

JOE JONAS VOGEL

**DISPOSITIVO PARA TELEMETRIA
DOS DADOS DE OPERAÇÃO DE
TRATORES AGRÍCOLAS**

Monografia apresentada no curso de Pós-Graduação do Centro Universitário Católica de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do certificado do curso.

Jaraguá do Sul
2015

JOE JONAS VOGEL

**DISPOSITIVO PARA
TELEMETRIA DOS DADOS DE
OPERAÇÃO DE TRATORES
AGRÍCOLAS**

Monografia apresentada no curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro Universitário Católica de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do certificado do curso.

Área de Concentração: Ciência da Computação

Orientador: Manfred Heil Júnior
Co-orientador: Luciano de Souza Ribeiro
Bueno

Jaraguá do Sul
2015

VOGEL, Joe Jonas

DISPOSITIVO PARA TELEMETRIA DOS DADOS DE OPERAÇÃO DE
TRATORES AGRÍCOLAS. Jaraguá do Sul, 2015.

Monografia - Centro Universitário Católica de Santa Catarina.

1. Telemetria 2. Agricultura de Precisão 3. Arduino I. Centro Univer-
sitário Católica de Santa Catarina. Curso de Bacharelado em Sistemas de
Informação.

Aqui vai a dedicatória

Agradecimentos

Aqui vai os agradecimentos

Sumário

Agradecimentos	ii
Sumário	iii
Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vi
Lista de Símbolos	vii
Lista de Abreviações	viii
Resumo	ix
Abstract	x

Capítulo 1

Introdução	1
1.1 Desafios	2
1.2 Motivação	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo Geral	3
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Organização do Trabalho	4

Capítulo 2

Fundamentação	5
2.1 Agricultura de Precisão	5
2.2 Avaliação de desempenho de tratores agrícolas	6
2.3 Arduino	7
2.4 ZigBee	8
2.5 Sensores	8
2.5.1 Encoder	9
2.5.2 Termopar	9

2.5.2.1	Termopar tipo S e R	10
2.5.2.2	Termopar tipo B	10
2.5.2.3	Termopar tipo J	11
2.5.2.4	Termopar tipo K	11
2.5.2.5	Termopar tipo N	11
2.5.2.6	Termopar tipo T	11
2.5.2.7	Termopar tipo E	12
2.5.3	Ultrassonico	12
2.6	Conclusão	13
 Capítulo 3		
	Desenvolvimento	14
 Capítulo 4		
	Resultados	15
 Capítulo 5		
	Conclusão	16
	Referências Bibliográficas	17

Lista de Figuras

2.1	GPS na Agricultura de Precisão	5
2.2	Componentes de um SIG (Sistema de Informação Geográfica)	6
2.3	Arduino Mega 2560 R3	8
2.4	Circuito de Seebeck	9
2.5	Exemplo de Termopar	10
2.6	Transmissão ultrassônico. Fonte: Sensores Industriais. Fundamentos e Aplicações. 4 ed.	12
2.7	Método pulso-eco	13

Lista de Tabelas

Lista de Símbolos

Lista de Abreviações

AP	<i>Agricultura de Precisão</i>
FEM	<i>Força Eletro-Motriz</i>

Resumo

Palavras-chave: Telemetria, Agricultura de Precisão, Arduino.

Abstract

Keywords: Telemetry, Precision Agriculture, Arduino.

Capítulo 1

Introdução

A AP (*Agricultura de Precisão*) vem avançando muito nos últimos anos. Esta é uma área que tem se consolidado fortemente. Com todas as transformações que a AP vem sofrendo, ela tem se tornado muito competitiva e exige maiores níveis de especialização, capacidade de gerenciamento e profissionalismo. Baseados nisso, os agricultores, além de administradores, cada vez mais necessitam assumir a função de pesquisadores em suas áreas, coletando informações, interagindo com novas técnicas e tomando decisões eficazes de manejo. A viabilidade da atividade e a lucratividade dependem de fatores controláveis e incontroláveis que definem a produção agrícola. Devido a isso, a aplicação dos recursos de forma eficiente é indispensável como garantia de sucesso. Isso demanda muito conhecimento e pesquisa sobre os fatores que interagem na lavoura e sobre como eles podem ser maximizados (PIRES et al., 2004).

