

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
EDUARDO RANSOLIN

**AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DE APLICATIVOS DE DIRECIONAMENTO PARA
MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

Curitibanos
2019

EDUARDO RANSOLIN

**AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DE APLICATIVOS DE DIRECIONAMENTO PARA
MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Campus de Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti

Curitibanos
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ransolin, Eduardo
AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DE APLICATIVOS DE DIRECIONAMENTO
PARA MÁQUINAS AGRÍCOLAS / Eduardo Ransolin ; orientador,
Neilor Bugoni Riquetti, 2019.
29 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2019.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Agricultura de precisão. 3.
Direcionamento de máquinas agrícolas. 4. Aplicativos. 5.
Sistemas de orientação. I. Riquetti, Neilor Bugoni. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia

Rodovia Ulysses Gaboardi km3

CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC

TELEFONE (048) 3721-2176 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

EDUARDO RANSOLIN

AVALIAÇÃO DE APLICATIVOS DE DIRECIONAMENTO PARA MÁQUINAS AGRÍCOLAS.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 27 de junho de 2019.

Prof. Dra. Elis Borcioni
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Djalma Eugenio Schmitt
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Eduardo Marques Martins
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar tudo isso.

Meus pais, Vanderlei por ser um exemplo para me inspirar, Adelina por sempre me dar forças quando precisei.

Ao meu irmão Artur por me fazer sentir-se especial.

A minha Avó Adiles sempre disposta em ajudar de alguma forma.

Meus agradecimentos para meu Orientador e Amigo Neilor por fazer este trabalho ser possível.

A todos meus amigos que contribuíram diretamente para execução, Felipe Bratti, Alex Lagranha, Vagner Schneider, Alisson Luan Daga.

E outros amigos que de alguma maneira ou momento me ajudaram de alguma forma, Leomar, Tiago, Vinícios, Wilian, Luiz Gustavo, Claudemar, Diego, Marcos, Dener, Ismael, Giuliano, Luiz.

Meu Tio Valdir e sua família.

A todos que me ajudaram nesse trabalho, seja diretamente ou indiretamente quero deixar meu sincero OBRIGADO.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso.”

John Ruskin

“Não importa o que aconteça, continue a nadar”

Graham Walters

RESUMO

O direcionamento correto de uma máquina agrícola não deve apresentar sobreposição e/ou afastamento entre as passadas. Pois o direcionamento inadequado causa prejuízo ao produtor, seja pelo desperdício de insumos, maior consumo de combustível, aumento da competição intraespecífica e/ou baixa população de plantas. Com o aumento do investimento em tecnologia na agricultura, o advento da Agricultura de Precisão e o uso da tecnologia móvel, as pequenas propriedades rurais podem lançar mão de métodos contemporâneos até então acessíveis apenas para propriedades com grande investimento. Nesse contexto, o estudo teve por objetivo testar dois aplicativos gratuitos para smartphones (Navegador de Campo e AgribusNavi). O estudo foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Curitibanos – SC. Foram efetuados testes para determinar a acurácia desses aplicativos e sua viabilidade em pequenas propriedades. Os tratamentos testados foram: Aplicativo Navegador de Campo (NC); Aplicativo AgribusNavi (AB); Aplicativo Navegador de Campo + GPS (NC+GPS) e Aplicativo AgribusNavi + GPS (AB+GPS). Os quatro tratamentos foram realizados em três áreas diferentes, com 30 medições de passadas para cada tratamento. Os resultados mostraram que os dois aplicativos não apresentaram diferença de acurácia significativa entre si, porém ambos apresentaram melhora quando conectados via Bluetooth à um receptor GNSS (Global Navigation Satellite System), chegando à precisão de 32 centímetros. O aplicativo que obteve melhores resultados foi o Navegador de campo. A utilização do receptor GNSS aumentou a acurácia de ambos os aplicativos. O sistema avaliado com menor erro entre passadas, é o aplicativo Navegador de Campo conectado a um receptor GNSS via Bluetooth.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Tecnologia móvel. Smartphone.

ABSTRACT

The correct steering of an agricultural machine must not overlap and / or move between the passes. Because inadequate steering causes damage to the producer, either through the waste of inputs, higher fuel consumption, increased intraspecific competition and / or low plant population. With increased investment in technology in agriculture, the advent of Precision Agriculture and the use of mobile technology, small farms can resort to contemporary methods hitherto accessible only to highly invested properties. In this context, the study aimed to test two free applications for smartphones (Navegador de Campo and AgribusNavi). The study was carried out at the Experimental Farm of the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Curitibanos - SC. Tests were performed to determine the accuracy of these applications and their viability in small properties. The treatments tested were: Navegador de Campo Application (NC); Application AgribusNavi (AB); Application Navegador de Campo + GPS (NC + GPS) and Application AgribusNavi + GPS (AB + GPS). The four treatments were performed in three different areas, with 30 measurements of passes for each treatment. The results showed that the two applications showed no significant difference between them, but both showed improvement when connected via Bluetooth to a Global Navigation Satellite System (GNSS) receiver, reaching a precision of 32 centimeters. The application that performed best was the Field Browser. The use of the GNSS receiver increased the accuracy of both applications. The system evaluated with the least error between passages is the Field Browser application connected to a GNSS receiver Bluetooth.

Keywords: Precision farming. Mobile Technology. Smartphone.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	JUSTIFICATIVA.....	10
1.2	OBJETIVOS.....	10
1.2.1	Objetivo geral.....	10
1.2.2	Objetivos específicos.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	12
2.2	SOBREPOSIÇÕES NAS ATIVIDADES MECANIZADAS.....	13
2.3	SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO GLOBAL POR SATÉLITES (GNSS).....	13
2.3.1	Funcionalidade de GNSS	14
2.3.2	Erros nos sinais GNSS	14
2.4	SISTEMAS DE DIRECIONAMENTO	15
2.5	TECNOLOGIA MÓVEL	16
2.5.1	Aplicativos Navegador de Campo® e AgribusNavi®	17
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5	CONCLUSÃO	26
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Com o surgimento dos Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), foram desenvolvidas tecnologias que permitem o posicionamento instantâneo e preciso do conjunto moto-mecanizado na lavoura, auxiliando no direcionamento preciso das máquinas com menor fadiga do operador e, conseqüentemente, menores erros como sobreposição de produtos químicos, consumo excessivo de combustível e menor tempo de trabalho em operações de preparo do solo e semeadura, por exemplo. (FERNANDES, 2013).

