

Projeto e implementação de um gateway de internet das coisas (IoT) para otimização e monitoramento de processos do agronegócio**Design and implementation of an internet of things (IoT) gateway for agribusiness process optimization and monitoring**

DOI:10.34117/bjdv6n1-023

Recebimento dos originais: 30/11/2019

Aceitação para publicação: 03/01/2020

Izaias Batista dos Santos

Formação e Instituição: Mestrando em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio pela UTFPR, especialista em Engenharia de Software pela PUC-Minas, MBA em gerenciamento de projetos de TI pelo IGTI e Bacharel em Sistemas de Informação pelo Centro Universitário UDC

Instituição profissional: Instituto Federal do Paraná

Endereço: Avenida Araucária, 780, Bairro Vila A – CEP: 85860-000 – Foz do Iguaçu – PR, Brasil

E-mail: izaiastic@gmail.com

André Sandmann

Formação e Instituição: Doutor em Engenharia Agrícola pela UFCG, Mestre em Modelagem Matemática pela UNIJUÍ e Licenciado em Matemática pela UNIOESTE.

Instituição profissional: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: Avenida Brasil, 4232, Parque Independencia, Medianeira, PR

E-mail: sandmann_andre@hotmail.com

Bruno Estevão de Souza

Formação e Instituição: Graduado em Engenharia de Pesca pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná pela UNIOESTE, mestre e doutor em Aquicultura pelo Centro de Aquicultura da UNESP CAUNESP

Instituição profissional: Instituto Federal do Paraná

Endereço: Avenida Araucária, 780, Bairro Vila A – CEP: 85860-000 – Foz do Iguaçu – PR, Brasil

E-mail: bruno.souza@ifpr.edu.br

Carla Adriana Pizarro Schmidt

Formação e Instituição: Graduada em Agronomia, Mestre em Ciências de Alimentos e Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina (UEL) e especialista em Tecnologia de Sementes e Administração Rural.

Instituição profissional: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: Avenida Brasil, 4232, Parque Independencia, Medianeira, PR, Brasil

E-mail: cs910@yahoo.com.br

Pedro Luiz de Paula Filho

Formação e Instituição: Bacharel em Informática pela Faculdade de Informática Positivo, especialização em Maçonologia: História e Filosofia pelo Centro Universitário Internacional, especialização em Tecnologias de Desenvolvimento de Sistemas pelo Fundação Universidade Regional de Blumenau, Mestrado em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina, Doutorado em Informática pela Universidade Federal do Paraná

Instituição profissional: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: Avenida Brasil , 4232, Parque Independencia, Medianeira, PR

E-mail: plpf2004@gmail.com

André Inácio Melges

Formação e Instituição: Graduado em Engenharia de Produção e Matemática e Mestrando em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio pela UTFPR

Instituição profissional: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: Avenida Brasília 2410 , Apartamento 7 , Cidade Alta . Medianeira Paraná

E-mail:andremelges@hotmail.com

Janaina Fernanda Marcolin

Formação e Instituição: Graduada em Licenciatura em Matemática pela Faculdade de Ensino Superior de São Miguel do Iguaçu, Mestranda em Tecnologias Computacionais Aplicada ao Agronegócio pela UTFPR

Endereço: R. Vereador Plínio Simionatto, 158, Jardimópolis - Serranópolis do Iguaçu - Paraná .

E-mail: janamarcolin@hotmail.com

RESUMO

A população global vem crescendo continuamente e juntamente com este crescimento está o aumento da demanda por alimentos para nutri-la e para isto será necessário ampliar a eficiência na produção dos alimentos sendo que uma das opções é usar a tecnologia da informação (TI) para automatizar e otimizar os processos do agronegócio. Com objetivo de facilitar a automatização dos processos da produção rural, neste trabalho é apresentada uma proposta de simplificação por meio da tecnologia da informação seguindo o conceito de internet das coisas (IoT), que faz parte da definição do termo plataformas emergentes. Com a aplicação da IoT no agronegócio é possível implementar ferramentas e mecanismos que proporcionem eficiência ao atendimento das demandas de alimento da crescente população mundial. Neste trabalho são apresentadas também algumas tecnologias utilizadas para implementar o conceito de IoT, algumas áreas da produção rural em que a IoT pode ser aplicada e uma proposta de facilitação da automatização dos processos da produção rural por meio da tecnologia da informação seguindo o conceito de IoT. A aplicação prática da IoT aplicada ao agronegócio apresentada neste trabalho é baseada na plataforma Arduino.

Palavras chave: Automação, Microcontroladores, Sensores, Tecnologia.

ABSTRACT

The global population has been growing continuously and along with this growth is increasing demand for food to nourish it and for that it will be necessary to increase the efficiency of food production and one of the options is to use information technology (IT) to automate and optimize agribusiness processes. In order to facilitate the automation of rural production processes, this paper presents a proposal for simplification through information technology following the concept of internet of things (IoT), which is part of the definition of the emerging platforms term. With the application of IoT in agribusiness, it is possible to implement tools and mechanisms that provide efficiency to meet the food demands of the growing world population. This paper also presents some technologies used to implement the concept of IoT, some areas of rural production in which IoT can be applied and a proposal to facilitate the automation of rural production processes through information technology following the concept of IoT. The practical application of IoT applied to agribusiness presented in this paper is based on the Arduino platform.

Keywords: Automation, Microcontrollers, Sensors, Technology.

1 INTRODUÇÃO

Um cenário no qual as máquinas se comunicam com outras máquinas por meio da internet e realizam procedimentos sem a necessidade de interação humana, já pode ser uma realidade com a internet das coisas do inglês *internet of things* (IoT).

O termo IoT é a capacidade de realizar conexão com qualquer tipo de dispositivo e permitir com isto um alto nível de interoperabilidade, que é a capacidade de tornar flexível a integração de sistemas desenvolvidos em plataformas ou linguagens heterogêneas.

Conforme Ji et al. (2015), a IoT é um conceito emergente que consiste em um termo que denota um conjunto de tecnologias que surgiram a partir de 2010. É uma rede de objetos habilitados para Internet, bem como os serviços de rede que interagem com esses objetos.

Na área de negócios a IoT oferece diversos benefícios dentro de uma série de áreas das quais são destacadas, por exemplo, as seguintes: cidades, comércio, eventos, agricultura, saúde, energia, indústria e transporte.

A aceleração contínua das inovações tecnológicas demanda cada vez mais eficiência na produção, pois a competitividade aumenta em virtude das facilidades de conexão entre as fronteiras, que em um rol de vantagens, tem uma que é a facilitação do comércio de produtos.

