



Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"

**MATHEUS CAETANO MACHADO**

**ARQUITETURA APOIADA POR INTERNET OF THINGS PARA  
GESTÃO DE PIVÔ CENTRAL DE IRRIGAÇÃO NA AGROINDÚSTRIA**

Assis

2016

**MATHEUS CAETANO MACHADO**

**ARQUITETURA APOIADA POR INTERNET OF THINGS PARA GESTÃO  
DE PIVÔ CENTRAL DE IRRIGAÇÃO NA AGROINDÚSTRIA**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

**Orientando: Matheus Caetano Machado**  
**Orientador: Prof. MSc. Guilherme de Cleve Farto**

**Assis/SP**  
**2016**

## FICHA CATALOGRÁFICA

MACHADO, Matheus Caetano

**Arquitetura Apoiada Por Internet Of Things Para Gestão De Pivô Central De Irrigação Na Agroindústria/** Matheus Caetano Machado. Fundação Educacional do Município de Assis – Fema – Assis, 2016

52p.

1. Internet of Things 2. Irrigação 3. Agroindústria

CDD: 0001.6  
Biblioteca da FEMA

# ARQUITETURA APOIADA POR INTERNET OF THINGS PARA GESTÃO DE PIVÔ CENTRAL DE IRRIGAÇÃO NA AGROINDÚSTRIA

**MATHEUS CAETANO MACHADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis,  
como requisito do Curso de Graduação, analisado  
pela seguinte comissão examinadora:

**Orientador:** Prof. MSc. Guilherme de Cleve Farto

**Analisador(1):** Prof. Dr. Luiz Carlos Begosso

Assis

2016

## RESUMO

A *Internet of Things*(IoT) ainda é um conceito, porém já há indústrias conectando 'coisas' como, por exemplo, máquinas e aparelhos. Desse modo intendem que não precisa da interface humana para determinada atividade ou tarefa. Na atualidade, a irrigação é uma importante técnica para os agricultores do Brasil e do mundo. A *IoT* tem capacidade para amenizar os danos a natureza causado pela irrigação e para facilitar a tarefa do agricultor nas tomadas de decisão. A proposta deste trabalho foi pesquisar e compreender os conceitos de *IoT* e também os conceitos de irrigação. Após, um modelo arquitetural *de Internet of Things* foi proposto para apoiar o gerenciamento de pivôs de irrigação e por fim de implementar uma possível solução tanto na parte de sistema quanto para o sistema de irrigação.

**Palavras-chave:** Internet of Things, Irrigação, Agroindústria.

## ABSTRACT

The Internet of Things is still a concept, but there are already connecting industries 'things' such as machinery and equipment. This would intendem that does not need the human interface for a particular activity or task. Today, irrigation is an important technique for farmers in Brazil and the world. The IoT has the capacity to mitigate the damage to nature caused by irrigation and to facilitate the farmer's task in decision making. The purpose of this study was to investigate and understand the concepts of IoT and also the concepts of irrigation. After an architectural model Internet of Things was proposed to support the pivots irrigation management and to implement a possible solution both in the system and for the irrigation system.

**Keywords:** Internet of Things, Irrigation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Participação do Agronegócio na economia .....	16
Figura 2: Evolução na produção de grãos 1960-2010 .....	15
Figura 3: Irrigação convencional.....	17
Figura 4: Irrigação por gotejamento.....	18
Figura 5: Irrigação subsuperficial.....	19
Figura 6: Irrigação por pivô central .....	20
Figura 7: GPS .....	22
Figura 8: Drone Agrícola.....	23
Figura 9: Dados convertidos em sabedoria .....	28
Figura 10: Arduino Uno.....	30
Figura 11: Sensor de umidade.....	31
Figura 12: Shield Ethernet .....	31
Figura 13: Modelo Proposto.....	33
Figura 14: Contextualização de MQTT .....	35
Figura 15: Protótipo do Pivô Central .....	36
Figura 16: Modulo relé.....	38
Figura 17: Comunicação Servidor .....	39
Figura 18: Tela de Conexão .....	39
Figura 19: Tela de visualização de dados.....	40
Figura 20: Tela de comando.....	41
Figura 21: Código de conexão com servidor .....	42
Figura 22: Código de service para recebimento de dados.....	42
Figura 23: Código para enviar comandos .....	43

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.2 - OBJETIVOS.....	11
1.2.1 - OBJETIVOS GERAIS .....	11
1.2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
1.3 - JUSTIFICATIVAS.....	12
1.4 - MOTIVAÇÃO.....	12
1.5 - ESTRUTURA DO TRABALHO .....	13
<b>2 – FUNDAMENTOS DA AGROINDÚSTRIA.....</b>	<b>15</b>
2.1 ESTATÍSTICAS NA AGROINDÚSTRIA.....	15
2.2 EVOLUÇÃO DA AGROINDÚSTRIA .....	16
2.3 – MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO .....	18
2.3.1 IRRIGAÇÃO CONVENCIONAL .....	18
2.3.2 IRRIGAÇÃO LOCALIZADA.....	19
2.3.3 IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL.....	20
2.3.4 IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL.....	21
2.4 PROJETOS DE AUTOMAÇÃO NA AGROINDÚSTRIA.....	23
2.5 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA AP .....	25
<b>3 – INTERNET OF THINGS (IOT) .....</b>	<b>27</b>
3.1 CONCEITOS .....	27
3.3 TECNOLOGIAS E PLATAFORMAS RELACIONADAS.....	28
3.4 BENEFÍCIOS E DESAFIOS.....	29
3.5 OPORTUNIDADES NA AGROINDÚSTRIA.....	31
<b>4– PROPOSTA DO TRABALHO .....</b>	<b>33</b>
4.1 DEFINIÇÃO DE CENÁRIO EXPERIMENTAL .....	33
4.2 MODELO ARQUITETURAL PARA INTERNET OF THINGS NA AGROINDÚSTRIA .....	35
4.3 TECNOLOGIAS E RECURSOS ADOTADOS .....	37
<b>5 - DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....</b>	<b>39</b>
5.1 ARQUITETURA IMPLEMENTADA.....	39

5.2 APLICAÇÃO MOBILE .....	43
5.3 EXPERIMENTOS E AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM PROPOSTA .....	45
<b>6 - CONCLUSÃO .....</b>	<b>47</b>
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	47
6.2 TRABALHOS FUTUROS .....	47
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

Nos últimos, com o clima instável secas fora de época e com o aumento na procura de alimentos, a aquisição de sistemas de irrigação vem sendo fortemente adotada pelos agricultores do Brasil e do mundo. Segundo Manaíra (2015) hoje há uma área de 1,17 milhão de hectares sendo irrigadas por pivôs. Esse segmento é o que mais cresce no Brasil, o crescimento por ano gira em torno de 50 a 80 mil hectares por ano.

Porém, de acordo com o Antonelli (2012) 70% do consumo de água doce no Brasil é destinada para a agricultura, desta quase metade é desperdiçada por manejo ou irrigação mal utilizada.

A partir deste cenário, a uma grande tendência em de se criar uma solução que se possibilita a economia de água e o aumento de produção sem interferir na natureza.

Para Calbo Adonai Gimenez, pesquisador da Embrapa, estudos tem mostrado que o uso de sensores em plantações pode reduzir em 50% em comparação a uma área sem nenhum método de manejo. Além reduzir o consumo de água ajuda no combate de doenças no solo (ÉPOCA,2015).

O uso de *IoT*, dados meteorológicos nas lavouras teve redução de 60% no consumo de água e de energia, pois muitas vezes por falta de conhecimento o agricultor usa mais do que é preciso (FAST COMPANY BRAZIL,2015).

De acordo com o KRCO et al. (2013), os dados recolhidos pelos sensores espalhados pelas fazendas podem ser comercializados por empresas de climatologia, por órgãos governamentais e distintos institutos. Além disso os sensores podem ajudar o agricultor a monitorar as atividades dos seus funcionários, fornecendo estatísticas e históricos sobre as operações agrícolas como por exemplo, o uso de componentes com GPS e hardware para análise do solo e clima.

Outro exemplo de automação bem-sucedida é a agricultura de precisão que, segundo a Embrapa, é um sistema que visa aumentar o os lucros e reduzir impactos ambientais. Tal técnica se disseminou somente na década de 80, quando sensores, computadores e até satélites foram concedidos para permitiram a difusão dos conceitos, de especificação e gerenciamento da variabilidade espaço-temporal.

De acordo com Junior et. al (2012), há relatos que investigam o uso da agricultura de precisão exista desde o início do século XX, porém somente nos anos 1980 surgiu a primeira geração de mapa de produtividade, bem como as primeiras adubações com doses variadas.

Porém a agricultura de precisão começou a tomar força em 1995.

O objetivo desse trabalho é desenvolver uma ferramenta completa para automatizar a irrigação, dar mais inteligência e eficiência, assim como oportunizar a coleta de dados por meio de sensores instalados nas lavouras. Além disso, este trabalho propõe o estudo e desenvolvimento de um aplicativo que auxilia o agricultor na tomada de decisão.

## 1.2 - OBJETIVOS

### 1.2.1 - OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral deste projeto é pesquisar e explorar os conceitos de automação na agroindústria, bem como ferramentas, técnicas e arquiteturas necessárias para a elaboração de aplicativos que auxiliará com a técnica da proposta de economia de água na agricultura.

A partir deste projeto, foi possível fazer um comparativo entre os métodos atuais de irrigação com o sistema de automatização usando *IoT* com a finalidade de demonstrar os pontos positivos e negativos.

