrigação de culturas.

No artigo *Internet of Things Based Smart Irrigation Using Regression Algorithm* [Kumar et al.] é utilizado o algoritmo de regressão linear, que auxilia na previsão da quantidade de água necessária para a irrigação diária com base nos dados fornecidos pelos sensores espalhados no ambiente. O sistema proposto também reduz os esforços humanos e energéticos. As pessoas podem obter acesso instantâneo aos dados por meio de um aplicativo para dispositivos móveis

O trabalho *Smart Drip Irrigation System using Moisture Sensors* [Chavda et al. 2018] utiliza sensores de umidade espalhados pelo campo que estão conectados a um microprocessador (Arduino UNO). Sempre que a umidade diminuir abaixo do ponto de murchamento da planta, os sensores reportam para a placa, que, por sua vez aciona a bomba de irrigação e, quando há umidade suficiente é enviado o comando para desligar.

Analisando os cinco trabalhos selecionados, entre os diversos trabalhos identificados, pode-se destacar que a I²WAC possui dois principais diferenciais: (i) não empregar sensores físicos, reduzindo custos de instalação, calibração e manutenção; e (ii) explorar Ciência de Situação na tomada da decisão de irrigação, considerando como variáveis contextuais o volume de precipitação progressa recente, bem como a previsão de ocorrência de precipitação nas horas seguintes.

4. I²WAC: Organização e Funcionalidades

A organização da plataforma de software concebida para a I²WAC está apresentada na Figura 3. Na continuidade desta seção serão tratadas as funcionalidades dos diferentes módulos, sendo discutidos seus perfis operacionais.

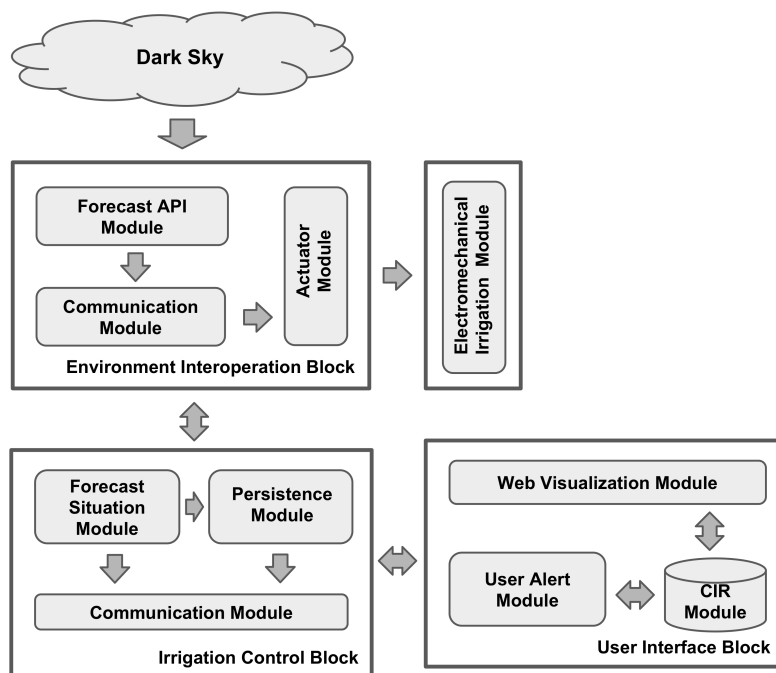


Figura 3. Organização da Plataforma de Software da I²WAC

4.1. Environment Interoperation Block

O *Environment Interoperation Block* é constituído pelo *Forecast API Module*, *Communication Module* e *Actuator Module*. Este Bloco da I²WAC opera sobre um Gateway Nativo do *middleware* EXEHDA.

O *Forecast API Module* a partir das coordenadas geográficas da cidade obtém os dados de previsão climatológica providos pelo Serviço Dark Sky [Darksky 2018]. Sua execução acontece a cada hora, capturando os dados climáticos das últimas 24h, e, caso tenha chovido, também é capturado o volume de água precipitado. Além disso, é realizada a coleta da previsão climatológica para as 24h seguintes, sendo registrada tanto a probabilidade da ocorrência de precipitações, como a intensidade da chuva prevista. O *Communication Module* é responsável por transferir/receber informações e comandos do Servidor de Borda. Por sua vez, o *Actuation Module* gerencia o dispositivo eletromecânico empregado para controlar o procedimento de irrigação.