A AP é um sistema de gerenciamento. Seu crescimento se deve principalmente aos avanços tecnológicos envolvendo: sistema de posicionamento global (GPS), sensoriamento remoto, aplicação de insumos em taxas variáveis, sistema de informação geográfica (GIS), entre outros (PIRES et al., 2004).

Com todo este avanço da AP, o Brasil ainda não está no mesmo ritmo de países onde o investimento na pesquisa e desenvolvimento é levado mais a sério. Para se ter uma ideia, o Brasil é conhecido mundialmente pela sua vocação natural para a agricultura. Esta vocação se deve a vasta área territorial combinada com a oferta de sol e água, que são recursos fundamentais para as atividades agrícolas. Ainda assim, o Brasil é o quinto maior produtor agrícola do mundo, com produção somando cerca de US\$ 100 bilhões, segundo dados do Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais (Ícone). Ficando atrás da China, União Europeia, Estados Unidos e Índia. Em sexto colocado vem o Japão (TENÓRIO, 2011).

Mesmo com todo o território e condição climática que o Brasil possui, o seu resul-

tado é muito próximo de países como Japão e Índia que possuem condições geográficas mais hostis para a agricultura.

Um dos grandes problemas que o Brasil enfrenta é a falta de tecnologias de ponta, utilizadas por outros países. Um exemplo são os tratores agrícolas utilizados no Brasil, estes não conseguem entregar os resultados esperados para eles. O motivo disso, é que as fabricantes de tratores são de fora do Brasil, e essas empresas testam seus equipamentos nas condições de trabalho de seus países. No Brasil apenas temos montadoras dessas fabricantes, os tratores são montados de acordo com o que foi especificado.

Uma das principais funções dos tratores agrícolas é transformar a energia contida no combustível e fornecê-la, através da barra de tração, para tracionar máquinas e implementos agrícolas. O desempenho na barra de tração depende de diversos fatores como potência do motor, transmissão, entre outros. Entre os fatores que interferem na tração, a condição do solo é muito importante (FILHO et al., 2010).

Porém, na hora de usar este trator, ele acaba não conseguindo exercer a atividade como deveria, isso é devido a fatores como: as condições climáticas, de solo, de combustível, entre outras que ele enfrenta no Brasil não são como as testadas pelo fabricante. Isso implica consideravelmente no desempenho do aparelho.

Neste cenário, alguns testes manuais são aplicados nos tratores, porém, estes não são o suficiente para que se possa avaliar a verdadeira causa das perdas, por exemplo, fica limitada a obtenção de alguns dados, como temperatura do combustível, fluxo de combustível, vazão de ar, força executada pelo trator, entre outros.

O desenvolvimento de novas tecnologias para apoiar a agricultura faz-se cada vez mais necessário devido a diversos fatores. Se pararmos para analisar a atual situação mundial, muito se fala em sustentabilidade. De acordo com o (SESC, 2015) "O conceito de sustentabilidade tem sua origem relacionada ao termo "desenvolvimento sustentável", definido como aquele que atenda às necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias necessidades."

1.1 Desafios

Vários estudos já foram feitos sobre o desempenho de tratores agrícolas nas mais variadas condições para analisar por exemplo a perda de potência devido aos tipos de solo, pneu utilizado, lastragem e da velocidade de deslocamento. Os dados para essas análises são obtidos por meio de instrumentação e monitoramento dos tratores, permitindo a detecção de fatores diretamente envolvidos com a eficiência de trabalho do trator (FILHO et al., 2010).

Porém, estes dados ainda são obtidos de formas manuais e exaustivas, tendo seus testes feitos de forma manual e assim gerando dados propensos a erros. Isso gera a necessidade de melhorar este processo adicionando mais veracidade e também facilidade a tomada de dados.

O desafio é desenvolver um dispositivo para captação de dados relevantes ao funcionamento do trator em tempo real por meio de diversos sensores utilizando a plataforma Arduino para o processamento dos dados coletados e XBEE para envio dos dados coletados para a análise.