Entre os produtos que tem o comércio facilitado estão os agrícolas e quando se trata do comércio internacional, os produtores que conseguem reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade ganham vantagem competitiva no setor de commodities que, de acordo

com Sarquis (2011), são fundamentais para assegurar saldos comerciais e amenizar restrições de poupança externa do Brasil, podendo ser fortalecidas com uma maior agregação de valor nos segmentos industriais derivados da agropecuária e outros.

O Brasil possui um grande potencial em recursos que favorecem a produção rural, mas para ampliar a competitividade é necessário ampliar a qualidade dos alimentos e reduzir os custos da produção a fim de aumentar a quantidade de produtos aceitos pelas inspeções de qualidade e se tornar mais competitivo. Uma produção precisamente controlada tem sua qualidade elevada tendo em vista que algumas das variáveis ambientais podem ser mantidas em valores ideais.

Uma forma de reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade dos alimentos é utilizar a Tecnologia da Informação (TI) a favor desta demanda com a IoT aplicada à produção rural.

No ramo do agronegócio seria possível utilizar a IoT para conectar sensores de detecção de umidade a fim de obter mais precisão no controle da irrigação, câmeras IP para análise de imagens visando identificar a presença insetos e doenças, RFID para controle e geolocalização de animais, sensores de medição dos parâmetros de qualidade da água e do solo, etc.

Em um cenário ideal no ramo do agronegócio deveria ser possível gerir as atividades do campo de forma mais fácil e precisa otimizando a utilização dos recursos e evitando desperdícios no intuito de torná-la mais eficiente e efetiva.

Alguns desperdícios que ocorrem no campo, quando não possuímos sistemas inteligentes são, por exemplo: excesso de irrigação quando já existe previsão de chuva, exagero na aplicação de produtos químicos como adubos e agrotóxicos quando não há necessidade, etc.

No presente trabalho o conceito de IoT é aplicado ao ramo do agronegócio com uma abordagem voltada de forma geral para o contexto da produção rural tendo como foco apresentar vários cenários presente no agronegócio em que a IoT pode ser aplicada a fim de simplificar, otimizar e facilitar os processos da produção rural.

2 AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS DA PRODUÇÃO RURAL BASEADA EM IOT APLICADA SOBRE A PLATAFORMA ARDUINO

Neste tópico a automação dos processos da produção rural será apresentada com exemplos de tecnologias que podem ser aplicadas para implementar os conceitos de IoT.

As dificuldades atuais para realizar a automação são, por exemplo: alta complexidade para quem não possui expertise na área de tecnologia da informação e automação, custo da mão de obra qualificada e número reduzido de materiais relacionados com o tema.

Na automação do controle de um determinado processo sensores e atuadores são geralmente utilizados para atender às necessidades de monitoramento e atuação nos processos. Os sensores são usados, basicamente, para coletar os dados de um processo e os atuadores servem como acionadores quando desejamos executar algum procedimento.

De acordo com Gunasekera (2018), que construiu uma infraestrutura de IoT para a produção agrícola o propósito principal da IoT para o contexto da área rural é atuar como um hub que vincula dispositivos de sensores heterogêneos e dados deles a várias aplicações. Como tal, deve: poder receber dados de sensores heterogêneos e armazená-los em um formato flexível, fornecer mecanismos para criar aplicativos que utilizem dados em tempo real e históricos, ser robusto e escalável (à medida que aumenta o número de dispositivos, o volume de dados e o uso de aplicativos), ser implantável no local (em vez de ser um serviço baseado em nuvem), fornecer recursos de gerenciamento de dispositivos de sensor (ou seja, manter um registro de sensores e ter a capacidade de enviar comandos para dispositivos) e ter o apoio de uma comunidade ou fornecedor ativo.

Para implementar o projeto de IoT proposto neste artigo foi utilizada a plataforma Arduino, contudo este, naturalmente, não é a única tecnologia disponível no mercado que pode ser utilizada para concretizar a internet das coisas pois existem várias tecnologias à disposição para este trabalho e algumas delas são por exemplo: Raspberry Pi, BeagleBone, ESP8266, Photon, Intel Edison e LoRa, portanto, antes de estudar mais detalhadamente o arduino segue uma breve apresentação de cada uma.

O Raspberry PI é um computador em uma única placa bem pequena que executa o sistema operacional Linux tendo nela portas USB e saída de vídeo HDMI, logo é possível conectar teclado, mouse, monitor e ter assim um computador completo. O Raspberry PI segundo Monk (2016), tem ainda a vantagem de ser muito sofisticado e consumir pouca energia logo é muito mais adequado do que um notebook ou outro computador quando aplicado a cenários nos quais a energia pode acabar e a continuidade dos serviços é necessária, como é o caso de muitos sistemas de controle da IoT.

Raspberry PI é um computador de placa única usado para executar operações de computação e de redes remotas. Este computador é um dos componentes essenciais da Internet das Coisas (IoT), permitindo que o modelo acesse a Internet e, portanto, contribuindo para a automação do processo. (DANKHARA, 2019, p. 700).

No caso do BeagleBone este apresenta as mesmas características listadas para o Raspberry Pi sendo que a principal diferença é com relação ao preço que no caso do BeagleBone este é mais caro. Tanto o Raspberry Pi quanto o BeagleBone possuem recursos bem acima do que é necessário para desenvolver um projeto básico de IoT sendo assim ambos atendem tranquilamente as demandas da IoT.

O componente ESP8266 produzido pela fabricante Chinesa Espressif conforme Oliveira (2017), é um microcontrolador de 32 bits que inclui um núcleo microprocessado Tensilica L106, que funciona na frequência-padrão de 80 MHz, podendo chegar a 160 MHz. O processamento da pilha de protocolos WiFi utiliza 20% da capacidade total de processamento deste microcontrolador, sendo assim 80% da capacidade do processador do mesmo pode ser usado em aplicações do usuário.

O Photon também é um computador em uma placa, contudo em tamanho muito mais reduzido do que os já citados mesmo assim fornece tudo o que é necessário para desenvolver um projeto conectado de IoT. O photon apesar de possuir portas USB, por padrão, não possui saída de vídeo como alguns apresentados.

A Intel Edison é uma pequena placa baseada na plataforma Linux que foi especialmente projetada para ser embutida em projetos de IoT e é o competidor mais próximo do Photon apesar de seu preço ser mais elevado do que o do Photon.