Existem diversos tipos de sinal de GNSS com correções diferenciais que melhoram a acurácia dos receptores e, por consequência, com distintos níveis de erros de posicionamento. Na prática, basta o operador criar uma linha de referência, definir o espaçamento entre as passadas da operação e o software do equipamento replica inúmeras passadas paralelas à direita e à esquerda da linha referência. O posicionamento do veículo é corrigido automaticamente por atuadores no volante ou diretamente no seu rodado (Piloto Automático) ou manualmente pelo operador.

O posicionamento da máquina e a precisão das passadas estão diretamente relacionados com o sucesso das operações agrícolas. Durante o ciclo da cultura utilizando piloto automático e práticas de tráfego controlado estudos comprovam um incremento significativo de produtividade que pode chegar até 20% com uma economia de combustível chegando até 37% (GOEHL, 2015).

Atualmente, já é possível mecanizar cada etapa do processo produtivo e existem no mercado opções, como colhedoras autopropelidas até equipamentos portáteis para atender a demanda dos pequenos e médios produtores (FARO, 2015). Com o surgimento do sistema operacional para dispositivos móveis desenvolvido pela empresa Google (RIFFEL, 2016) e o crescimento do mercado de smartphones, chegando a 3 bilhões de usuários aproximadamente (LECHETTA, 2010), surgiram também os aplicativos destinados à agricultura, que podem ser utilizados para o direcionamento de máquinas agrícolas.

Esses aplicativos têm por finalidade a orientação de um veículo em faixas adjacentes, melhorando as condições operacionais, diminuindo a sobreposição das operações agrícolas entre as passadas consecutivas e otimizando a eficiência.

O uso de alguma sobreposição entre as passadas é prática comum em operações agrícolas, principalmente na aplicação de defensivos agrícolas. Está prática garante uma

cobertura melhor do produto aplicado sobre o alvo, porém proporciona um desperdício, aumentando o custo da aplicação além da contaminação do ambiente (BAESSO et al., 2014).

O fator interessante desses aplicativos é que são gratuitos e podem ser descarregados e utilizados em qualquer *smartfone*, viabilizando para pequenos produtores uma tecnologia até então dispendiosa, melhorando assim a eficiência nas operações agrícolas.

1.1 JUSTIFICATIVA

A expansão do agronegócio exige dos produtores investimento em tecnologias e sistemas de informação cada vez mais avançados e sofisticados como a automação de máquinas, sistemas embarcados de posicionamento via satélite e mapeamento geográfico das características físico-químicas do solo.

Esse avanço ocorre, geralmente, apenas em grandes propriedades devido ao custo relativamente elevado para aquisição de equipamentos para a AP. As pequenas propriedades ficam excluídas pela limitada capacidade de investimento. Os aplicativos disponibilizados gratuitamente podem ser uma forma com baixo custo de tornar o processo produtivo nas pequenas propriedades mais eficiente.

Para isso ser possível não basta apenas os aplicativos serem criados. Comprovar cientificamente sua eficiência na prática também se faz necessário, como essas tecnologias estão cada vez mais presentes na rotina, as pesquisas devem seguir no mesmo ritmo. Se tratando de algo sério como é a agricultura para se inserir novas tecnologias no processo elas devem passar primeiro por vários estudos que comprovem sua eficiência. É neste contexto que o experimento é relevante, testando tecnologias novas que estão em constante crescimento no cenário atual.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

- Analisar a acurácia dos aplicativos de direcionamento de máquinas agrícolas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar os aplicativos mais populares na categoria AP, Navegador de Campo e AgribusNavi;
- Determinar a acurácia entre as passadas com os aplicativos;
- Comparar a acurácia dos aplicativos conectados com um GNSS e sem conexão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO

Na agricultura dita como tradicional todas as áreas são consideradas homogêneas e todas as aplicações de insumos são iguais em toda área. As aplicações realizadas dessa forma são fruto do cálculo da necessidade média de determinado insumo, desconsiderando a variabilidade espacial das necessidades dentro da área. Isso gera um desbalanço de nutrientes, comprometendo a produtividade das lavouras, podendo causar maior impacto ambiental (MACHADO et al., 2007).

A Agricultura de Precisão (AP) pode ser definida como um elenco de tecnologias e procedimentos utilizados para que os sistemas de produção agrícolas sejam otimizados, tem como elemento chave, o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e os fatores a ela relacionados, se configura na verdade, com um sistema de gestão ou gerenciamento. Nesse sistema identifica-se a variabilidade espacial dos atributos do solo e com isso otimiza-se a aplicação de insumos, ao aplicar a dose adequada no local necessário, resultando, geralmente, no aumento da produtividade, redução de custos com insumos e menor contaminação ambiental (CAMPOS et al., 2013).

Segundo Davis (1998) a ideia central da AP não é recente, porém com o aumento da tecnologia, principalmente no que se refere aos Sistemas de Posicionamento Global, satélites e softwares cada vez mais potentes, a sua idealização até então teórica pode ser aplicada. A primeira vez que uma técnica de AP foi utilizada foi em 1929, nos Estados Unidos, por Bauer e Linsley, citados por Goering (1993), que sugeriram a amostragem de solo na forma de grades, dividindo a área com tamanho definidos de 10m por 10m, fazendo uma amostragem em cada uma dessas subáreas, determinando assim a aplicação diferencial de calcário. Em 1938, Smith na Austrália realizou o primeiro mapa de variabilidade espacial de produtividade, na cultura do trigo (COELHO, 2005).

A adoção da AP elenca várias vantagens, como: redução de custos da produção; maior produtividade da lavoura; redução da contaminação ambiental; tomada de decisão rápidas e certas e; fornecer informações para tomar decisões de manejo mais embasadas (COELHO, 2005).