1.2 Motivação

O desenvolvimento de novas tecnologias para apoiar a agricultura faz-se cada vez mais necessário devido a diversos fatores. Se pararmos para analisar a atual situação mundial, muito se fala em sustentabilidade. Dessa forma cresce cada vez mais a demanda por máquinas agrícolas que possam desempenhar suas atividades de forma rápida e da maneira mais eficiente.

Uma forma de auxiliar nisso, é analisar o desempenho dessas máquinas e avaliar os pontos onde podemos otimizar a eficiência delas.

Este projeto visa contribuir diretamente nas atividades de telemetria de tratores agrícolas. Com os dados obtidos nas análises, pode-se evoluir o desempenho dos mesmos nas condições de trabalho aos quais são submetidos. Isso impacta em menos consumo de combustível, menos emissão de poluentes, menos desgaste de peças, entre outros.

1.3 Objetivos

Este trabalho é voltado a telemetria da operação de tratores agrícolas. O objetivo é fazer com que os dados da operação sejam colhidos e enviados para a análise por meio de um dispositivo ligado ao trator em teste. E além disso, o dispositivo deve ser de fácil adaptação a vários tipos de tratores agrícolas.

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver dispositivo (End Device) capaz de coletar dados relevantes do funcionamento do trator em tempo real utilizando Arduino para o processamento dos dados coletados e XBEE para envio dos dados coletados para a análise.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudar e entender os conceitos de Interrupções no Arduíno;
- Estudar e entender melhor o funcionamento do XBEE;
- Compreender o conhecimento necessário sobre os sensores que serão instalados nos sensores a fim de melhor gerenciar eles com o dispositivo a ser desenvolvido;
- Conhecer e entender as informações básicas sobre o funcionamento do trator a fim de visualizar as situações a qual o dispositivo será submetido;
- Identificar as boas práticas para engenharia de sistemas;
- Desenvolver o dispositivo, software e documentação aplicando boas práticas de engenharia de sistemas;
- Analisar os resultados alcançados, a fim de ressaltar a relevância do resultado esperado.

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em capítulos. O primeiro é a Fundamentação que tem como objetivo deixar o leitor mais familiarizado com a agricultura de precisão, tratores agrícolas, tipos de sensores que serão utilizados, plataforma Arduino e XBEE, entre outras informações pertinentes. Estas serão divididas em seções a fim de facilitar a leitura e o entendimento.

Após a Fundamentação, virá a seção Desenvolvimento onde será exposto o assunto de modo substantivo, lógico e detalhado. Este irá conter as informações referentes ao processo de desenvolvimento do objetivo do trabalho, contemplando informações como: desenvolvimento do hardware e do software, dificuldades, testes, entre outros. Também será organizado por meio de seções para a melhor disposição da matéria.

Na sequência vem o capítulo Resultados onde serão apresentados os resultados obtidos de forma objetiva, exata, clara e lógica. Neste capítulo o leitor poderá encontrar as relações entre causa e efeito.

E ao final, o trabalho trará a Conclusão. Este capítulo irá apontar tudo que foi descoberto, diante de profunda pesquisa e investigação ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Capítulo 2

Fundamentação

No decorrer deste capítulo, será realizada a coleta das informações pertinentes à fundamentação do conhecimento necessário para o desenvolvimento do objetivo do trabalho, além de familiarizar o leitor que desejar se aprofundar mais na área desse trabalho.

2.1 Agricultura de Precisão

Normalmente a AP é associada ao uso de equipamentos de alta tecnologia para avaliar, ou monitorizar, as condições numa determinada parcela de terreno. Com essa avaliação é feita a aplicação de sementes, fertilizantes, fitofármacos, reguladores de crescimento, água, etc. de forma otimizada(COELHO et al., 2004).

Tanto a monitoria quanto a aplicação diferenciada exigem a utilização de tecnologias recentes, como os sistemas de posicionamento global (GPS - Global Positioning System), os sistemas de informação geográfica (SIG) e os sensores eletrônicos (COELHO et al., 2004).



