

Swamp: uma plataforma para irrigação de precisão baseada na Internet das Coisas

Arquivo Pessoal



Carlos Kamienski

Carlos Kamienski é professor titular em Ciência da Computação na Universidade Federal do ABC (UFABC), onde atua desde 2006. É doutor pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), mestre pela Unicamp e bacharel pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Foi pró-reitor de pós-graduação na UFABC, de 2010 a 2014, e assessor de Relações Internacionais de 2014 a 2018. É coordenador do Núcleo Estratégico Nuvem (nuvem.ufabc.edu.br), que agrega professores e alunos trabalhando nas áreas de sociedades inteligentes, sensações virtuais, mobilidade conectada, computação extrema e universos integrados. Suas principais áreas de pesquisa são Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e névoa, softwarização de redes, cidades inteligentes e agricultura inteligente. Desde novembro de 2017 coordena o projeto Smart Water Management Platform Swamp – Swamp-project.org), que desenvolve uma plataforma de software usando métodos baseados em Internet das Coisas para o gerenciamento inteligente de água na irrigação de precisão para a agricultura e implanta essa solução em quatro pilotos, dois no Brasil e dois na Europa.

Marcos Cezar Visoli

Marcos Cezar Visoli é pesquisador da Embrapa desde 1994, lotado em uma de suas unidades, a Embrapa Informática Agropecuária, em Campinas (SP). É mestre em Informatique et Systèmes spécialité recherche Modèles, systèmes, imagerie, robotique, pela Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, França e bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Coordenou o Laboratório de Software Livre da Embrapa Informática de 2006 a 2015. Foi supervisor do Núcleo de Garantia de Qualidade de 2011 a 2015. Desde 2015 integra o Grupo de Integração de Dados e Sistemas. Liderou e participou de diversos projetos nacionais e internacionais de pesquisa e desenvolvimento de soluções aplicadas à agricultura, com ênfase no uso de dados, padrões e softwares abertos. Participou de projetos para delineamento de estratégias para a Gestão de Dados de Pesquisa e de Transformação Digital da Embrapa. Participa do projeto Swamp nas frentes de construção da plataforma computacional e na integração e validação dos sensores nos projetos piloto.

Arquivo Pessoal



Resumo

A irrigação na agricultura é o maior consumidor de água potável do mundo, o que gera uma demanda considerável para o uso de tecnologias que otimizem o uso de água, reduzam o consumo de energia e melhorem a qualidade da produção. A Internet das Coisas (IoT) é um conjunto de tecnologias com afinidade natural para tratar dessas questões, mas sua efetividade em cenários agrícolas ainda carece de comprovação através da experiência prática em pilotos com potencial de gerar uma prova de conceito. Além disso, plataformas para o desenvolvimento de aplicações baseadas em IoT para agricultura devem ser genéricas e flexíveis para se adaptar a diferentes culturas, climas e países. O projeto Swamp desenvolve métodos para o gerenciamento inteligente de água na irrigação de precisão, com um foco experimental que está sendo testado em quatro pilotos, dois no Brasil e dois na Europa (Itália e Espanha). Este artigo apresenta uma visão geral do Swamp, sua arquitetura e plataforma computacional, os pilotos e o processo de desenvolvimento baseado em cenários adotado no projeto.

Palavras-chave:

internet das coisas, IoT, agricultura inteligente, irrigação de precisão.

Introdução

Água é um recurso vital para a humanidade e, segundo a FAO, a agricultura consome 70% da água doce no mundo¹. Desperdícios ocorrem por vazamentos nos sistemas de distribuição e, principalmente, devido aos métodos de irrigação usados na agricultura. Com receio de diminuir a produtividade por falta de água, produtores rurais em geral irrigam excessivamente, destacando ainda a capacidade das plantas de aproveitarem a água no solo. Duas características que, se conhecidas com mais profundidade, podem auxiliar na tomada de decisão mais adequada: capacidade do solo de reter água e umidade do solo no instante da irrigação. Como as características do solo variam espacialmente em curtas distâncias (rochoso, arenoso, argiloso), a aplicação de irrigação deveria ser baseada no conhecimento prévio do solo e do histórico de umidade, atuando com equilíbrio entre estresse hídrico e irrigação excessiva.

O uso de tecnologias de informação e comunicação (TICs) está se disseminando no campo. Exemplos são a Internet das Coisas (IoT – Internet of Things), com sua grande quantidade de sensores e atuadores, incluindo drones, e demais tecnologias relacionadas, como computação em nuvem e o big data analytics (técnicas de inteligência artificial em grandes quantidades de dados). No entanto, existem vários desafios para que as tecnologias efetivamente auxiliem no uso racional de água na agricultura, como a dificuldade no desenvolvimento de aplicações baseadas em IoT, a integração de plataformas de software com sensores, tecnologias de comunicação e a necessidade de adaptabilidade a diferentes cenários e interoperabilidade entre componentes de software, hardware e comunicação de diferentes fabricantes.

