

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – *CAMPUS* MONTE CARMELO ENGENHARIA DE  
AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

**ISADORA MARIA GONÇALVES RAMOS**

**VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE NO PLANTIO DA CULTURA CAFEIEIRA**

**Monte Carmelo**

**2019**

**ISADORA MARIA GONÇALVES RAMOS**

**VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE NO PLANTIO DA CULTURA CAFEIEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso, como exigência parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Monte Carmelo.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis.

**Monte Carmelo**

**2019**

## **VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE NO PLANTIO DA CULTURA CAFEIEIRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, da Universidade Federal de Uberlândia, aprovado pela banca examinadora formada por:

Monte Carmelo, 17 de junho de 2019.

---

Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa (IG/UFU)

(Orientador)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Gleice Aparecida de Assis (ICIAG/UFU)

(Membro Convidada)

---

Téc. Msc. Samuel Lacerda de Andrade (IG/UFU)

(Membro Convidado)

**Monte Carmelo**

**2019**

Dedico esse trabalho aos que me acompanharam nessa caminhada, tenho uma enorme gratidão a todos que me ajudaram.

## RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, colhendo mais de 61,7 milhões de sacas beneficiadas. Minas Gerais é o estado com maior produção cafeeira do país, onde se destaca a região do cerrado mineiro, que apresenta características como o clima, a altitude ideais para o crescimento da planta. Um dos principais desafios da agricultura é a produção de alimentos em grande escala, a agricultura de precisão auxilia na maior produtividade, tendo assim um melhor aproveitamento das áreas plantadas. Por isso o objetivo desse projeto foi analisar os espaçamentos do sistema de plantio para a cultura cafeeira em um talhão com uso de aeronaves remotamente pilotadas de forma otimizada, assim analisando a conformidade e estimando a perda de plantas na lavoura. A área escolhida para esta análise será na Fazenda Primavera, no município de Monte Carmelo- MG. Foram realizadas as análises por meio de um voo usando um *Phantom 4 Advanced*, a partir desse levantamento as imagens adquiridas foram processadas no software *Pix4d*, gerando uma ortofoto. A contagem de plantas foi realizada no *software Qgis*, e o sistema de plantio modelado no *AutoCAD*. Almejou-se buscar a modelagem de plantio adequado, que eliminou ao máximo as perdas de plantas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de Precisão. ARP. Fotogrametria.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Direção linhas de voo, sobreposição longitudinal e sobreposição lateral	9
<b>Figura 2</b>	Mapa de localização	17
<b>Figura 3</b>	Fluxograma da metodologia.	19
<b>Figura 4</b>	Interface do <i>DroneDeploy</i> com o planejamento de voo	20
<b>Figura 5</b>	Modo vetorização no <i>software</i> QGIS	21
<b>Figura 6</b>	Áreas selecionadas para as amostras	22
<b>Figura 7</b>	Mosaico gerado	23
<b>Figura 8</b>	Linhas de plantio de café vetorizadas	24
<b>Figura 9</b>	Amostras coletadas para a contagem de plantas	25
<b>Figura 10</b>	Espacialização das plantas nas linhas de plantio vetorizadas com o espaçamento de 0,6m	27
<b>Figura 11</b>	Espacialização das plantas nas linhas de plantio vetorizadas com o espaçamento de 0,7m	28
<b>Figura 12</b>	Espacialização das plantas nas linhas de plantio vetorizadas com o espaçamento de 0,8	28
<b>Figura 13</b>	Sistema de plantio modelado	29
<b>Figura 14</b>	Distribuição das plantas no sistema de plantio modelado com distância de 0,6m	30
<b>Figura 15</b>	Distribuição das plantas no sistema de plantio modelado com distância de 0,7m	30
<b>Figura 16</b>	Distribuição das plantas no sistema de plantio modelado com distância de 0,8m	31

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b>	Categoria das Aeronaves Remotamente Pilotadas	11
<b>Quadro 2</b>	Direções de plantio e produtividade em cafeeiros	16

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Parâmetros do Levantamento Executado	21
<b>Tabela 2</b>	Áreas de amostragem e quantidade de plantas	26
<b>Tabela 3</b>	Espaçamentos e quantidade de plantas	32
<b>Tabela 4</b>	Perda da produção em plantas e sacas	33

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b>	Diagrama de dispersão	26
<b>Gráfico 2</b>	Quantidade de plantas por espaçamento	32

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

<b>ABIC</b>	Associação Brasileira da Indústria do Café
<b>ANAC</b>	Agência Nacional de Aviação Civil
<b>ANATEL</b>	Agência Nacional de Telecomunicações
<b>AP</b>	Agricultura de Precisão
<b>ARP</b>	Aeronaves Remotamente Pilotadas
<b>CAD</b>	<i>Computer Aided Design</i>
<b>CBAP</b>	Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão
<b>CONAB</b>	Companhia Nacional de Abastecimento
<b>CMA</b>	Certificado Médico Aeronáutico
<b>DECEA</b>	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
<b>EMATER</b>	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado
<b>GPS</b>	Sistema De Posicionamento Global
<b>GSD</b>	<i>Ground Sample Distance</i>
<b>MAPA</b>	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
<b>MDS</b>	Modelo Digital de Superfície
<b>NIR</b>	<i>Near-Infrared</i>
<b>RGB</b>	Red Green Blue
<b>SISANT</b>	Sistema de Aeronaves Não Tripuladas
<b>SNA</b>	Sociedade Nacional de Agricultura
<b>VANT</b>	Veículo Aéreo Não Tripulado
<b>VIS</b>	<i>Visible Light</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
<b>4.1</b>	<b>Fotogrametria.....</b>	<b>11</b>
4.1.2	Planejamento de Voo .....	11
<b>4.2</b>	<b>Aeronave Remotamente Pilotada .....</b>	<b>13</b>
4.2.1	Legislação .....	14
<b>4.3</b>	<b>Agricultura de Precisão .....</b>	<b>16</b>
<b>4.4</b>	<b>Cultura Cafeeira .....</b>	<b>17</b>
4.4.1	Sistema de Plantio .....	19
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
<b>5.1</b>	<b>Área de estudo .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2</b>	<b>Material .....</b>	<b>22</b>
<b>5.3</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>23</b>
5.3.1	Planejamento de voo .....	24
5.3.2	Aquisição de dados .....	25
5.3.3	Processamento e Análise dos dados .....	25
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>38</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura no Brasil tem grande importância para a economia e desenvolvimento do país, além de ser a responsável pela geração de empregos. Atualmente o grande desafio da agricultura brasileira é a produção de alimentos em grande escala, tanto para o abastecimento do mercado interno, quanto para produzir excedentes para exportação. Os produtores rurais usam a tecnologia como aliada primordial para o desenvolvimento rural, procurando um caminho para uma produção eficaz. A eficiência da produtividade está relacionada diretamente com as inovações tecnológicas (LUIZ, 2013).

A produção de café para a safra de 2018 foi de 61,7 milhões de sacas beneficiadas, um crescimento de 37% em relação ao ano anterior. De acordo com a série histórica do grão esta é a maior colheita, superando em cerca de 10 milhões de sacas o melhor desempenho anterior registrado em 2016 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO CONAB, 2018). As condições climáticas favoráveis, a melhoria do pacote tecnológico, que utiliza variedades mais produtivas são os fatores que levaram a esse bom resultado.

A produção de café tem uma característica de bienalidade com um ano de safra mais elevada e redução na seguinte, dependendo do tipo de manejo. A cadeia produtiva do café gera mais de 8 milhões de empregos no país, promovendo renda, acesso à educação e à saúde para os trabalhadores e suas famílias (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA-MAPA, 2017).

Em razão do aumento de área e produtividade, o estado de Minas Gerais registrou uma colheita de 32,97 milhões de sacas de arábica e 390,3 mil sacas de conilon. No estado, que dispõem dos maiores números do país, se destaca a região do cerrado mineiro que apresentou uma produção 95% superior ao ano passado (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2018). Para o gerenciamento das lavouras, considerando que ela não são uniformes e elaborar estratégias para otimizar a produção são utilizadas técnicas de Agricultura de Precisão.

A Agricultura de Precisão (AP) compreende um conjunto de técnicas e metodologias que visam otimizar o manejo de cultivos e a utilização dos insumos agrícolas, proporcionando máxima eficiência econômica. As ferramentas de AP permitem o uso racional dos fertilizantes e agrotóxicos garantindo a redução dos impactos ambientais decorrentes da atividade agrícola (MAPA, 2009).