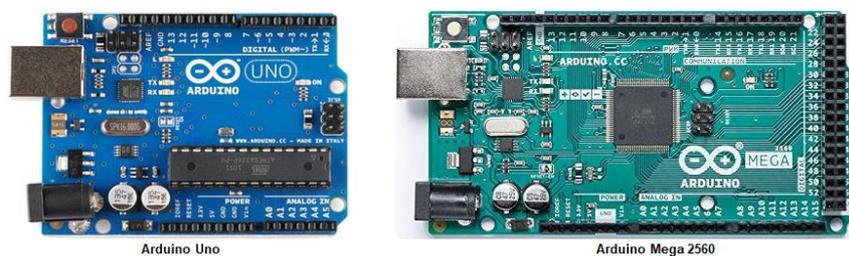
LoRa é uma tecnologia de rádio frequência que permite a comunicação a longas distâncias. Uma rede LoRaWAN usa rádio frequência para transmitir dados de uma forma otimizada em distâncias que podem ser superiores a 15 quilômetro entre os pontos conectados. A distância de transmissão pode ser reduzida em ambientes urbanos para o cenário rural ela é recomendada tendo em vista a ausência de banda larga em muitos casos e ao tempo necessário de transição para o 5G.

Segundo Sinha (2017), LoRa opera em uma banda não licenciada abaixo de 1 GHz para operação de link de comunicação de longo alcance. LoRa é um esquema de modulação de espectro de propagação proprietário que é derivado do chirp de modulação de espectro de dispersão (CSS - *chirp spread spectrum modulation*) e que negocia a taxa de dados para

sensibilidade dentro de uma largura de banda de canal fixo. CSS, que foi desenvolvido na década de 1940, era tradicionalmente usado em aplicações por causa de suas longas distâncias de comunicação e robustez de interferência. LoRa é sua primeira implementação de baixo custo para uso comercial. O nome LoRa deriva da vantagem da capacidade de longo alcance do inglês *long-range* que se beneficia da grande provisão de link fornecido pelo espectro de expansão do esquema de modulação.

Uma grande vantagem da LoRaWAN é a duração da bateria que pode ser de até 10 anos. Devido a estas e outra características esta tecnologia é também uma boa opção para a implementação da IoT no setor rural. Diferente das outras tecnologias apresentadas a LoRa não é um microcontrolador mas pode ser implementada usando o raspberry ou algum gateway compatível. Conforme Queralta (2019), baixa potência e comunicação de longo alcance têm aplicações evidentes em áreas rurais onde a cobertura de celular é ruim e a implantação de infraestrutura de redes Wi-Fi ou similares pode ser cara devido a terrenos difíceis ou da dispersão dos nós de sensores em grandes áreas o mesmo autor afirma ainda que para o cenário agrícola a LoRaWAN e SigFox são as duas soluções mais populares do momento.

O Arduino é a tecnologia mais utilizada atualmente como plataforma para a implementação da IoT e é também a mais difundida entre os estudantes. A tecnologia Arduino conforme Monk (2014), é uma pequena placa de microcontrolador que contém uma conexão USB, tornando possível a ligação com um computador. Além disso, esta contém diversos terminais os quais permitem a conexão com dispositivos externos, como motores, relés, sensores luminosos, diodos a laser entre outros. Na Figura 1 uma placa Arduino no modelo Uno, o mais difundido entre os estudantes, e uma modelo Mega 2560 podem ser observadas.



Fonte: Arduino

Figura 1 - Placas Arduino modelos Uno e Mega 2560

Apesar de ser configurada por meio de um computador a placa Arduino e as demais placas já apresentadas possuem a capacidade de trabalharem de forma autônoma. O projeto da placa Arduino é aberto, ou seja, qualquer pessoa poderá construir placas compatíveis com o mesmo se assim desejar. As placas básicas do Arduino são complementadas por outras placas acessórias (Shields), as quais podem ser encaixadas sobre as placas básicas, conectadas por meio de cabos ou até mesmo usando uma protoboard. Várias IDEs para configuração e programação do arduino são livres e estão disponíveis, gratuitamente, para download na internet, existe versões para: Windows, Linux e Mac OS. Para implementar a IoT utilizando o Arduino ou outro microcontrolador uma shield de ethernet atende as demandas de conexão. Alguns microcontroladores já possuem os componentes de conexão de forma onboard.

3 APLICAÇÃO DA IOT NO AGRONEGÓCIO

Neste tópico é feita uma abordagem da aplicação da IoT no agronegócio e na sequência alguns exemplos de atividades de determinados complexos da produção rural nos quais a IoT pode ser aplicada serão listados feito isto algumas tecnologias que podem ser integradas com a IoT a fim de atender aos seus princípios serão relacionadas.

A aplicação do conceito de IoT não é obtida com a simples automação, contudo esta ajuda a implementar a IoT. O conceito de internet das coisas é mais abrangente, quando automatizamos fazemos com que uma atividade que exigia um esforço manual seja executada por mecanismos tecnológicos, contudo em muitos casos a interação humana permanece, como por exemplo: dirigindo uma empilhadeira ou operando um controle remoto, o conceito de IoT é mais avançado e neste a interação humana é menos demandada ou seja as máquinas interagem umas com as outras e fazem isto com o auxílio da internet.

A plataforma de IoT deve fornecer suporte para pesquisadores e desenvolvedores trabalharem no projeto em soluções de protótipos para vários cenários dos domínios de pesquisa da agricultura de precisão, maricultura e monitoramento ecológico. A plataforma deve permitir a rápida criação de bancos de ensaio e protótipos de novas modelagem e funções preditivas. (POPOVIC et al., 2017, p. 256).

De acordo com Ray (2018), um sistema IoT é baseado em dispositivos que fornecem atividades de sensoriamento, atuação, controle e monitoramento. Na IoT os dispositivos

podem trocar dados com outros dispositivos conectados e aplicações, ou coletar dados de outros dispositivos e processar os dados localmente ou enviar os dados para a central de servidores ou back-ends de aplicativos baseados em nuvem para processar os dados ou executar algumas tarefas localmente e outras dentro da infraestrutura de IoT baseada em restrições temporais e espaciais (ou seja, memória, capacidades de processamento, latências de comunicação e de velocidades e prazos).

Em grande parte dos trabalhos analisados os autores elaboraram os mecanismos de automação utilizando hardware de computadores em conjunto com microcontroladores como, por exemplo, o arduino e diversos componentes eletrônicos tais como: resistores, sensores, atuadores, transistores, protoboard, gateways, etc.

Um gateway de IoT é uma suíte de componentes eletrônicos e softwares que funciona como uma interface mediadora entre sensores, computadores, homens e internet por isso a camada de interface é também conhecida como camada de gateway. A camada de gateway de acordo com Kotha (2018), contém as informações de redes como LAN ou WAN, etc. Ela realiza transformações de dados e torna os dados brutos recebidos adequados para serviços em nuvem e estabelece o caminho para a comunicação de ponta a ponta.