2.2 SOBREPOSIÇÕES NAS ATIVIDADES MECANIZADAS

Pode ser considerada uma sobreposição correta aquela em que distância entre linhas é igual à largura efetiva de trabalho. Sobreposição excessiva é aquela em que a distância entre linhas é inferior à largura efetiva de trabalho, provocando a sobre dose de aplicação sobre a cultura, e a sobreposição insuficiente é aquela em que a distância entre linhas de aplicação é superior à largura efetiva de trabalho, resultando em falhas de aplicação entre passadas (SERRANO et al., 2013)

O direcionamento de máquinas agrícolas sem orientação de precisão, utilizando práticas convencionais de orientação no direcionamento como, marcadores de espuma, orientação pelas fileiras de cultivo, riscadores de solo e bandeirinhas sinalizadoras, podem gerar sobreposição ou falhas durante a aplicação, resultando em custos adicionais e danos à cultura e meio ambiente (BAIO, 2005).

Estudos feitos por Nieminen e Sampo (2005 citado por Reynaldo 2009) concluíram que a sobreposição chega em média a 10% nas aplicações de defensivos agrícolas principalmente devido aos operadores de máquinas agrícolas sobreporem como uma forma de evitar falhas nas aplicações.

2.3 SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO GLOBAL POR SATÉLITES (GNSS)

Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS – Global Navigation Satellite System) é o nome genérico utilizado para nomear sistemas de navegação por satélite que possibilitam a determinação do posicionamento em qualquer ponto do globo terrestre (CAMPOS et al., 2013). Por intermédio de uma constelação de satélites, torna-se possível identificar com precisão uma determinada localização (latitude, longitude e altitude). A constelação de satélites é a responsável por enviar sinais de rádio que possibilitem a realização desta orientação (CAMPOS et al., 2013)

Atualmente existem quatro sistemas Globais em operação: GPS (Sistema de Posicionamento Global) de propriedade do governo dos Estados Unidos, GLONASS (Sistema de Navegação Global por Satélite) de propriedade do governo da Rússia, GALILEO (nome dado em homenagem ao astrônomo italiano Galileu Galilei) de propriedade da União Europeia e o COMPASS ou Beidou (sem significado específico) de propriedade do governo da China. Caso haja a integração entre os diversos sistemas de posicionamento por satélites disponíveis,

será possível obter um posicionamento mais acurado devido principalmente à grande quantidade de dados (CAMPOS et al., 2013).

2.3.1 Funcionalidade de GNSS

É um sistema de rádio navegação desenvolvido pelo DoD (Department of Defense - Departamento de Defesa dos Estados Unidos), cuja concepção, permite que um usuário, em qualquer local da superfície terrestre, ou próximo a ela, tenha sempre à sua disposição no mínimo quatro satélites artificiais, para que consiga realizar o posicionamento em tempo real (MONICO, 2007, apud RÉQUIA, 2013).

Por meio de coordenadas cartesianas retangulares X, Y, Z em relação ao centro de massa da terra (0,0,0) o GPS permite ao usuário determinar seu posicionamento e posteriormente convertê-las em coordenadas elipsoidais expressas em latitude, longitude e altura elipsoidal (“h”) (SEBEM, 2010).

A maioria dos sistemas utiliza o GPS, como é o caso dos celulares smartphones, e aparelhos mais acessíveis. Porém já existem smartphones que utilizam o GPS, GLONASS e o Galileo, obviamente obtendo uma precisão maior, por usarem mais de um sistema de satélites de navegação (SEBEM, 2010).

2.3.2 Erros nos sinais GNSS

As interferências nos sistemas de navegação podem ser divididas em intencionais e não-intencionais, e ambas afetam negativamente a acurácia do sistema podendo elevar os erros de alguns centímetros a até vários metros (SOUZA, 2005). As interferências intencionais são as mais preocupantes, pois são provenientes de transmissores projetados exclusivamente para causar danos ao sistema causando bloqueio de canais, impossibilitando a aquisição de códigos ou fazendo alterações nos mesmos (SOUZA, 2005). Os erros ligados a interferências não-intencionais são atribuídos a fontes sistêmicas e aos problemas causados por emissões espúrias oriundas de outros serviços, tais como TV via satélite, estações de rádio FM, radioamadores, entre outros (SOUZA, 2005).

As fontes sistêmicas de erros podem ser divididas em três: relacionadas com o satélite, meio de propagação de sinal; e relacionados com o receptor (HILLEBRAND; FORNO, 2015).

Cada satélite e receptor tem um relógio atômico e convencional respectivamente, porém a falta de sincronismos entre eles ocasiona erros. Partindo do fato que não existem dois relógios exatamente iguais, condições físicas e ambientais causam imprecisões, de tal forma que dois relógios perfeitamente sincronizados num dado momento, mais tarde ou mais cedo irão mostrar medições distintas. Estes erros podem ser eliminados através do posicionamento diferencial (relativo), ao utilizar uma das redes de fornecimento de dados precisos disponíveis (HILLEBRAND; FORNO, 2015).

A distribuição dos satélites também é importante, sendo que, distribuídos de forma irregular (muito pertos ou muito distantes uns dos outros), com um ângulo baixo referente ao receptor, ocasionam um sinal de baixa qualidade (EMBRAPA, 2013).

O meio de propagação interfere diretamente nas ondas; a ionosfera é uma camada com grande quantidade de elétrons que podem variar devido aos ciclos solares fazendo os sinais perderem força, a troposfera tem a mesma interferência, porém ao invés de eletros as partículas de água e as nuvens podem fazer esse papel (SOUZA, 2005).

Obstáculos físicos causam a reflexão do sinal e/ou interferência, essas reflexões são captadas pela antena do receptor juntamente com o sinal direto. Dependendo das combinações de fase, ocorrem variações na intensidade do sinal recebido. É indicado que usuário não esteja em fundos de vales, áreas urbanas próximas a edifícios, linhas de transmissão de alta voltagem, radares, antenas, florestas densas, etc. (EMBRAPA, 2013).

2.4 SISTEMAS DE DIRECIONAMENTO

Para se localizar, o homem utiliza pontos de referência. Para localizar algo em qualquer lugar na terra foi criado ponto de referência através de sistemas de coordenadas geográficas e pela construção de mapas. Através dessa capacidade utiliza-se satélites que enviam sinais de posicionamento ao receptor localizado no solo, ao saber a posição correta surge a possibilidade de aplicar isso à navegação de veículos automotores, aeronaves e embarcações (SEBEM et al., 2010).