A tentativa para melhorar a produtividade passa pela Agricultura de Precisão, que é um tema abrangente, sistêmico e multidisciplinar que revolucionou a produção agrícola,

trazendo inovação, automação e desenvolvimento tecnológico para o campo. A AP leva ao gerenciamento aprofundado do sistema de produção agrícola como um todo, não simplesmente das aplicações de insumos ou de mapeamentos, mas de todas as fases e processos da produção, pode-se monitorar uma área de forma completa, nos aspectos qualitativos e quantitativos da produção. A agricultura de precisão possui maneiras de abordagem, mas o objetivo sempre é o mesmo, utilizar estratégias para solucionar problemas da desuniformidade das lavouras e se é possível ter aproveitamento delas. São atividades que podem ser desenvolvidas em escala de complexidade diversa e com inúmeros objetivos (MAPA, 2013).

O uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) para a realização de levantamentos está crescente, pois é uma opção eficaz, rápida, precisa e com custos baixos para realizar levantamento aéreo de uma área. Essas aeronaves antes de uso militar vêm sendo usadas para múltiplos outros fins, como assistência para a vigilância e patrulha, na cartografia, no controle de tráfego nas cidades, missões de busca e resgate, monitoramento de regiões críticas com riscos e na agricultura. É uma tecnologia que agiliza o processo de monitoramento da lavoura. Esse tipo de levantamento aéreo é eficiente para várias finalidades como Sensoriamento Remoto, obtenção de imagens aéreas e processamento de informações (ANDRADE; SPEDO; CARDOSO, 2013).

As imagens aéreas obtidas com ARP tem alta resolução espacial e também resolução temporal, que são empregadas para projetos de engenharia e também auxiliam no monitoramento de safras, impactos ambientais, no deslocamento de terra, mapeamento de minas a céu aberto, cadastro urbano e demais projetos de engenharia (EISENBEISS, 2009).

## **2 OBJETIVOS**

O objetivo geral desse trabalho foi modelar um plantio para a cultura cafeeira em um talhão por intermédio de geotecnologias de forma otimizada. Portanto, são apresentados os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a conformidade entre o modelado e o observado no campo;
- Estimar a perda de plantas do talhão, se houver diferença entre os sistemas de plantio modelado e observado;

### 3 JUSTIFICATIVA

A área de cafeeiros no Brasil está cada vez maior, objetivando maior produção por área. Nesse contexto é essencial criar modelos de plantio mais adensados nas lavouras, adotando espaçamentos de plantio menores (MATIELLO et al., 2015).

Levando em consideração que a vida útil média de uma planta de café é de 18 anos, o período de produção é aproximadamente 13 safras, pois nos dois anos iniciais da implantação não há produção e os outros anos de perda devido a possíveis podas adotadas na lavoura, como o esqueletamento por exemplo, que é muito comum na região, na qual o cafeeiro fica uma safra sem produção após esse manejo. Sendo assim, a vida útil produtiva e economicamente viável do cafezal é de 13 anos, ou melhor, gera custos durante 18 anos e receitas em 13 anos. No Brasil no ano de 2018, a produção estimada por hectare foi de 28,41 a 30,54 sacas (CONAB, 2018).

A produção da lavoura depende principalmente da cultivar e da densidade de plantio adotadas no estabelecimento da cultura. Levando em consideração um produtor que planta uma área de 100 ha de café, com produção de 30 sacas de 60 kg por hectare, então a estimativa de produção é de 3.000 sacas de café. Se a produção não estiver otimizada nessa área e houver uma perda de 10% na área plantada, a perda será de 300 sacas. A perda de 300 sacas de café anualmente resultará 3.900 sacas durante o período de vida útil da plantação. Em valores atuais (maio 2019), com o preço da sacado café tipo 6 bebida dura de R\$ 386,00 (CEPEA), a perda potencial seria de R\$1.505.400,00. Mas não é apenas esse prejuízo que ele poderia ter, pois todos os custos da lavoura, tais como, insumos, mão de obra, maquinário e combustível teria sido realizado em uma área planejada de 100 hectares.

O levantamento realizado para fazer esse diagnóstico pode ser realizado com o uso de ARP de baixo custo e boa resolução espacial, com um custo menor que uma imagem de satélite que ainda não tem resolução espacial comparável.

Esse trabalho verificou como a forma de plantio influencia na produção de uma lavoura, e que se plantada de uma maneira ideal usando técnicas de agricultura de precisão sua produtividade irá aumentar.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Fotogrametria

Fotogrametria é a ciência, arte e tecnologia que a partir de fotografias obtém-se informação geométrica e semântica sobre os objetos fotografados (GONÇALVES, 2006). Para Andrade (1998), fotogrametria é a ciência e tecnologia que por meio de processo de registro, interpretação e mensuração de imagens obtém informações confiáveis. Já Lillesand e Kiefer (2000), diz que fotogrametria é a ciência e a arte de obter informação por intermédio de análise dos dados adquiridos por um sensor sem contato com o objeto, área ou fenômeno de investigação. São várias as definições entre livros e textos, e pode-se perceber que todas elas têm um alto grau de correlação.

Primeiramente a fotogrametria se ocupava de analisar fotografias, o que pode ser dividido em duas áreas distintas, a fotogrametria (métrica), como coordenadas, áreas, entre outros e a fotointerpretação que também pode ser classificada como Sensoriamento Remoto, que representa dados qualitativos a partir da análise das fotografias e de imagens de satélite (TOMMASELLI, 2009).

Conforme Brito e Coelho (2007), outra classificação da fotogrametria é entre terrestre, aérea e orbital. A fotogrametria terrestre é abrangente e pode ser aplicada na arquitetura, controle industrial, engenharia civil e artes plásticas. Já a aerofotogrametria é quando se fotografa o terreno utilizando uma câmara de precisão que está acoplada em uma aeronave e é mais voltada para a geomática. Encerrando a fotogrametria orbital é uma ferramenta tecnológica. A aerofotogrametria, segundo expressa Fontes (2005), refere-se com operações da tomada de fotografias da superfície terrestre, sendo obtidas por câmaras de precisão instalada em uma aeronave. Envolvendo no mínimo duas imagens, podendo haver variação de quantidade e de áreas, com uma área de sobreposição, tendo assim uma visão tridimensional do objeto.

#### 4.1.2 Planejamento de Voo

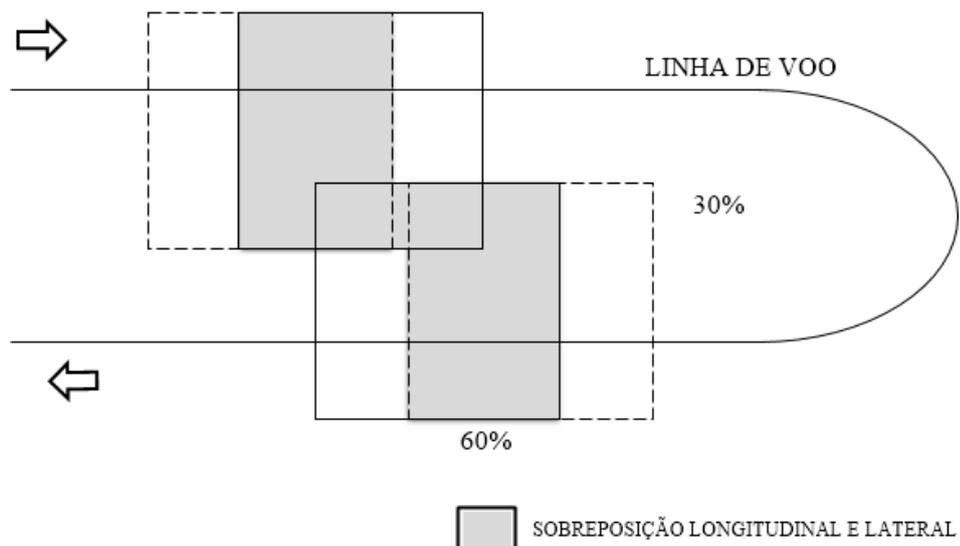
Para a execução do voo é necessário realizar seu planejamento, definindo a área de levantamento e os parâmetros a serem utilizados, pensando nos aspectos econômicos e servindo como apoio para a equipe em campo. Os critérios utilizados devem ser especificados previamente.

Segundo Dalmolin (2005), a etapa de planejamento de voo é crucial, pois alinha e calcula os elementos para a elaboração de um mapa de voo. Esses elementos são:

- intervalo de tempo entre as tomadas das fotos e a quantidade de memória necessária para armazenar as fotos da cobertura;
- distância focal da câmara;
- altura de voo sobre o terreno ou a escala das fotografias;
- tamanho da fotografia;
- tamanho e forma da área de estudo
- posição das linhas de voo
- superposição longitudinal;
- superposição lateral
- velocidade da aeronava em relação ao terreno.

Para Wolf e Dewitt (2000) tradicionalmente em levantamentos usando aeronaves convencionais é indicado usar como parâmetros de sobreposição longitudinal de uma área 60% e a sobreposição lateral entre imagens de 30% (Figura 1), assim evitando vazios entre as fotografias sucessivas e adjacentes e também possibilitando a estereoscopia. Essas sobreposições podem ser aumentadas ou diminuídas de acordo com a finalidade do projeto. Outros elementos como a distância focal e a abertura da câmera são definidos de acordo com as características do terreno estudado (COELHO; BRITO, 2007).

