

ARDUINO: Automatização da Coleta de Dados na Irrigação

Lucas Matheus de Carvalho Gomes

Discente do Curso Engenharia da Computação
Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS)

Lucas Costa do Nascimento

Discente do Curso Engenharia da Computação
Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS)

Matheus Irigojen Galiani

Discente do Curso Engenharia da Computação
Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS)

Emerson Pereira de Oliveira Amorins

Discente do Curso Agronomia
Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS)

Alan Pinheiro de Souza

Docente do Curso Engenharia da Computação
Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS)
Mestre em Informática pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Rodrigo de Carvalho Ribeiro

Docente do Curso Engenharia da Computação
Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS)

Olavo Alves dos Santos Neto

Docente do Curso Engenharia da Computação
Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS)

Jefferson Anthony Gabriel de Oliveira

Docente do Curso Agronomia
Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS)

Diego Gonçalves Feitosa

Docente do Curso Agronomia
Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS)

RESUMO

O objetivo desse estudo é realizar uma pesquisa científica com base na Agricultura focando nos procedimentos de irrigação, e elaborar uma proposta tecnológica que colabore para melhor precisão dos dados recolhidos do solo durante uma irrigação. Os métodos utilizados para a realização desse estudo foi a utilização de fontes de pesquisa como revistas, artigos científicos e projetos. Esperasse como resultados do projeto que a economia de recursos hídricos, na qual a precisão de dados pode influenciar no controle da quantidade a se utilizar na irrigação. Portanto

esse estudo é de grande relevância, pela necessidade de tecnologia da informação no campo, auxiliando na redução de custos e recursos, sendo assim uma solução sustentável e que irá auxiliar na precisão de dados coletados e na automatização das culturas agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação; Agricultura de Precisão; Arduino; Linguagem C.

INTRODUÇÃO

A princípio, este projeto tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico e elaborar uma proposta tecnológica que ofereça uma maior precisão de dados para a irrigação, de maneira a realizar esse procedimento quando houver necessidade de água no solo, tendo como um dos resultados a economia de recursos hídricos. Para a realização deste projeto é indispensável o uso de sistemas de informação. Segundo Laudon e Laudon (2007, p.9):

Sistema de informação pode ser definido tecnicamente como um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e o controle de uma organização. Além de dar apoio à tomada de decisões, à coordenação e ao controle.

A tecnologia tem sido usada nas mais diversas áreas do conhecimento e na agronomia não é diferente. A tecnologia vem sendo cada vez mais incorporada para auxiliar nas atividades do campo, com isso é importante que novos subsídios venham estar sendo desenvolvidos a cada dia (FILHO *et al.*, 2005, p.8).

Uma dessas aplicações de tecnologia na agricultura é a utilização de sensores para monitoramento de plantações. Um possível caminho para realizar esse sensoriamento é a plataforma *Arduino*, que oferece os mais diversos tipos de sensores, visando essa finalidade. Dessa forma, o principal objetivo deste projeto é desenvolver uma aplicação que identifique o nível de umidade do solo, para ter precisão de dados para poder acionar o sistema de irrigação, para que não haja o uso desnecessário de água e energia. Acredita-se que devido ao baixo custo da plataforma *Arduino*, este projeto possa atender produtores de pequeno, médio e grande porte.

O artigo científico está dividido em três seções, de maneira que na primeira seção serão apresentados conceitos da umidade do solo, onde será

demonstrado e discutido contexto do processo de irrigação. Em seguida, na seção dois, serão apresentadas as tecnologias que já estão presentes no campo. A terceira seção discutirá características do *Arduino*, seguido por breve estudo da linguagem de programação C e a apresentação da proposta desta pesquisa. Ao fim do trabalho são expostas as considerações finais, com destaque para contribuições, limitações e trabalhos futuros.

1 RELAÇÃO SOLO-ÁGUA-PLANTA

A água é uma das mais importantes substâncias na face da terra, é essencial para a existência da vida, que muito provavelmente surgiu nos oceanos e depois migrou para a terra. Por sua grande importância na evolução das espécies e na criação dos organismos a água foi considerada como um dos elementos básicos da origem do universo (PIMENTEL, 2004, p.48). Supõe dizer que a ocupação humana e vegetal se limita totalmente a disponibilidade da água, como fator indispensável à vida humana e vegetal. A exemplo disso, pode-se encontrar maior diversidade biológica em áreas cuja concentração de água é maior ou áreas úmidas como em florestas tropicais, por outro lado, em áreas extremamente áridas encontramos menor proliferação de vida.