4.2. Irrigation Control Block

Três módulos formam o *Irrigation Control Block*, que é instanciado sobre o Servidor de Borda do EXEHDA:

- *Communication Module*, o qual é responsável por interoperar com o *User Interface Block*, esta funcionalidade é instanciada no módulo de Interoperação do Servidor de Borda;
- *Persistence Module*, que tem por objetivo realizar uma persistência temporária caso a conexão Internet com *User Interface Block* seja perdida. Esta funcionalidade é instanciado sobre o módulo Persistência Local do Servidor de Borda;
- *Forecast Situation Module*, o qual provê duas funcionalidades que serão detalhadas a seguir.

4.2.1. Forecast Situation Module

O *Forecast Situation Module* é central na proposta I²WAC, e tem por base o Motor de Regras do Servidor de Borda (vide Figura 2), e duas são suas principais responsabilidades.

Cálculo da Probabilidade de Precipitação (PoP)

Quantifica a possibilidade de que ocorra precipitação em uma dada área, em um período de tempo especificado. A probabilidade de precipitação (PoP) é definida pelo produto entre duas porcentagens:

- **C:** a confiança de que a precipitação irá ocorrer em algum lugar na área de previsão;
- **A:** a porcentagem da área que vai receber a precipitação, se efetivamente vier a ocorrer.

Considerando que exista 50% de confiança (C) que uma precipitação irá acontecer e a expectativa que ocorra uma chuva mensurável em torno de 80% da área considerada (A), a PoP será de 40 %, isto é, $PoP = C \times A$ ($0,5 \times 0,8$) [Joslyn et al. 2009].

Algoritmo para Decisão de Irrigação

Na I²WAC o Algoritmo para Decisão de Irrigação tem por base o momento da irrigação definido pelo usuário e considera os dados de chuva e sua intensidade, tanto das 12h anteriores, como das 12h seguintes. Tendo por base os valores médios praticados na literatura [Kamienski et al. 2018], a decisão de irrigar na I²WAC irá considerar como referência de Intensidade da Chuva 25mm e como PoP 60%.

A referência de 25mm para intensidade de chuva (IC) é decorrente de padrões internacionais que consideram a quantidade de água da chuva que se acumulou em determinado local durante um período de tempo. No Sistema Internacional de Unidades, é empregado como unidade o milímetro (mm). Uma intensidade de chuva de 1 milímetro equivale ao acúmulo do volume de 1 litro (L) de água de chuva, sobre uma superfície de área igual a 1 metro quadrado [Glickman and Zenk 2000]. Uma distribuição internacionalmente aceita é a que está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Níveis de Intensidade de Chuva

Intensidade	Descrição
<5 mm	Chuva Leve
Entre 5,1mm e 25mm	Chuva Moderada
Entre 25,1mm e 50mm	Chuva Pesada
>50mm	Chuva Violenta

Adaptado da Referência Internacional [Huschke et al. 1959]

Como indicado na Figura 4, caso nas 12h anteriores tenha ocorrido precipitação em volume superior (IC) a 25 mm, não será disparada a irrigação. Caso contrário, será considerada a PoP para as próximas 12 h, se inferior a 60% será realizada a irrigação.

Caso a PoP das 12h seguintes seja superior a 60% deverá ser avaliado o IC; se inferior a 25 mm a irrigação deverá acontecer.

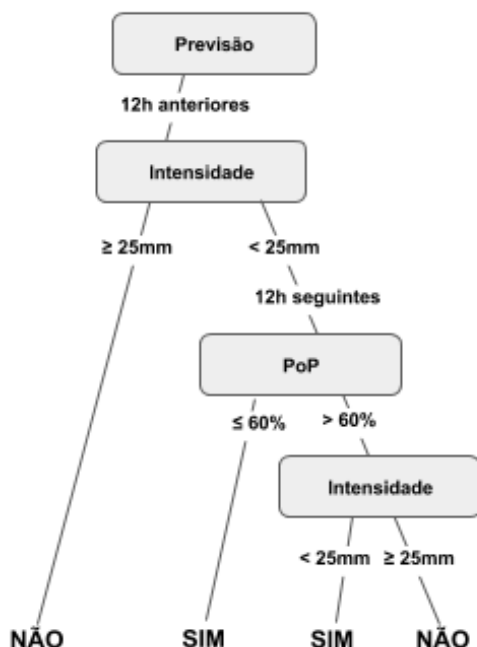


Figura 4. Estrutura Hierárquica do Algoritmo para Decisão de Irrigação

4.3. User Interface Block

O *User Interface Block* foi concebido explorando as funcionalidades do Servidor de Contexto do EXEHDA (vide Figura 2). Este bloco da I²WAC além de disponibilizar informações aos usuários pela da Internet, contempla também funções de persistência e notificação.