O projeto Smart Water Management Platform – Plataforma de Gerenciamento Inteligente de Água (Swamp²) é uma colaboração entre instituições e empresas do Brasil e da Europa que visa desenvolver métodos e abordagens baseados em IoT para a irrigação de precisão na agricultura. O projeto prevê experimentos em dois pilotos no Brasil, na Bahia e em São Paulo, e dois na Europa, na Itália e na Espanha:

1. Piloto CBEC (Bolonha/Itália): o principal objetivo do piloto do Consorzio di Bonifica Emilia Centrale (CBEC) é otimizar a distribuição de água para as propriedades associadas. Atualmente, a maior parte da água retirada dos rios não é utilizada adequadamente.
2. Piloto Intercrop (Cartagena/Espanha): a Intercrop produz hortaliças no sul da Espanha e enfrenta os desafios

de produzir alimentos numa região semiárida. O principal objetivo é fazer o uso eficiente da água.

3. Piloto Guaspari (Espírito Santo do Pinhal/Brasil): a vinícola Guaspari utiliza tecnologia avançada para produzir vinhos de alta qualidade. O principal objetivo é aumentar a qualidade do vinho produzido.

4. Piloto Matopiba (Luís Eduardo Magalhães/Brasil): a Fazenda Rio das Pedras localiza-se na região do Matopiba. Nesse piloto principal o objetivo é diminuir o consumo de energia.

O objetivo é compreender os tipos de solo e suas variações e monitorar parâmetros do solo (umidade, temperatura), condições do tempo (temperatura, vento) e evolução do estado das culturas (cobertura vegetal), aliando com dados de previsão meteorológica, para gerar mapas de prescrição de irrigação individualizados para talhões (áreas cultivadas) e zonas de manejo (subdivisões dos talhões). Os quatro pilotos em regiões, climas e culturas diferentes são essenciais para garantir que os componentes tecnológicos sejam suficientemente flexíveis para se adaptar e serem replicados em diferentes contextos.

Na sequência deste artigo, é apresentada uma visão geral da plataforma Swamp para a gestão inteligente de água, a plataforma Fiware usada como base para a plataforma Swamp, os quatro pilotos do projeto, um cenário de uso de plataforma Swamp no piloto Matopiba e finalmente a conclusão.

Plataforma para gestão inteligente de água

A proposta fundamental é gerar otimizações na distribuição e no consumo de água baseadas numa análise holística que coleta informações de todos os aspectos do sistema, incluindo o ciclo natural da água e o conhecimento acumulado sobre o crescimento das plantas. Espera-se que o resultado leve ao uso mais racional de um recurso natural precioso para garantir o acesso equitativo num cenário crescente de escassez mundial de água e prover os alimentos de que a população necessita.

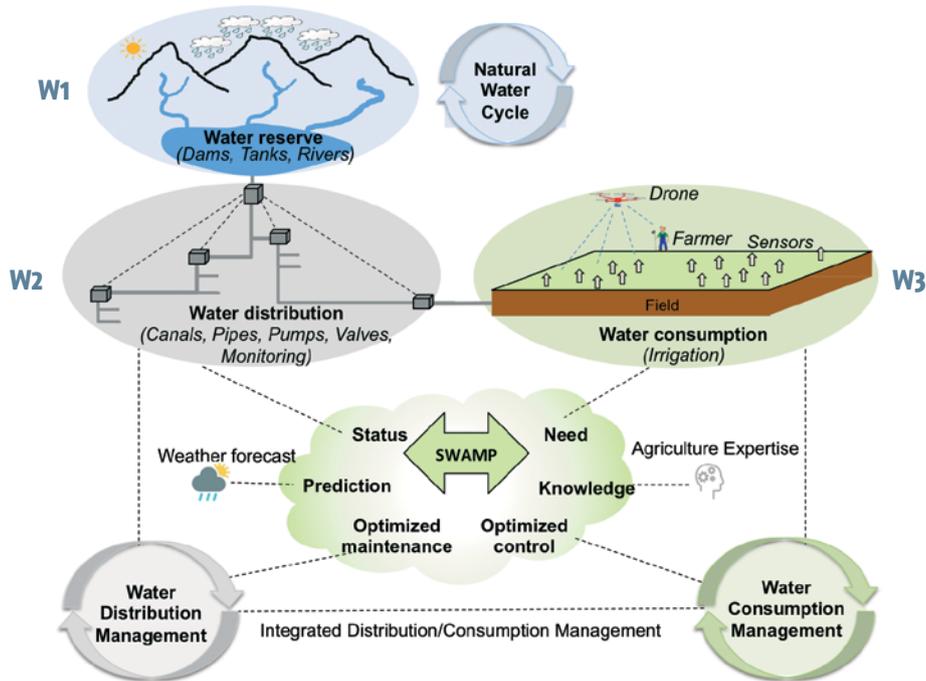
A Figura 1 mostra três grandes fases no gerenciamento inteligente de água:

- W1: Reservatório de água. A água proveniente de fontes diferentes como rios, lagos, represas, aquíferos, degelo de neve e até do mar, segue o seu ciclo natural.
- W2: Distribuição de água. A água é transportada dos reservatórios até os locais onde será usada por meio

¹ fao.org/nr/water/aquastat/water_use

² swamp-project.org

Figura 1 – Irrigação de precisão na agricultura baseada no gerenciamento inteligente de água



de uma rede de canais, tubulações, bombas, válvulas e comportas. A distribuição de água pode ser feita de diversas maneiras, dependendo do país e da região, variando do uso de água de rios que cortam a propriedade até a vinda de água de locais distantes.

- W3: Consumo de água. A agricultura é o maior consumidor de água doce no mundo.

A plataforma Swamp vai gerar respostas em tempo real para adaptar a irrigação à medida que as condições da plantação se alteram. Por outro lado, as mudanças na distribuição de água são realizadas numa escala de tempo diferente e, por isso, o ciclo de gerenciamento de W2 é mais longo do que o de W3. Os sistemas de gestão de W2 e W3 são integrados, uma vez que a necessidade de consumo de água dispara a sua distribuição. A plataforma Swamp tem mecanismos para aquisição de dados de sensores e tomadas de decisão, usando uma variedade diferente de técnicas para alterar o comportamento do sistema por meio de comandos para atuadores automáticos e humanos. A proposta é de que não somente os comandos sejam enviados para sistemas de irrigação, mas mapas de prescrição de irrigação sejam gerados para ser interpretados e aprovados por pessoas responsáveis pelo sistema, para testar sua precisão.

A arquitetura Swamp é dividida em cinco camadas, como mostra a Figura 2.

- Layer 1 – Serviços IoT: Diferentes tecnologias de sensoriamento de solo (ex.: umidade e temperatura),

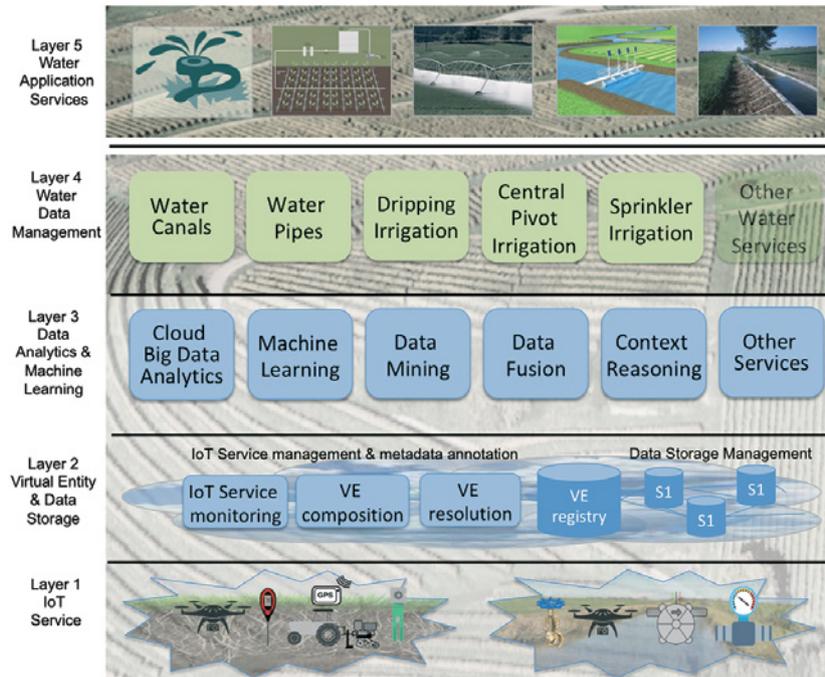
das plantas (ex.: cobertura vegetal) e de tempo (ex.: temperatura e umidade relativa do ar, precipitação e velocidade do vento) estão sendo testadas no projeto. Inclusive, uma sonda contendo um grande número de sensores de solo em diferentes profundidades está sendo desenvolvida especialmente para o projeto.

- Layer 2 – Entidades Virtuais e Armazenamento de Dados: As descrições de serviços IoT são representadas por dados de contexto na plataforma, para criar representações virtuais das entidades físicas. Um banco de dados distribuído, composto de componentes na nuvem e na névoa computacionais, trabalha em conjunto para tratar a quantidade massiva de dados vindos de sensores e torná-los disponíveis para as camadas superiores.

- Layer 3 – Análise de dados (data analytics): Contém componentes genéricos para processar modelos tradicionais de necessidade de água das plantas, além de componentes baseados em técnicas de inteligência computacional, como aprendizado de máquina.