Figura 1 - Direção linhas de voo, sobreposição longitudinal e sobreposição lateral



Fonte: Adaptado de Wolf e Dewitt (2004).

Para os levantamentos com aeronaves remotamente pilotadas utiliza-se uma sobreposição maior, como garantia para evitar lacunas entre uma imagem e outra. Geralmente essa sobreposição lateral e longitudinal é partir de 65%. A variação da sobreposição longitudinal e lateral das fotografias de um levantamento, representa uma variável importante que pode influenciar a qualidade e a precisão dos produtos gerados (DANDOIS; OLANO; ELLIS, 2015).

De acordo com Lugnani (1977), a qualidade das fotografias e a adequação delas com os outros recursos utilizados são responsáveis para se obter êxito em um projeto de voo. Assim como é importante pensar nas limitações como condições atmosféricas, altura do sol e aerossóis que podem ser encontradas.

#### **4.2 Aeronave Remotamente Pilotada**

ARP é um tipo de veículo aéreo capaz de realizar inúmeras funções, não necessitando de piloto embarcado. Sua operação pode ser realizada de maneira remota, autônoma ou uma combinação entre ambas, podendo ser controlada por meios eletrônicos e computacionais (MEDEIROS et al., 2007).

Para Eisenbeiss (2009), a aerofotogrametria aplicando ARP é usual para projeto de engenharia que precisam de informações atualizadas da superfície terrestre, com uma alta resolução espacial e resolução temporal, que possibilita a aquisição de informações frequente, como monitoramento de impactos ambientais, na agricultura de precisão, cadastro urbano, mapeamento de pequenas áreas e no sensoriamento remoto.

As aeronaves remotamente pilotadas são uma importante opção na Agricultura de Precisão como trata Jorge e Inamasu (2014). Seu aproveitamento na área agrícola é favorecido e facilitado pelo avanço da tecnologia, principalmente pela necessidade de otimização de produção, pela diminuição de custos e do tamanho dos equipamentos.

Sensores são acoplados nas ARPs que se baseiam nas medidas de reflexão da radiação eletromagnética depois de interagir com várias superfícies. Câmaras RGB (*Red Green Blue*) são sensores que possibilitam a detecção de falhas no plantio, construção do modelo digital de elevação (MDE) e acompanhamento do desenvolvimento (JORGE; INAMASU, 2014).

#### 4.2.1 Legislação

O tópico a seguir é referenciado pela Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC, (ANAC, 2017), que é o órgão nacional responsável pela legislação de aeronaves remotamente pilotadas.

De acordo com a ANAC (2017) outro termo utilizado para distinguir as categorias e modalidades são “aeromodelos” com finalidade de recreação ARP ou Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) usado aeronaves não tripuladas com propósito comercial, corporativo e experimental, dentro dessa categoria existe uma classificação, essa divisão é realizada de acordo com o peso máximo de decolagem do equipamento, conforme o Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Categoria das Aeronaves Remotamente Pilotadas

<b>Classes</b>	Classe 1	Classe 2	Classe 3
<b>Peso Máximo de Decolagem</b>	Acima de 150 kg	Entre 25 kg e 150 kg	Abaixo ou igual a 25 kg

Fonte: ANAC, (2017).

Pela regra geral, ARPs com mais de 25kg podem voar em áreas de no mínimo 30 metros de terceiros, sendo de total responsabilidade do piloto operador e de acordo com as regras de utilização do espaço aéreo do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Para que o voo aconteça perto de pessoas é necessário que elas concordem com o uso do equipamento nas proximidades.

Operações onde o piloto remoto não é capaz de intervir em qualquer ponto, continuam proibidas no país. Para pilotar ARPs, os pilotos devem ter no mínimo 18 anos de idade. Para aeronaves Classe 3, com um peso de decolagem superior a 250g, é necessário realizar um cadastro pelo Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (SISANT) da ANAC, é gerado um número de identificação na certidão de cadastro que deve estar acessível na aeronave ou em local de fácil acesso, de maneira legível. Não é necessário registrar os voos de ARP Classe 3, diferentemente das demais.

Os operadores de ARP de até 250g, são considerados licenciados pela ANAC para realizar voos abaixo de 400 pés. A licença e habilitação emitidas pelas ANAC, são obrigatórias apenas para aeronaves de Classe 1, Classe 2 ou Classe 3, que pretendem voar acima de 400 pés. Os pilotos das Classes 1 e 2 devem possuir ainda o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) emitido pela ANAC ou o CMA de terceira classe do DECEA.

Durante as operações de aeronaves com peso máximo de decolagem superior a 250g, os operadores devem estar portando alguns documentos obrigatórios, dentre eles estão o manual de voo, documento de avaliação de risco e apólice de seguro. É obrigatório ter seguro com cobertura contra danos a terceiros nas operações de ARPs acima de 250g, exceto as operações de aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado.

Não se pode transportar pessoas, animais, artigos perigosos e nem cargas proibidas por autoridades competentes. Itens perigosos podem ser carregados quando destinados ou relacionados a atividades de agricultura, horticultura, florestais ou outras definidas pelo novo regulamento.

A fiscalização no dia a dia é realizada pelos órgãos de segurança pública, órgãos também responsáveis pelas infrações configuradas como contravenção penal ou crime. Denúncias são apuradas administrativamente, incluídas no programa de vigilância, de acordo com as penas previstas no Código Brasileiro de Aeronáutica (Lei nº 7.565/86). Outros órgãos fiscalizam de acordo com os aspectos relacionados às suas competências, como utilização do espaço aéreo (DECEA) e de radiofrequência (Agência Nacional de Telecomunicações-ANATEL). Irregularidades no cumprimento da norma estão sujeitas de sanções previstas no Código Brasileiro de Aeronáutica (Lei nº 7.565/86). As infrações são descritas na Resolução nº 25/2008.

Nas legislações de responsabilizações nas esferas civil, administrativa e penal encontra-se outras normas, com destaque à inviolabilidade da intimidade, da vida privada, da honra e da imagem das pessoas. O Código Penal, em seu Art. 261, prevê pena de reclusão de dois a cinco anos para quem expuser a perigo embarcação ou aeronave, própria ou alheia, ou praticar qualquer ato tendente a impedir ou dificultar navegação marítima, fluvial ou aérea. Também caracteriza a exposição de pessoas a risco, em seu Art. 132, que presume pena de detenção de três meses a um ano nos casos em que se coloquem em perigo direto ou iminente a vida ou à saúde terceiros. De acordo com a Lei das Contravenções Penais, dirigir aeronave sem estar apropriadamente licenciado pode causar pena de prisão simples (quinze dias a três meses) e pagamento de multa. Pelo Art. 35 da mesma lei, realizar acrobacias ou fazer voos baixos, fora da zona permitida em lei, também pode gerar prisão simples (quinze dias a três meses) e multa.

### 4.3 Agricultura de Precisão

Com o crescimento da população no decorrer dos anos, também tem o aumento da demanda, com isso aparece a necessidade de produzir em grande quantidade, por esse motivo procura-se novas estratégias e técnicas de produção, aliados a uma maior gerência de campo, nessa concepção, aparece a Agricultura de Precisão (AP). Medeiros (2007) trata a AP como um conjunto de tecnologias com objetivo de fazer com que a produtividade aumente, baseando-se no manuseio preciso das áreas agrícolas mediante estratégias que resolvam os problemas das lavouras, assim aumentando a produtividade, trazendo um melhor retorno financeiro e sem degradação ambiental.

Conforme Molin et al. (2006), na AP as técnicas são diferenciadas de acordo com seu nível de gerenciamento e conhecimento. O aumento da produção e a economia de insumos por hectare são suporte da tomada de decisão a partir de informações adquiridas pela Agricultura de Precisão.

Dallmeyer e Schlosser (1999), expõem que a AP é um sistema de produção agrícola que abrange desenvolvimento e amparo de técnicas de gestão, com objetivo de otimizar a rentabilidade. Engloba o uso de tecnologias atualizadas para o manejo do solo, insumos e culturas de forma adequada para as modificações espaciais e temporais nos fatores que influenciam a produtividade das mesmas.

A revolução na maneira de se trabalhar com agricultura, faz com que cada vez mais o produtor rural esteja à frente do controle da sua linha de produção, o levando a conhecer cada metro quadrado da sua propriedade, assim ele está cada vez mais se tornando um empresário rural (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002).

As máquinas agrícolas já estão sendo projetadas especificamente para a AP e possuem aptidão tecnológica de entender os mapas de aplicação, identificando a própria localização por tecnologia de georreferenciamento (BRISCO et al., 1998).