A distribuição da vegetação sobre a superfície da terra é controlada mais pela disponibilidade de água do que qualquer outro fator. A água tem propriedades que lhe permite atuar como um solvente e ser prontamente transportada ao longo do corpo da planta. Para Dias (2008, p.21), de toda a água absorvida pelo sistema radicular apenas uma pequena fração fica retida na planta. A maior parte é evaporada pela parte aérea para o ar circundante.

O movimento da água das células mais externas da raiz até o xilema radicular pode ocorrer via apoplasto (através dos espaços intercelulares) ou via simplasto (entre células via plasmodesmas), segundo Dias (2008, p.18). Para esse processo é necessário que haja umidade suficiente para disponibilizá-los na região da raiz, pois os nutrientes se fixarão através da planta no solo e da absorção de água. O processo de conservação do solo ou a recuperação dos

recursos naturais requer planejamento contínuo e assim visa manter o solo fértil e preparado para o desenvolvimento e a germinação de plantas e vegetais.

2 SISTEMAS TECNOLÓGICOS NA AGRICULTURA: AGRICULTURA DE PRECISÃO

Uma definição sobre a agricultura de precisão pode ser encontrada em Auernhammer (1994, p. 31), “um jeito novo de produzir por meio de conceitos antigos”. Agricultura de Precisão (AP) é uma área de conhecimento que busca o melhoramento e a sofisticação de máquinas agrícolas através de sistemas embarcados e sistemas complexos. Essa técnica conseguiu ser implantada no mercado graças ao surgimento do GPS (*Global Position System*) (PEREZ *et al.*, 2011, p.15). Uma das vantagens da agricultura de precisão, por exemplo, é ajudar utilizando GPS a encontrar pontos de baixa e mínimas produtividades. Portanto, conhecer melhor as áreas dentro da fazenda e também localizar as deficiências referentes a produtividade. Agricultura de precisão tem suas vantagens também na prevenção do meio ambiente, pois reduz a utilização de fertilizantes e agroquímicos e reduz o impacto ambiental (RIA *et.al.*, 2015, p.09).

A aplicabilidade das técnicas da agricultura de precisão permite usar uma disponibilidade de dados espaço-temporal precisos, que exige um sistema de referência relacionado à superfície terrestre (georreferenciado). A característica de Agricultura de Precisão é empregar um foco sistemático, unindo a Tecnologia da Informação (TI) ao Agronegócio para possibilitar um gerenciamento de informações georreferenciais. O gerenciamento tem por finalidade estabelecer alvos, estratégias administrativas e econômicas ao sistema de produção (RIA *et al.*, 2015, p.02).

2.1 Tecnologias na Agricultura

Nessa seção serão relatados tipos de tecnologias computacionais que são utilizadas atualmente para apoiar a agricultura de precisão nas vastas áreas

de cultivo, com destaques para adoção de Veículos Aéreos Não Tripulados, Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto.

2.1.1 Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) são aeronaves que funcionam de maneira autônoma, semiautônoma ou remotamente controladas. Esse tipo de aeronave que voa na atmosfera, longe dos efeitos do solo, que foi projetado, organizado e modificado para não precisar de uma presença humana, pois o mesmo pode ser controlado tanto por controle remoto ou por algum sistema de controle aéreo remoto.

Existe um sistema que faz o controle dos VANTs, cujo seu nome é Sistema Aéreo Não Tripulado (SANT). Esse sistema abrange um conjunto dos VANTs com a união de todas as atividades que estão interligadas no plano de voo, o seu sistema de operação e seus controles de voo (INAMASU *et al.*, 2014, p.110).

A funcionalidade de um VANT consiste em um sistema que controla essa aeronave, fazendo que remotamente a aeronave seja estabilizada no ar podendo executar manobras e suas determinadas rotas que antes foi descrita (NERIS, 2001, p.4-5). Na visão de Inamasu *et al.* (2014, p.110), “os VANTs têm como componente principal um sistema de controle capaz de manter a aeronave estabilizada e de executar manobras que a conduza através de uma rota e missão selecionada”. Portanto, VANTs são aeronaves de pequeno porte que não precisam da utilização de contato físico com a aeronave, e são capazes de executar vários tipos de tarefas como monitoramento, vigilância e mapeamento.