- Layer 4 – Gerenciamento de Dados de Água: Usando os componentes genéricos da camada 3, essa camada constrói serviços de middleware com foco na aplicação específica. Essa camada desacopla as regras de negócio genéricas das aplicações por meio de uma API para a camada 5 contendo diversos algoritmos, modelos e mecanismos para facilitar e agilizar o desenvolvimento, implantação e operação de novos pilotos.

Figura 2 – Arquitetura Swamp



• Layer 5 – Serviços de Aplicação: Uma grande quantidade de dados sensoriada, coletada, armazenada e processada é transformada em informação e serviços para o uso dos produtores rurais, distribuidores de água e até mesmo associações e instituições de governo.

Uma ideia fundamental no Swamp é facilitar a replicação de sistemas inteligentes de gerenciamento de água, para irrigação de precisão com o uso da mesma plataforma, reduzindo significativamente o trabalho de desenvolvimento de novos projetos. Camadas diferentes do sistema têm componentes que são mais genéricos e, portanto, mais fáceis de serem portados para outros pilotos, enquanto outros são mais dependentes de aplicação e, assim, requerem novos esforços de desenvolvimento. Ou seja, o objetivo é identificar semelhanças e diferenças entre os componentes de software e mensurar o nível de trabalho necessário para customizar a plataforma, para que ela opere em circunstâncias diferentes. Esse é um compromisso inerente à área de engenharia de informação e de software e, no Swamp, é assumido como um fator importante para a expansão do uso de tecnologias de IoT no campo. Com relação à escala de generalidade/especificidade, a arquitetura Swamp tem três categorias de componentes:

a) Serviços Totalmente Replicáveis: As camadas 1, 2 e 3 da arquitetura são suficientemente genéricas para permitir que sejam replicáveis em configurações diferentes;

b) Serviços Totalmente Customizáveis: A camada 4 oferece serviços que estão mais próximos da aplicação final e, portanto, necessitam ter conhecimentos dos detalhes que variam em cada piloto referente às técnicas e aos modelos empregados;

c) Serviços Específicos de Aplicação: Os serviços na camada 5 tratam de particularidades específicas dos pilotos e, por isso, tendem a variar caso a caso.

Na implementação da plataforma Swamp, os componentes replicáveis das camadas 1 e 2 e, em alguma medida, da camada 3, serão baseados nos componentes da plataforma Fiware, apresentada na próxima seção.

A plataforma Fiware

A plataforma Fiware³ tem atraído a atenção de desenvolvedores de sistemas IoT no mundo inteiro, por ser uma solução de código aberto financiada e incentivada pela Comissão Europeia sob o programa Horizonte 2020. Ela é composta de uma série de componentes chamados de Generic Enablers (GE), que executam funções necessárias para uma variedade de aplicações baseadas em IoT para sociedades inteligentes como cidades, campo, saúde e sustentabilidade. GEs podem ser usados para construir aplicações que trocam informações por meio de uma API REST, que segue padrão OMA NGSII⁴ baseado em JSON. O aspecto central no modelo de informação

³ fiware.org

⁴ openmobilealliance.org/release/NGSI

de gerenciamento de contato do Fiware NGSi é o conceito de entidade e seus atributos.

Entre os vários GEs disponíveis na plataforma Fiware, alguns são peças-chave para viabilizar aplicações inteligentes, como:

- **Orion Context Broker⁵**: Orion é um broker de informações de contexto baseado no padrão de comunicação publish/subscribe, sendo o principal GE da Fiware e o coração da plataforma. Ele oferece uma interface para clientes registrarem entidades de contexto e seus atributos, assim como produtores/consumidores dessas entidades. Na prática, o Orion é um grande distribuidor de dados que desacopla os transmissores dos receptores e armazena apenas a última versão dos atributos das entidades em um banco de dados MongoDB⁶. Por esse motivo, precisa ser conectado a outros GEs ou aplicações que mantêm dados históricos.

- **IDAS e IoT Agents⁷**: IDAS é uma implementação do GE chamada Device Backend Management, que contém vários IoT Agents que mapeiam dados vindos de sensores (ou indo para atuadores) no modelo de informação Fiware NGSi. Os IoT Agents são conectados no Orion, para o qual enviam e do qual recebem dados. Uma vez que sensores de baixa potência não têm capacidade de processamento e transmissão para falar NGSi diretamente, eles usam protocolos diferentes como MQTT, CoAP, Ultralight ou LoRaWAN, que são convertidos em NGSi pelos IoT Agents.

- **QuantumLeap⁸**: Suporta o armazenamento de dados no formato NGSi em um banco de dados de séries temporais, cuja implementação atual é focada no CrateDB⁹. Como o Orion somente armazena o estado atual das entidades, a retenção de valores históricos que são obviamente necessários na grande maioria das aplicações deve se utilizar de algum GE como o QuantumLeap.

O uso da Fiware pelos desenvolvedores envolve a instalação de seus GEs numa infraestrutura apropriada para executá-los, que pode ser máquinas isoladas, nuvens públicas ou privadas usando o controlador OpenStack.