Um das primeiras tecnologias usadas na agricultura com esse princípio foi o monitor de direcionamento por barra de luz que auxilia a direção e posicionamento ao operador de máquinas e equipamentos agrícola. Para a visualização do percurso correto a ser realizado pequenas lâmpadas coloridas e, em alguns casos, sinais sonoros, orientam o operador na direção

pretendida. Esta ferramenta não garante uma precisão muito significativa, pois a habilidade do operador em utilizá-la será o fator principal (FERNANDES, 2013).

Outra tecnologia disponível, que pode se dizer que é uma evolução da barra de luz é o monitor virtual que indica para o operador uma linha a seguir através da indicação na tela do monitor. Quando o operador sai da linha planejada é alertado pelo monitor. Nessa tecnologia tem se empregado muito o uso dos smartphones, que por meio de diversos aplicativos, conseguem desempenhar esse papel (FERNANDES, 2013).

Atualmente, como uma das mais avançadas tecnologias, têm-se o sistema de direcionamento automático que, associado ao sistema de direcionamento eletro hidráulico, permite que os controladores eletrônicos do conjunto mecanizado controlem e indiquem as coordenadas de trafegabilidade e a dirigibilidade da máquina. Isso ocorre sem a interferência do operador, o que traz inúmeros benefícios ao usuário; diminuição da penosidade, manobras desnecessárias, aumento da eficiência do equipamento, trabalhar em velocidades mais altas, eliminar os métodos convencionais, (como marcadores de espuma, riscadores de solo, bandeirinhas dentre outros), o que auxilia no ganho de rendimento e na diminuição dos custos de produção (OLIVEIRA, 2009).

2.5 TECNOLOGIA MÓVEL

Com o grande avanço tecnológico, profissionais da agricultura não podem mais ficar dentro de escritórios, e devem acompanhar a tecnologia e trabalhar com dispositivos portáteis diretamente do campo, otimizando o trabalho (RÉQUIA, 2013).

A mobilidade de dispositivos móveis pode ser definida como a capacidade de poder se deslocar ou ser deslocado facilmente. Essa mobilidade se refere ao uso pelas pessoas dos dispositivos móveis portáteis funcionalmente poderosos que ofereçam a capacidade de realizar facilmente um conjunto de funções de aplicação, sendo também capazes de conectar-se, obter dados e fornecê-los a outros usuários sendo ótimos geradores de informação, podendo ser utilizados desde a automação do processo, até nas coletas de informações estratégicas, visto as suas dimensões reduzidas (SCHAEFER, 2004).

2.5.1 Aplicativos Navegador de Campo® e AgribusNavi®

Navegador de campo® é um aplicativo gratuito disponível para sistema operacional Android®, sendo um dos mais populares entre os aplicativos de direcionamento paralelo, auxiliando na agricultura de precisão. Pode ser usado sem nenhum equipamento adicional o que diminui consideravelmente os custos para o produtor. Permite que o usuário possa conduzir máquinas agrícolas ao longo de trilhas paralelas, ver obstáculos e dados do campo como limites e linhas de orientação que podem ser marcados e salvos.

Com esses princípios o aplicativo tem a proposta de reduzir a carga de trabalho do motorista, o número de áreas não tratadas, assim como as sobreposições. Para aumentar sua precisão o dispositivo com o aplicativo pode se ligar com um equipamento de GNSS externo por meio do Bluetooth.

Além da navegação em linha paralela o aplicativo fornece outras funções como: Navegação e criação de trilhas no Google Maps® com imagem de satélite; Criação de campos usando GPS; Criação de áreas selecionando manualmente pontos no mapa; Medição de áreas e perímetros do campo.

O AgribusNavi® é muito parecido com o Navegador de Campo®, e basicamente desempenha as mesmas funções, o que difere é sua interface que utiliza o celular na horizontal. É um sistema de orientação por GPS para montagem em máquinas agrícolas, gratuito e que tem a opção de se conectar por Bluetooth com um GPS externo afim de melhorar sua precisão.

Figura 1. (A) Interface do aplicativo Navegador de Campo. (B) Interface do aplicativo AgriBus-NAVI.



Fonte: Google Play®

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Curitibanos – SC, situada a uma latitude $27^{\circ}16'26,55''$ Sul e Longitude de $50^{\circ}30'14,41''$ Oeste com altitude média de 1000 metros, em 3 áreas distintas conforme figura a seguir.

Figura 2. Área 1, 2 e 3, na Fazenda Experimental Agropecuária.



Fonte: Google Earth

Ao total foram efetuados quatro tratamentos: T1 Aplicativo Navegador de Campo (NC); T2 Aplicativo AgribusNavi (AB); T3 Aplicativo Navegador de Campo + GPS (NC+GPS) e T4 Aplicativo AgribusNavi + GPS (AB+GPS). Os quatro tratamentos foram realizados em três áreas diferentes como demonstrado na figura 2.

Figura 3. Disposição dos tratamentos nas três áreas.

Area 1	Navegador de Campo	AgriBusNavi	Navegador de Campo + GPS	AgriBusNavi + GPS
Area 2	Navegador de Campo	AgriBusNavi	Navegador de Campo + GPS	AgriBusNavi + GPS
Area 3	Navegador de Campo	AgriBusNavi	Navegador de Campo + GPS	AgriBusNavi + GPS

Os materiais utilizados foram um celular smartfone marca Motorola, modelo E5 Plus, com sistema operacional Android 8.0, sendo que seu sistema de orientação por satélite utiliza os sistemas de GPS, GLONASS e BeiDou, um receptor GNSS da marca Nokia modelo Ld-3w bluetooth utilizando o sistema de orientação por GPS (Figura 4), bandeirinhas para marcação das passadas e uma trena métrica para medição das distâncias entre uma passada e outra.