Uma das vantagens de utilizar um Gateway de IoT conforme Ray (2018), é que uma camada de gateway IoT facilita a infraestrutura do padrão inteligente. A camada de nó da IoT consiste em dispositivos IoT com menos recursos, menos processamento, menos potência e menor capacidade de consumo de energia. O gateway IoT vincula os dispositivos da camada de nó da IoT nas bordas da rede a uma infraestrutura de rede central de uma maneira programável remotamente.

No meio rural são vários os complexos que podem ter parte de seus processos automatizados seguindo os princípios da IoT sendo alguns deles por exemplo: avicultura, suinocultura, aquicultura, hidroponia, aquaponia, irrigação, pecuária, greenhouses, máquinas pesadas, agricultura de precisão, controle de ervas daninhas, controle de qualidade de alimentos, monitoramento de produtos armazenados, etc.

Em um aviário, por exemplo, tarefas de processos que podem ser automatizadas são: controle da temperatura ambiente, alimentação das aves incluindo alimentadores e bebedouros, ventilação, aquecimento, controle dos gases por exaustão, etc.

De acordo com Camargo (2019), o conforto térmico no interior de instalações de criação de frangos de corte é essencial na obtenção de bons resultados nesta atividade de produção. A avaliação das condições termodinâmicas adequadas requer a medição e controle,

geralmente implicando em custos e manutenção especializada. No trabalho do mesmo foi implementado um sistema automatizado cujo objetivo foi monitorar a distribuição de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar utilizando sistema, de baixo custo, de código aberto e de fácil uso, com hardware Arduíno e software Scilab para aquisição de dados em tempo real.

Já no caso da suinocultura um mangueirão de porcos também tem vários itens que podem ser automatizados tais como: cortinas de blackout, alimentadores, bebedouros, controle dos gases por exaustão, ventilação, etc.

Para Bokinkito Jr (2017), na gestão moderna da área de aquicultura, um controle remoto da qualidade da água e cultura intensiva controlada por computador é a futura tendência para a área da aquicultura.

Na aquicultura é possível automatizar o monitoramento da temperatura da água, nível de pH, nível de oxigênio dissolvido (DO), nível da água, turbidez, controle de alimentador e de aeração, etc.

Segundo Benavent (2018), o monitoramento dos peixes e a inspeção na aquicultura exigem manipulação extremamente delicada do cultivo a fim de evitar danos, contudo métodos de amostragem são geralmente invasivos, caros, demorados e trabalhosos. Sensores ópticos e sistemas de visão de máquina demonstraram serem métodos muito apropriados para um desenvolvimento mais rápido, mais barato e não invasivo para trabalhar com peixes vivos.

No contexto do plantio hidropônico as plantas crescem apenas com água e componentes químicos que são misturados nesta a fim de nutrir as necessidades das plantas. Itens que podem ser automatizados nesta área são, por exemplo: recirculação da água, irrigação, dosagem de nutrientes, controle do crescimento, monitoramento das pragas, etc.

Segundo Romli et al. (2018), a palavra aquaponia surge da junção da aquicultura com a hidroponia, os peixes e também outros animais aquáticos produzem resíduos e o sistema de cultivo trata-os como nutrientes e absorve-os no canteiro hidropônico. Após passar pelos canteiros a água limpa retorna ao tanque. Isto é como o sistema de recirculação da aquicultura realmente trabalha.

A integração da aquicultura com a hidroponia por meio da aquaponia traz redução de custo para ambas haja vista que a água dos açudes dos peixes passa pelos canteiros hidropônicos a fim de nutrir as plantas e como esta já possui os resíduos originados dos peixes não há necessidade de inclusão de nutrientes químicos adicionais depois a água passa por filtros de cerâmica expandida e volta filtrada para os açudes. Alguns itens que podem ser

automatizados na aquaponia são: crescimento das plantas, controle da luminosidade, temperatura da água, recirculação, pH, etc.

No complexo da pecuária pode ser usado balanças em campo para pesagem dos gados a fim de que esta atividade cause menos impacto físico e estresse nos animais, sensores RFID podem ser inclusos individualmente nos animais para controlar a quantidade do rebanho e a geolocalização em tempo real, o estado das cercas pode ser monitorado para que um alerta seja enviado caso algum fio de arame seja arrebentado.

Nas greenhouses que no Brasil são, também, conhecidas como estufa inteligente é possível instalar sensores para medição de temperatura e umidade do ar e acionar atuadores a fim de manter as variáveis do ambiente interno das estufas em valores ideais, identificar por meio de câmeras e sistemas de análise de imagens a presença de pragas agilizado, assim, a aplicação das medidas necessárias. Vale lembrar que nestes ambientes controlados a presença de pragas como insetos é muito mitigada.

Um exemplo de IoT aplicada à greenhouse é o do trabalho de Wang (2018), que implementou um sistema de gerenciamento, monitoramento e controle do ambiente em estufa que foi desenvolvido baseado no Google Web Toolkit (GWT). Usando método de chamada remoto do inglês (RPC - *remote method call*) AJAX como método de comunicação entre o navegador e o servidor da web, no sistema foram realizadas funções como: configuração dos parâmetros de aquisição e controle, correspondência adaptativa do banco de dados entre gateway e servidor, diagnóstico adaptativo dos parâmetros de monitoramento, o notificador dos parâmetros de monitoramento, a geração adaptativa da interface e assim por diante.

As máquinas pesadas mais atuais já apresentam muitos sistemas embarcados e IoT inclusos em sua estrutura. Os tratores autônomos, por exemplo, possuem sensores de distancia que possibilitam identificar antecipadamente o risco de colisão com outros veículos enviando alerta para o trator em tempo oportuno para a frenagem e são equipados para transmitir mapas geográficos das áreas que estão sendo trabalhadas de forma online.

De acordo com Foughali et al. (2017), a agricultura de precisão pode ser definida como a arte e a ciência do uso da tecnologia para melhorar a produção agrícola. Esta é obtida fornecendo informações pertinentes à agricultura, adequadamente relacionadas a fatores metrológicos como: temperatura, umidade, sol e vento. Na agricultura de precisão é possível aplicar a IoT em: plantio inteligente do inglês *smart planting*, mapeamento geográfico, controle de pulverização, etc.

Um exemplo de aplicação da IoT à agricultura de precisão é o do trabalho de Castro et al. (2016), que implementou uma rede de sensores sem fio que é capaz de obter medições de umidade do solo de diferentes zonas de um cultivo de morangos e de acordo com os dados coletados determina o tempo de irrigação de uma área em particular que deve ser irrigada utilizando o método de gotejamento.