Figura 2.1: GPS na Agricultura de Precisão

Com a concepção do GPS (Global Position System) em 1995, viabilizou-se a instalação de receptores em colhedoras, possibilitando armazenar dados de produção instantânea associada à coordenada geográfica. Em 1996, surge no mercado, colhedoras com

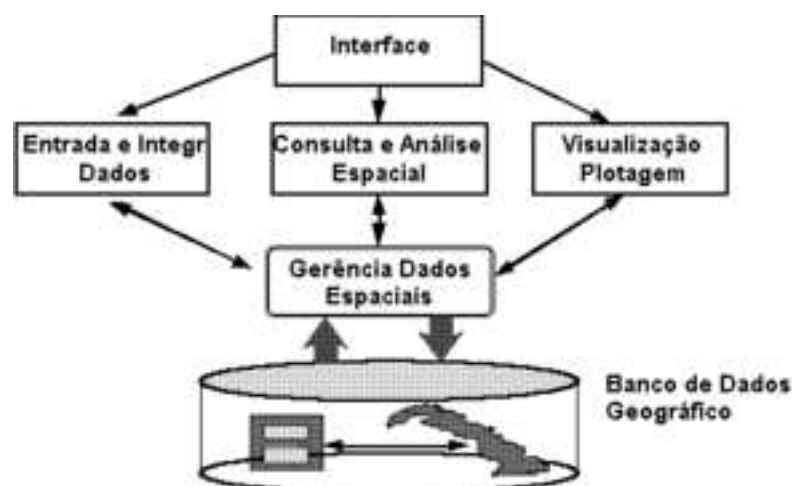


Figura 2.2: Componentes de um SIG (Sistema de Informação Geográfica)

capacidade de mapeamento da produção, gerando o boom da Agricultura de Precisão no mundo, tornando possível a prática de mapeamento e aplicação de insumos à taxa variada por meio de máquinas (INAMASU; BERNARDI, 2014).

A AP pode ser entendida então como uma forma de gestão da lavoura que leva em conta a variabilidade espacial. Pois, em tese, a variação pode ser suficientemente reduzida para que a lavoura seja considerada próxima do uniforme. O retorno econômico, portanto, depende de cada lavoura e dos processos de cada produtor (INAMASU; BERNARDI, 2014).

2.2 Avaliação de desempenho de tratores agrícolas

Uma das principais funções dos tratores agrícolas é transformar a energia contida no combustível e fornecê-la, através da barra de tração, para tracionar máquinas e implementos agrícolas. O desempenho na barra de tração depende de diversos fatores como potência do motor, transmissão, entre outros. Entre os fatores que interferem na tração, a condição do solo é muito importante (FILHO et al., 2010).

Vários estudos já foram feitos por outros autores nessa área para analisar a perda de potência de tratores devido aos tipos de solo, pneu utilizado, lastragem e da velocidade de deslocamento. Os dados para essas análises são obtidos por meio de instrumentação e monitoramento dos tratores, permitindo a detecção de fatores diretamente envolvidos com a eficiência de trabalho do trator (FILHO et al., 2010).

Outro exemplo de análise de desempenho de tratores é o artigo de (SERRANO, 2007) que faz a análise de parâmetros como: o regime do motor, a velocidade teórica e a velocidade real de avanço, o consumo horário de combustível e a força de tração na barra de

tração. Também foram realizados testes dos tratores com um freio dinamométrico ligado à tomada de potência. Os resultados validam a relação linear entre a força de tração por unidade de largura de trabalho do implemento e o consumo de combustível por hectare, indicador do dimensionamento do conjunto trator-implemento. Os dados obtidos também evidenciam as vantagens de se selecionarem marchas altas e baixa rotação do motor.

No caso acima, o autor utilizou parte da infraestrutura do sistema de informação do próprio trator que apenas exhibe os dados e para superar o fato de a informação não ficar registrada, foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados (SAD). A instalação de uma tomada em T, na ligação entre o computador e o painel do sistema de informação, permitiu derivar os sinais dos sensores referidos para um circuito eletrônico constituído por: uma caixa de terminais (com oito canais) e de condicionamento de sinal, para converter sinais analógicos registrados pelos sensores em sinais digitais; uma placa de aquisição de dados, como interface para um computador portátil, sistema de armazenamento e tratamento de dados. Além dos sensores referidos, foi instalada uma célula de carga, interposta na ligação trator-implemento (SERRANO, 2007).