A utilização dos VANTs é um forte aliada nas atividades e processos na agricultura, pois pode ser utilizado tanto para a parte logística de uma produção, quanto também para o monitoramento do plantio. Segundo Chaves *et al.* (2015, p.02):

Aliada ao uso dos VANTs e ao uso do sensoriamento remoto pode ser aplicada no monitoramento de safras (plantio até a colheita); gestão e logística da produção; estimativa de produção; contagem de plantas; detecção de falhas de plantio; estresse hídrico; nutrição e detecção de pragas e doenças (CHAVES *et al.*, 2015, p.02).

Os principais trabalhos que adotam VANTs no Brasil possuem como foco as aplicações civis, como vigilância policial de zonas urbanas e de fronteira, atividades áreas agrícolas, fiscalização e inspeção de linhas de transmissão de energia elétrica, monitoramento e acompanhamento de safra e controle de pragas e queimadas (MEDEIROS, 2007, p.21).

2.1.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIGs)

Os Sistemas de Informações Geográficas são uma junção de ferramentas para armazenamento, coleta de dados espaciais do mundo real. Segundo Gomes *et al.* (2003, p.29):

O SIG é um poderoso conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, manipulação e visualização de dados espaciais do mundo real. Podem ainda ser descritos como um conjunto de *hardware*, *software*, dados e pessoas que operam em um contexto espacial (GOMES *et al.*, 2003, p.29).

Além disso, o SIG tem como parte da sua funcionalidade o processamento e armazenamento de dados assim proporcionando uma análise de informações de um mesmo local (COELHO, 1997, p.45). Os sistemas que compõem o SIG podem ser divididos em sistemas de entrada de dados, por exemplo: GPS e Processamento Digital de Imagens; Sistemas de Armazenamento de Dados como bancos de dados espaciais (mapas digitais) e bancos de dados de atributos (alfanuméricos); Sistemas de Análise de Dados e Sistemas de Saída de Dados (RIA *et al.*, 2015, p.12).

2.1.3 Sensoriamento Remoto (SR)

O Sensoriamento Remoto tem como característica a obtenção de informações de um determinado objeto, não precisa de um contato físico com agente humano e, na maioria das vezes, é utilizado à longas distâncias. As primeiras medições realizadas foram feitas por câmeras acopladas em aeronaves, balões, foguete e também em pássaros. Hoje em dia, essas imagens dos sensores remotos são obtidas por intermédio de várias plataformas, como aeronaves, satélites e VANTs. Contudo, a aplicabilidade do Sensoriamento Remoto na agricultura é bastante variada com destaques para estimativa de

biomassa e produtividade da cultura, monitoramento de estresse hídrico e do vapor das plantas e a avaliação do estágio fenológico (BRANDÃO, 2014, p.59).

Na visão de Coelho (2005, p.17), o caminho na qual o sensoriamento remoto segue na agricultura é interação de solos e plantas com energia eletromagnética, os sensores que podem ser utilizados são juntados em duas categorias, fotográficos e não fotográficos, ambos fornecem informações sobre a energia eletromagnética e como o mesmo pode interagir com a superfície que está sendo vista. Na agricultura, o Sensoriamento Remoto está sendo usado para várias aplicações que vão desde a avaliação do estado nutricional e hídrico em plantas até identificação de plantas daninhas e insetos. O Sensoriamento Remoto pode ser considerado uma maneira rápida e eficiente para acesso da variabilidade espacial e temporal dentro de uma determinada área de uma propriedade, região ou bacia hidrográfica.

3 PROPOSTAS DE MONITORAMENTO DE UMIDADE NO SOLO

Nas seções a seguir será abordada a plataforma Arduino, com breves informações históricas, características e manuseio. Além disso, será discutida a linguagem C, usada na plataforma Arduino e, por fim, a proposta do projeto de monitoramento de umidade por intermédio de sensores.