No contexto da agricultura de precisão a implementação de técnicas inteligentes de irrigação que melhoram a eficiência e o uso da água ajudará os agricultores a tornar suas atividades mais rentáveis e, ao mesmo tempo, melhorar juntamente a sustentabilidade da agricultura.

Na irrigação pode ser utilizados sensores de umidade do solo para irrigar de forma eficiente, ou seja, quando realmente houver necessidade, sensores de chuva para não ligar os equipamentos de irrigação de forma desnecessária, controlar os parâmetros de qualidade da água, sistema de alerta para o controle do estresse hídrico de plantas usando a IoT, etc.

Também é possível fazer a automação do controle de ervas daninhas conforme Dankhara (2019), que diz que atualmente, os robôs inteligentes aprimoraram o sistema de controle de plantas daninhas perceptivas para fornecer tratamento por planta. No entanto, isto requer um classificador de planta daninha que pode separar as plantas e as ervas daninhas analisando dados de imagem usando técnicas de visão computacional para IoT e rotule-as em tempo real. Esses robôs inteligentes baseados em IoT usam modelos pré-treinados armazenados para a classificação de diferentes tipos de combinações de plantas e ervas daninhas que variam ao longo da estação e colheitas.

A IoT também pode ser aplicada na avaliação da qualidade dos produtos das agroindústrias e um exemplo de utilização está no trabalho de Ma (2018), que implementou um sistema de língua eletrônica (ET – *Electronic Tongue*), sistema inteligente que imita o mecanismo de percepção humano do sabor, para detecção da qualidade do suco de laranja com base na internet das coisas. O sistema consiste em três peças: terminal de detecção portátil, sistema de comunicação sem fio e plataforma de serviço em nuvem. Durante a detecção, o terminal de detecção portátil foi usado para obter dados de “impressões digitais” de vários tipos de sucos baseados no grande potencial de varredura de pulso e depois transmitiram esses dados para um serviço em nuvem através de um sistema de comunicação sem fio, bem como os métodos de reconhecimento de padrões utilizado para analisar os dados. Por fim, os resultados foram comparados com o banco de dados interno de “impressão digital” da bebida na plataforma em nuvem, de modo a obter as informações de marca ou adulteração do suco.

Neste estudo, o sistema ET desenvolvido foi usado para identificar a marca de suco de laranja e detecção de pureza. Por meio das interfaces para dispositivos móveis, computador ou web os usuários podem monitorar em tempo real os parâmetros de qualidade dos sucos e a rastreabilidade do produto na sociedade.

A IoT pode ainda ser usada para avaliar em tempo real a qualidade dos produtos armazenados em depósitos como por exemplo o modelo proposto segundo Tervonena (2018), que implementou um sistema para monitoramento de condições durante o período de armazenamento de vegetais em depósito e de acordo com o autor ao armazenar vegetais, é importante que os valores ótimos de umidade e temperatura não se desviem desproporcionalmente porque exceder os valores limite pode levar a uma deterioração da qualidade. Para atender o fim foram implantados sensores para a leitura das variáveis do ambiente do depósito e um sistema que gera notificações e interfaces com gráficos para facilitar monitoramento e acompanhamento foi desenvolvido.

O conceito de IoT também pode ser aplicado no cultivo de abelhas conforme Debauchea et al. (2018), que desenvolveram sistemas automáticos e eficazes para monitorar o comportamento das abelhas. O uso de sensores na agricultura de precisão está se disseminando, especialmente na apicultura de precisão. De fato, a tecnologia da (WSN - *Wireless Sensor Network*) tem sido amplamente utilizada por apicultores e muitos pesquisadores para monitorar especialmente as condições ambientais da colmeia, detectar enxames ou contar entrada e saída de abelhas. A Internet das Coisas associada à computação em nuvem oferece possibilidades de monitorar e acompanhar a saúde das colônias de abelhas. Os dados podem ser coletados e enviados automaticamente para um gateway em um determinado momento. Os dados para monitoramento das abelhas podem prover de múltiplas origens, como observações pontuais, imagens, vídeos, sons e séries temporais, etc. No passado o monitoramento das atividades das abelhas foi realizado manualmente, mas não foi possível detectar o comportamento de centenas de abelhas dentro e fora das colmeias.

Para atender de forma mais plena o conceito de IoT é necessário também a inclusão de métodos que adicionem inteligência aos sistemas e uma forma de aplicar tal princípio é utilizar *machine learning* na análise de dados coletados pelos sensores. Segundo Mahdavinejad (2018), a IoT consiste em um conjunto de dispositivos que podem transferir dados entre si para otimizar o desempenho destes, essas ações ocorrem automaticamente e sem necessidade de consciência ou contribuição humana. A IoT inclui quatro componentes

principais: 1) sensores, 2) redes de processamento, 3) dados de análise sobre dados e 4) monitoramento do sistema.

Considerando que o volume de dados coletados na IoT vem aumentando, a IoT gera uma grande quantidade de dados caracterizada por sua velocidade em termos de tempo e dependência de localização, com variedade de múltiplas modalidades e qualidade de dados variáveis e para atender o componente 3 o processamento e análise inteligentes dos big data são a chave para o desenvolvimento de aplicativos inteligentes de IoT. Com sistemas que ajudam na tomada de decisões a administração dos processos do agronegócio pode ficar mais simplificada o que é o caminho para avançar rumo ao conceito de fazendas inteligentes do inglês *smart farming*.

O conceito de *smart farming* segundo Wolfert (2017), é um desenvolvimento que enfatiza o uso da tecnologia da informação e comunicação no ciclo de gerenciamento ciberfísico das fazendas. Espera-se que as novas tecnologias, como a IoT e a computação em nuvem alavanquem esse desenvolvimento e introduzam mais robôs e inteligência artificial na agricultura.

4 EXEMPLO PRÁTICO DE AUTOMAÇÃO SEGUINDO O CONCEITO DE IOT APLICADO À AQUICULTURA

Na sequência deste trabalho serão apresentados os exemplos práticos que foram implementados de forma voltada para o complexo da aquicultura e logo após as decisões sobre as tecnologias selecionadas e implementações serão detalhadas.

Para implementar o gateway de IoT foi utilizada a plataforma open-source Arduino e sensores e atuadores compatíveis com a mesma plataforma foram utilizados. O modelo de placa de Arduino utilizado neste projeto é o Mega 2560.

Para medir o nível da água foi utilizado o sensor Ultrassônico de Medição de Distância HC-SR04. No caso da medição do pH foi utilizado o sensor SEN161 que é especialmente projetado para controladores Arduino sendo de conexão prática e outros recursos. Já para a medição de temperatura e umidade interna do gateway foi utilizado o sensor DTH22 que utiliza técnica exclusiva de coleta de sinal digital e umidade e tecnologia de detecção, assegurando sua confiabilidade e estabilidade. Seus sensores são conectados a um chip de computador com 8 bits.