A plataforma Fiware tem sido utilizada em muitas aplicações baseadas em IoT, como para cidades, campo

e ambiente. Projetos piloto em IoT de grande escala usam Fiware, como o IoF2020¹⁰ (Internet of Food and Farm), além de muitas startups como a Breeze¹¹, Hop Ubiquitous¹² e Agricolus¹³.

Pilotos Swamp

A construção da plataforma Swamp, que conta com a participação da UFABC e da Embrapa, além de outros oito parceiros do Brasil e da Europa, está sendo testada em quatro diferentes pilotos, a fim de avaliar sua flexibilidade para se adequar a diferentes situações, contextos, climas, culturas e países.

Piloto CBEC (San Michele / Fosdondo – Itália)

O Consorzio di Bonifica Emilia Centrale (CBEC) é um consórcio de recuperação e reciclagem de água na região da Emilia-Romagna, no norte da Europa, responsável pela irrigação e drenagem de água de uma área com aproximadamente 3.130km², sendo que a maior parte da água tem sua origem no maior rio da Itália, o Pó. A água é distribuída para cerca de 5.000 propriedades rurais, por meio de uma intrincada infraestrutura composta de mais de 3.580km de canais e 72 estações de bombeamento. A rede de fornecimento de água consiste de canais a céu aberto e, devido ao processo de demanda e oferta de água, ocorre um grande volume de perdas, por evaporação e infiltração, mas principalmente pelo gerenciamento da rede de canais que envolve o enchimento de vários canais principais e secundários, até chegar aos produtores.

O projeto Swamp visa aumentar a eficiência do sistema de irrigação com ações nos produtores rurais e no consórcio de irrigação. No nível dos produtores, o Swamp oferece uma melhor estimativa das necessidades de água e um mapa de prescrição de irrigação mais preciso. Essa demanda é enviada automaticamente até o consórcio, no qual o gerenciamento da rede de irrigação é beneficiado pela otimização e consolidação das solicitações e atendimento simultâneo de produtores situados nos mesmos ramais da rede.

A Figura 3 mostra um canal de irrigação, o mapa das regiões compreendidas pelo piloto e uma visita dos membros do Swamp a uma estação de bombeamento.

5 fiware-orion.readthedocs.io

6 mongodb.com

7 catalogue-server.fiware.org/enablers/backend-device-management-idas

8 readthedocs.org/projects/quantumleap/

9 crate.io

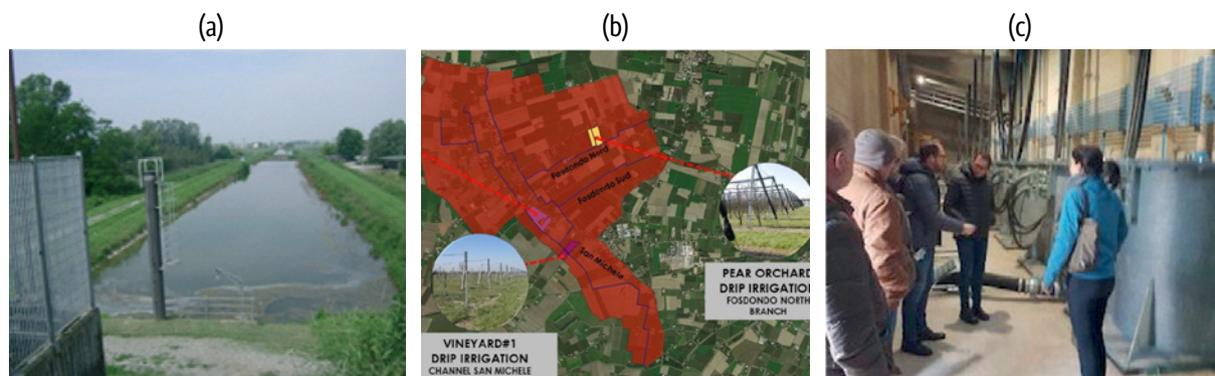
10 iof2020.eu

11 breeze-technologies.de

12 hopu.eu

13 agricolus.com

Figura 3 – Piloto CBEC: (a) Projeto Swamp, (b) Google Maps: editada por Projeto Swamp, (c) Projeto Swamp



Piloto Intercrop (Cartagena / Espanha)

O Piloto Intercrop é situado em Cartagena, no sul da Espanha, nas dependências do produtor Intercrop Ibérica e trata de vários desafios da irrigação inteligente e do gerenciamento de água em campos distribuídos (a fazenda é formada por vários talhões não contíguos). Mesmo sendo localizada no litoral, Cartagena é uma região semiárida com uma curta estação de chuvas concentrada em somente alguns dias do ano. A maior parte da água para irrigação vem de uma estação de dessalinização da água do mar e o seu fornecimento é irregular. Isso gera uma necessidade de armazenar água em reservatórios internos e fazer o uso mais racional possível, uma vez que não há garantia de abastecimento conforme a necessidade. A produção da fazenda Intercrop

em Cartagena é concentrada no outono e no inverno europeu, iniciando em setembro e finalizando em abril, sendo que geralmente cada talhão recebe duas culturas por estação.