3.1 Conceitos do *Arduino*

O projeto *Arduino* teve início em 2005 na Itália, quando os professores *Massimo Banzì* e *David Cuartielles*, criadores da plataforma *Arduino*, perceberam que nesta época as tecnologias eram de difícil acesso devido ao seu alto custo. Com isso, decidiram criar um micro controlador que fosse de baixo custo e de fácil entendimento (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013, p.25).

Devido ao seu fácil manuseio, pessoas podem aprender facilmente conceitos básicos e criar seus próprios protótipos ou *sketch* (nome dado aos projetos no *Arduino*) (McROBERTS, 2011, p.20). A popularidade da plataforma *Arduino* cresceu muito rapidamente após as pessoas notarem que os aspectos mais visíveis do *Arduino* que são sua fácil utilização e o baixo custo, o que

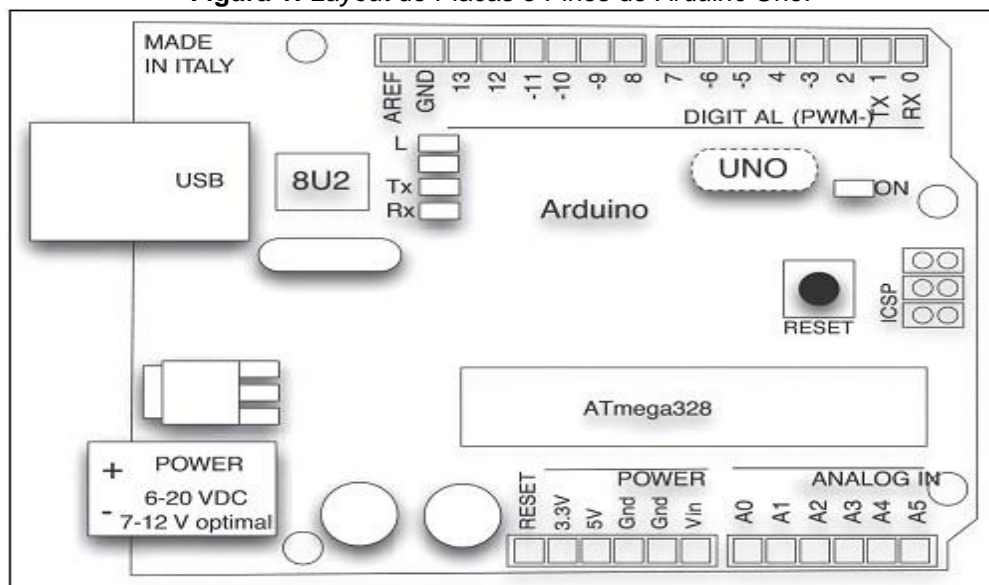
permite que qualquer pessoa que pouco nível de conhecimento da plataforma pudesse desenvolver seus próprios projetos (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013, p.25-26).

De maneira geral, o *Arduino* é uma plataforma que interage entre o *hardware* e *software*. Segundo McRoberts (2011, p.22), o *Arduino* é denominado uma plataforma de computação física ou embarcada, pois envolve um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de *hardware* e *software*. Além disso, esse conceito pode ser estendido pela conexão de um sensor, como um sensor de movimento PIR¹, para acender a lâmpada quando ele for disparado.

O *hardware* do *Arduino* é como qualquer computador comum, nele pode-se encontrar memória RAM (*Random Access Memory*), memória *flash*, microprocessador, temporizador, entre outros recursos. Outro fator relevante é a possibilidade de aumentar as funcionalidades do *Arduino* conectando *shields* (escudos) que são circuitos que contém outros dispositivos como de luminosidade, umidade, temperatura, pressão e chuva.

Na Figura 1 é apresentado o *Arduino Uno*, lançado em 2010, o *Arduino Uno* (*uno* significa um em italiano) trouxe consigo inovações sobre seus antecessores, houve a inclusão do ATmega8U2 (microcontrolador programável) como um conversor USB² para *serial* que substituiu o *chipset* FTDI³, que faz com que o *Arduino* se pareça com outros dispositivos USB (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013, p.27).

Figura 1: Layout de Placas e Pinos do *Arduino Uno*.



Fonte: Retirado de (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013, p.27).