### 1.2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Pretende-se, com este trabalho, adquirir conhecimento para a implementação de um protótipo de *software* para tomada de decisão para irrigação em *Google Android*. Também, junto a este *software* foi desenvolvido uma maquete com um protótipo de

pivô central. Para tornar possível a elaboração e desenvolvimento do projeto, tanto das partes teóricas quanto das práticas, os objetivos específicos foram instituídos:

- Desenvolver a arquitetura do ambiente;
- Desenvolver a documentação do software;
- Desenvolver uma maquete do pivô;
- Realizar a implementação.

### 1.3 - JUSTIFICATIVAS

Tendo em vista que a sociedade brasileira já enfrentou uma grande crise hídrica, ainda que o Brasil é um país que tem a maior porcentagem de água doce superficial de acordo com a FAO e mesmo assim a população sofreu com racionamentos de água, e como a agricultura é uma grande consumidora de água é preciso repensar no uso dessa água.

Segundo KRCO et. al (2013), no ano de 2015 terá três vezes mais objetos conectados do que pessoas no mundo. Em 2020, haverá 50 bilhões de equipamentos conectados para apenas cerca de 7,6 bilhões de humanos.

Olhando para o futuro da *Internet of Things*, os benefícios, facilidade de implementação e afim de apresentar um modelo de automação de baixo custo para a agroindústria no setor de irrigação principalmente do setor de produção de grãos.

### 1.4 - MOTIVAÇÃO

O desenvolvimento deste projeto sugere novas e melhores formas de contribuir com o consumo eficiente de água, não somente na agroindústria, mas nas áreas que o uso da água é essencialmente vital para a produção agrícola.

A pouca implementação e a pouca avaliação de projetos de automação na área da agricultura, principalmente na gestão de irrigação focando no setor de produção de grãos que em vista hoje um grande consumidor de água na agricultura.

Aplicar conceitos de *IoT* para coletar dados por sensores e ao mesmo tempo controlar todo sistema de irrigação por meio de um sistema automatizado, porém desenvolver um sistema que possibilite o agricultor tomar uma decisão correta.

Outra motivação são as consideráveis possibilidades de o mercado de trabalho precisar de profissionais com conhecimento e experiências na linha de *IoT*, já que é uma área emergente, principalmente no setor da agroindústria, uma vez que no Brasil tem forte demanda no setor de agricultura precisão.

## 1.5 - ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será estruturado nas seguintes partes:

O Capítulo 1, pretende contextualizar a área de estudo e apresentar os objetivos, a justificativa e a motivação para o desenvolvimento desta pesquisa.

No Capítulo 2, Fundamentos da Agroindústria, aborda sobre estatísticas da agroindústria, sobre a evolução da agroindústria, métodos de irrigação, projetos de automação na agroindústria e os benefícios e desafios para a área emergente.

O Capítulo 3, aborda os conceitos de *IoT*, estatísticas de uso, apresentar um pouco das tecnologias relacionadas, benefícios e desafios não somente no campo, mas em todas cadeias produtivas e a expor as oportunidades que a agroindústria para utilização de *IoT*.

O Capítulo 4, aborda a definição do cenário experimental ou seja aonde será implementado, expor um modelo arquitetural para Internet of Things na agroindústria, além das tecnologias e recursos adotados para o desenvolvimento do projeto.

No Capítulo 5, apresenta um estudo de caso para validar o desenvolvimento do conjunto de componentes implementado.

No Capítulo 6, Conclusão, apresenta as conclusões da pesquisa, bem como revisar os resultados obtidos.

## 2 – FUNDAMENTOS DA AGROINDÚSTRIA

O intuito deste capítulo é o de demonstrar conceitos básicos e fundamentais para o entendimento dos meios de produção do agronegócio brasileiro a partir do meio irrigado.

Neste capítulo, encontra-se também estatísticas mostrando tanto na evolução da agroindústria quanto também a evolução da produção tanto no sequeiro quanto nas áreas irrigadas.

### 2.1 ESTATÍSTICAS NA AGROINDÚSTRIA

Segundo informações da Conab, a safra brasileira 2014/2015 gerou um novo recorde de produção de grãos que era de 193,62 milhões de toneladas para 209,5 ou seja 15,9 de toneladas a mais que na safra 2013/2014. Ainda de acordo com a Conab, isso se deve ao crescimento da produtividade da segunda safra de milho que aumentou 12,6% em relação a safra passada e ao aumento de 11,8% na produção de soja (Portal Brasil,2015).

De acordo com o Ministério da Agricultura o agronegócio representou 45,9% da balança comercial de 2015, que foi quase 3% maior que em relação ao mesmo período do ano anterior (Portal Brasil,2015).

A Figura 1 ilustra a evolução da participação do agronegócio na balança comercial brasileira.



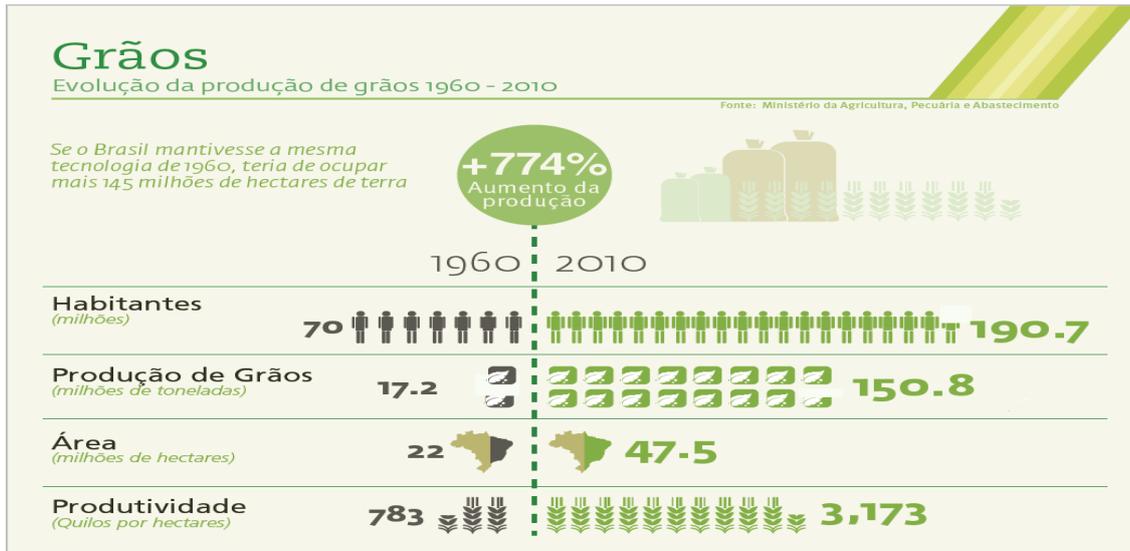
**Figura 1: Participação do Agronegócio na economia**

Fonte: Ministério da Agricultura

## 2.2 EVOLUÇÃO DA AGROINDÚSTRIA

Segundo o Ministério da Agricultura se o Brasil tivesse a mesma tecnologia da década de 60 a área necessária para atingir a mesma produção de 2010 seria de 145 milhões de hectares. Ao analisar a Figura 2 seguir percebe-se que a área agricultável praticamente passou um do dobro, além disso, a produção aumentou mais de 774%.

A Figura 2 ilustra a evolução da produção de grão no Brasil de 1960 a 2010.



**Figura 2: Evolução da produção de grãos no Brasil**  
Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Segundo as previsões do governo, a safra de 2022/2023 será de 222,3 milhões de toneladas contra 193,62 milhões da safra 2013/2014 quando criaram essa estimativa, porém num limite mais alto podendo chegar a 274,8 milhões de toneladas. Sendo que a área cultivada poderá aumentar 8,2% superando 53,0 milhões de 2013 para 57,3 milhões de hectares. (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013).

De acordo com a EMBRAPA(2014), países concorrentes com o Brasil na produção de grãos, tanto soja quanto outros cereais vão estabilizar suas produções vendo que a maioria deles já atingiram todas as áreas disponíveis para produção de cereais e oleaginosas. Porém, o Brasil possui apenas no cerrado cerca de 50 milhões de hectares de terras aptas e que ainda não foram utilizadas para o plantio.

Uma região que demonstra grande avanço do crescimento da agroindústria é a do MATOPIBA que é uma região que engloba dos estados Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, que na safra de 2013/2014 era de 18,107 milhões de toneladas para 19,539 milhões para safra 2014/2015. E ainda a projeção do Governo Federal é que a produção aumente 20% para próximos anos(G1,2015).

## 2.3 – MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

Neste capítulo, é apresentado o modelo mais utilizados de irrigação tanto no Brasil quanto no mundo, irrigação convencional, localizada, automatizada, por gotejamento e por pivô central. Também serão apresentados alguns exemplos de projetos na agroindústria além de benefícios e desafios para automatização no campo.

### 2.3.1 IRRIGAÇÃO CONVENCIONAL

Segundo Silva et. al (2012), irrigação convencional tem como técnica de fornecer água para exigência da planta pela segmentação do jato de água em gotas sobre o solo.

Para Stone (2002), irrigação convencional é considerado o sistema simples de irrigação por aspersão, que é composto por moto bomba, tubulações e aspersores. Esse tipo de irrigação apresenta algumas vantagens e desvantagens.

Tal modelo apresenta pontos favoráveis como, por exemplo a possibilidade de se irrigar em terrenos com alto grau de declividades acentuadas, bem como utilizado em solos arenosos com alta capacidade de infiltração permitindo a irrigação frequente com baixa quantidade de água, além claro da distribuição uniforme de água.