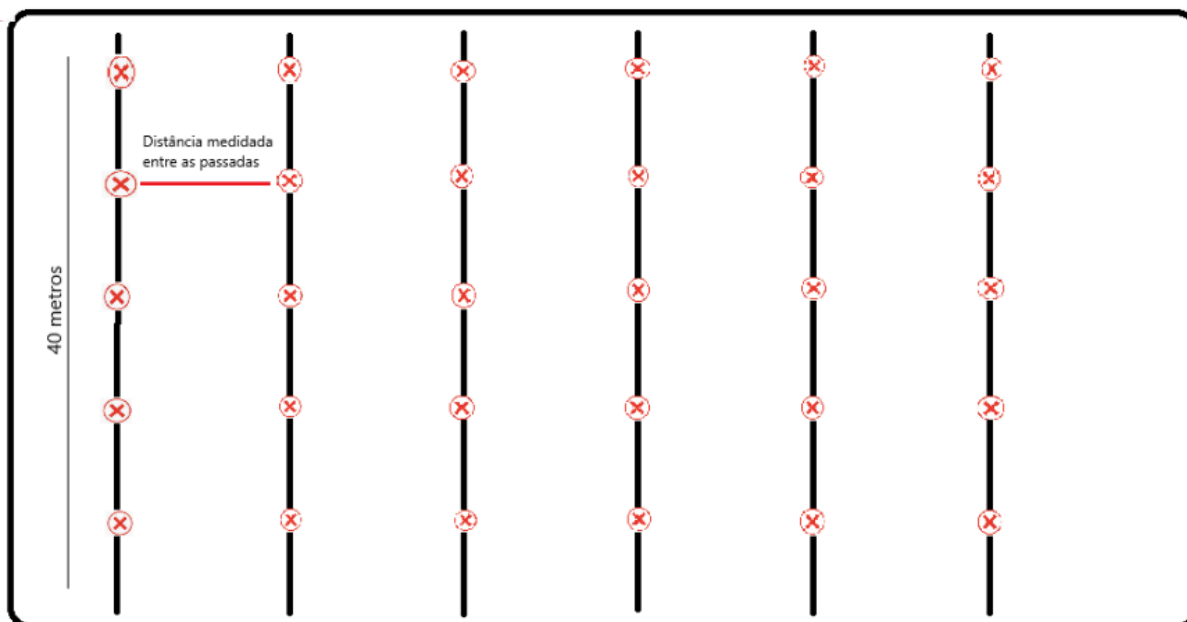
Figura 4 Modelo de Receptor GNSS utilizado no estudo.



Fonte: Google imagens.

Foi efetuado uma simulação das passadas andando sob a orientação da interface do smartfone. Foram estabelecidas seis passadas de 40 metros de comprimento cada, três idas e três voltas. A cada 6 metros foi fixada uma bandeirinha para demarcar o local, em cada passada totalizando 5 pontos com cinco bandeirinhas. Como eram seis passadas se totalizou a marcação de trinta pontos, para cada tratamento, conforme Figura 5.

Figura 5. Esquema do experimento para a coleta de dados.



A largura de uma passada para outra, que seria igual a largura de um implemento, chamada também de largura de trabalho, foi definida em 5 metros, para todos os tratamentos. Antes de se iniciar a percorrer a área se configurou nos dois aplicativos essa distância. Importante ressaltar que poderia ser qualquer valor, se o implemento tiver 10 metros de largura, obviamente os aplicativos devem ser configurados a rigor.

A escolha da distância de cinco metros entre passadas não foi aleatória, foi para otimizar o espaço do experimento, podendo assim ser coletados mais dados em um local menor. Sendo a área disponível pequena, típico de pequenas propriedades, e outros locais na área experimental estarem ocupados com outros experimentos.

Primeiramente foram realizadas as simulações das passadas sem a conexão via Bluetooth com o receptor GPS externo, ou seja, apenas *smartfone* com os aplicativos instalados. No segundo momento foi conectado o *smartphone* a um receptor de sinais GPS externo (Nokia Ld-3w), por meio de Bluetooth, com o intuito de melhorar a acurácia dos aplicativos.

Caso a distância medida (figura 6) fosse inferior à cinco metros, houve sobreposição entre as passadas e, caso a distância medida fosse maior de cinco metros, pode se dizer que houve falhas na atividade mecanizada, deixando faixas sem o determinado tratamento.

Figura 6. Demarcação dos pontos e medição dos erros.



Fonte: Autor

O delineamento utilizado foi o Inteiramente casualizado (DIC), onde cada tratamento teve 30 repetições por área. Importante ressaltar que cada medição entre passadas é considerado uma repetição, visto que o procedimento é igual para todas as coletas de dados. No total foram efetuadas 120 medições por área, totalizando 360 medidas de distância entre as passadas.

Após anotados todos os dados das distancias entre as bandeirinhas de todos os tratamentos, se realizou a análise estatística pelo software Sisvar, realizando um teste de Análise de variância (Anova) no esquema fatorial 2x2, sendo dois aplicativos e dois sistemas de conexão com o GNSS.