2.3 Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseado em hardware e software de fácil utilização (ARDUINO, 2015b).

Sua programação é feita em sua maioria nas linguagens C e C++, porém não se limita a elas. Como o Arduino é de código aberto, podemos encontrar vários experimentos utilizando outras linguagens de programação como: Java, JavaScript, Go, entre outras.

O Arduino detecta o ambiente por meio de entradas provenientes dos mais variados tipos de sensores, e atua sobre o ambiente por meio de atuadores como: leds, motores, entre outros. Atualmente existem várias placas Arduino, elas variam em tamanho, memória, clock, portas, etc. Desta forma elas podem atender as mais variadas necessidades (ARDUINO, 2015b).

A plataforma Arduino facilita muito a vida de entusiastas que não contemplam conhecimentos mais avançados na área de microcontroladores, pois ele já vem com o hardware preparado para o uso. A plataforma Arduino associa, principalmente, a facilidade de programação com a disponibilidade de inúmeros periféricos na forma de módulos.

Por meio de ligações simples, facilmente podemos conectá-lo a sensores, motores, leds, entre outros, isso faz com que ele seja muito conhecido e utilizado em pequenos e grandes projetos de automação e Internet das Coisas por exemplo. Devido a isso, este foi o microcontrolador escolhido para este projeto.

Uma das placas Arduino mais utilizadas em projetos maiores é o Arduino Mega 2560. Devido a quantidades de portas disponíveis para utilização e processamento necessário aliado ao custo.



Figura 2.3: Arduino Mega 2560 R3

O Arduino Mega 2560 é uma placa controladora baseada no microcontrolador ATmega2560 da Atmel Corporation. Ele possui cinquenta e quatro (54) portas digitais de entrada / saída (dos quais quinze (15) podem ser utilizadas como PWM e seis (6) como portas de interrupção), dezesseis (16) analógicas e quatro (4) UARTs. O Arduino possui tudo que é necessário para suportar o microcontrolador (ARDUINO, 2015a).

2.4 ZigBee

ZigBee é um padrão que define um conjunto de protocolos de comunicação para redes sem fio de baixa taxa de transferência de dados. A taxa de transferência máxima é de 250Kbits/s. Suas principais características são: baixo custo, baixa taxa de transferência e consumo baixo de energia. Com o consumo baixo de energia aliado ao modo de economia de energia dos microcontroladores (conhecido com “*sleep mode*”), estes dispositivos podem operar por anos sem necessitar de troca de bateria. (??)

2.5 Sensores

Para o desenvolvimento do trabalho, se faz necessário o uso de sensores que serão responsáveis pelas medições dos dados de trabalho do trator.

O termo sensor é empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente, que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza a ser medida como temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc. (BASTOS; ABREU; POVEDA, 1997).

2.5.1 Encoder

2.5.2 Termopar

Em 1821, o físico Thomas Johann Seebeck descobriu que em um circuito fechado, feito com fios de dois metais heterogêneos, uma corrente elétrica fluirá se a temperatura de uma junção T_1 estiver acima da temperatura da outra extremidade T_2 (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

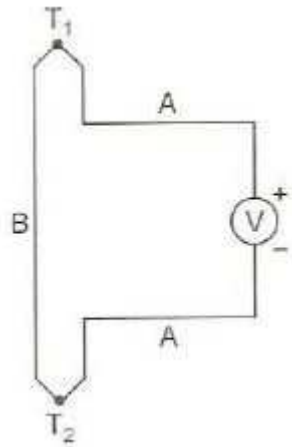


Figura 2.4: Circuito de Seebeck

Este circuito gera uma FEM (*Força Eletro-Motriz*) que é relacionada com o campo elétrico formado pelo aquecimento que é a função do gradiente de temperatura neste ponto. Baseado no efeito de Seebeck, a FEM gerada é o fenômeno em que ocorre uma circulação de corrente em um circuito formado por dois metais heterogêneos, quando há uma diferença de temperatura entre as duas junções (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Um termopar funciona medindo a diferença de potencial causada pelos fios diferentes. Dessa forma, pode-se medir diretamente a diferença entre temperaturas ou medir a temperatura absoluta, colocando em uma junção a temperatura conhecida (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Os termopares são os sensores de temperatura mais utilizados atualmente. Isso se deve a sua simplicidade e confiabilidade dos mesmos (MOREIRA, 2002).