De acordo com Pecharromán e Veiga (2016), a produção agrícola está cada vez mais aumentando, juntamente com o consumo agrícola que entre 2010 e 2050 aumentará cerca de 69%, acompanhando o crescimento populacional de 7 para 9 bilhões de pessoas. Sendo assim a agricultura terá que acompanhar o crescimento da demanda, revolucionando sem evitar danos no ambiente, o uso de ARPs pode auxiliar nesse desenvolvimento, como:

- a supervisão da safra: possibilitando monitoramento de uma lavoura em todas as fases do ciclo de vida, oferecendo um custo menor do que as imagens de satélites, que são mais caras e imprecisas;

- a análise de solo e de campo: com um levantamento aéreo é possível produzir mapas 3D com precisão, podendo planejar um padrão de plantio e uma análise inicial do solo. Além disso, é possível identificar onde falta ou não água, contribuindo para o processo de irrigação;
- a avaliação da sanidade das plantas: o monitoramento pode auxiliar na avaliação da sanidade da vegetação. É possível mostrar quais plantas refletem diferentes quantidades de luz verde e de luz NIR (NIR – *Near-Infrared*), usando respectivamente luz visível (VIS – *Visible Light*) e luz de infravermelho próximo, sendo possível produzir imagens multiespectrais que detectam alterações nas plantas e indicam a sanidade.
- a pulverização da lavoura: as aeronaves remotamente pilotadas podem sondar o chão mantendo a distância correta para a pulverização da quantidade correta de calda, tendo uma cobertura uniforme e uma pulverização em tempo real. Isso diminui a quantidade de produtos químicos gastos aumentando a eficiência da pulverização em até cinco vezes mais rápida do que com o uso de máquinas tradicionais.

Foi criada a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP), pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a qual consiste em um fórum de conexão que abrange representantes do governo, indústrias de máquinas e equipamentos agrícolas, produtores, cooperativas, academia, pesquisa agropecuária, prestadores de serviços e entre outros, servindo como consulta para a realização de políticas públicas.

#### 4.4 Cultura Cafeeira

De acordo com Pereira e Sakiyama (1999), existem aproximadamente 100 espécies vegetais descritas no gênero *Coffea*, mas apenas duas dessas espécies produzem frutos que possuem importância econômica no mercado internacional, *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner. Seus produtos derivados são conhecidos como café arábica e robusta, respectivamente.

No Brasil, nas últimas décadas, o Instituto Agrônomo de Campinas tem selecionado e introduzindo novas cultivares de cafeeiros. Essas cultivares são responsáveis por cerca de 90% da produção de café arábica (THOMAZIELLO et al., 2000).

Conforme Mesquita et al.(2016) a escolha da área para a implantação de uma lavoura cafeeira é essencial, e alguns parâmetros para a economia e os padrões de produtividade devem ser considerados:

- Temperatura: fator importante para a cafeicultura, a temperatura de aptidão para o café arábica está entre 18°C e 23°C.
- Precipitação: o regime de chuvas ideal está entre 1.200 mm e 1.800 mm anuais. É considerável que essa precipitação esteja distribuída de maneira que atinja os períodos de desenvolvimento vegetativo e frutificação.
- Ventos: a incidência de ventos é um fator prejudicial ao café, pois pode causar danos mecânicos principalmente nas folhas e nos ramos, propiciando a infecção por fungos e bactérias. Afim de diminuir esses efeitos, o ideal é planejar a utilização de quebra-ventos, que poderão ser temporários como o feijão-guandu e o milho ou barreiras permanentes como a grevilea e a bananeira.
- Umidade relativa: a qualidade do café pode ser prejudicada por elevada ou baixa umidade relativa do ar, que influenciam na incidência de pragas, doenças e fermentações indesejáveis. Esses efeitos da umidade relativa podem ser minimizados por intermédio de planejamento de ações em todas as fases da cultura.
- Altitude: para o café arábica, é recomendado o plantio em área entre 600 m e 1.200m de altitude, o que influencia na longevidade, na produtividade da lavoura.
- Topografia: o tipo de relevo do terreno tem interferência direta na escolha dos cultivares, no sistema de plantio, no espaçamento e na mecanização da colheita.
- Solo: o solo deve possuir características físicas, químicas e biológicas necessárias para o bom desenvolvimento da cultura. Se o solo estiver compactado, é indispensável a realização de uma subsolagem e ou um coveamento mais profundo. Também é necessário fazer uma análise de solos que irá mostrar as correções necessárias.

Conforme Verissimo (2015) o café produzido no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba é influenciado pelas características edafoclimáticas regionais favoráveis para o desenvolvimento dos cafezais. Esse sucesso é derivado das tecnologias de produção aplicadas, buscando atender a qualidade final do produto exigida no mercado. O Cerrado apresenta uma excelente definição das estações climáticas, com verão quente e úmido e inverno ameno e seco que influencia favoravelmente na umidade do grão. Com altitude entre 800 m a 1.250 m, temperatura variando de 18°C e 23°C e com índice pluviométrico e 1.600 mm por ano, na região não é comum um dos principais fatores que ameaçam os cafezais, a geada. A mecanização das lavouras é facilitada devido a sua topografia plana (SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA - SNA, 2015).

Existe uma série de atividades que se realizam após o plantio e que se repetem o ano todo, são chamadas de tratos culturais. Cada planta produz em média 5 l de café beneficiado por ano, em cada saca de 60 kg de café cabem 480 l do grão (MESQUITA et al., 2016).

#### 4.4.1 Sistema de Plantio

De acordo com Mesquita et al. (2016), o espaçamento para a plantação do cafezal segue os seguintes aspectos:

A topografia: o ponto inicial para a definição do espaçamento do plantio são as características topográficas do terreno, definindo se é ou não possível a mecanização dos tratos culturais e, essencialmente, da colheita. Para o sistema de plantio mecanizado o espaço mínimo exigido de trânsito e o tamanho das máquinas que irão trabalhar no local. Assim o espaçamento entre as linhas poderá ser de 3,5m a 4m.

A insolação: radiação solar é essencial para todas as plantas, na quantidade adequada, o que gera floração abundante e maturação mais uniforme. Para evitar o autossombreamento, em locais de maiores altitudes, é aconselhável adotar um espaçamento mais largo. Já a insolação excessiva, principalmente em altitude menor, pode ser prejudicial ao cafeeiro, ocasionando abortamento floral e escaldadura das folhas, também pode-se pensar na arborização ideal para diminuir esses efeitos. Para Matiello et al. (2015), a locação do cafezal compreende na localização dos corredores, dos níveis e da demarcação das linhas de plantio, além de cordões, terraços, entre outras práticas para o controle da erosão. Para a plantação de cafeeiros em regiões de chapada e em grandes plantios, para a marcação tem como prioridade o trânsito de maquinário, assim é aconselhado traçar linhas de plantio longas, o que irá reduzir as manobras, especialmente da máquina de colheita. Em regiões de chapada mais secas ou mais quentes, se recomenda localizar as linhas de plantio em direção do caminhamento do sol, evitando o Sol da tarde na lateral dos cafeeiros. Pesquisas realizadas no Triângulo Mineiro apresentou que a maior produtividade de café foi obtida nas linhas de direção NO-SL (Matiello et al., 2015). Alguns outros testes foram realizados como mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Direções de plantio e produtividade em cafeeiros

POSIÇÕES DO PLANTIO	Produtividade Média (2safras) (sacas ha <sup>-1</sup> )
0 - 180°	59
45 - 225°	62
90 - 270°	76
135 - 315°	69

Fonte: SATINATO et al. (2004).

Os equipamentos indicados para se locar um cafezal são teodolito ou nível ótico, para grandes áreas, já para as pequenas e médias áreas usa-se o nível de borracha ou pé-de-galinha. A execução da marcação da lavoura pode ser feita por pessoas treinadas na fazenda ou pode-se contratar serviços de topógrafos. A largura que se programa para a implantação dos carregadores é de 4m a 7m, dependendo do tamanho da máquina que se pretende usar na mecanização da colheita (MESQUITA et al., 2016).