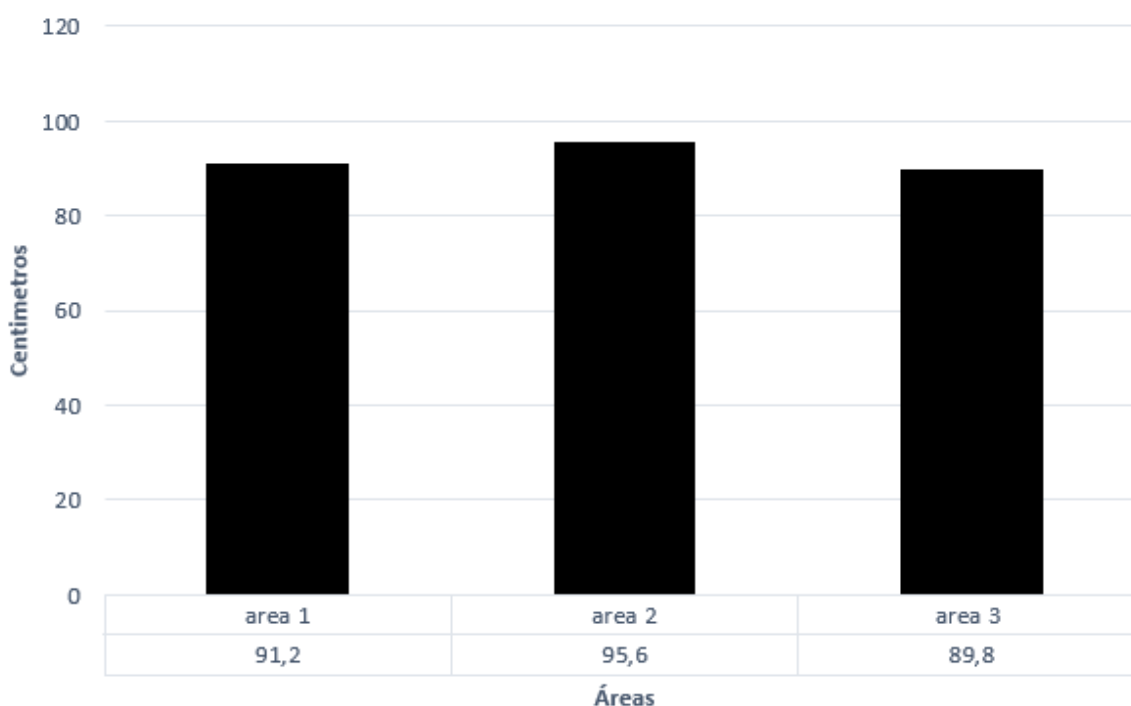
Na determinação das diferenças entre passadas, o cálculo foi realizado subtraindo-se o valor da distância obtida entre uma bandeirinha a outra por cinco, que seria teoricamente a largura do implemento, obtendo-se o valor do erro. Quando a distância era menor que cinco, e o resultado obtido sendo negativo, desconsiderou-se o sinal, pois independente se for para mais ou para menos é um erro de acurácia. Como o sinal foi ignorado pode se efetuar um somatório de todos os erros e posteriormente se fazer uma média e compará-las entre os tratamentos. Para uma análise coerente com a estatística se utilizou o Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escolha desses dois aplicativos foram devido a serem os mais baixados de sua categoria, além de que, com dois aplicativos, pode-se comparar os resultados e optar por aquele que apresente a melhor acurácia.

Ao analisar as três áreas diferentes em que se realizaram as medições, não houve diferença estatística significativa entre as áreas 1, 2 e 3 para considerarmos a influência do local nos resultados, sendo o erro de precisão de apenas alguns centímetros entre as áreas, possivelmente pela semelhança entre as áreas, sem obstáculos físicos para os sinais (Figura 7). Não foram consideradas as condições climáticas para se efetuar o estudo, visto que, o produtor rural não pode esperar uma condição de um dia com menos nuvens, por exemplo, para se efetuar determinado manejo da lavoura.

Figura 7. Comparação da acurácia dos aplicativos nas três áreas.



Fonte: Autor

A influência das condições meteorológicas existe, mas foram desconsideradas pelo fato de sua difícil mensuração e alta variação imprevisível, outro motivo é a difícil utilização da tecnologia na prática se ela apenas funcionar em determinados dias e em outros não servir. Amenizando esse fato as variações em decorrência da nebulosidade do dia são pequenas,

podendo variar apenas alguns centímetros, por isso podem ser desconsideradas no caso da orientação de máquinas agrícolas.

Na análise dos resultados obtidos, houve diferença estatística significativa entre os aplicativos e entre o sistema de conexão com o GPS, sendo a interação entre esses fatores também significativa. O tratamento NC+GPS obteve o melhor resultado, com uma acurácia de 32 centímetros, seguido pelo ABN+GPS com uma acurácia de 47 centímetros. Ambos não diferindo estatisticamente.

Os aplicativos Navegador de Campo® e AgribusNavi® obtiveram uma média de erros maior diferindo estatisticamente, entre si, e se comparando com os outros dois tratamentos (Tabela 1). Observa-se que o uso do GPS externo melhorou a acurácia, tanto do Navegador de Campo quanto do AgribusNavi. Usando a conexão com GPS não houve diferença estatística significativa entre os aplicativos.

Tabela 1: Comparação da acurácia dos aplicativos com e sem a conexão GPS.

Aplicativos	GPS		Total
	Com GPS	Sem GPS	
Navegador de Campo	0,32 m a A	1,18 m a B	0,75 m a
AgribusNavi	0,47 m a A	1,84 m b B	1,15 m b
Total	0,4 m A	1,51 m B	

* Médias seguidas de letras minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Já no uso sem o GPS, o Navegador de Campo é melhor, diferindo estatisticamente, porém ainda com um erro de 1,18 m. Sem o uso do GPS a acurácia diminui, e a média cai consideravelmente, principalmente no aplicativo AgribusNavi que foi inferior ao Navegador de Campo.

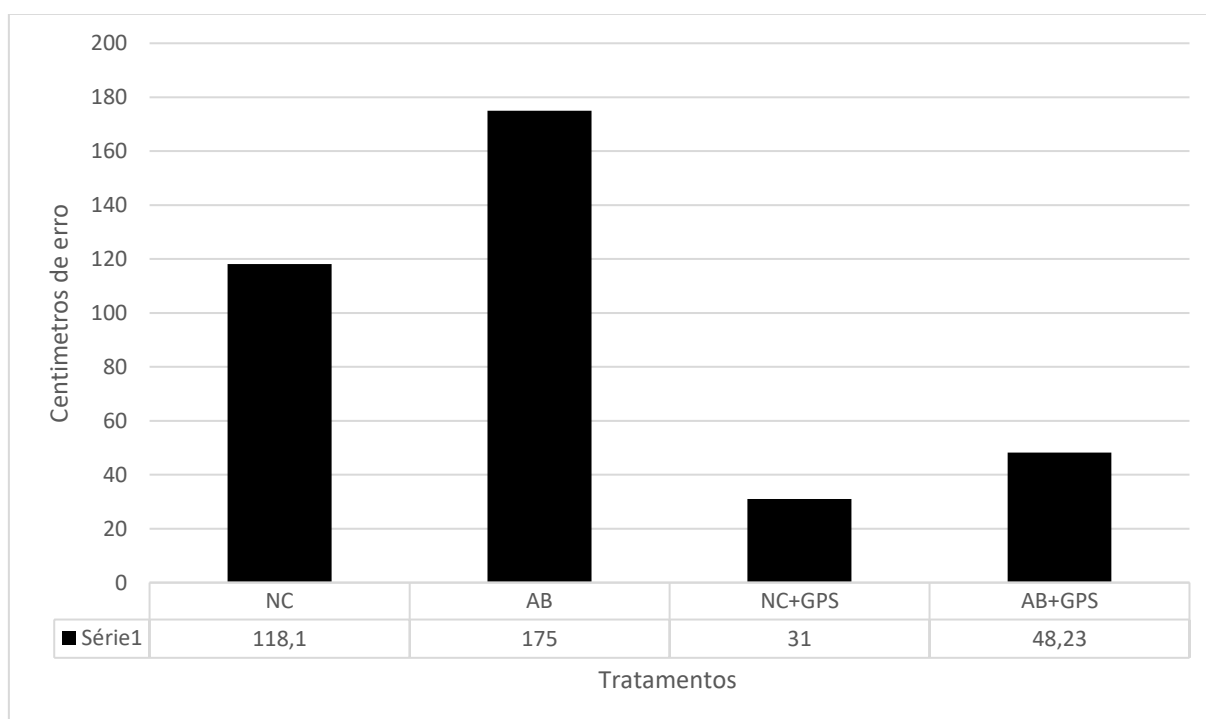
Na comparação geral entre os aplicativos, o Navegador de Campo apresentou uma média de erro de 0,75 m, estatisticamente melhor que o AgribusNavi que apresentou um valor de 1,15 m.