Nenhum sistema pode ser 100% eficiente e como todos eles tem falhas como, lugares aonde se tem ventos fortes esse tipo de irrigação pode perder eficiência na distribuição uniforme da água.

Também em regiões onde se tem umidade relativa do ar baixa tem percas pela evaporação de água e além de favorecer a incidência de doenças nas plantações principalmente doenças causadas por fungos.

A Figura 3, ilustra irrigação convencional.



**Figura 3: Irrigação Convencional**  
**Fonte:** JÚNIOR, Aderson Soares de Andrade

### **2.3.2 IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

Segundo Silva et al., (1999 apud MATOS, 2005, p. 02) o sistema de irrigação localizada é muito utilizada e muito importante nas áreas de fruticultura, horticultura e fertirrigação no contexto agrícola no Brasil. Esse tipo de irrigação é frequentemente utilizada em culturas aonde o espaçamento entre linhas é maior (Silva et al., 2005).

De acordo com Bernardo (1995), esses modelos de irrigação se caracterizam por destinar água apenas na área radicular da plantas, sempre de menor intensidade, porém com alta regularidade do meio em que deixe o solo úmido sem ocorrer drenagem por gravidade.

Segundo Esteves et al. (2012), as vantagens da irrigação localizada são economia de mão de obra por ser um sistema de ponto fixo, a grande possibilidade de eficácia no controle fitossanitário, por não irrigar ervas daninhas e de também por não molhar as partes áreas das plantas tem menos aparecimento de fungos e insetos assim reduzindo gastos com inseticidas, herbicidas e fungicidas e pôr fim a disponibilidade<sup>3</sup> de se adaptar em diferentes tipos de solo.

De acordo com Esteves et al., (1996 apud MATOS, 2005, p. 03) ainda quando comparada a outros métodos de irrigação, a irrigação localizada tem como vantagem de trabalhar sob

pressões baixas de serviço e, portanto, o consumo de energia e o motobomba serão menores.

O principal ponto negativo desse sistema de irrigação é o entupimento de emissores afetando consideravelmente a homogeneidade da distribuição da água. (Esteves et al., 2012)

A Figura 4 ilustra irrigação localizada por gotejamento.



**Figura 4: Irrigação Gotejamento**  
Fonte: Rural Pecuária

### 2.3.3 IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL

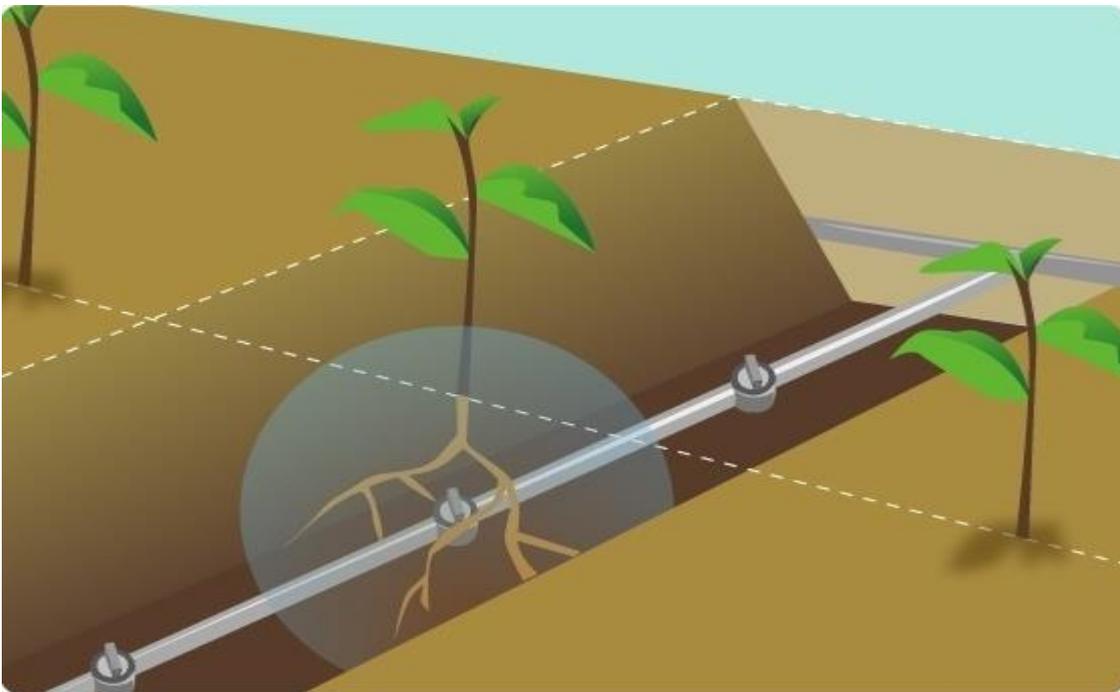
Segundo Marques et al.(1986 apud AZEVEDO, 2006, p. 18), Esse método de irrigação tem o solo como meio de propagação da água, no qual os transmissores ficam sob a superfície do solo dentro da camada que reside o sistema radicular das plantas. Esse método foi criado em Israel devido, à carência de recursos hídricos da região.(Marques et al.(1985 apud Manfrinato, 2006, p. 18)) .

De acordo com Oliveira et al.(2013), as principais vantagens do uso desse modelo de irrigação são, maior automação da irrigação e eficiência do uso da água, menor evaporação evitando o desperdício de água, a possibilidade da aplicação da água no sistema radicular das plantas, facilidade no manejo pois todo o sistema de irrigação fica de enterrado assim as máquinas podem transitar na área sem causar danos ao sistema, redução na germinação de ervas daninhas, possibilidade de obter maior produtividade, já que a planta

pode receber água e nutrientes na hora exata, possibilidade de fertirrigação e menor incidência de doenças causadas por fungos.

Também esse método conta com uns pontos negativos que segundo Oliveira et al.(2013) descrevem com tais, custo elevado s3e comparados com outros métodos disponíveis, impedimento de verificar se os gotejadores estão funcionando, Maior tendência de entupimento dos emissores pela entrada de raízes

A Figura 5, ilustra a irrigação subsuperficial .



**Figura 5: Irrigação subsuperficial .**  
Fonte: UOL

### **2.3.4 IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL**

De acordo com Carvalho et al. (2007), o pivô central foi desenvolvido por Frank Zybach, que patenteou seu grande invento em 1952 no Colorado EUA, porem ganhou força naquele pais em 1960 , somente em 1970 já avisa 800.000 hectares sendo irrigados naquele pais.

Ainda segundo Carvalho et al. (2007), no mundo há 4 milhões de hectares, sendo que no Brasil há 710.000 hectares ocupados pelo sistema, sendo 5,89% da área cultivada no Pais.

Segundo Andrade (2001), este modelo de irrigação consiste de uma lateral que gira em torno de um círculo. Componentes da linha lateral metálica são sustentados por torres no

modelo de “A” e conectados por juntas flexíveis. Motores elétricos colocados em cada uma das torres permitem que movimento do pivô.

Pivôs podem irrigar áreas de até 117 hectares, porém o ideal que não ultrapasse de 50 a 70 hectares (Andrade ,2001). Porém aqui no Brasil tem pivôs instalados com área de até 365 hectares, ainda de acordo com Andrade(2001) pivôs permitem muita automação e, a medida que aumenta a área irrigada é aumentada, o preço por hectare do pivô fica mais baixo.

Esse modelo tem como pontos positivos como a facilidade de operação, redução de mão-de-obra, possibilidade de automação. Como todo sistema esse também tem algumas limitações que são a restrição de irrigação em áreas retangulares, áreas com declives maiores que 20% e a necessidade do solo ter uma alta taxa de infiltração. (Carvalho et al.,2007).

A Figura 6 ilustra irrigação por pivô central em Cristalina, Goiás.



**Figura 6: Irrigação por pivô central**

**Fonte:** Hidro Sistemas

## 2.4 PROJETOS DE AUTOMAÇÃO NA AGROINDÚSTRIA

Projetos de automação na agricultura tem um termo de definição no campo que se chama Agricultura de precisão, ou AP. De acordo com a EMBRAPA (2015), agricultura de precisão é um tema que não se prende apenas a algumas culturas e regiões mas sim é um tema abrangente e multidisciplinar, esse sistema é integrado de tecnologias e informações que podem influenciar positivamente nas culturas.

Segundo Molin (2013), tem-se dados de que já utilizava AP desde o início do século XX, mas somente em 1980 a Europa gerou o primeiro mapa de produtividade e os EUA conseguiu fazer a primeira adubação em doses variadas.

De acordo a Revista Agropecuária (2012), os agricultores brasileiros estão cada vez mais implantando AP em seus campos, sendo o GPS como o principal instrumento, pois há várias maneiras de uso no campo, como planeamento de plantio, mapeamento em campo, amostragem de solo, direcionamento das maquinas (piloto automático), inspeção da colheita e mapeamento da produção, ele ainda permite que os agricultores trabalhem durante situações de pouca visibilidade como chuva, poeira, nevoa e até a noite. Ainda segundo a Revista com o uso do GPS consegue-se a exata navegação pela área, minimizando repetição e falhas nas aplicações de defensivos agrícolas e falhas na aplicação de fertilizantes no solo.

A Figura 7 ilustra um GPS agrícola.