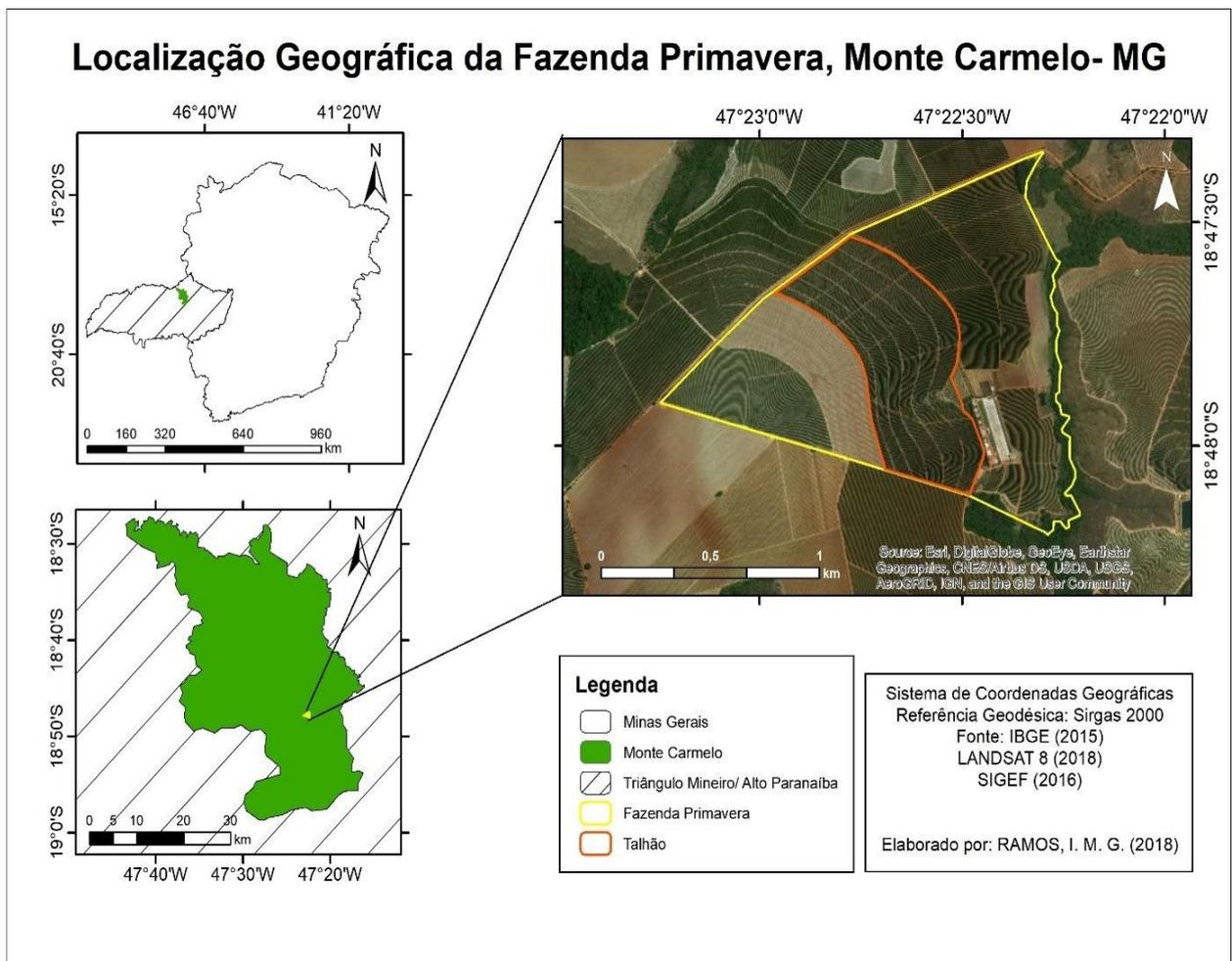
Com a adoção dos espaçamentos menores a densidade populacional dos cafezais no Brasil está aumentando, a quantidade de plantas em uma área está aumentando devido ao melhor aproveitamento de área de plantio, sendo assim cultivado um número de plantas maior por área, em função do espaçamento, geralmente esses espaçamentos entre linhas de plantio de 2,5m a 4m, enquanto a distância entre plantas de 0,5m a 0,8m (RICCI; ARAÚJO; FRANCH, 2002).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Área de estudo

A área experimental (Figura 2) está situada no município de Monte Carmelo, Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto. Correspondente à fazenda Primavera com cerca de 160 ha, onde está localizado o talhão de café estudado com o tamanho de 44,8 ha, o cultivar dessa área é o Mundo Novo. Um talhão é unidade mínima de cultivo de uma propriedade que é construído com base em relevo e planejamento de mecanização.

Figura 2 - Mapa de localização



Fonte: A autora.

## 5.2 Material

O trabalho foi dividido em etapas de planejamento, aquisição, processamento e análise dos dados.

### 5.2.1 Planejamento do Levantamento Aéreo

Na fase de planejamento de voo foram utilizados um celular motorola E5 e os softwares para planejamento *DroneDeploy 2.85.0* e de controle do voo *DJI GO 4.0* que é uma aplicativo de voo automatizado para drones da DJI, onde é possível realizar planos de voo com ou sem internet, com ele também se controla o voo, sabendo por onde o drone está passando. A plataforma por ser em nuvem, não é exigido que o seu computador tenha qualquer tipo de configuração ou pré-requisitos operacional.

### 5.2.2 Aquisição e Processamento de Dados

Nesse proceso de aquisição de dados utilizou-se um celular Moto E5, para o controle e execução do voo. Um *Phantom 4 Advanced*, que tem um peso de 1,360 kg (incluindo bateria), uma autonomia de voo de aproximadamente 28 minutos, equipado com câmara RGB de 20 megapixels e GPS integrado.

Para o processamento das imagens obtidas foi utilizado um *Notebook HP 246 G6* Intel Core i5-7200U, 8GB RAM, 2GB vídeo, HD 1TB e sistema operacional *Windows 10*, 64 bits e também o *Pix4D Mapper 4.2.25* que é um *software* de processamento e análise de imagens para a geração de diversos modelos digitais que são empregados em diversas áreas, como Topografia, inspeção de estruturas, inspeção termal e agricultura de precisão.

### 5.2.3 Análise de dados

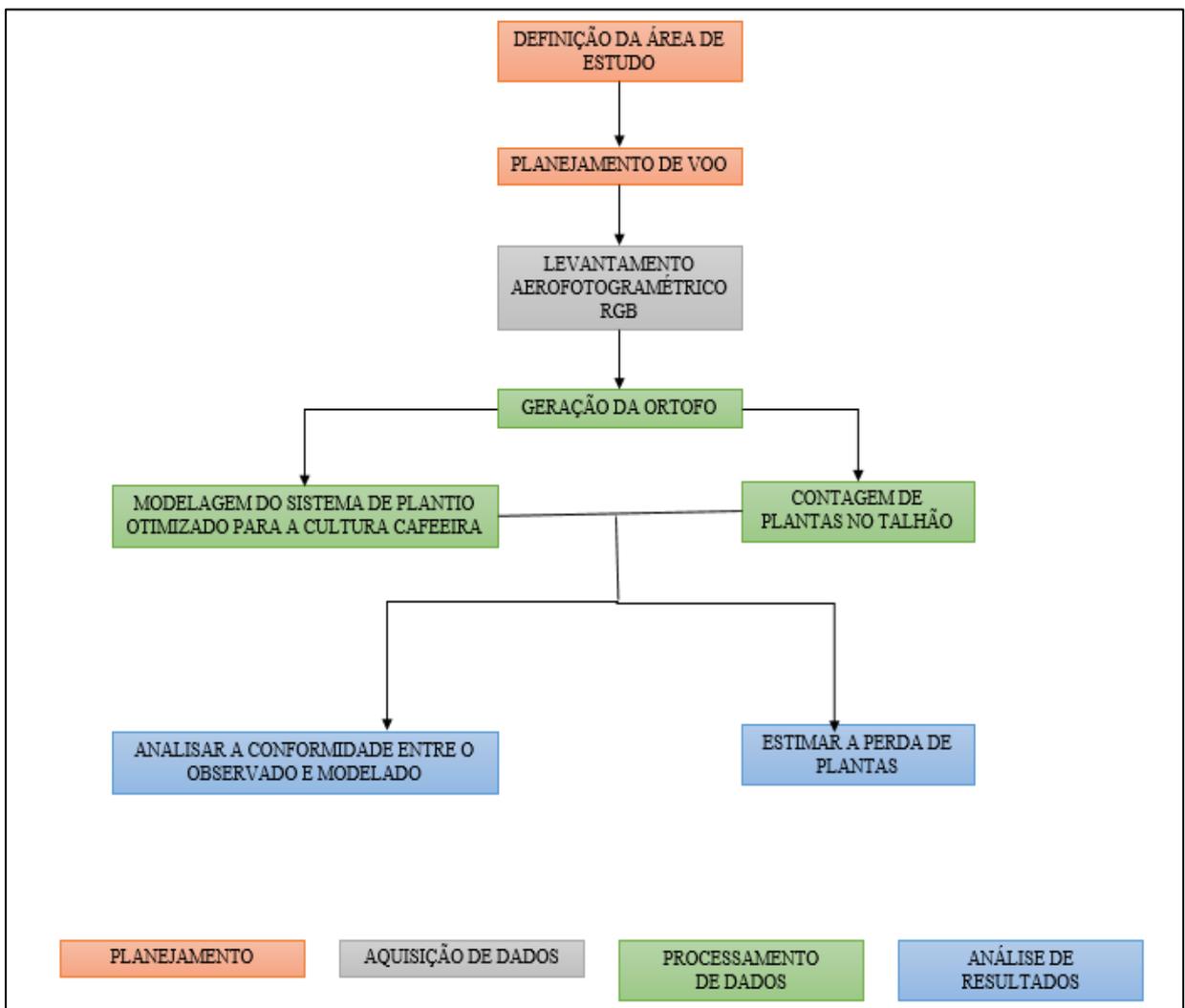
No *software* Qgis 3.0 que é uma multiplataforma de Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi realizado a contagem de plantas manual, a vetorização das linhas de plantio e também os *layouts* dos mapas. No Excel 16 foi realizada a análise da amostra dos dados de contagem de planta.