Os valores de erros obtidos entre as passadas com a conexão com GPS e apenas o uso do *smartphone* apresentaram diferenças significativas, independente do aplicativo utilizado, sendo um erro médio de 0,40 m quando conectado ao GPS e de 1,51 m sem a conexão.

A figura 8 apresenta os dados da Tabela 1, onde pode-se observar quantitativamente a diferença na acurácia entre os tratamentos.

A acurácia do smartphone não é alta, porém como é um dispositivo desenvolvido para outras finalidades, não foi um mau resultado. O receptor de sinais GPS é um dispositivo desenvolvido especificamente para esse fim, geralmente dispositivos de maior precisão são mais caros e levando em consideração o preço pago por esse ele apresenta um resultado satisfatório. Dentre os receptores de sinais GPS, o utilizado no experimento é o mais barato disponível no mercado. Se testados outros com mais tecnologia os resultados poderiam ser melhores, no entanto, poderia se fugir do principal objetivo do trabalho, que é a busca de alternativas baratas de agricultura de precisão para pequenos produtores

Figura 8. Comparação da acurácia dos quatro tratamentos.



Fonte: Autor

BAIO et al. (2001) realizou um experimento semelhante, porém testou a acurácia do direcionamento de uma barra de luz em relação ao marcador de espuma. Na época a utilização da barra de luz era uma tecnologia nova e o marcador de espuma um manejo comum porem com funcionalidade questionável. Os resultados obtidos comprovaram a eficiência da barra de luz com uma acurácia de 0,189 metros em relação a barra de espumas 0,574 metros.

Atualmente os sistemas de direcionamento evoluíram muito, e os pilotos automáticos são uma tecnologia comum na agricultura de precisão. No experimento de BAIO & MORATELLI (2011) testou se a acurácia de um piloto automático da Trimble, modelo

AutoPilot, com um receptor GPS AgGPS 262 e um controlador modelo AgGPS NavController II, com correção por base RTK, também fabricado pela Trimble, modelo AgGPS RTK 450. O resultado foi uma acurácia de 0,033 metros. SILVA & SALVI (2017) determinaram uma acurácia de 0,048 metros, testando um piloto automático com correção RTK (Real Time Kinematic) modelo ATU200 (AutoTrac Universal).

Inúmeros experimentos têm comprovado a alta acurácia dos pilotos automáticos, e nos últimos anos foi rápida a adoção desses sistemas, apesar do custo de implantação. Mas isso pode ser explicado por vários fatores como aumento da produtividade no campo, da capacidade operacional, especialmente em condições de baixa visibilidade, redução do uso de insumos e diminuição da fadiga do operador (MOLIN et al., 2011).

Os resultados obtidos com o aplicativo Navegador de Campo com auxílio do GPS, chegaram a uma acurácia de 0,32 metros, uma grande diferença se comparado com os pilotos automáticos. Porém se consideremos o custo dessa tecnologia, muitas vezes custando trinta vezes mais, os resultados se tornam menos discrepantes.

Em prol da otimização das atividades mecanizadas essa tecnologia pode auxiliar o operador, porém não é eficiente quanto uma tecnologia com piloto automático. Combinado com a habilidade do operador, a tendência é se obter resultados mais satisfatórios de direcionamento, evitando afastamento ou sobreposição excessivos com o implemento em determinadas áreas, prática comum observada onde não há nenhum equipamento de direcionamento.

Importante ressaltar que mesmo a média dos erros sendo de 32 centímetros para o tratamento NC+GPS e 47 para AB+GPS, podemos considerar um resultado razoável devido ao baixo custo e simplicidade do sistema. Em alguns pontos o erro superou os 100 centímetros e em outros não houve erro.

Como a tecnologia avança rapidamente na AP, sempre surgirão aplicativos novos e smartphones com tecnologia embarcada cada vez maior, podendo apresentar melhoria na acurácia desses aplicativos. Os estudos nessa área devem seguir no mesmo ritmo, buscando resultados apurados cientificamente.

Em trabalhos futuros pode se inserir outros aplicativos e outros modelos de smartfone, e mais uma variável para estudo, a questão da habilidade do operador. Um operador sem experiência provavelmente terá resultados mais satisfatórios de precisão com ajuda dos aplicativos.

5 CONCLUSÃO

O aplicativo que obteve melhores resultados foi o Navegador de campo.

A utilização do receptor GNSS aumentou a acurácia de ambos os aplicativos.

O sistema com menores erros entre passadas, entre os estudados, é uso do aplicativo Navegador de Campo conectado com um receptor GPS via Bluetooth.