Segundo (MOREIRA, 2002), os termopares são divididos em três categorias: termopares padronizados de metal nobre, termopares padronizados de metal base e termopares não definidos por letras. Termopares de metal nobre contém platina e os termopares de metal base contém níquel.

Dentro dessas categorias, com base na utilização e conhecimento mais comuns nos



Figura 2.5: Exemplo de Termopar

dias atuais, existem oito tipos de termoelemento: S, R, B (metal nobre) e J, K, N, T e E (metal base) (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Abaixo são explicados os tipos de termopares com sua composição, sua faixa de temperatura e suas características de utilização

2.5.2.1 Termopar tipo S e R

Os termopares do tipo S levam em sua composição 90% Platina e 10% Ródio para o terminal positivo e Platina para o terminal negativo.

Os termopares do tipo R levam em sua composição 87% Platina e 13% Ródio para o terminal positivo e Platina para o terminal negativo.

Sua faixa de utilização fica entre 0°C até 1600°C. Eles são recomendáveis em atmosferas oxidantes ou inertes. Não devem ser usados em medições abaixo de zero grau, no vácuo, em atmosferas redutoras ou atmosferas com vapores metálicos. Tem boa precisão em temperaturas elevadas (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

2.5.2.2 Termopar tipo B

Os termopares do tipo B levam em sua composição 70% Platina e 30% Ródio para o terminal positivo e 94% Platina e 06% Ródio para o terminal negativo. Sua faixa de utilização fica entre 600°C até 1700°C. Eles são recomendáveis em atmosferas oxidantes ou inertes. Não devem ser usados em medições abaixo de zero grau, no vácuo, em atmosferas redutoras ou atmosferas com vapores metálicos. Melhores em altas temperaturas do que

os Tipos S e R (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

2.5.2.3 Termopar tipo J

Os termopares do tipo J levam em sua composição Ferro para o terminal positivo e Cobre e Níquel para o terminal negativo. Sua faixa de utilização fica entre -40°C até 750°C . Eles são recomendáveis em atmosferas oxidantes, redutoras, inertes e no vácuo. Não devem ser utilizados em atmosferas sulfurosas e não se recomenda o uso em temperaturas abaixo de zero grau. Normalmente custam pouco (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

2.5.2.4 Termopar tipo K

Os termopares do tipo K levam em sua composição Níquel e Cromo para o terminal positivo e Níquel e Alumínio para o terminal negativo. Sua faixa de utilização fica entre -200°C até 900°C . Eles são recomendáveis em atmosferas oxidantes ou inertes. Ocasionalmente podem ser usados abaixo de zero grau. Não são recomendáveis para atmosferas redutoras ou sulfurosas. E pode ser utilizado no vácuo, porém em curtos períodos de tempo (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

2.5.2.5 Termopar tipo N

Os termopares do tipo N levam em sua composição Níquel, Cromo e Silício para o terminal positivo e Níquel e Silício para o terminal negativo. Sua faixa de utilização fica entre -200°C até 1200°C . Excelentes em resistência a oxidação até 1200°C . Possuem curva FEM x Temperatura similar ao tipo K, porém possuem menor potência termoelétrica. Possuem maior estabilidade e menor drift x tempo (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

2.5.2.6 Termopar tipo T

Os termopares do tipo T levam em sua composição Cobre para o terminal positivo e Cobre e Níquel para o terminal negativo. Sua faixa de utilização fica entre -200°C até 350°C . Eles são recomendáveis em atmosferas oxidantes, redutoras, inertes e no vácuo. Este sensor é adequado para medições abaixo de zero grau. Apresentam boa precisão em sua faixa de utilização (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

2.5.2.7 Termopar tipo E

Os termopares do tipo J levam em sua composição Níquel e Cromo para o terminal positivo e Cobre e Níquel para o terminal negativo. Sua faixa de utilização fica entre - 200°C até 9000°C. Eles são recomendáveis em atmosferas oxidantes e inertes. Perdem suas características termoelétricas em ambientes redutores ou no vácuo. Adequados para medições abaixo de zero grau (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

2.5.3 Ultrassonico

Os sensores ultrassônicos emitem ondas sonoras em frequências muito altas. Os transdutores ultrassônicos tem cristais de piezelétricos que ressonam a uma frequência desejada convertendo energia elétrica em energia acústica e vice-versa. As ondas são transmitidas e refletidas em forma de cone (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005). Conforme a Figura 2.6.