No *software* AutoCAD 2016 que é uma ferramenta do tipo CAD (*Computer Aided Design*) criada especialmente para o desenvolvimento de projetos de engenharia, nele foi recriado um modelo de plantio com embasamento no modelo de plantio observado.

### 5.3 Metodologia

Foi criado um fluxograma (Figura 3) com as etapas do projeto. As etapas são compostas de uma sequência temporal e lógica passando do planejamento inicial, aquisição dos dados, processamento dos dados e análise das informações acerca da execução das etapas precedentes. A seguir está representado o fluxograma de atividades.

Figura 3 - Fluxograma da metodologia



Fonte: A autora.

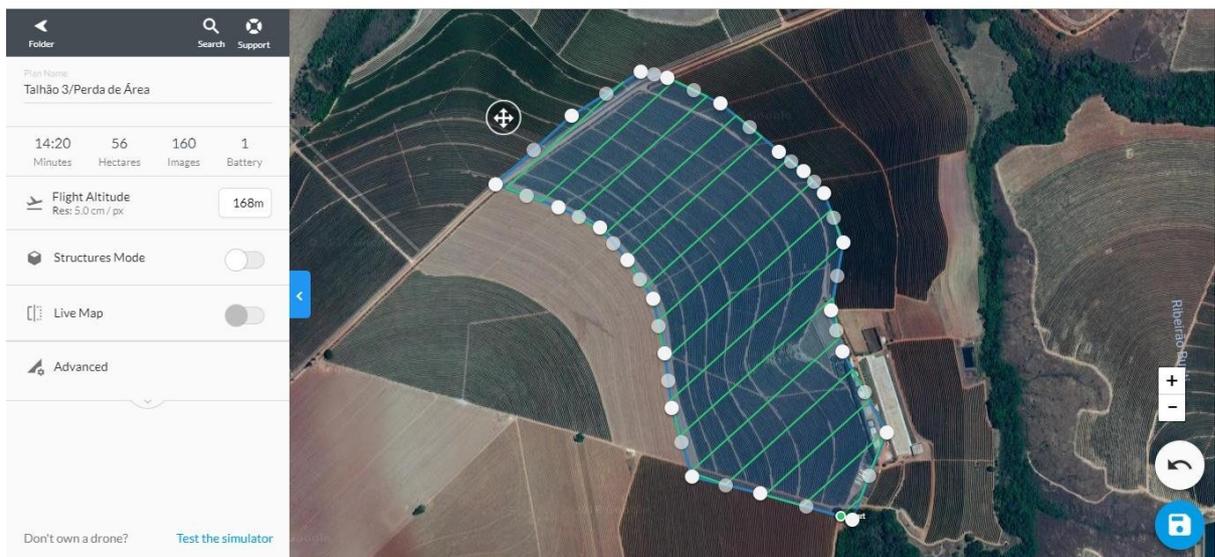
### 5.3.1 Planejamento de voo

O plano de voo foi a primeira etapa do projeto e é essencial, pois é onde se define todos os parâmetros do aerolevanteamento, e tem como finalidade nortear a equipe em campo. O voo foi executado às 11:34h a.m., pois é o período do dia com maior incidência de radiação solar, buscando menor quantidade de sombra sobre o talhão.

O programa DJI GO foi usado como um apoio ao piloto remoto, que informa a probabilidade de chuva, percentual de nuvens, direção e velocidade do vento, horários de nascer e pôr do Sol, proximidade de áreas *nofly zone* (ex.: aeroportos) além é claro, dos *checklists* de ambiente, equipamento e missão. Já o *software DroneDeploy* por meio de uma interface bastante intuitiva (Figura 4), calcula as variáveis necessárias, dentre eles: a escala, a altura do voo, a quantidades de faixas e o número total de fotos, o número total de fotos por faixa, o intervalo de tempo entre a tomada das fotografias e o tempo total do voo. Também foi colocado no *software* a sobreposição longitudinal e lateral que é recomendada para que seja no mínimo 60% e 30%, respectivamente, para esse levantamento com ARP foi utilizado uma sobreposição longitudinal de 75% e uma sobreposição lateral de 65%, para que não tenha brechas entre as fotografias.

Não foram definidos pontos de apoio no levantamento, pois a qualidade posicional gerada pelo GPS da aeronave atende o objetivo do trabalho.

Figura 4- Interface do *DroneDeploy* com o planejamento de voo



Fonte: A autora.

### 5.3.2 Aquisição de dados

A aquisição dos dados envolve toda a parte do trabalho de campo. Realizou-se um levantamento aerofotogramétrico, com uma câmara atuando na banda do visível (RGB), própria do ARP utilizado.

O voo teve início às 11:34h a.m. com duração de 14 minutos, se houvesse algum problema ainda teria tempo de realizar outro levantamento. A aeronave atingiu uma velocidade média de  $15 \text{ m s}^{-1}$  sendo capturadas 160 imagens, recobrindo uma área de 56 ha, onde dentro desse levantamento o talhão e ainda uma borda, uma altura de 168 m, gerando assim uma distância de amostra do solo (*Ground Sample Distance- GSD*) de 0,05 m e uma distância focal nominal de 9 mm.

As variáveis usadas no levantamento aéreo foram organizadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Parâmetros do levantamento executado

<b>Resolução da Câmara (megapixel)</b>	20
<b>Distância Focal Nominal (mm)</b>	9
<b>Recobrimento Lateral (%)</b>	65
<b>Recobrimento Longitudinal (%)</b>	75
<b>Altura de Voo (m)</b>	168
<b>Número de Imagens</b>	160
<b>Área Imageada (ha)</b>	56

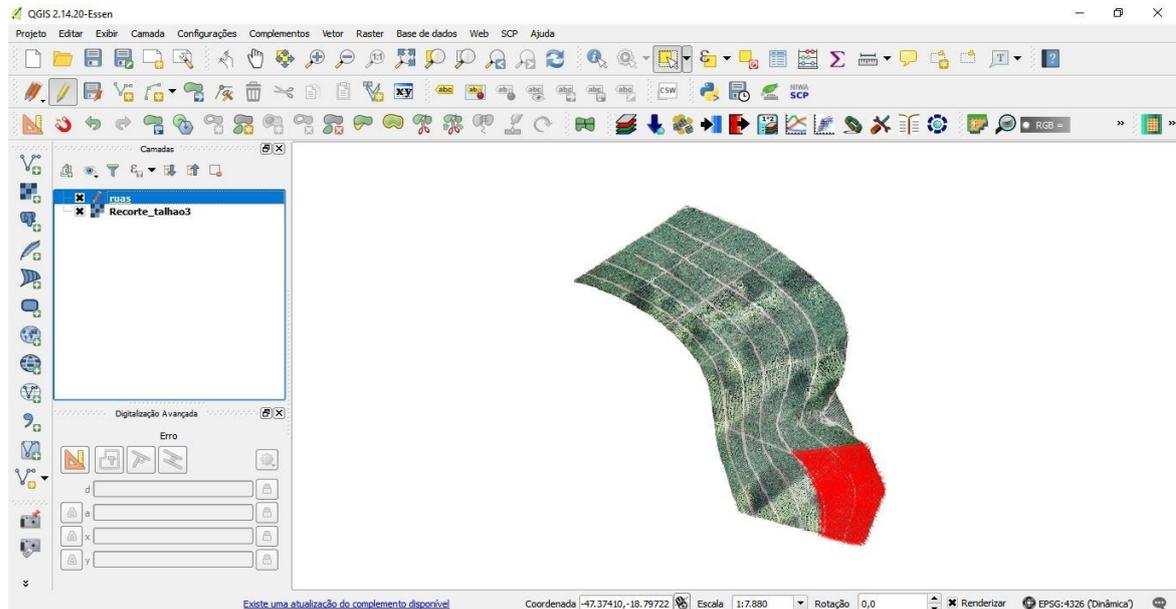
Fonte: A autora.