**Figura 7: GPS**

**Fonte:** Agrokeosul

Outra tecnologia que está sendo bem procurada e utilizada nas propriedades rurais são os drones, que segundo site do Globo Rural, estão desempenhando diversas funções na fazenda, como o uso mais conhecido de análise de plantação que servem para detectar doenças, excesso de irrigação, falhas de plantio. Um uso bastante interessante para a pecuária é o acompanhamento de pastagens onde de cima é possível escolher pontos estratégicos para coleta de solo para análise, ainda na pecuária o drone tem condição de contar os animais sem necessidade de uso de pessoas e também da para procurar animais que se perder do rebanho assim evitando desgaste e recursos.

A Figura 8 ilustra um drone pulverizador agrícola.



**Figura 8: Drone Agrícola**

**Fonte:** Tierra Fertil

## 2.5 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA AP

Segundo Pires et al. (2004) a agricultura conhecida como convencional, com intenso uso de agrotóxicos e adubação química tem um grande impacto ambiental negativo, portanto sendo diariamente questionada em sua viabilidade, e ainda passa por grande pressão da sociedade quanto a desenvolvimento de práticos que não tenha impacto no meio ambiente. Ainda segundo o autor o uso de AP podem trazer vários benefícios como por exemplo na aplicação localizada de agrotóxicos que ajudam a reduzir o impacto no meio ambiente.

Os benefícios da AP podem ser resumidos em melhorias da área do cultivo, o uso racional de insumos assim gerando economia ao agricultor, menor impacto ambiental, priorização dos investimentos nas áreas produtoras, maior fluxo de informação e conseqüentemente melhoras na tomada de decisão e valorização da propriedade rural. (Pires et al. 2004).

De acordo com Pires et al.(1999, apud Christensen et al., 2004), a aplicação de herbicidas em taxa variável gerou uma economia de produto entre 15 a 19% na cevada, de 9 a 89% no trigo, 12 a 94% no milho e de 30 a 72% na soja.

Porém a AP tem limitações que as mais que se destaca como a falta de recurso pelo agricultor adquirir um sistema completo, sistemas podem ser lucrativos somente em algumas situações, a maioria das propriedades ainda não tem suporte para AP, custo altamente elevado, dificuldade operacional, falta de instrução do produtor e dificuldade no entendimento dos fatores com a variabilidade (Pires et al. 2004);

As limitações ainda vão além como na interpretação dos grandes volumes de dados sobre a variabilidade e temporal para tomada de decisão. (Pires et al. 2004).

### 3 – INTERNET OF THINGS (IoT)

Neste capítulo será apresentada a tecnologia de Internet das coisas ou IoT, seus conceitos de usabilidade, bem como os benefícios que essa tecnologia abrangente tem a nos oferecer. Descrever desafios como questões de segurança e privacidade também são relatados. Por fim os conceitos explorados são relacionados a outras plataformas existentes como por exemplo, BigData.

#### 3.1 CONCEITOS

Em 1991, Mark Weiser criou o conceito de comunicação ubíqua, tendo que principal ideia era que os computadores estariam espalhados em diferentes posi para nos ajudar nas tarefas cotidianas. Dessa forma quanto menor a percepção de interação máquina e homem melhor seria o desempenho da tecnologia (Ministério das Comunicações, 2015).

Segundo Dev Tecnologia (2014), Internet das Coisas é o termo definido para detalhar um modelo tecnológico no qual os objetos físicos estão conectados na rede e podem ser acessados por meio da Internet.

De acordo com o site SAS, a Internet das Coisas é constituído de 3 principais objetos que são as (coisas) ou recursos, redes que se conectam(Internet), e sistema de computação que geram e transmitem dados para as coisas, ou seja, objetos conectados.

A plataforma *IoT* pode ser confundir com termo *Machine-to-Machine(M2M Communications)*, que na realidade se trata de comunicação entre máquinas sem que um usuário esteja envolvido no processo de trocas de informação. *M2M* tem grande potencial para agir e ser tendência no setor industrial, bem como no uso doméstico da comunicação de dispositivos assim podendo fazer com que dispositivos do ambiente se comuniquem e interajam. (Martins et al., 2015).

Com a criação da tecnologia sem fio, houve a mobilidade da rede de maneira que conseguiu explorar e conectar dispositivos que antes não se conectavam na rede. Portanto, dispositivos móveis, como tablets e smartphones, puderam ser conectados à rede de

computadores e mais pessoas passaram a ter acesso a internet. Como resultado, o paradigma ou conceito de IoT se populariza . (Martins et al., 2015).

### 3.2 ESTATÍSTICAS DE ADOÇÃO

Segundo Evans (2011), em 2003 existiam aproximadamente 6,3 bilhões de habitantes e apenas 500 milhões de dispositivos conectados à Internet. Considerando-se esses dados a *IoT* não existia em 2003, pois a quantidade de dispositivos conectados era pequeno considerando dispositivos gerais, como por exemplo, os populares smartphones estavam sendo apresentados.

De acordo com KRCO et. al (2013), em 2008 pela primeira vez o número de equipamento conectados na Internet ultrapassara o número de habitantes. Em 2011 o número de habitantes era de 7 bilhões, enquanto que o de dispositivos era de 13 bilhões. A previsão de KRCO et. al (2013) estimava que em 2015 haveria 3 vezes mais dispositivos conectados do que pessoas no mundo e que, para 2020, 50 bilhões estarão conectados na rede.

Segundo Ciência e Dados (2015), a Oracle lançou um portal de *IoT* e a IBM criou um centro de inovação para negócios baseados *IoT*. Além disso, startups têm sido criadas para conceber soluções de tecnologia.

### 3.3 TECNOLOGIAS E PLATAFORMAS RELACIONADAS

Dentre tecnologias e plataformas relacionadas com *IoT* não pode deixar de relacionar *IoT* com *Bigdata*, com *cloud computing* , com *analytics*, *Node-RED* ,*MQTT*, também não se pode esquecer dos embargados como os *arduinios*, *raspybarry* e entre outros.

De acordo com ALECRIM (2008), *Cloud Computing* se relaciona à ideia de usarmos, em diferentes lugares e independente das plataformas, distintas aplicações por meio da Internet com a mesma facilidade sem que seja necessário possuir aplicações instalada no dispositivo móvel.

*Bigdata* pode ser definido, de maneira simples, como sendo a análise de um grande repositório de dados para a criação de novos dados importantes. Segundo ZIKOPULOS et. al (2012), Bigdata se define em três características: volume, velocidade e variedade. Onde velocidade significa que a análise dos dados deve ser conduzida quase em tempo real, pois se demorar muito para analisar os dados irá prejudicar o negócio. Volume é o tamanho da base de dados. Por fim, variedade significa que se pode ter, numa mesma base dados, não somente dados estruturados mas também dados não estruturados.

Segundo COLUMBUS (2015), quase 80% dos desenvolvedores de IoT gastam pelo menos 25% do seu tempo com *analytics*, e também os desenvolvedores dizem gastar 42% com *big data*. E ainda 26% dos desenvolvedores de *IoT* preferem 3 vezes mais usar *cloud computing*.

Para facilitar a desenvolvimento de Internet das coisas foi desenvolvido o *Node-RED*, essa ferramenta facilita o desenvolvedor a reunir todos os níveis diferentes de fluxos de eventos tanto digitais e físicas que compõem *IoT*. *Node-RED* tem capacidade de interpretar *twitter*, ou ter acesso a uma porta serial. O projeto *Node-RED* é foi criado por código aberto no GitHub, sob licença Apache 2. (HEIDLOFF, 2015).

Outra tecnologia relacionada a IoT é o *Messaging Queue Telemetry Transport* (MQTT). Criado em 1999 por Andy Stanford-Clark (IBM) e Arlen Nipper (*Eurotech*). Essa tecnologia trata-se de um protocolo de mensagens de arquitetura *publish/subscribe*, direcionados a dispositivos restritos e redes sem segurança. MQTT adota o protocolo TCP/IP para se conectar, ela oferece pequena sobrecarga no rede e possibilitando a notificação quando um cliente se desconecta da rede de maneira inequívoca. (Martins et al., 2015).

### 3.4 BENEFÍCIOS E DESAFIOS.

A Internet trouxe a várias áreas como a educação, comunicação, negócios, ciência, e a humanidade em geral, tem-se à conclusão que a Internet é uma das criações mais importantes e poderosas de toda a história. (EVANS, 2011).

A internet das coisas não apoia somente projetos de automação de casas, ou para simplesmente automatizar alguns recursos, mas a Internet das Coisas veio para o mundo

para simplificar e facilitar o trabalho no campo, no comércio, transporte público e entre outros.

A Internet das Coisas será a próxima evolução da Internet, tendo uma grande vantagem na eficiência de coletar, avaliar e compartilhar dados que podem dar origem à informação e ao conhecimento. (EVANS, 2011).

*IoT* vai proporcionar um grande aumento no volume de dados que serão disponíveis para o processamento, isso permitirá grandes avanços e descobertas para a sociedade, claro junto com a capacidade da internet de comunicação dos dados. (EVANS, 2011).

A Figura 9 ilustra uma pirâmide em que a ideia de compartilhamento de informações e aproveitamento de experiências de como os dados são examinados pelos humanos. Dados são informações de matéria-prima processada, sozinhos são inúteis, mas se analisados em massa pode-se observar tendências e padrões. Junto essas e outras fontes de informações podem ser unidas para construir o conhecimento.



**Figura 9: Dados convertidos para sabedoria**

Fonte: Adaptado de Evans, 2011

Desta maneira, a Internet das Coisas motiva um grande aumento na quantidade de dados disponíveis para serem processados. Além disso, promove a adoção de IoT em distintos contextos da sociedade. (EVANS, 2011).