- O *CIR Module* é implementado sobre o Repositório de Informações Contextuais. Particularmente sobre as funcionalidades de banco de dados relacional. Todas as informações referentes a tomada de decisão de irrigação são armazenadas;
- O *Web Visualization Module* disponibiliza ao usuário informações sobre as previsões climatológicas e as respectivas decisões de irrigação. É facultado ao usuário registro histórico, com a possibilidade da indicação do ocorrido e de totais em função de um determinado período de tempo;
- O *User Alert Module* explora as funções do Notificador, e envia alertas aos usuários empregando uma plataforma pública de envio de mensagens, no caso o Telegram.

5. I²WAC: Prototipação e Resultados

Esta seção apresenta as decisões referentes à escolha das tecnologias de hardware/software para prototipação da I²WAC. O fato da tecnologia ser open-source foi o critério básico para sua seleção.

5.1. Hardware Adotado

O Gateway na arquitetura I²WAC emprega a plataforma ESP32 NodeMCU (Figura 5a). Esta plataforma consiste de um System-on-a-chip (SoC) direcionado à IoT, constituído por um microprocessador dual core Tensilica Xtensa de 32 bits com suporte embutido à rede Wi-Fi (802.11) e bluetooth versão 4.2 e com a memória flash integrada 16 Mb [MCU 2018]. Sua escolha é decorrente de suportar programação multithreading em Python e de ser um hardware open source com excelente relação custo benefício.

O Servidor de Borda na I²WAC emprega a Raspberry PI III b (Figura 5b). O modelo utilizado oferece conexão de rede e para sua operação foi instalado o sistema operacional denominado Raspbian, que é uma variante da distribuição Debian do Linux. As diferentes funcionalidades do Servidor de Borda foram concebidas por meio da Linguagem de Programação Python [Raspberry 2018].

Como atuador eletromecânico para controle do fluxo de água foi empregada a válvula Hunter PGV-101G, cuja alimentação ocorre em 24V e oferece uma vazão que pode variar de 0.7 a 150 l/min (vide Figura 5c). Esta válvula tem acionamento por um solenoide e sua escolha foi consequência tanto do seu largo emprego em projetos de irrigação, como pela sua facilidade de interfaceamento com diferentes plataformas de microcontroladores.

5.2. Software e Frameworks Adotados

Além das plataformas de software empregadas nos outros módulos do *middleware* EXEHDA, que são discutidas em [Lopes et al. 2014, Souza et al. 2018], destacam-se para concepção da I²WAC os seguintes artefatos de software:

- **MicroPython:** além de implementar uma seleção das principais bibliotecas da linguagem Python, o MicroPython inclui recursos específicos para uso com microcontroladores. No caso do Gateway da I²WAC destaca-se a biblioteca “machine”, que é utilizada para acessar diferentes particularidades do hardware, como portas de entrada e saída [Micropython 2018].
- **Picoweb:** também no Gateway da I²WAC foi instalado um webserver, denominado Picoweb [Picoweb 2018], sob o qual foram desenvolvidos algoritmos para interpretar comandos REST enviados via comando GET pelo Servidor de Borda, usando a notação JSON. Tendo por base estas funcionalidades foi concebido o Communication Module, por intermédio do qual é possível implementar comandos de atuação, em particular o que faz o acionamento da válvula Hunter PGV-101G, que ativa a irrigação.
- **Dark Sky API:** API que fornece as condições do clima de hora em hora para uma determinada região [Darksky 2018]. Na I²WAC a API da *Dark Sky* se comporta como a fonte dos dados contextuais empregados para inferir uma possível situação de irrigação.

5.3. Avaliação

Para avaliação da I²WAC foram coletadas informações a respeito da sua operação em um período de 90 dias, totalizando 180 procedimentos de tomada decisão, realizados duas vezes ao dia. Os testes foram realizados no bairro Las Acácias, em Pelotas, RS, que é uma parte da área de previsão oferecida pelo *Dark Sky*, cuja API tem cobertura para áreas com