A Intercrop é especializada em cultivar hortaliças como alface, espinafre e couve-flor. Será reservada uma área específica para o piloto, onde serão cultivados espinafre e alface, um após o outro. A cultura de espinafre é irrigada pelo sistema de aspersores (sprinklers) e a de alface por gotejamento.

A Figura 4 mostra um talhão onde são plantados espinafre verde e roxo com o aspersor em primeiro plano, o talhão usado para o piloto e os membros do Swamp visitando a propriedade.

Figura 4 – Piloto Intercrop: (a) Projeto Swamp, (b) Google Maps: editada por Projeto Swamp, (c) Projeto Swamp



Piloto Matopiba (Luís Eduardo Magalhães – Brasil)

Matopiba é uma região de Cerrado que engloba os estados do Maranhão (MA), Tocantins (TO), Piauí (PI) e Bahia (BA), sendo atualmente uma das fronteiras agrícolas brasileiras que mais dependem da irrigação.

O principal objetivo do Piloto Matopiba é implementar e avaliar um sistema baseado em irrigação à taxa variada para pivô central, atualmente com produção de soja e algodão. A Figura 5 mostra informações sobre a localização, sede da fazenda e talhão e pivô central.

Os sistemas convencionais de irrigação baseados em pivô central ajudam a oferecer uma fonte confiável de água para aumentar a produção e permitir várias culturas num mesmo ano, inclusive na estação seca. No entanto, geram grande desperdício de água pelo desconhecimento da capacidade de retenção de água do solo, sua variabilidade e suas condições momentâneas. Por esse motivo, a irrigação à taxa variada pode gerar os mesmos níveis de produção com um consumo significativamente menor de água (até 50%), o que diminui consideravelmente o uso de energia.

Figura 5 – Piloto Matopiba: (a) localização; (b) Google Maps: editada por Projeto Swamp, (c) Projeto Swamp



Piloto Guaspari (Espírito Santo do Pinhal – Brasil)

A vinícola Guaspari é situada na Serra da Mantiqueira, no município paulista de Espírito Santo do Pinhal, onde vinhos de altitude são produzidos com foco em alta tecnologia para aprimorar a qualidade do produto final. A principal realização é a transferência da época da colheita para os meses de inverno (entre junho e agosto) por meio de uma técnica sofisticada de dupla poda. Assim, garante-se que as temperaturas serão amenas na época da colheita nas fazendas que se estendem por uma faixa de altitude que varia entre 800 e 1.300 metros. Principalmente, garante o controle da umidade do solo, porque nessa região o inverno é a estação seca.

Por meio de irrigação por gotejamento, a quantidade exata de água pode ser fornecida às plantas para que elas produzam uvas com qualidade superior. O uso de sensores de solo para medir umidade, temperatura e condutividade, associado com a avaliação do estado fenológico das plantas, permite identificar e mapear as diferenças de características que as plantas desenvolvem ao se distribuírem por solos com composições e geografia ligeiramente diferentes. Dessa forma, ao permitir a irrigação diferenciada em cada zona de manejo dos vinhedos, é possível realizar a vinificação diferenciada de uvas provenientes de diferentes áreas e, assim, possibilitar diferentes composições de vinhos.

Figura 6 – Piloto Guaspari: (a) Vinícola Guaspari: retirada do site; (b) Google Maps: editada por Projeto Swamp, (c) Projeto Swamp



A Figura 6 mostra um vinhedo da Guaspari, as áreas destinadas ao piloto e a visita dos membros do Swamp à vinícola.