Figura 2.6: Transmissão ultrassônica. Fonte: Sensores Industriais. Fundamentos e Aplicações. 4 ed.

Os ultrassônicos unem a variedade de utilização ao baixo custo. Isso faz com que sejam empregados em muitas aplicações. Historicamente, a aplicação mais habitual dos ultrassônicos é na medição de distâncias por meio do método pulso-eco, por transdutores elétricos (BASTOS; ABREU; POVEDA, 1997).

A técnica do pulso-eco a medida de distância é feita por meio da determinação de tempo de trânsito que gasta uma onda ultrassônica para percorrer o trajeto de ida e volta (BASTOS; ABREU; POVEDA, 1997).

É necessária uma distância mínima entre o sensor e o objeto para que possam haver os ecos e os mesmos possam ser interpretados e calculados. O ângulo da superfície do objeto, rugosidade da superfície, mudanças na temperatura e umidade do ambiente. Os objetos podem ter qualquer forma refletiva, inclusive podem ser redondos (BASTOS;



Figura 2.7: Método pulso-eco

ABREU; POVEDA, 1997).

Estes sensores são utilizados para diversos fins, tais como medição de diâmetro, presença de pessoas, medição de densidade, entre outros (BASTOS; ABREU; POVEDA, 1997).

2.6 Conclusão

Durante este capítulo, foram descritos os conhecimentos básicos necessários para o desenvolvimento e entendimento do trabalho. No próximo capítulo serão esplanados os assuntos pertinentes ao desenvolvimento.

Capítulo 3

Desenvolvimento

Capítulo 4

Resultados

Capítulo 5

Conclusão

Referências Bibliográficas

- ARDUINO. *Arduino Mega 2560*. 2015. Online, acessado em 20/Maio/2015. Disponível em: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>.
- ARDUINO. *What is Arduino?* 2015. Online, acessado em 20/Maio/2015. Disponível em: <http://www.arduino.cc/>.
- BASTOS, T. F.; ABREU, J. M. M.; POVEDA, L. *Uso de sensores ultra-sônicos na medição de parâmetros em robótica e outras aplicações*. [S.l.]: Instituto de Automática Industrial, Espanha, 1997.
- COELHO, J. C. et al. Agricultura de precisão. *Prefácio, Lisboa*, 2004.
- FILHO, A. G. et al. Desempenho de trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, SciELO Brasil, v. 14, n. 3, p. 333–339, 2010.
- INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. de C. Agricultura de precisão. *Embrapa Pecuária Sudeste-Capítulo em livro técnico-científico (ALICE)*, In: BERNARDI, AC de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, AV de; BASSOI, LH; INAMASU, RY (Ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014., 2014.
- MOREIRA, L. Medição de temperatura usando-se termopar. *Cerâmica Industrial*, v. 7, n. 5, p. 51–53, 2002.
- PIRES, J. L. F. et al. *Discutindo agricultura de precisão-aspectos gerais*. [S.l.]: Embrapa Trigo, 2004.
- SERRANO, J. Desempenho de tratores agrícolas em tração. *Pesquisa agropecuária brasileira*, SciELO Brasil, v. 42, n. 07, p. 1021–1027, 2007.
- SESC, S. S. d. C. *Conceito de Sustentabilidade*. 2015. Online, acessado em 18/Maio/2015. Disponível em: <http://sustentabilidade.sescsp.org.br/conceito-de-sustentabilidade>.
- TENÓRIO, R. Agricultura - do subsídio à política agrícola. *Desafios do Desenvolvimento*, 2011.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. d. Sensores industriais—fundamentos e aplicações. *São Paulo*, v. 3, 2005.