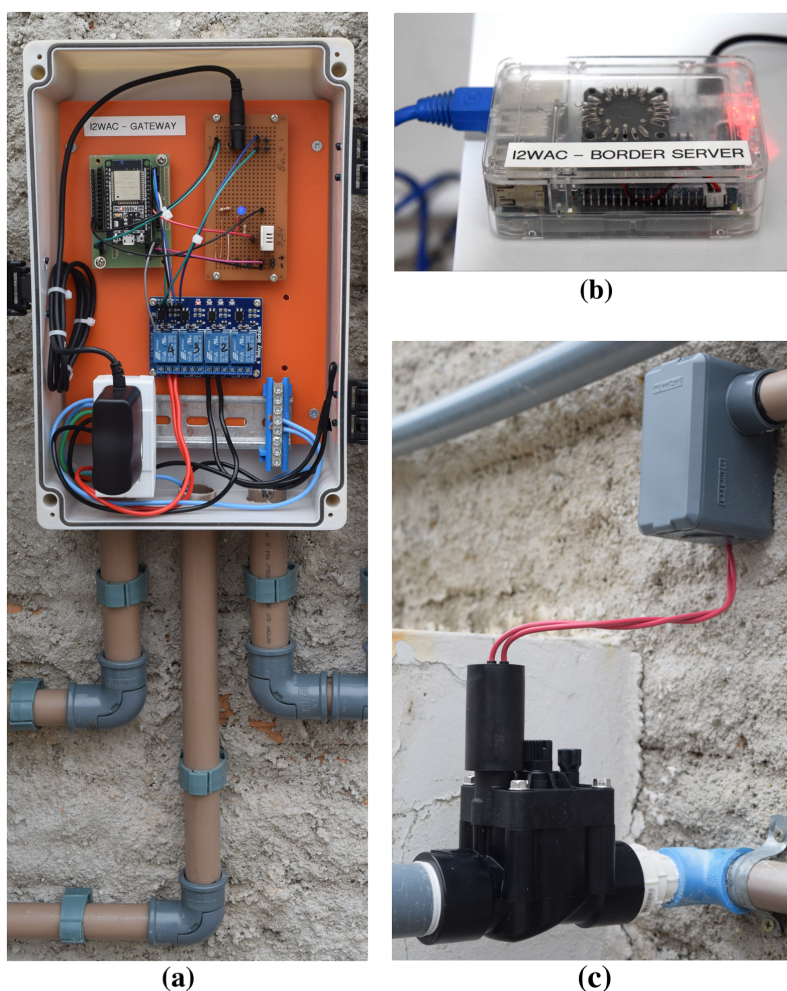


Figura 5. Prototipação Desenvolvida para Avaliação da I²WAC

um raio de aproximadamente 50 Km. Na Tabela 2 estão totalizados os erros observados. Os volumes de precipitação foram estimados com o auxílio de um pluviômetro.

Tabela 2. Erros de Tomada de Decisão pela I²WAC

Período Medição	≥ 25 mm	< 25 mm
12 h anteriores	2	1
12 h seguintes (PoP $\geq 60\%$)	4	2
12 h seguintes (PoP $< 60\%$)	1	1

No universo das 180 tomadas de decisão pela I²WAC, ao todo foram registrados 11 casos não confirmados pela observação do que efetivamente ocorreu, o que se traduz em uma taxa de acerto de aproximadamente 94%. Esses casos não confirmados foram devido à erros originados na API de previsão do tempo, por exemplo, valores inconsistentes de intensidade de chuva (IC) das 12h anteriores, ou previsões incorretas de probabilidade de precipitação (PoP) e/ou IC das 12h seguintesfa.

6. Considerações Finais

O esforço de estudo e pesquisa relacionado a concepção e desenvolvimento da I²WAC apontou que a exploração combinada de Ciência de Situação e Internet das Coisas, é um caminho promissor para que os sistemas computacionais possam ajustar seu comportamento em função de modificações nos seus contextos de interesse.

Por sua vez, pode-se observar que a abordagem baseada em *middleware* pode reduzir a complexidade do desenvolvimento de aplicações cientes de situação, por prover suporte para aquisição, modelagem, armazenamento e processamento do contexto, dentre outros aspectos. Assim, o emprego de um *middleware* pode liberar os desenvolvedores de preocupações relacionadas ao tratamento do contexto, possibilitando que estes mantenham o foco na definição das regras operacionais e no desenvolvimento das funcionalidades específicas das aplicações.

O elevado percentual de água limpa empregado na irrigação, no caso do Brasil 46,2% em 2016, evidencia a importância da otimização dos procedimentos de irrigação para a agricultura mundial, com o intuito de melhorar a eficiência dos mesmos, contribuindo com os agricultores que buscam alternativas que proporcionem um melhor uso da água para atender as suas exigências hídricas.