Entretanto a Internet das Coisas tem grandes barreiras que podem atrasar seu desenvolvimento. As maiores limitações, segundo EVANS (2011), as três maiores barreiras serão a implementação do IPv6, energia para alimentar sensores, e padrões tanto para segurança, arquitetura, privacidade e segurança.

Em fevereiro de 2010, os endereços IPv4 se esgotaram. Apesar disso, tal problema ainda não foi sentido pela população em geral, apesar de ser um problema tem um grande potencial para retardar o avanço da *IoT*, porém o IPv6 facilitará o comando de redes devido a novos recursos implementados de autoconfiguração e pelo aprimoramento dos recursos de segurança. (EVANS,2011).

Para Evans (2011), outro desafio para que *IoT* realizar seu potencial completo os sensores terão que ser auto sustentável. Pois não será e terá sentido trocar baterias de bilhões dos dispositivos. Por isso os sensores terão que ser autossustentáveis ou seja produzir eletricidade a partir de elementos naturais como vibrações, luz e ar.

### 3.5 OPORTUNIDADES NA AGROINDÚSTRIA

As oportunidades que a internet das coisas pode oferecer não é só para o campo mas sim para toda cadeia produtiva que vai desde a venda de máquinas e insumos agrícolas, desde o plantio, que poderá ter sensores de sementes, à a colheita, até para o quem compra os produtos produzidos pelos agricultores.

Segundo Rashidy (2015), hoje em dia já existem sensores pra monitoramento de pragas, humidade de solo e clima. Se esses sistemas forem reunidos os agricultores poderão ter controle total sobre a produção além de poder ter acesso a todas as informações de diferentes lugares.

Tecnologias com Internet das Coisas, *Bigdata*, *Analytics* e *Cloud Computing* devem ser de uso comum dos agricultores e pecuarista moderno, indiretamente como na forma de aplicativos e sistemas de informatização que auxiliaram nas tomadas de decisão. (FAGUNDES,2015).

De acordo com Fagundes (2015), com o uso destas tecnologias que os agricultores do mundo inteiro estarão utilizando eles serão observados atentamente pelos compradores de *commodities* e analistas de mercado que por fim poderão ter uma previsão da safra, essas

informações poderão ser utilizadas para negociações do mercado futuro, preços das *commodities* e infrações para investimentos.

## 4- PROPOSTA DO TRABALHO

### 4.1 DEFINIÇÃO DE CENÁRIO EXPERIMENTAL

Para a criação do cenário experimental será utilizado um Arduino UNO, 2 sensores de umidade de solo, um *Ethernet shield*, uma maquete em miniatura representando um pivô central, um uma bomba d'água.

O Arduino UNO é um microcontrolador, que dispõe de 14 pinos digitais e seis entradas analógicas. Por meio dele que sensores se conectam ao *Ethernet Shield*. O Arduino UNO receberá as informações dos sensores que serão processadas as informações e mandara essas informações para a aplicação feita em *Android* para a comunicação entre software e o pivô central.

A Figura 10 mostra o *Arduino UNO*

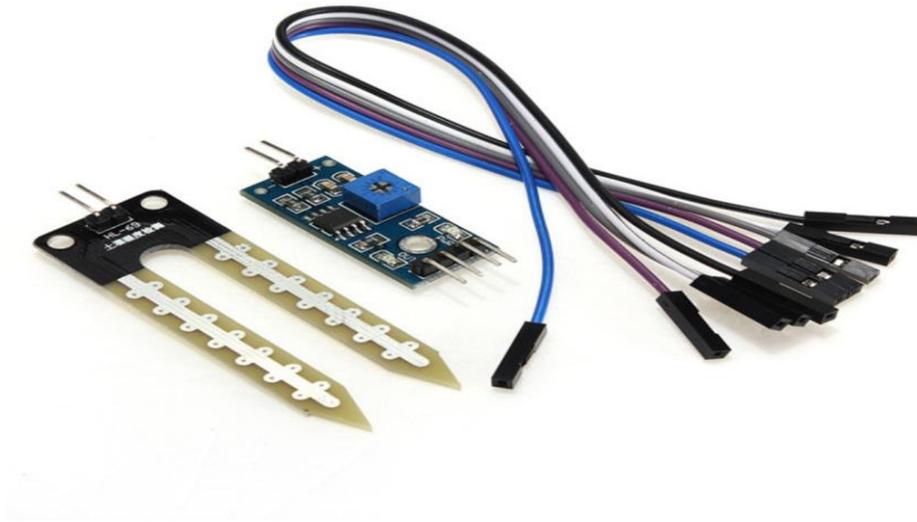


**Figura 10: Arduino UNO**

**Fonte:** Arduino

Os módulos sensores de umidade de solo são responsáveis por medir a umidade do solo. Esse sensor é composto de duas sondas que através delas é realizada a medição da umidade por meio da auferição da corrente entre as ondas.

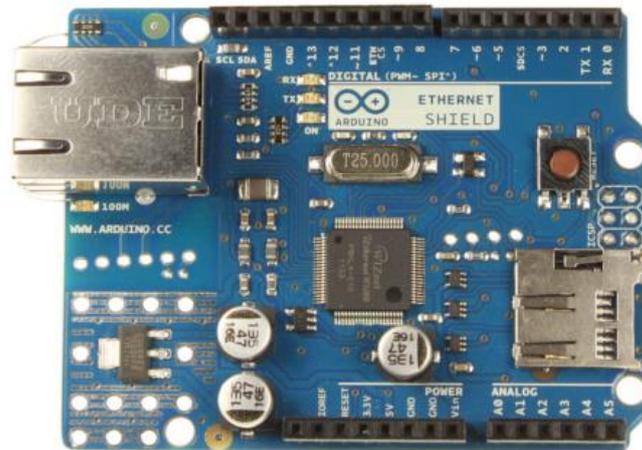
A Figura 11 mostra o sensor de umidade.



**Figura 11: Sensor de Umidade do Solo**  
**Fonte: Filipeflop**

O *Ethernet Shield* vai permitir que o Arduino UNO conectar à Internet. O *shield* tem como padrão de conexão RJ-45. Ele também dispõe de um transformador de linha integrado e Power over Ethernet (PoE), ou em tradução livre, Energia sobre a Ethernet, habilitado.

A Figura 12 mostra o *Ethernet Shield*.



**Figura 12: Arduino Ethernet Shield**  
**Fonte: Arduino**

A miniatura do pivô central será feita para representa o funcionamento do sistema que será proposto. A bomba d'água alimentara o pivô central de água. A maquete será feita para o pivô e os sensores serão colocados para o experimento.

## 4.2 MODELO ARQUITETURAL PARA INTERNET OF THINGS NA AGROINDÚSTRIA

O modelo proposto apresenta, como primeiro passo, os sensores que medem a umidade do solo. Em seguida, o *Arduino UNO* trata as informações e envia junto ao *Ethernet Shield* os dados dos sensores, terceiro passo a aplicação recebe as informações e analisa se há ou não necessidade de utilizar a irrigação.

No quarto passo o agricultor então recebe as informações e as decisões que ele deve tomar. No quinto passo o *Arduino UNO* recebe a resposta da aplicação tomada pelo agricultor e por fim se for necessário a bomba é acionada e então começa a irrigação.

A imagem 13 a seguir simplifica o modelo proposto:

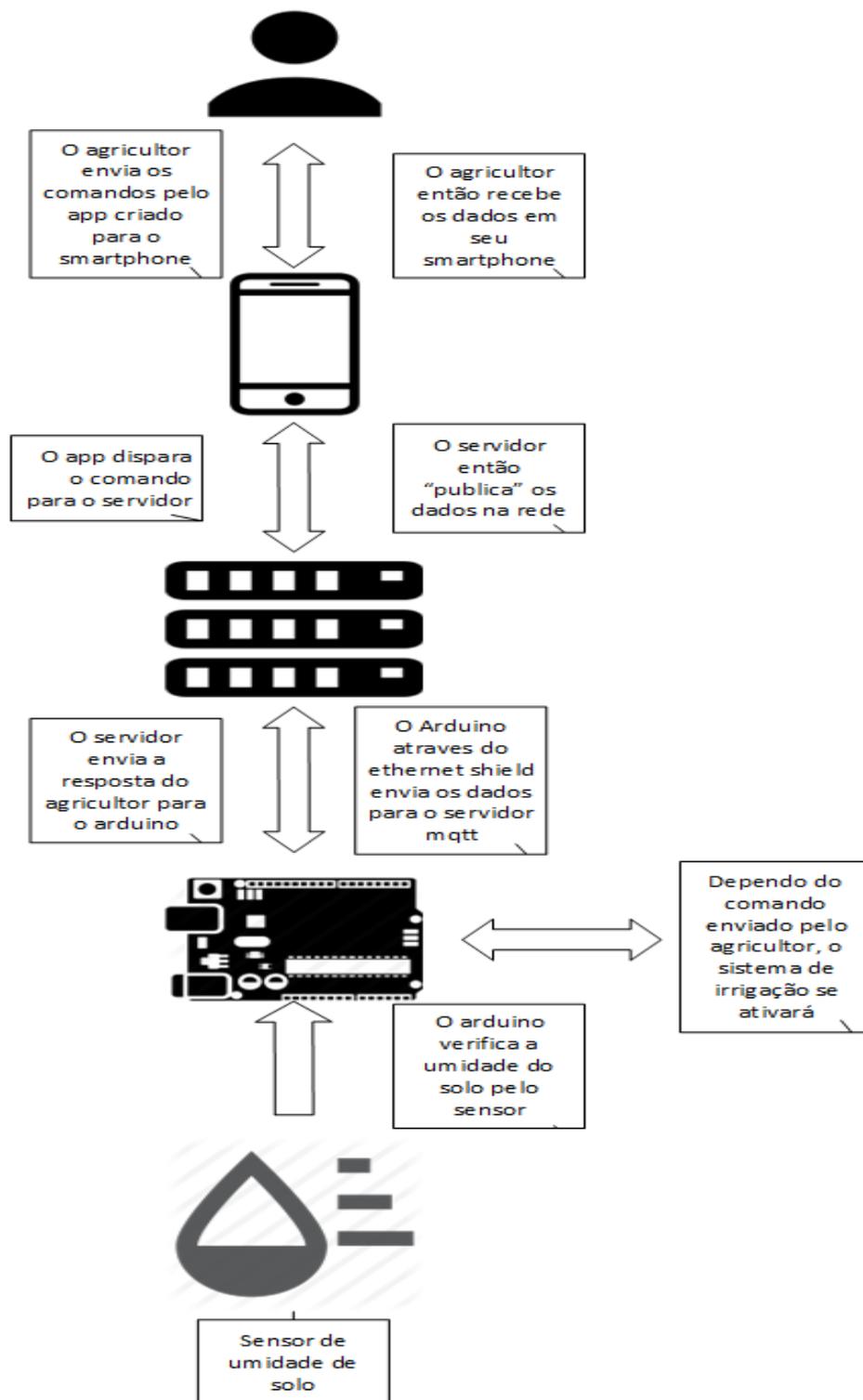


Figura 13: Modelo proposto

### 4.3 TECNOLOGIAS E RECURSOS ADOTADOS

Para o desenvolvimento do projeto foram utilizadas tecnologias conhecidas tanto de *hardware* quanto de *software*. O objetivo desta seção é relacionar e explicar o funcionamento dessas tecnologias no projeto em desenvolvimento. Dentre dessas tecnologias, destaca-se a plataforma *Google Android* para o desenvolvimento da aplicação, um servidor *MQTT* para a comunicação com os componentes de *IoT*.

O *Android* é um sistema operacional baseado no Linux. A plataforma Android é criação do *Open Handset Alliance*, grupo liderado pela Google. Como dito anteriormente a plataforma *Android* é executada sobre um *kernel* Linux, então os aplicativos são armazenados em Java, porém quando executados se utiliza a *Dalvik Virtual Machine*. (ABLESON, 2009).

O *Arduino* foi escolhido para o desenvolvimento deste projeto pois é uma plataforma de prototipagem de código aberto. (Arduino, 2016).

No projeto, foi utilizado um servidor *MQTT* para criar a comunicação entre as máquinas e todo o *hardware* embarcado fácil, rápido e seguro. O servidor utilizado o *CloudMQTT* um servidor mantido pela *Amazon Web Services*. O funcionamento dele no trabalho prático foi simples porém de extrema importância para que o intuito de *internet of things* seja implementado no trabalho.

Na figura 10 é ilustrado o funcionamento do servidor MQTT.



**Figura 14: MQTT funcionamento**

Fonte: CloudMQTT

No projeto o *Arduino* foi o componente que receberá a umidade do solo e publicará as informações para o servidor *mqtt*, que por fim o *smartphone* receberá as informações do

solo. Também se buscou uma maneira de automatizar o acionamento da bomba e do movimento do pivô.

## 5 - DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Neste capítulo, será apresentado de forma detalhada a arquitetura implementada para a integração do protótipo do pivô central com o *arduino UNO* conectado ao servidor *MQTT*. Também serão relatados o desenvolvimento da aplicação na plataforma *Android*, bem como a exemplificação do uso da abordagem proposta.

### 5.1 ARQUITETURA IMPLEMENTADA

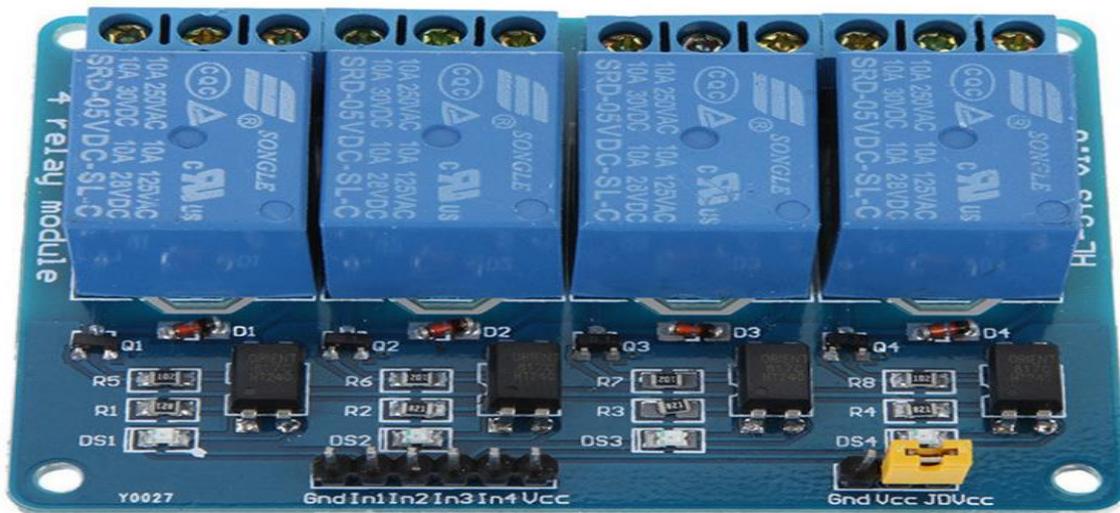
Para execução proposta da pesquisa foi desenvolvido um protótipo simples de um pivô central de tamanho de 60 centímetros de comprimento e 25 centímetros de altura. Para a construção do protótipo foi utilizado materiais que não teriam utilidade no comercio, ou seja, que seriam descartados. Na Figura 15 a mostra o protótipo do pivô pronto.



**Figura 15: Protótipo do Pivô Central**

O pivô central recebe os comandos do *Arduino UNO* através do módulo relé que faz funcionar e ao mesmo tempo a bomba de água funcionar junto com o pivô. Com o relé é possível associar ao arduino cargas altas de energia como acionamento de lâmpadas, motores e equipamentos eletrônicos. No caso do projeto o relé será utilizado numa fonte de 12 volts pois os equipamentos eletrônicos utilizados no projeto são de 12 volts.

A Figura 16 apresenta ilustração do módulo relé.



**Figura 16: Módulo relé**

Fonte: FilipeFlop

Para a comunicação entre o *arduino UNO*, sensores e pivô central, utilizou-se o servidor *CloudMQTT*, exercendo o papel de mediador de comunicação da entre a aplicação e o *hardware* embarcado.

A Figura 17, ilustra o servidor recebendo e transmitindo informações enviado pela aplicação *Android*.

# CloudMQTT Console

Overview

Websocket UI

Server log

Statistics

Restart

## Websocket

### Send message

Topic

Message

Send

### Received messages

Topic

Message

/matheus/

/ofbomb/3000

/matheus/

/ofbomb/3000

Figura 17: Comunicação entre servidor e Android

Em relação ao de software foi desenvolvido um aplicativo que contém três telas de simples interação e uso no contexto proposto. A primeira tela é a que o usuário coloca os dados para a conexão no servidor *MQTT*. A Figura 18 ilustra a interface desenvolvida.

ProjetoTccFinal

### Login

Server

Senha

Usuario

Porta

Connect Cancel

Figura 18: Tela de configuração e conexão com o servidor MQTT

A segunda tela da aplicação disponibiliza dados como a umidade do solo temperatura e umidade de ar. Esses dados são recebidos do servidor *MQTT* e enviados por meio do *Arduino UNO* conectado a *Ethernet Shield*. A Figura 19 ilustra a interface desenvolvida.



**Figura 19: Tela de visualização de dados**

Por fim, a terceira tela é responsável pela interação com o protótipo da maquete. Dessa forma, pode-se enviar e receber dados do servidor *MQTT* e interagir com o protótipo construído em forma de uma paquete do pivô central. A Figura 20 ilustra a interface desenvolvida. A imagem a seguir ilustra uma tela que ilustra três botões um com o símbolo de soma e outro com símbolo de subtração (+ e -) um botão de enviar que ao pressionar esse botão será enviado o comando para o servidor que logo em seguida o *Arduino UNO* irá capturar o comando para o funcionamento do pivô.