Para medir a temperatura da água foi utilizado o sensor do tipo termômetro digital DS18B20 o qual fornece medições de temperatura em Celsius de 9 bits a 12 bits e possui função de alarme com pontos de gatilho superior e inferior programáveis pelo usuário e não voláteis. E por último para medição da turbidez foi usado o sensor SEN0189 que funciona da seguinte forma, utiliza luz para detectar partículas suspensas em água, medindo a transmitância da luz e taxa de dispersão, que muda com a quantidade de sólidos suspensos totais (TSS) na água. À medida que o TSS aumenta, o líquido aumenta o nível de turbidez.

O controle dos atuadores é feito utilizando um módulo de relés a fim de eliminar o trabalho do circuito de ativação com transistores, relés, conectores, leds e diodos. As especificações dos relés do módulo selecionado são as seguintes: Modelo: SRD-05VDC-SL-C, tensão da operação: 5VDC. A Figura 2 exibe alguns dos componentes eletrônicos utilizados no projeto de automação da aquicultura.

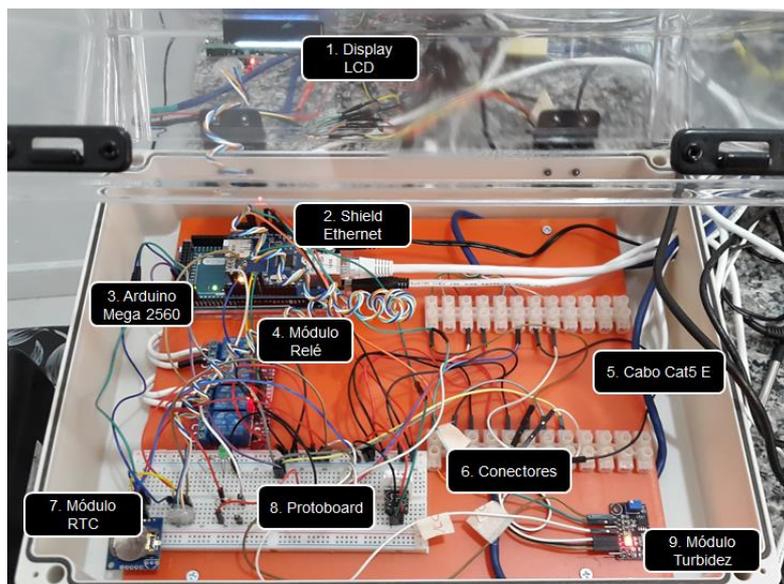


Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2 - Alguns dos componentes eletrônicos utilizados no projeto

5 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Para montar o Gateway foi utilizada uma caixa especialmente projetada para ser resistente à exposição solar e também à chuva. Os detalhes da montagem do Gateway podem ser verificados na Figura 3.



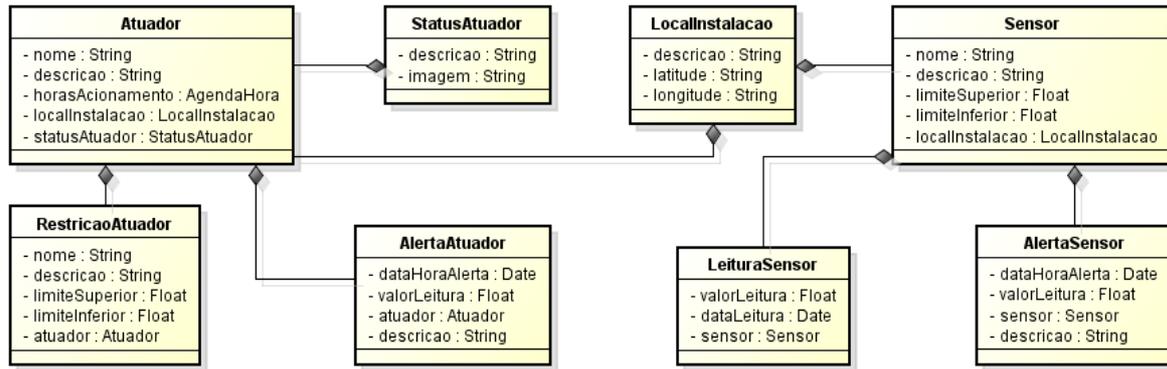
Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3 - Gateway do sistema de monitoramento da aquicultura

Na Figura 3 o componente 1. Display LCD exibe as informações dos sensores e atuadores em tempo real; o componente 2. Shield Ethernet está conectado à placa Arduino e permite a conexão com a internet; o componente 3. Arduino Mega 2560 é o microcontrolador do Gateway; o componente 4. Módulo Relé é o acionador dos atuadores: bomba de recirculação, bomba de acionamento e alimentador automatizado; o componente 6.

Conectores, serve para simplificar e tornar mais prática a conexão dos componentes externos que neste caso são os sensores e atuadores que conecta os cabamentos internos do Gateway ao componente 5. Cabo Cat5 E o qual conduz os dados e energia até os sensores; o componente 7. Módulo RTC fornece informação de data e tempo para o sistema; o componente 8. Protoboard serve para fazer as conexões necessárias entre os componentes do sistema; o componente 9. Módulo Turbidez é parte do sensor de turbidez e foi incluso no Gateway a fim de obter maior desempenho.

Para implementação dos sensores no Arduino foi utilizado a IDE padrão do Arduino que usa linguagem wiring que é basicamente C/C++. A aplicação do Gateway, sistema de monitoramento da aquicultura (SISMAQUI), foi implementada com o fim de facilitar a gestão, controle e operação dos componentes instalados em campo, o digrama de classes do SISMAQUI pode ser visualizado na Figura 4.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 4 - Diagrama de classes da aplicação SISMAQUI

O diagrama de classes apresentado na Figura 4 é o documento que facilita o entendimento dos códigos implementados entre os analistas e desenvolvedores, nele é possível visualizar os atributos correspondentes aos dados que serão armazenados na base de dados. O diagrama possibilita ver que para um sensor, por exemplo, os dados a serem armazenados são: nome, descrição, limite superior, limite inferior e local de instalação.