Para fazer toda a programação da plataforma é necessário utilizar a *IDE* (*Integrated Development Environment*) do *Arduino*, o *software* é livre, disponível para as plataformas *Windows*, *Linux* e *MAC OS* (*Macintosh Operating System*). O código é baseado na linguagem de programação C. Segundo McRoberts (2011, p.24), “a *IDE* permite que você escreva um programa de computador, que é um conjunto de instruções passo a passo, das quais você faz o *upload* para o *Arduino*”.

3.2 Análise da Linguagem de Programação C

A linguagem C é considerada uma linguagem de nível médio, pois nela existem os mais diversos tipos de elementos encontrados em linguagens de alto e baixo nível. Segundo Schildt (1996, p.4), “C é tratada como uma linguagem de médio nível por que combina elementos de linguagens de alto nível com a funcionalidade da linguagem *assembly* (baixo nível)”. Entretanto, é possível encontrar algumas literaturas que categorizam C como uma linguagem de alto nível. Para Damas (2007, p.02), a linguagem C quando comparada com outras como *Pascal*, *Cobol*, *Basic* e *Assembly* é considerada de terceira geração, assim sendo denominada de alto nível. Essa linguagem ainda permite acesso a maior parte de expressões de alto nível do *Assembly*.

Por ser de médio nível, o código escrito em C é muito flexível, pois é possível desenvolver códigos para diferentes níveis de linguagem por sua biblioteca ser bem flexível. De acordo com Cocian (2004, p.32), “a linguagem C foi projetada para construção de sistemas operacionais, com o consequente controle do *hardware*, é indicada em sistemas quem envolvem *software* e *hardware* onde se deseja ter o controle total da máquina digital”. Na visão de Sebesta (2003, p.87), “o C tem instruções de controle adequadas e facilidades de estruturação de dados para permitir seu uso em muitas áreas de aplicação”.

A estrutura do C é simples, pois existe muita semelhança com linguagens como *Algol*, *Pascal* e *Modula-2*. Na visão de Schildt (1996, p.06), “o principal componente de C é a função, [...] elas admitem que você defina e codifique

separadamente as diferentes tarefas de um programa, permitindo, então, que seu programa seja modular”.

O C também pode ser usado em micro controladores de forma modificada para aplicações básicas ou de forma pura para usuários mais avançado. O *Arduino* usa uma *IDE* baseada na linguagem C de forma mais básica facilitando seu uso e aprendizado. Para McRoberts (2011, p.38):

O IDE do *Arduino* é bem simples, e você aprenderá como utilizá-lo com rapidez e facilidade à medida que avança nos projetos. Conforme você se torna mais proficiente no uso do *Arduino* e na programação em C (a linguagem de programação utilizada para criar código no *Arduino* é um dialeto da linguagem C), poderá acabar considerando o IDE do *Arduino* como sendo básico demais.

A linguagem de programação C usada no *Arduino* acomoda uma linguagem mais robusta, faltando algumas características do C. O *Arduino* ou *Arduino C* tem sua *IDE* baseada no C de forma que compile de forma mais rápida e leve. O C usado no *Arduino* é um subconjunto, uma linguagem mais robusta, diferente do C padrão, porém não deve ser menosprezado, pois realiza a maioria das tarefas que o usuário necessitar e as demais características ausentes podem ser facilmente contornadas (PURDUM, 2015, p.21; McROBERTS, 2011, p.38).

3.3 Proposta de Monitoramento da Umidade do Solo com *Arduino*

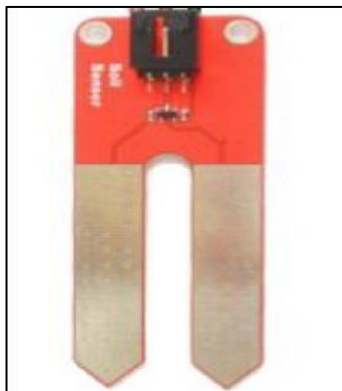
Este projeto tem como objetivo abordar o uso de tecnologia na irrigação. Essa proposta torna-se relevante em razão da ativa necessidade de inovações tecnológicas no ramo. Segundo Filho *et al.* (2005, p.8), “o setor não é tecnologicamente retardatário nem passivo em relação à inovação tecnológica, e se observa crescente participação direta de grupos de produtores organizados em cooperativas ou firmas no processo de geração de tecnologia”. A solução utilizará a plataforma *Arduino* como auxílio na inserção de sensores que monitorem a umidade do solo e colem dados precisos para apoiar a tarefa de irrigação.