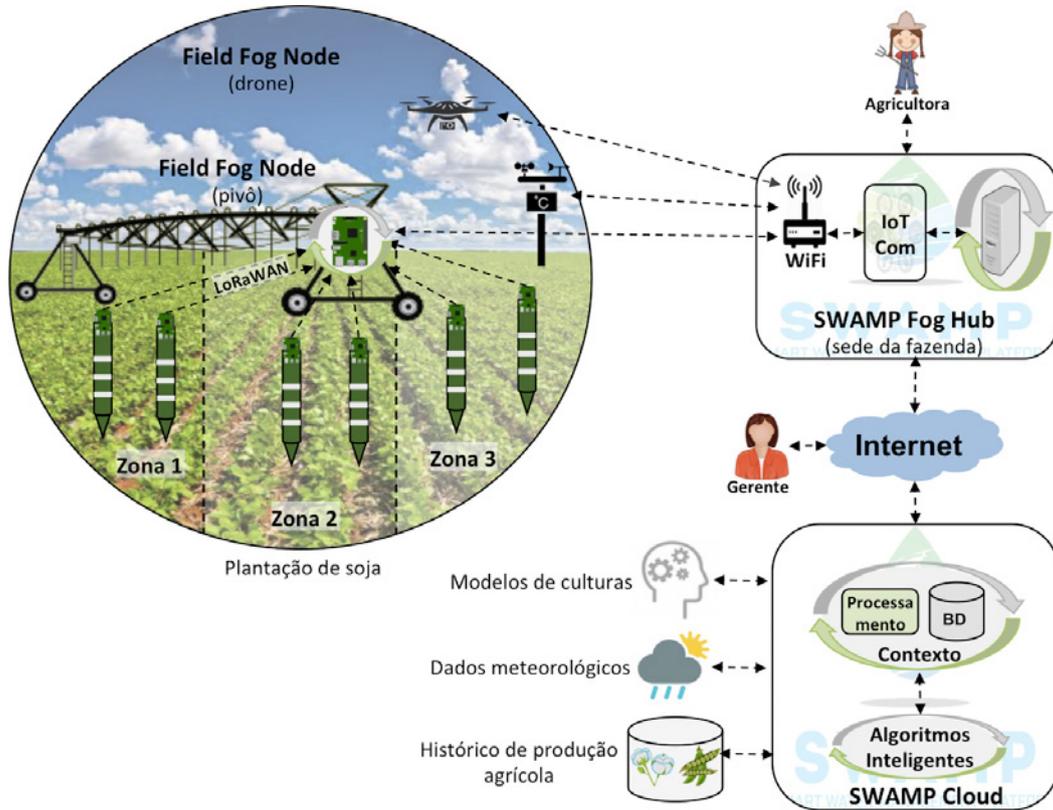
arquitetura do Swamp, que utiliza a plataforma Fiware, é baseado em cenários, com o objetivo técnico de prover características de escalabilidade e flexibilidade para diversas situações.

Cenário de uso da plataforma Swamp no Piloto Matopiba

O Piloto Matopiba é um dos cenários para validação do desenvolvimento da plataforma Swamp. Características como a longa distância entre a fazenda e o local da plataforma, desafios de comunicação, distâncias entre o pivô central, áreas de plantio, sede da fazenda e até do município, com situações distintas de infraestrutura tecnológica e de comunicação, posicionam-no como um caso desafiador e motivador para o projeto no sentido de transpor desafios. O projeto de

A Figura 7 representa um cenário do piloto que faz a irrigação à taxa variada com o pivô central na região do Matopiba. Um pivô central irriga uma área circular de 100 hectares que alterna as culturas de soja e algodão. O talhão é subdividido em três zonas de manejo identificadas antes da época de semeadura por meio de medidas de condutividade do solo e baseadas nas diferentes características do solo. Cada zona de manejo recebe uma prescrição de irrigação diferente, para equalizar a necessidade de água com o seu uso sustentável. Três tipos gerais de sensores estão representados:

Figura 7 – Irrigação baseada em pivô central em Matopiba



- a) sondas de solo, composto por um conjunto diverso de sensores em diferentes profundidades;
- b) drones, atuando como sensores voadores equipados com câmeras térmicas ou multiespectrais e também transporte de dados para coletar dados dos sensores;
- c) estação climatológica.

O centro do pivô é eletrificado e capaz de controlar os aspersores de água do pivô para irrigar a taxas variadas. As sondas de solo são projetadas para consumir pouca energia, por meio de eletrônica inteligente que permite acionar o sensor somente quando é necessário fazer as medições e transmitir os dados, com tecnologia de baixa potência, como LoRaWAN¹⁴.

O projeto é baseado no conceito de Computação em Névoa (fog computing), no qual os recursos computacionais estão mais próximos dos sensores e atuadores do que da nuvem (cloud computing), que está sempre localizada em algum data center longínquo das propriedades rurais. O pivô central possui componentes computacionais de baixa capacidade (como Raspberry Pi), que permitem realizar processamento, armazenamento temporário e transmissão de dados. Esse componente é chamado de