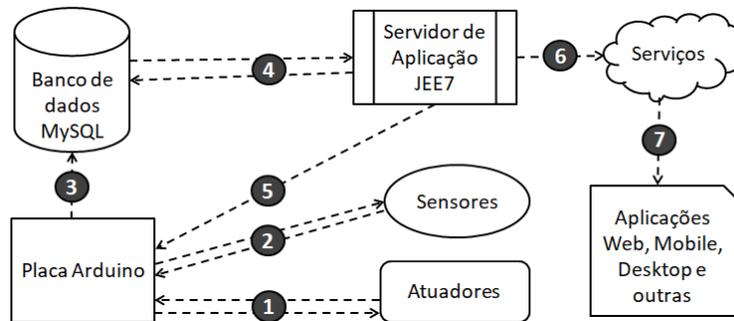
O sistema possui uma interface implementada para a tela dashboard da aplicação. Uma tela dashboard é uma interface que possibilita ter uma visão geral e resumida dos dados importantes em uma aplicação.

Componentes do tipo Metergauge, o qual tem um ponteiro, permite monitorar os dados de pH da água, temperatura da água, nível de turbidez da água e nível da água do açude. Os atuadores instalados são listados em uma datagrid, sendo eles: alimentador automatizado, aerador e bomba de abastecimento de água.

Nesta aplicação é possível monitorar, remotamente, as operações de campo tais como: Alertas disparados para os sensores e atuadores, status dos sensores e atuadores, como por exemplo, no atuador alimentador de peixes automatizado é possível verificar o nível do suprimento de ração e quando o nível está abaixo de 20% a aplicação notifica, automaticamente, via email os operadores responsáveis pelo reabastecimento.

A aplicação está internacionalizada e traduzida para 5 idiomas: Português, inglês, espanhol, francês e italiano. Esta foi desenvolvida visando ser responsiva e portátil e estará homologada para os navegadores Google chrome, Internet Explorer e Mozilla Firefox, será responsiva e testada nas resoluções de 1024 x 600 até 3840 x 2160.

Na aplicação o usuário é cadastrado, necessariamente, em um determinado perfil que pode ser: administrador, visualizador ou outro. A integração das tecnologias foi feita conforme o diagrama de arquitetura conceitual apresentado na Figura 5.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 5 - Diagrama de arquitetura conceitual

Na Figura 5 é possível, também, verificar a sequência lógica da atividade de monitoramento, inicialmente, os dados são coletados pelos sensores e/ou atuadores e lidos pela plataforma arduino a qual envia os mesmos, por meio de serviços web de comunicação, para o banco de dados MySQL o qual os armazena, permanentemente, deixando-os disponíveis para a aplicação que os acessa via conexão HTTP, feito isto as informações são disponibilizadas por serviços.

Para implementação dos sensores apresentados foi utilizado a IDE padrão do Arduino que usa linguagem wiring que é basicamente C/C++, os detalhes do código implementado no arduino podem ser observados na sequência, a Figura 6 apresenta as funções implementadas para ligar e desligar a bomba de recirculação da água dos açudes.

```

116 //=== Funções Ligar e Desligar Bomba para Recirculação ===
117 void ligaBombaRecirculacao(){
118     Serial.println("A bomba de recirculação está ligada");
119     delay(100);
120     digitalWrite(porta_rele2_bomba_recirculacao, HIGH); //Liga rele 2
121     delay(200);
122 }
123
124 void desligaBombaRecirculacao(){
125     Serial.println("A bomba de recirculação está desligada");
126     delay(100);
127     digitalWrite(porta_rele2_bomba_recirculacao, LOW); //Desliga rele 2
128     delay(200);
129 }

```

A chamada das funções apresentadas na Figura 6 é feita no laço de repetição (loop), conforme pode ser observado na Figura 7.

```

631 //=== Loop para Sensor de Temperatura da Água =====
632     float temp[qtdeSensores];
633     int x,y,i,j;
634     sensors.requestTemperatures();
635     for(i=0;i<qtdeSensores;i++){
636         temp[i] = sensors.getTempC(sensores[i]);
637         Serial.print("Temperatura da Água ");
638         //Serial.print(i); Para usar vários sensores
639         Serial.print(": ");
640         Serial.print(temp[i]);
641         lcd.setCursor(0, 0);
642         lcd.print("Temp Agua: ");
643         lcd.print(temp[i]);
644         Serial.println("°C");
645         lcd.print("C");
646         tempagua = (float(temp[i]));
647         //== Verifica se precisa ligar a bomba ==
648         if (temp[i]>30){
649             ligaBombaRecirculacao();
650         }else{
651             desligaBombaRecirculacao();
652         }
653     }
654     delay(10);

```

Figura 7: Condições para ligar ou desligar a bomba de recirculação

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na linha 648 do código apresentado na Figura 7 é verificado se a temperatura da água está acima de 30°C, se sim o sistema liga a bomba de recirculação se não passa para a linha 651 e a bomba permanece desligada ou é desligada se já estiver ligada.

A Figura 8 apresenta as funções implementadas para ligar e desligar a bomba de abastecimento de água para os açudes.

```
131 //=== Funções Ligar e Desligar Bomba de Abastecimento ===
132 void ligaBombaAbastecimento() {
133     Serial.println("A bomba de abastecimento está ligada");
134     delay(100);
135     digitalWrite(porta_rele3_bomba_abastecimento, HIGH); //Liga rele 3
136     delay(200);
137 }
138
139 void desligaBombaAbastecimento() {
140     Serial.println("A bomba de abastecimento está desligada");
141     delay(100);
142     digitalWrite(porta_rele3_bomba_abastecimento, LOW); //Desliga rele 3
143     delay(200);
144 }
```

Figura 8: Funções para ligar e desligar a bomba de abastecimento

Fonte: Elaborado pelos autores.

A chamada das funções apresentadas na Figura 8 também é feita no loop, conforme pode ser observado na Figura 9.

```
170 //=== Bloco no Loop para Sensor de Nível da Água - Ultrasônico =====
171     delay(10);
172     Serial.print("Nível da Água: ");
173     int dist = sonar.ping();
174     Serial.print(sonar.convert_cm(dist)); // Converte distância para centímetros
175     Serial.println("cm");
176     if (sonar.convert_cm(dist)>20) {
177         ligaBombaAbastecimento();
178     } else {
179         desligaBombaAbastecimento();
180     }
```

Figura 9: Condições para ligar ou desligar a bomba de abastecimento

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tendo em vista que para todo atuador controlado seria necessário implementar uma função de ligar ou desligar um determinado equipamento uma forma de otimizar e deixar o código mais enxuto foi implementando uma função genérica conforme pode ser visto na Figura 10.

```

298 void ligaOuDesligaEquipamento(int porta, String statusrequerido, String msg){
299     Serial.println(msg);
300     delay(100);
301     digitalWrite(porta, 'statusrequerido');
302     delay(100);
303 }