Com o auxílio de um sensor de umidade, será feito o monitoramento do solo, de maneira que no momento em que o solo estiver seco, será acionado o sistema de irrigação. A partir do momento em que o nível de umidade estiver satisfatório, o sistema de irrigação será desativado. Um fator relevante é que o

monitoramento será feito em tempo real. Acredita-se que esse projeto possa trazer benefícios para economia de água e energia elétrica, pois esse apoio tecnológico contribuirá para evitar desperdícios de recursos durante a irrigação da lavoura.

Para a realização dessa proposta será adotado o sensor de umidade de solo Higrômetro (Figura 2). Este sensor pode ser utilizado em ambientes externos como terra, areia ou até mesmo em contato direto com a água. O funcionamento do sensor é simples, ao entrar em contato com o solo as duas pontas metálicas variam a de 0V a 5V, onde 0V existem uma resistência grande com o solo, ou seja, o solo está seco e 5V a resistência entre as pontas diminui deixando o sinal próximo de 5V, conforme Junior, Rodrigues e Silva (2014, p.21).

Figura 2: Sensor de Umidade do Solo Higrômetro.



Fonte: Retirado de Junior, Rodrigues e Silva (2014, p.21).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa proposta é relevante em razão da necessidade da implementação de mais tecnologias na agricultura. Acredita-se que devido à precisão de dados e a possibilidade de implementação de um sistema em tempo real, a abordagem proposta a ser desenvolvida pode alcançar uma maior produtividade e economia de recursos naturais. Além disso, esse projeto é significativo, pois trata-se de um estudo interdisciplinar, de modo que será desenvolvido pesquisas conjuntas nas áreas de computação e agronomia.

A falta de tempo adequado, para explorar com uma maior atenção conceitos do *Arduino* e da linguagem *C*, impossibilitou um estudo aprofundado de recursos que poderiam ser aplicados a este projeto. A escassez de tempo

também inviabilizou analisar a fundo outras aplicações que já estão sendo utilizadas no campo.

Como futuras pesquisas, será necessário realizar um estudo mais abrangente sobre a plataforma *Arduino*, a linguagem C e as tecnologias que já estão sendo aplicadas no campo. O principal trabalho será o aprimoramento e o desenvolvimento da proposta de monitoramento da umidade do solo por intermédio de sensores. Além disso, acreditasse que um ponto crítico do desenvolvimento dessa abordagem será o entendimento dos mecanismos existentes atualmente, especialmente, no contexto onde a proposta será aplicada, para controle do fluxo de água liberada no processo de irrigação, visto que será necessária a integração das soluções já existentes com àquelas a serem desenvolvidas nesse projeto. A partir disso, deverão ser realizados experimentos práticos para coletar e analisar dados que subsidiem tomadas de decisão mais precisas e assertivas, de maneira que o processo de irrigação seja totalmente automatizado e proporcione uma solução sustentável e com economia de recursos.

NOTAS

¹PIR (*Passive Infrared*): Detecta objetos que geram calor e radiação infravermelha cujo comprimento de onda for igual ou maior que 0.9 μM (SILVA, 2013, p.27).

²USB (*Universal Serial Bus*): novo padrão de conexão de periféricos (SASAKI, *et.al.*, 2016, p.01).

³FTDI (*Future Technology Devices International*): oferece controladores USB que são úteis para dispositivos acessados como portas seriais virtuais USB (AXELSON, 2015, p.162).

REFERÊNCIAS

AUERNHAMMER, H. ***Global Positioning Systems in Agriculture***. Computers and Electronics in Agriculture, v. 11, n. 1, 1994.

AXELSON, J. **USB Complete: The Developer's Guide**. 5ª Ed., Madison: Lakeview Research LLC, 2015.