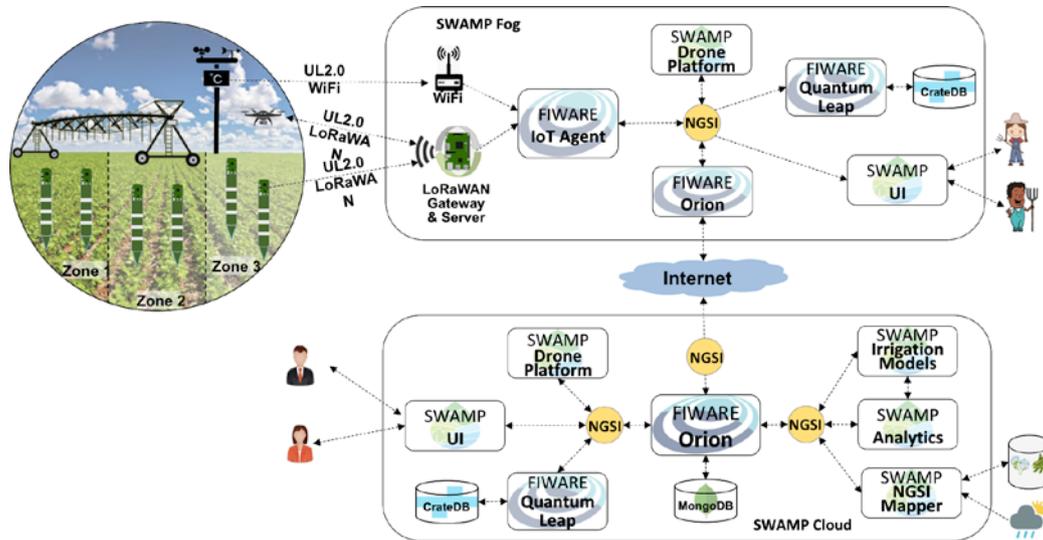
Fog Field Node (nó de campo da fog), que transmite dados para a fog hub, que atua como um agregador da névoa, localizado na sede da propriedade. Assim como o drone e a estação climatológica, esse componente transmite os dados para a fog hub usando uma tecnologia Wi-Fi direcional, que permite aumentar o seu alcance.

O fog hub possui elementos de comunicação (IoT Agent no Fiware¹⁵) para receber os dados dos sensores, transformá-los no formato usado pela plataforma (como JSON) e realizar algum processamento local. O processamento intenso de dados com o uso de modelos tradicionais de agronomia e também analíticos, baseados em aprendizado de máquina, é realizado na nuvem (Swamp Cloud). Além disso, os dados são recepcionados por um componente que trata de contexto (Orion no Fiware) e os distribui entre outros componentes. Dados históricos de produção agrícola e previsão meteorológica complementam o cenário.

A Figura 8 apresenta um detalhamento na implementação da névoa e da nuvem e uma pequena variação na estruturação da transmissão de dados. Nesse último caso, a comunicação é realizada diretamente dos sensores (sondas de solo, estação climatológica, drone) para o fog hub, sem a intermediação do Field Fog Node.

¹⁴ lora-alliance.org
¹⁵ fiware.org/developers/catalogue

Figura 8 – Cenário Matopiba da plataforma Swamp usando Fiware



Por outro lado, a figura detalha os dados sendo recebidos na fog pelo IoT Agent pelo protocolo Ultralight 2.0, que os converte em JSON NGSI e armazena no Orion. Ao Orion estão também conectados os módulos que implementam a plataforma que gerencia as missões dos drones, a interface gráfica, além do banco de dados de séries temporais, o GE QuantumLeap. Este último armazena os dados num banco de dados NoSQL, especializado em IoT chamado CrateDB. O Orion da fog está conectado com o Orion da cloud, que implementa, além dos módulos da fog, os algoritmos inteligentes de modelos de agricultura e analíticos, além dos mapeadores para dados provenientes de sistemas externos (como serviços de previsão de tempo).

Conclusão

IoT é a escolha natural para a automatização da

irrigação de precisão, mas sua adequação ainda carece de comprovação. Os métodos tradicionais de irrigação não realizam o uso adequado das reservas de água, por desconhecimento de informações essenciais para que a irrigação seja precisa. O projeto Swamp é uma colaboração entre Brasil e Europa que usa IoT para a irrigação de precisão, com um foco prático baseado em quatro pilotos para testes em campo. O piloto Matopiba é um caso apropriado para desenvolver, provar e superar os desafios enfrentados pelo uso de tecnologias na agricultura.

A construção da plataforma, com foco nos pilotos apresentados, está sendo realizada com destaque no reuso para outras situações para o tema, mas também com a atenção necessária para ser aplicada em outras situações da agricultura com possibilidade de uso de tecnologia IoT.

Referências

- Atzori, L., Iera, A., Morabito, G., "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*, 54(15), October 2010.
- Bonomi, *et al.*, "Fog computing: A platform for Internet of Things and analytics," Book Chapter, Springer, 2014.
- Brewster, C. *et al.*, "IoT in Agriculture: Designing a Europe-Wide Large-Scale Pilot," *IEEE Comm. Mag.*, September 2017.
- Kamienski, C. *et al.*, "Application Development for the Internet of Things: A Context-Aware Mixed Criticality Systems Development Platform," *Computer Communications*, May 2017.
- Kamienski, C., Soininen, J.P., Taumberger, M., Fernandes, S., Toscano, A., Salmon, T., Filev, R., Torre, A., "SWAMP: an IoT-based Smart Water Management Platform for Precision Irrigation in Agriculture", *Global IoT Summit 2018 (GloTS'18)*, June 2018.
- Martínez, R., Pastor, J.Á., Álvarez, B., Iborra, A., "A Testbed to Evaluate the FIWARE-based IoT Platform in the Domain of Precision Agriculture, *Sensors*, 16(11), November 2016.