```

Figura 10: Função genérica para ligar ou desligar equipamentos

Fonte: Elaborado pelos autores

Na linha 298 da Figura 10 pode ser observado que os parâmetros necessários devem ser passados ao chamar a função. Um exemplo de utilização desta função está ilustrado na Figura 11.

```

715 delay(10);
716 Serial.print("Nível da Água: ");
717 int dist = sonar.ping();
718 Serial.print(sonar.convert_cm(dist)); //Converte distância em centímetros
719 nivelagua = sonar.convert_cm(dist);
720 Serial.println("cm");
721 if (sonar.convert_cm(dist)>20){
722     ligaOuDesligaEquipamento(porta_rele3_bomba_abastecimento,"HIGH",
723     "A bomba de abastecimento está ligada");//ligaBombaAbastecimento();
724 } else {
725     ligaOuDesligaEquipamento(porta_rele3_bomba_abastecimento,"LOW",
726     "A bomba de abastecimento está desligada");//desligaBombaAbastecimento();
727 }

```

Figura 11: Utilização da função genérica para ligar ou desligar equipamentos

Fonte: Elaborado pelos autores

Na linha 721 da Figura 11 é verificada se a distância entre o sensor ultrassônico e a água é maior do que 20 cm, caso sim a função genérica é chamada com parâmetros que correspondem ao evento de ligar a bomba de abastecimento de acordo com o que pode ser observado na linha 722 caso contrário, conforme a linha 725, a função genérica é chamada com parâmetros que correspondem ao evento de desligar a bomba de abastecimento.

6 ANALISE DOS DADOS

No projeto do componente Gateway foram definidos os sensores que seriam compatíveis com o mesmo sendo que não há garantia de pleno funcionamento para sensores diferentes destes com o componente implementado.

Após a implementação do Gateway o mesmo foi testado e os dados foram coletados por um período de tempo depois da coleta os dados foram analisados e não houve inconsistências nem discrepâncias com as variáveis do ambiente real.

7 DISCUSSÕES FINAIS

Para visualizar o quanto a automatização otimiza os processos de produção é necessário comparar os resultados anteriores com os posteriores à automação, para isto é importante considerar: os esforços empregados, o tempo gasto, a qualidade e percentagem de aceitação dos produtos, etc.

A principal vantagem de utilizar um Gateway de IoT é o encapsulamento das complexidades para implantação e das existentes na rotina de operação o que facilita a utilização da tecnologia tanto no contexto do agronegócio quanto em outros.

As principais dificuldades para realizar o projeto são fragilidade e curto tempo de vida dos equipamentos eletrônicos quando utilizados em ambientes de intensa umidade e necessidade de calibrar alguns sensores selecionados antes e do uso.

O mesmo Gateway confeccionado neste projeto para atender à aquicultura poderá ser utilizado em outros complexos ou cadeias de produção rural depois de adaptar as configurações de programação para os sensores e atuadores demandados por cada área.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Arduino Products**. <<https://www.arduino.cc/en/Main/Products>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

BENAVENT, Muñoz, P. et al. Enhanced fish bending model for automatic tuna sizing using computer vision. **Computers and Electronics in Agriculture**, Espanha, v. 150, 2018.

Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

BOKINGKITO JR, Paul B., LLANTOS, Orven E. Design and Implementation of Real-Time Mobile-based Water Temperature Monitoring System. **Procedia Computer Science**, Indonésia, v. 124, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

CAMARGO, Tiago F. B. et al. Termal comfort monitoring in aviaries by a real-time data acquisition system. **Agriambi**, Brasil, v. 23, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.com>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

CASTRO, Nesly Diana C., CHAMORRO, Luis Eduardo F., VITERI, Carlos Andrés M. Uma red de sensores inalámbricos para la automatización y control del Riego localizado. **Revista de Ciencias Agrícolas**, Colombia, v. 33, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.com>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

DANKHARA, Fenil, PATEL, Kartik, DOSHI, Nishant. Analysis of robust weed detection techniques based on the internet of things (IoT). **Procedia Computer Science**, India, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 04 dez. 2019.

DEBAUCHE, Olivier. et al. Web Monitoring of Bee Helth for Researchers and Beekeepers Based on the Internet of Things. **Procedia Computer Science**, Belgium, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

GUNASEKERA, Kutila. et al. Experinces in building an IoT infrastructure for agriculture education. **Procedia Computer Science**, Sri Lanka, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

Ji, Changbo. et al. An IoT and Mobile Cloud based Architecture for Smart Planting. **Materials and Information Technology Applications**, China, 2015. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

KARIM, Foughali, KARIM, Fathalah, FRIHIDA, Ali. Monitoring system using web of things in precision agriculture. **Procedia Computer Science**, Tunisia, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

KOTHA, Harika Devi. GUPTA, V Mnssvk. **IoT Application, A Survey**. International Journal of Engineering & Technology, India, v. 7 (2.7), p. 891-896, 2018. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

MA, Zeliang. et al. Design and application of electronic tongue system for orange juice quality detection using internet of things. **IFAC PapersOnLine**, China, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

MAHDAVINEJAD, Mohammad S. et al. Machine learning for internet of things data analysis: a survey. **Digital Communications and Networks**, Iran, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

MONK, Simon. **Guia do Maker para o Apocalipse Zumbi**. Novatec. São Paulo – SP. 2016.

MONK, Simon. **Projetos com Arduino e Android**. Bookman. Porto Alegre – RS. 2014.

OLIVEIRA, Sérgio. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. Novatec. São Paulo – SP. 2017.

POPOVIC, Tomo. et al. **Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: A case study**. Computers and Electronics in Agriculture, Montenegro, v. 140, p. 255–265, 2017. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

QUERALTA, J. P., et al. Comparative Study of LPWAN Technologies on Unlicensed Bands for M2M Communication in the IoT: beyond LoRa and LoRaWAN. **Procedia Computer Science**, Filand, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

RAY, P.P. **A survey on Internet of Things architectures**. Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences, India, v. 30, p. 291–319, 2018. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

ROMLI, Muhamad Asmi. **Aquaponic Growbed Water Level Control Using Fog Architecture**. Journal of Physics, Malásia, v. 1018, 2018. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

SARQUIS, José Buainain. **Comércio Internacional e Crescimento Econômico no Brasil**. Funag. Brasília – DF. 2011.

SINHA, Rashmi S., WEI, Yiqiao, HWANG, Seung-Hoon. A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT. **ICT Express** 3, Republic of Korea, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

TERVONEN, Jouni. Experiment of the quality control of vegetable storage based on the

Internet-of-Things. **Procedia Computer Science**, Filand, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

WANG, Jizhang. et al. Manage system for internet of things of greenhouse based on GWT. **Information Processing in Agriculture, China**, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

WOLFERT, Sjaak. et al. Big Data in Smart Farming – A review. **Agricultural Systems**, The Netherlands, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 03 dez. 2019.