REFERÊNCIAS

- BAESSO M. M.; TEIXEIRA M. M.; RUAS R. A. A.; BAESSO R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**. Vol. 61. Viçosa 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2014000700003> Acesso em: 11 mar de 2019.
- BAIO, F. H. R.; BALESTREIRE, L. A.; TORRES, F.; RIBEIRO. A. C. F. Avaliação da acurácia de uma barra de luz utilizada na agricultura de precisão, em relação ao marcador de espuma. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**. v. 5, n. 2. Campina Grande- PB. 2001.
- BAIO, F. H. R. **Metodologia de campo para ensaios de sistemas de direcionamento e análise de investimento na aquisição de um sistema de direcionamento via satélite**. 2005. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de ciências agrônômicas, Botucatu, 2005.
- BAIO, F. H. R.; MORATELLI, R. F. **Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado da cana-de-açúcar**. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS. Chapadão do Sul. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n2/a17v31n2.pdf>> Acesso em: 01 jun. 2019.
- CAMPOS, F. H. et al. **Software for data acquisition, processing and storage of gnss receivers and analogical sensors**. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/140850/ISSN2176-4808-2013-04-01-86-100.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 07 set. 2018.
- COELHO, A. M. **Agricultura de Precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas**. Sete lagoas: Embrapa. Documento 46. 2005.
- EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 31 mai. 2019
- FARO, A. **O avanço tecnológico no campo e a transformação da atividade rural**. 2013. Disponível em: <<https://www.campograndenews.com.br/artigos/o-avanco-tecnologico-no-campo-e-a-transformacao-da-atividade-rural>>. Acesso em: 06 set. 2018.
- FERNANDES, F. **Análise comparativa de sistemas de direcionamento na operação de pulverização terrestre**. 2013. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agricultura de Precisão, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgap/images/dissertacoes/2013/Fbio-Fernandes.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.
- GOERING, C. E. Recycling a concept. **Agricultura Engineering Magazine**. St. Joseph, 1993.

GIRARDELLO, V.C; AMADO, T.J.C; MISIEWICZ, P; SMITH, E. K. Tráfego controlado de máquinas agrícolas: a experiência inglesa e perspectiva de adoção no Sul do Brasil. **Revista Plantio Direto**. Santa Maria. ed.137. 2013. Disponível em:<http://w3.ufsm.br/projetoaquarius/pdfs/artigos/_a_resvistapdvitorcgiradello.pdf>. Acesso em: 07 mar de 2019.

GOEHL, C. M. **Semeadura de precisão e utilização de tráfego controlado em máquinas agrícolas: estudo de caso**. 2015. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agricultura de Precisão, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgap/images/dissertacoes/2015/Claudir-Marcelo-Goehl.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2018.

HILLEBRAND, F. L.; FORNO, G. L. D. Análise do efeito corona gerado por redes elétricas sobre o posicionamento absoluto com receptor GPS. **Revista Brasileira de Geomática**. Pato Branco, PR, Brasil. v. 3, n. 1, 2015.

LECHETA, R. R. **Google Android: aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2010. Disponível em:<<https://novatec.com.br/livros/google-android-5ed/>> Acesso em 03 set. 2018.

MACHADO, L. O. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 31, p. 591-99, 2007.

MIRANDA, A. C. C.; VERÍSSIMO, A. M.; CEOLIN, A. C. Agricultura De Precisão: Um Mapeamento Da Base Da Scielo. **Revista Gestão.Org**, v. 15, Edição Especial, 2017. Disponível em:< <https://periodicos.ufpe.br/revistas/gestaoorg/article/view/231252/26096>>. Acesso em: 10 mar. de 2019.

MOLIN, J. P.; POVH, F. P.; DE PAULA, V. R.; SALVI, J. V. Método de avaliação de equipamentos para direcionamento de veículos agrícolas e efeito de sinais de GNSS. **Engenharia Agrícola**. v.31, n.1, p. 121-129. Jaboticabal-SP. 2011.

OLIVBEIRA, T. C. A. **Estudo sobre desempenho de piloto automático em tratores**. 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-10112009-150847/pt-br.php>>. Acesso em: 08 set. 2018.

PLAY, Google (Ed.). **Navegador de campo**. 2017. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=lt.noframe.farmisfieldnavigator.free&hl=pt_BR>. Acesso em: 09 set. 2018.

RÉQUIA, G. H. **Desenvolvimento de aplicativos CR campeiro móbile - caso de teste: sistema operacional Android**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Agricultura de Precisão, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Disponível em: <<http://www.crcampeiro.net/c7/Curso/cursos/Agricultura/pdf/gustavo.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2018.

REYNALDO, E. F. **Avaliação de controlador automático de seções e pulverização**. 2009. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo “Luiz de Queiroz” Piracicaba, 2009.

RIFFEL, D. P. P. **Aplicativo Android para gerenciamento de culturas agrícolas**. 2016. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7156/1/PB_COADS_2016_1_01.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2018.

SCHAEFER, C. **Protótipo de aplicativo para transmissão de dados a partir de dispositivos móveis aplicado a uma empresa de transportes**. 2004. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências da Computação, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004. Disponível em: <<http://www.inf.furb.br/~pericas/orientacoes/J2METransporte2004.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2019.

SEBEM, E. **Fundamentos de cartografia e o sistema de posicionamento global GPS**. Santa Maria: UFSM / Colégio Politécnico / Departamento de Engenharia Rural, 2010.

SERRANO, J. M.; PEÇA, J. O.; MENDES, J.; SERRAZINA, H. **Novas perspectivas na utilização de distribuidores de adubo: inovação e avaliação**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABUDwAH/apostila-mecanizacao-distribuicao-fertilizantes#>>. Acesso em: 01 mar. 2019.

SILVA, F. S.; SALVI, J. V. **Método de avaliação de acurácia de piloto automático RTK**. FATEC Shunji Nishimura. Pompeia, SP. 2017. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/1027438-Metodo-de-avaliacao-de-acuracia-de-piloto-automatico-rtk.html>> Acesso em: 01 jun. 2019.

SMITH, H. F. Na empirical law describing heterogeneity in fields of agriculture crops. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 28. 1938.

SOUZA, C. R. M. **Interferidores de GPS: Análise do sistema e de potenciais fontes de erro**. 2005. 90 f. (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.pgee.ime.eb.br/pdf/carlos_sousa.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.

TSCHIEDEL M.; FERREIRA M. F. Introdução a Agricultura de Precisão: Conceitos e Vantagens. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.32, n.1, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v32n1/a27v32n1.pdf>>. Acesso em: 07 mar. De 2019.