### 5.3.3 Processamento e Análise dos dados

Após o levantamento de campo utilizou-se o Pix4D para o processamento das imagens. Primeiramente em seu pré-processamento ele verifica se as imagens têm sobreposição, se houver ele busca correlação entre as feições. Depois busca-se correlações entre as feições e gera um match, juntando as imagens e assim gerando o mosaico que posteriormente faz o DSM (Modelo Digital de Superfície), determinando as coordenadas tridimensionais dos pontos no terreno e gerando o mosaico georreferenciado que será utilizado nas etapas seguintes.

O *Software QGIS* que é livre com código-fonte aberto e foi utilizado para a vetorização de cada linha do plantio observado (Figura 5), para essa vetorização foi criada uma nova camada e utilizou-se a ferramenta de edição.

Figura 5- Modo vetorização no *software* QGIS

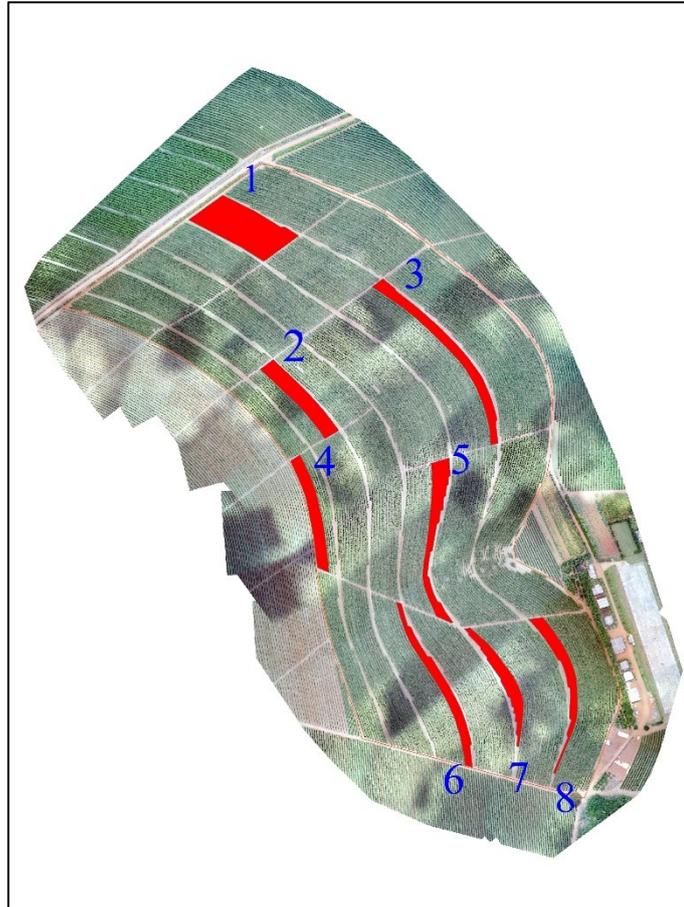


Fonte: A autora.

Por meio do tamanho total das linhas vetorizadas foi possível calcular quantas plantas teriam no talhão se o plantio tivesse um espaçamento de 0,7m entre plantas. Usando a ferramenta do *QGIS* chamada *Qchainage* que realiza a divisão de uma camada de linhas em pontos com a distância desejada.

Também no *QGIS* foi criada uma camada para a contagem de plantas usando uma amostragem, também utilizando a ferramenta de edição. Foi realizada a contagem manual das plantas, mas não a contagem de todas as plantas do talhão, então gerou-se amostras de áreas distribuídas pelo talhão (Figura 6), para ser contadas as plantas presentes nelas, o que foi usado para calcular a estimativa de plantas no talhão.

Figura 6 – Áreas de amostragem para a contagem de plantas



Fonte: A autora.

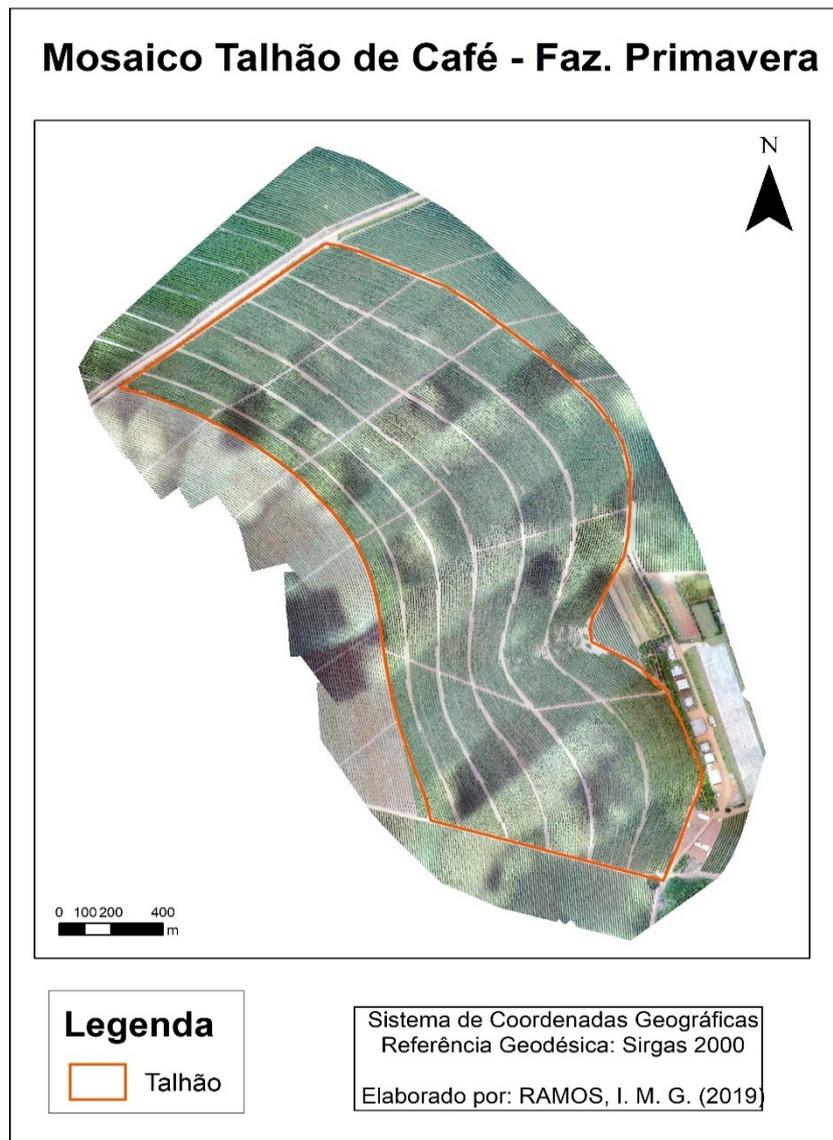
As medidas de cada área foram associadas com a quantidade de plantas nela contida, para ser realizada uma estimativa para o talhão. Realizando a média desses valores foi possível saber quantas plantas tem por área. Os dados foram organizados em planilha do Excel e para saber se existe relação entre as variáveis estudadas e qual sua intensidade, foi criado um gráfico de dispersão. A análise de correlação dá um número que resume o grau de relacionamento entre duas variáveis, a análise de regressão tem como resultado uma equação matemática que descreve o relacionamento, por meio dessa equação estima-se a quantidade de plantas que existem no talhão.

No AutoCAD as linhas do plantio modelado foram, a partir de uma linha vetorizada no plantio observado, usando um *offset* de 3,5m foram criadas outras linhas paralelas, levando em consideração o espaçamento para lavouras mecanizadas, para os carregadores foi deixado um espaço de 6m. Algumas linhas foram editadas e remodeladas, buscando melhor aproveitamento do espaço e também assemelhar com o plantio observado, já que não foi realizado o estudo das curvas de níveis do local.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como o resultado do processamento foi gerado um mosaico da área de estudo (Figura 7). Um mosaico é um produto gerado do processo de mosaicagem de várias ortofotos, o qual possibilita a medida de distâncias, áreas e ângulos já que possui uma escala constante.