Figura 20: Tela de iteração com a maquete

## 5.2 APLICAÇÃO MOBILE

Para o recebimento de dados enviados do *Arduino UNO* para o *smartphone* foi implementado uma classe *Service* na aplicação. A classe é responsável por um processo em segundo plano que recebe e armazena os dados os dados no banco de dados embarcado do dispositivo móvel para ser visualizado pelo usuário. A Figura 21 ilustra parte do código da classe *Service* implementada para fazer a conexão com o servidor.

```

@Override
public int onStartCommand(Intent intent, int flags, int startId) {
    Bundle b = intent.getExtras();
    server = b.getString("server");
    port = b.getString("port");
    user = b.getString("user");
    password = b.getString("password");
    Toast.makeText(paho.this, server, Toast.LENGTH_SHORT).show();

    url = "tcp://" + server + ":" + port;
    comand = b.getString("valor");
    handler = new Handler();
    try {
        if (mqttClient == null) {
            mqttClient = new MqttClient(url, "SampleJavaV3_publish", p);
            mqttOptions = new MqttConnectOptions();
            mqttOptions.setKeepAliveInterval(0);
            mqttOptions.setCleanSession(true);
            mqttOptions.setUsername(user);
            mqttOptions.setPassword(password.toCharArray());
            mqttClient.connect(mqttOptions);
            Toast.makeText(paho.this, "Connected to " + server + " with client ID " + mqttClient.getClientId(), Toast.LENGTH_SHORT).show();

            Toast.makeText(paho.this, "Subscribing to topic \"" + topic + "\" qos " + qos, Toast.LENGTH_SHORT).show();

            mqttClient.subscribe(topic, qos);
        }
    }
}

```

Figura 21: Código da classe Service para conexão

A Figura 22 ilustra parte do código da classe Service implementada na aplicação para o a verificação se há informações recebidas no servidor *MQTT*.

```

public void messageArrived(final String topic, final MqttMessage message) throws Exception {
    handler.post(new Runnable() {
        public void run() {
            receberMensagem = new String(message.getPayload());
            if (receberMensagem != "/ofbomb/3000" && receberMensagem != "/ofbomb/5000"
                && receberMensagem != "/ofbomb/7000" && receberMensagem != "/ofbomb/9000"
                && receberMensagem != "/ofbomb/11000" && receberMensagem != "/ofbomb/13000") {
                Log.d("TESTE", receberMensagem);
                Toast.makeText(paho.this, "Message: " + receberMensagem, Toast.LENGTH_SHORT).show();
                String[] conver = receberMensagem.split(Pattern.quote("/"));
                Toast.makeText(paho.this, conver[2], Toast.LENGTH_SHORT).show();

                int sensor1 = Integer.parseInt(conver[0]);
                int sensor2 = Integer.parseInt(conver[1]);
                int umi = Integer.parseInt(conver[2]);
                int tem = Integer.parseInt(conver[3]);
                String tem1 = String.valueOf(tem);
                String tem2 = String.valueOf(sensor1);
                String tem3 = String.valueOf(sensor2);
                String umil = String.valueOf(umi);
                Log.d("TESTE2", tem1);
                Log.d("TESTE2", tem2);
                Log.d("TESTE2", tem3);
                Log.d("TESTE2", umil);

                carrgarDados(sensor1, sensor2, umi, tem);
                // }
            }
        }
    });
}

```

Figura 22: Código da classe service para recebimento de dados

Percebe-se que os dados são obtidos em *String*.

Outra parte do sistema importante é o envio das informações para o servidor *MQTT*. Sempre que o pivô é reprogramado pela aplicação ele pode sofrer variações de velocidade, pois pode-se movimentar mais rápido ou mais devagar, conforme a necessidade hídrica do solo. A Figura 23 ilustra parte do código.

```
try {
    MqttClient sampleClient = new MqttClient(url, "SampleJavaV3_publish", p);
    MqttConnectOptions connOpts = new MqttConnectOptions();
    sampleClient = new MqttClient(url, "SampleJavaV3_publish", p);
    connOpts = new MqttConnectOptions();
    connOpts.setKeepAliveInterval(0);
    connOpts.setCleanSession(true);
    connOpts.setUsername(user);
    connOpts.setPassword(password.toCharArray());
    Log.d("[SEND]", "Connecting to broker: "+url);
    sampleClient.connect(connOpts);
    Log.d("[SEND]", "Connected");
    Log.d("[SEND]", "Publishing message: "+ value);
    message = new MqttMessage(value.getBytes());
    message.setQos(qos);
    sampleClient.publish(topic, message);
    Log.d("[SEND]", "Message published");
    sampleClient.disconnect();
    Log.d("[SEND]", "Disconnected");
} catch(MqttException me) {
    Log.d("[SEND]", "reason "+me.getReasonCode());
    Log.d("[SEND]", "msg "+me.getMessage());
    Log.d("[SEND]", "loc "+me.getLocalizedMessage());
    Log.d("[SEND]", "cause "+me.getCause());
    Log.d("[SEND]", "excep "+me);
    me.printStackTrace();
}
```

**Figura 23: Código para enviar comandos**

### 5.3 EXPERIMENTOS E AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM PROPOSTA

Tendo em vista os primeiros testes, identificou-se que o modelo proposto apresenta pontos negativos e positivos.

Problemas para serem explorados ainda com a evolução das máquinas e de alguns equipamentos eletrônicos sem citar os custos de implantação de uma tecnologia numa fazenda sendo de pequeno ou grande porte.

No quesito de análise de umidade de solo em que o produtor recebe as informações, é um ponto positivo. Pode-se evoluir o modelo proposto para investigar tipos de solo, regiões,

plantas a serem cultivadas na área irrigada como, por exemplo, explorar as necessidades hídrica de cada etapa de desenvolvimento de determinada cultura.

A possibilidade de utilizar o pivô remotamente resulta na identificação de algumas dificuldades como o acionamento da moto bomba. Num cenário real, poderíamos, futuramente, considerar a existência de variáveis como, por exemplo, a bomba parar de bombear água, o motor estar com nível de óleo baixo. Porém, no comando do pivô seria, de acordo com os testes, possível de controlar remotamente.

Outro ponto em que algumas fazendas enfrentariam, seriam a falta conectividade para a transmissão de dados, para tentar amenizar esse problema precisa de um estudo de uma tecnologia viável e eficiente.

Por fim, considera-se que o cenário proposto pode ser aplicado de maneira favorável ao processo de irrigação na agroindústria e possivelmente possível implementar essa tecnologia nas áreas agrícolas onde se adota irrigação não somente áreas que utilizam pivô central mas, mas como por outros modelos de irrigação.

## 6 - CONCLUSÃO

### 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função do projeto desenvolvido, que teve como objetivo construir um protótipo de pivô central miniaturizado e um sistema de interação com o agricultor para o ágil manejo da irrigação, foi possível atingir os objetivos propostos.

O projeto, apesar de não ter sido experimentado em um ambiente real, possui características de fácil utilização e evolução do modelo proposto. Os conceitos de *IoT* e *MQTT* possibilitam a sincronização de informações do solo e o controle do pivô central por meio da web e de dispositivos móveis. Dessa forma, possibilita-se que o qualquer agricultor com um *smartphone* gerencie seu sistema de irrigação por meio de um dispositivo móvel de maneira rápida e simples.

Ressalta-se que num cenário real, tecnologias distintas devem ser estudadas para solucionar problemas de falta de conectividade no campo e/ou dificuldades de link no interior do Brasil. Porém, assume-se que o modelo proposto é aplicável como uma solução válida para as questões de irrigação na agroindústria por meio da solução de monitoramento e controle por *IoT*.

### 6.2 TRABALHOS FUTUROS

A partir deste trabalho, pode-se desenvolver diversas implementações para o setor da agroindústria, somando novas ideias funcionais e aperfeiçoando o projeto proposto. Pode-se, por exemplo, verificar qual é a posição do pivô na lavoura e qual é a pressão atual da água no processo de irrigação.

Por fim, pode-se evoluir a pesquisa nas áreas de agronomia, geologia, biologia e outras áreas importantes e relacionadas a agroindústria. Dessa forma, pode-se proporcionar mais agilidade ao agricultor nas tomadas de decisões quando se é necessário irrigar a lavoura, proporcionando economia e máxima eficiência nas suas produções nas fazendas.

## REFERÊNCIAS

ABLESON, Frank. **Introdução ao Desenvolvimento do Android**. Disponível em < <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/os-android-devel/> > Acesso em 03 mar.2016.

AGRICULTURA DE PRECISÃO. **Rede Agricultura de Precisão**. Disponível em < <https://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2> >. Acesso em 24/02/2016.

AGROSMART. **Agrosmart utiliza IoT para revolucionar o agronegócio**. Disponível em <<http://www.fastcompanybrazil.com.br/agrosmart-utiliza-iot-para-revolucionar-o-agronegocio/> >. Acesso em 19/10/2015.

ALECRIM, Emerson. **O que é cloud computing (computação nas nuvens)?**. Disponível em < <http://www.infowester.com/cloudcomputing.php> > Acesso em: 03 mar. 2016.

ANDRADE, Camilo de Lelis Teixeira de; **CIRCULAR TÉCNICA**, 1. Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

ARDUINO. **Arduino Ethernet Shield**. Disponível em < <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield> > Acesso em: 03 mar. 2016.

ARDUINO. **Genuino Uno Rev3**. Disponível em < <https://store.arduino.cc/product/GBX00066> > Acesso em: 03 mar. 2016.

ARDUINO. **What is Arduino**. Disponível em < <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield> > Acesso em: 03 mar. 2016.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6ª ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1995, 657 p.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; Silva, Leonardo Duarte Batista da. **A EVOLUÇÃO: O sistema de irrigação inventado por um americano nos anos 50 já passou por muitas modificações e aprimoramentos. Atualmente, 4 milhões de hectares são irrigados com pivô pelo mundo, sendo que o Brasil abriga 710 mil hectares desta área**. A GRANJA, 705, Setembro, 2007, 44 e 46.

CLARO, Daniela Barreiro; Sobral, João Bosco Manguiera. **PROGRAMAÇÃO EM JAVA**. 1. ed. Copyleft Pearson Education, 2008. v. 1. 89p .

CLOUDMQTT. **Documentation**. Disponível em: < <https://www.cloudmqtt.com/docs.html> > Acesso em: 05 maio. 2016.