Nessa perspectiva, este trabalho apresentou a proposta I²WAC, a qual objetiva explorar a Ciência de Situação na tomada de decisão para irrigação, buscando minimizar impactos socioambientais. A I²WAC objetiva explorar a Ciência de Situação na tomada de decisão para irrigação, buscando minimizar impactos socioambientais. Além disso, a proposta não emprega sensores físicos, reduzindo assim, custos de instalação, calibração e manutenção. Na I²WAC a decisão de realizar a irrigação é baseada nos dados de chuva e sua intensidade, tanto das 12h anteriores, como das 12h seguintes.

A proposta I²WAC foi avaliada com base em dados coletados e informações a respeito da sua operação em um período de 90 dias. Nesta avaliação foi obtida uma taxa de acerto de de 94 % na tomada de decisão, alcançando resultados promissores apontando para continuidade das pesquisas. Dentre os trabalhos futuros previstos tem-se a expectativa de observar o comportamento da I²WAC ao longo das 4 estações do ano, bem como empregar algoritmo de aprendizado de máquina para otimização dos parâmetros empregados para a decisão de irrigação, registrando, inclusive, a diferença no consumo de água com o uso da I²WAC.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e da FAPERGS (Programa Pesquisador Gaúcho - PqG).

Referências

- Brasil (2018). Governo do Brasil [online]. Último acesso 02 Dezembro 2018.
- Chavda, R., Kadam, T., Hattangadi, K., and Vora, D. (2018). Smart drip irrigation system using moisture sensors. In *ICSCET*, pages 1–4. IEEE.
- Darksky (2018). Darksky [online]. Último acesso 2 Dezembro 2018.

- Erthal, E. S. and Berticilli, R. (2018). Sustentabilidade: Agricultura irrigada e seus impactos ambientais. *CIÊNCIA & TECNOLOGIA*, 2(1):64–74.
- Glickman, T. S. and Zenk, W. (2000). *Glossary of meteorology*. American Meteorological Society.
- Goap, A., Sharma, D., Shukla, A., and Rama Krishna, C. (2018). An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 155(May):41–49.
- Huschke, R. E. et al. (1959). *Glossary of meteorology*.
- Imteaj, A., Rahman, T., Hossain, M. K., and Zaman, S. (2016). Iot based autonomous percipient irrigation system using raspberry pi. In *2016 19th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)*, pages 563–568. IEEE.
- Joslyn, S., Nadav-Greenberg, L., and Nichols, R. M. (2009). Probability of precipitation: Assessment and enhancement of end-user understanding. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90(2):185–194.
- Kamienski, C., Soininen, J.-P., Taumberger, M., Fernandes, S., Toscano, A., Cinotti, T. S., Maia, R. F., and Neto, A. T. (2018). Swamp: an iot-based smart water management platform for precision irrigation in agriculture. In *2018 Global Internet of Things Summit (GloTS)*, pages 1–6. IEEE.
- Koduru, S., Padala, V. G. D. P. R., and Padala, P. (2019). *Proceedings of 2nd International Conference on Communication, Computing and Networking*, volume 46.
- Kumar, A., Surendra, A., Mohan, H., Valliappan, K. M., and Kirthika, N. Internet of things based smart irrigation using regression algorithm. In *International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies*.
- Lopes, J. L., de Souza, R. S., Geyer, C., da Costa, C., Barbosa, J., Pernas, A. M., and Yamin, A. (2014). A middleware architecture for dynamic adaptation in ubiquitous computing. *Journal of Universal Computer Science*, 20(9):1327–1351.
- MCU, N. (2018). Node mcu [online]. Último acesso 15 Dezembro 2018.
- Micropython (2018). Micropython [online]. Último acesso 2 Dezembro 2018.
- PENTEADO, S. R. (2010). *Manejo da Água e irrigação – em propriedades ecológicas. Via Orgânica*.
- Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., and Georgakopoulos, D. (2014). Context aware computing for the internet of things: A survey. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, 16(1):414–454.
- Picoweb (2018). Picoweb [online]. Último acesso 3 Dezembro 2018.
- Raspberry (2018). Raspberry [online]. Último acesso 15 Dezembro 2018.
- Sezer, O. B., Dogdu, E., and Ozbayoglu, A. M. (2018). Context-aware computing, learning, and big data in internet of things: a survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(1):1–27.
- Souza, R., Lopes, J., Geyer, C., Cardozo, A., Yamin, A., and Barbosa, J. (2018). An architecture for iot management targeted to context awareness of ubiquitous applications. *Journal of Universal Computer Science*, 24(10):1452–1471.