BRANDAO, Z. N.; SHIRATSUCHI, L. S.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. C.; DUCATI, J. R.; OLIVEIRA, R. P.; VILELA, M. F. **Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão**. Revista Agricultura de Precisão: Resultados de Um Novo Olhar, v.1, p.59, 2014.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CHAVES, A. A.; SCALEA, R. A. L.; COLTURATO, A. B.; KAWABATA, C. L. O.; FURTADO, E. L.; BRANCO, K. R. L. J. C. **Uso de VANTs e Processamento Digital de Imagens para a Quantificação de Áreas de Solo e de Vegetação**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), João Pessoa, Brasil, 2015.

COCIAN, L. F. E. **Manual da Linguagem C**. Canoas: Ulbra, 2004.

COELHO, A. M. **Agricultura de Precisão: Manejo da Variabilidade Espacial e Temporal dos Solos e Culturas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005.

COELHO, J. L. **Agricultura de Precisão: Tendências e Desafios**. Notesalq, v.5, n.10, p.45, 1997.

DAMAS, L. **Linguagem C**. 10ª Ed., Rio de Janeiro: LTC, 2007.

DIAS, L. B. **Água Nas Plantas**. Monografia (Pós-Graduação do Centro de Estudos Ambientais e Paisagísticos), Universidade Federal de Lavras, 2008.

EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. **Arduino em Ação**. São Paulo: Novatec, 2013

FILHO, H. M.; BUAINAIN, A. M.; GUANZIROLI, C.; BATALHA, M. O. **Agricultura Familiar e Tecnologia no Brasil: Características, Desafios e Obstáculos**. In: 42º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Cuiabá, Brasil, 2004.

GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; BIONDI NETO, L. **Avaliação de eficiência por Análise de Envoltória de Dados: conceitos, aplicações à agricultura e integração com Sistemas de Informação Geográfica**. 1ª Ed., Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003.

INAMASU, R. Y.; JORGE, L. A. C. **Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão**. Revista Agricultura de Precisão: Resultados de Um Novo Olhar, v.1, p.110, 2014.

JUNIOR, C. C. I.; RODRIGUES, E. L.; SILVA, V. B. **Proposta de automação climática em ambiente fechado voltado para cultivo de vegetais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Computação), Universidade São Francisco, 2006.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de Informação Gerenciais**. 7ª Ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

McROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um Veículo Aéreo Não Tripulado para Aplicação em Agricultura de Precisão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

NERIS, L. O. **Um Piloto Automático para as Aeronaves do Projeto ARARA**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PEREZ, N. B.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; QUEIROS, L. B.; RESENDE, A. V.; JORGE, L. A. C.; BASSOI, L. H.; FRAGALLE, E. P.; VILELA, M. F. **Agricultura de Precisão para a Sustentabilidade de Sistemas Produtivos do Agronegócio Brasileiro**. Revista Agricultura de Precisão: Um Novo Olhar, v.1, p.15, 2011.

PIMENTEL, C. **A Relação da Planta com a Água**. Rio de Janeiro: Edur, 2004.

PURDUM, J. **Beginning C for Arduino, Second Edition: Learn C Programming for the Arduino**. 2ª Ed., Cincinnati: Apress, 2015.

RASI, J. R. **Desenvolvimento de um Veículo Aéreo Não Tripulado para Aplicação em Pulverização Agrícola**. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Rural), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Rural, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), 2008.

RIA, W. O.; CRUZ, J. C.; FASCINA, M.; KOVALESKI, J. L. **Tecnologias Aplicadas ao Agronegócio Agricultura de Precisão**. Revista Gestão do Conhecimento: Do Curso de Administração, v.7, n.7, p.02-12, 2015.

ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. **Geoprocessamento**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Poços de Caldas, v.1, p. 1-28, 1998.

SASAKI, M. G.; CAIXETA, O. V. **Desenvolvimento de uma Interface USB para Aquisição de Dados de um Arranjo de Microfones: Aplicação em Prótese Auditiva**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade de Brasília, 2006.

SCHILDT, H. **C Completo e Total**. 3ª Ed., São Paulo: Makron Books, 1996.

SEBESTA, R. W. **Conceitos de Linguagem de Programação**. 5ª Ed., São Paulo: Bookman, 2003.

SILVA, A. V. O. **Alarme com Ativação por Sensor Presencial e Alerta via SMS**. TCC (Graduação em Engenharia da Computação), Programa de Graduação em Engenharia da Computação, Centro Universitário de Brasília, 2013.