COELHO, LAURIMAR. **Irrigação correta garante vitalidade do jardim e economia de água; conheça sistemas.** Disponível em <<http://mulher.uol.com.br/casa-e-decoracao/noticias/redacao/2010/12/19/irrigacao-correta-garante-vitalidade-do-jardim-e-economia-de-agua-conheca-sistemas.htm>> Acesso em: 03 mar. 2016.

COLUMBUS, Louis. **Analytics, Cloud Computing Dominate Internet Of Things App Developers' Plans.** Disponível em <<http://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2015/07/26/analytics-cloud-computing-dominate-internet-of-things-app-developers-plans/#6480edb214fc>> Acesso em: 03 mar. 2016.  
Dev Tecnologia. **O que é a Internet das Coisas?.** Disponível em <<http://devtecnologia.com.br/internet-das-coisas-iot/>> Acesso em 24/02/2016.

EMBRAPA. **Mecanização e agricultura de precisão. Brasília.** Disponível em <<https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/nota-tecnica>>. Acesso em 20/10/2015.

ÉPOCA. **SENSORES EVITAM IRRIGAÇÃO DESNECESSÁRIA.** Disponível em <<http://epocanegocios.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Desenvolvimento/noticia/2015/07/sensores-evitam-irrigacao-desnecessaria.html>>. Acesso em 19/10/2015.

ESTEVES, Bárbara dos Santos; Silva, Dione Galvão da; Paes, Herval Martinho Ferreira; Sousa, Elias Fernandes de. **Irrigação Por Gotejamento.** Niterói, 2012,4 p.

EVANS, Dave. **The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything.** Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), Apr. 2011.

FAGUNDES, Eduardo. **IoT, Big Data e Agricultura de Precisão.** Disponível em <<http://efagundes.com/artigos/iot-big-data-e-agricultura-de-precisao/>> Acesso em: 02 mar. 2016.

FILHO, Rubens Ribeiro Cardoso. **GPS na Agricultura.** Disponível em <<http://www.revistaagropecuaria.com.br/2012/01/09/gps-na-agricultura/>> Acesso em 24/02/2016.

FILIPEFLOP. **Sensor de Umidade do Solo Higrômetro.** Disponível em <<http://www.filipeflop.com/pd-aa99a-sensor-de-umidade-do-solo-higrometro.html?ct=41d97&p=1&s=1>> Acesso em: 02 mar. 2016.

G1. **Fronteira agrícola 'Matopiba' amplia produção de grãos em quatro estados.** Disponível em <<http://g1.globo.com/bahia/bahia-farm-show/2015/noticia/2015/05/fronteira-agricola-matopiba-amplia-producao-de-graos-em-quatro-estados.html>> Acesso em 17/02/2015.

ANTONELLI, Diego. **Quase metade da água usada na agricultura é desperdiçada.** Disponível em <<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/quase-metade-da-agua-usada-na-agricultura-e-desperdicada-8cloqojyzd90xgtv7tdik6pn2>>. Acesso em 19/10/2015.

GEO AGRI. **CFX-750**. Disponível em <  
<http://www.geoagri.com.br/Produtos.aspx?idProduto=71875b09-a925-450f-9b36-19b1dde8ccf9> >  
 Acesso em: 02 mar. 2016.

GLOBORURAL. **15 usos de drones na agricultura e na pecuária**. Disponível em <  
<http://revistagloborural.globo.com/Noticias/Pesquisa-e-Tecnologia/noticia/2015/05/15-usos-de-drones-na-agricultura-e-na-pecuaria.html>> Acesso em 24/02/2016.

HEIDLOFF, Niklas. **What is Node-RED? How can it be used for the Internet of Things?**. Disponível em  
 : <<http://heidloff.net/article/21.01.2015081841NHEAL8.htm>> Acesso em: 02 mar. 2016.

HIDRO SISTEMAS. **Pivô Central Lindsay**. Disponível em <  
<http://www.hidrosistemas.com/irrigacao-agricola/pivo-central-lindsay/> > Acesso em: 02 mar. 2016.

INAMASU, Ricardo Yassushi; Molin, José Paulo. AGRICULTURA DE PRECISÃO. In: **Boletim Técnico**. Brasília, 2013, 36.

JÚNIOR, Anderson Soares de Andrade. **Sistemas**. Disponível em <  
[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/fejiao-caupi/arvore/CONTAG01\\_64\\_510200683537.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/fejiao-caupi/arvore/CONTAG01_64_510200683537.html)> Acesso em: 02 mar. 2016.

JUNIOR, Marcos Monteiro; NUNES, Renato Ongarato; CELINSKI, Victor George. **Avaliação da Utilização de um Microcontrolador na Plataforma Arduino na Leitura de Sensores Condutividade Eletrolítica do Solo de Baixo Custo**.2012. Revista de Engenharia e Tecnologia.

KRCO, S.; KOWATSCH, T.; FISCHER, S.; MAAS, W.; LANGE, S.; CARREZ, F.; HUNT, B.; EGAN, R.; HÖLLER, J.; BASSI, A.; HALLER, S.; WOYSCH, G.; FIEDLER, M.; MUÑOZ, L.; GARCIA, A.; RUSTRUP, L. L. **Inspiring the Internet of Things**. 1. ed. São Paulo: Agns Gráfica e Editora, 2013.

LACERDA, Manaíra. **Área irrigada com pivô central cresce 32% no Brasil**. Disponível em <  
<http://www.canalrural.com.br/noticias/alerta-do-campo/area-irrigada-com-pivo-central-cresce-brasil-55309> > Acesso em: 02 mar. 2016.

LAZIA, BEATRIZ. **A importância da irrigação para a produtividade**. Disponível em <  
<http://www.portalagropecuaria.com.br/agricultura/irrigacao/a-importancia-da-irrigacao-para-a-produtividade/> > Acesso em 03. Mar. 2016.

MARQUES, Patrícia Angélica Alves; Frizzone, José Antônio; Teixeira, Marconi Batista. **O ESTADO DA ARTE DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL**. Colloquium Agrariae, v.2, n.1, 2006, 17 e 31.

MARTINS, Ismael Rodrigues; ZEM, José Luís. **ESTUDO DOS PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO MQTT E COAP PARA APLICAÇÕES MACHINE-TO-MACHINE E INTERNET DAS COISAS**<sup>1</sup>, 2. Americana, v. 3, n. 1, p. 64-87, 2015.

MATOS, David. **A Ciência de Dados em 2016**. Disponível em < <http://www.cienciaedados.com/ciencia-de-dados-em-2016> > Acesso em: 24 fev. 2016.

MENDES, Priscilla. **Cresce a participação do agronegócio na balança comercial brasileira**. Disponível em < <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2015/12/cresce-a-participacao-do-agronegocio-na-balanca-comercial-brasileira>> Acesso em: 24 fev. 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2023**. 4. Ed. Brasília, 2013.

MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES. **Como a Internet das Coisas pode afetar a sua vida**. Disponível em < <http://www.mc.gov.br/sala-de-imprensa/todas-as-noticias/institucionais/36871-um-mundo-de-coisas-conectadas> > Acesso em 24/02/2016.

MOROUELLI, Waldir Aparecido, SILVA, Henoque Ribeiro da. **Irrigação**. Disponível em <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gn0jdxdz02wx5ok0liq1mq926zwu.html> > Acesso em: 03 mar. 2016.

OLIVEIRA, Anderson Ramos; Simões, Welson Lima; Calgaro, Marcelo. **Espaçamento e Profundidade do Sistema de Irrigação por Gotejamento Subsuperficial em Cultivo de Cana-de-açúcar**. Petrolina:2013.

PIRES, J. L. F.; CUNHA, G. R. da; PASINATO, A.; FRANÇA, S.; RAMBO, L. **Discutindo agricultura de precisão – aspectos gerais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 18 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online; 42). Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do42.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do42.htm)

PORTAL BRASIL. **Safra de grãos bate recorde com 209 milhões de toneladas**. Disponível em < <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/09/safra-de-graos-bate-recorde-com-209-milhoes-de-toneladas> > Acesso em 17/02/2015.

RURAL PECUÁRIA. **Comissão de Agricultura aprova incentivo à irrigação por gotejamento ou microaspersão**. Disponível em < <http://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/irrigacao/comissao-de-agricultura-aprova-incentivo-a-irrigacao-por-gotejamento-ou-microaspersao.html>> Acesso em

SAS. **Internet da Coisas (IoT): O que é e por que é importante?**. Disponível em < [http://www.sas.com/pt\\_br/insights/big-data/internet-das-coisas.html](http://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/internet-das-coisas.html) > Acesso em 24/02/2016.

SILVA, César Antônio da; Silva, Cícero José. **AVALIAÇÃO DE UNIFORMIDADE EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**. REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE AGRONOMIA, Ano IV, 8, Dezembro, 2005.

SILVA, Dione Galvão da; Esteves, Bárbara dos Santos; Paes, Herval Martinho Ferreira; Sousa, Elias Fernandes de. **Irrigação Por Aspersão**. Niterói, 2012, 5 p.

TERRA FERTIL. **Drones, método eficaz y económico para fumigar.** Disponível em < <http://tierrafertil.com.mx/drones-metodo-eficaz-y-economico-para-fumigar/> > Acesso em: 02 mar. 2016.

ZIKOPOULOS, Paul C; EATON, Chris; DEROOS, Dirk; LAPIS, George; **Understanding Big Data: Analytics for Enterprise Class Hadoop and Straming Data.** McGraw-Hill Companies, 2012.