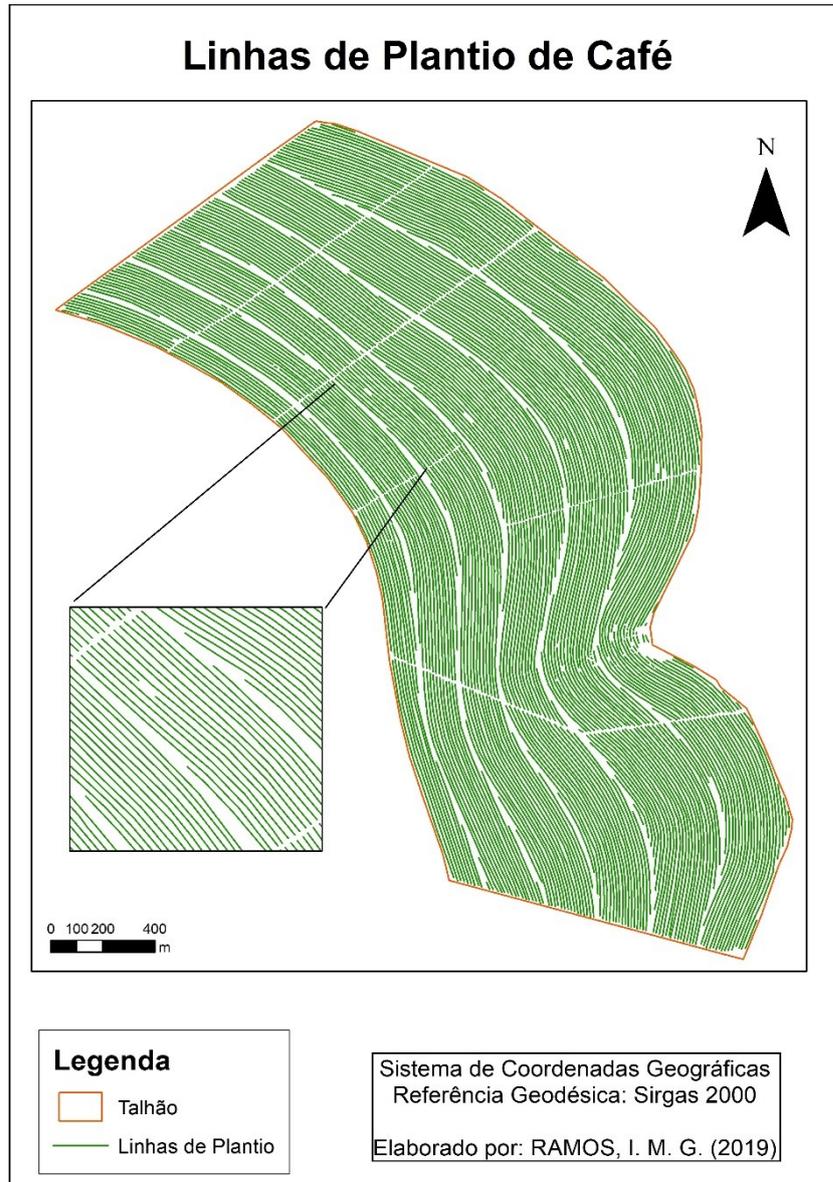
Figura 7 - Mosaico gerado



Fonte: A autora.

Foram criadas as linhas de plantio observadas (Figura 8), as quais foram usadas posteriormente para realizar o cálculo da quantidade de plantas e também para se comparar com o outro sistema de plantio modelado.

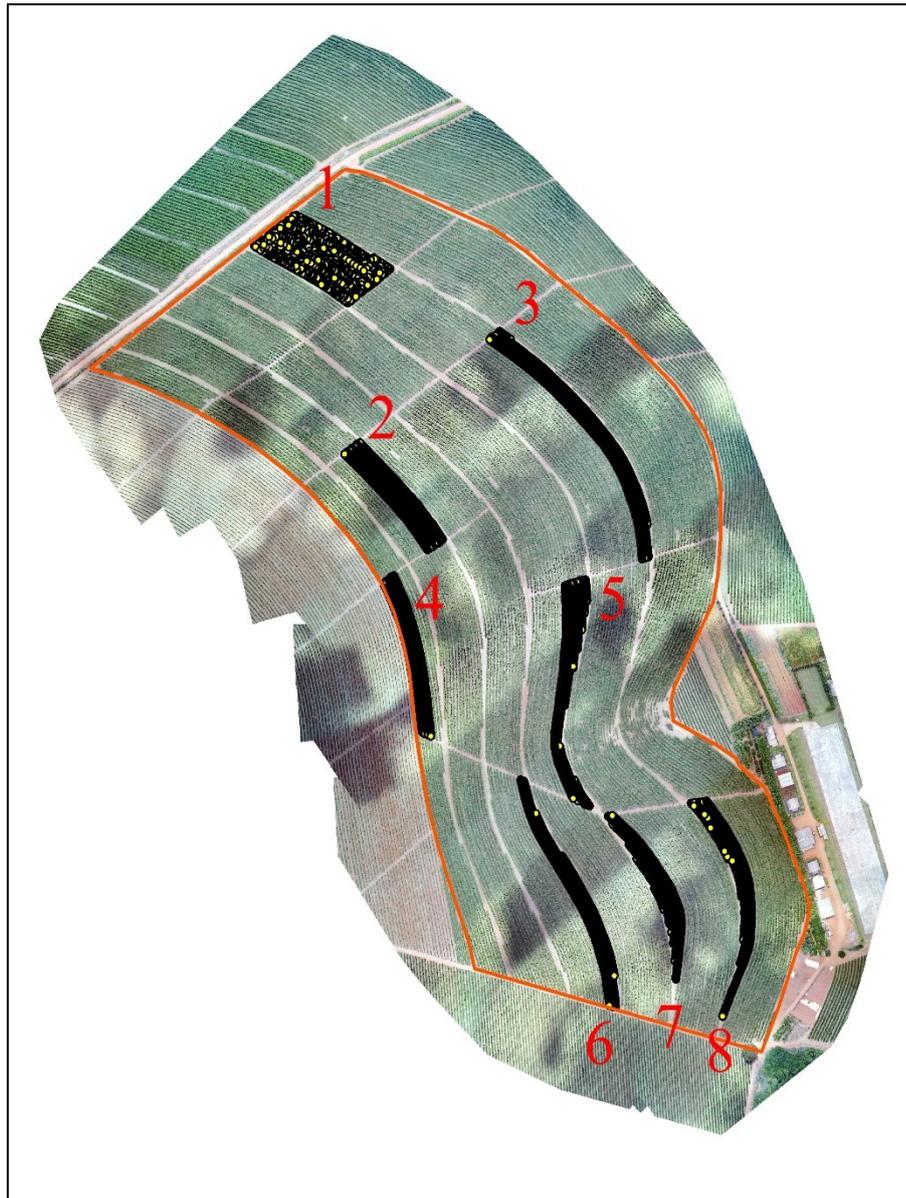
Figura 8 - Linhas de plantio de cafeeiro vetorizadas



Fonte: A autora.

Dentro do talhão foram selecionadas pequenas áreas, as quais foram realizadas a contagem manual de plantas (Figura 9).

Figura 9 - Amostras coletadas para a contagem de plantas



Fonte: A autora.

Os dados foram organizados em uma tabela com o tamanho de cada área e a quantidade de plantas nela contida (Tabela 2).

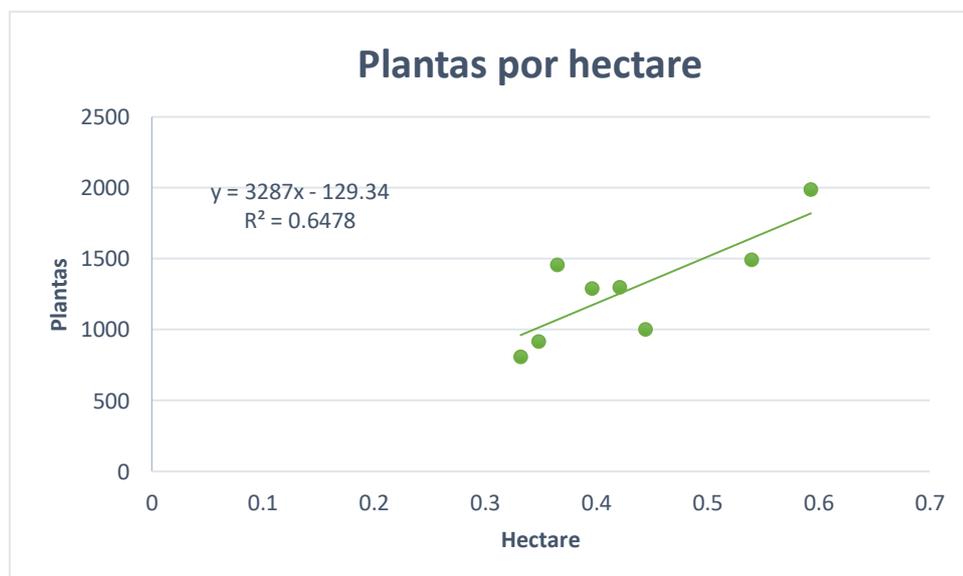
Tabela 2 – Áreas de amostragem e quantidade de plantas

	Área (ha)	Quantidade de Plantas
1	0.59365	1991
2	0.421032	1303
3	0.539648	1494
4	0.365286	1457
5	0.444271	1005
6	0.39643	1292
7	0.331875	811
8	0.348552	920

Fonte: A autora

No total a amostra teve uma área de 3,44ha, e dentro dessa amostra foram contadas 10.273 plantas. Com os dados da tabela acima foi modelado uma regressão linear para prever a quantidade de plantas que existe no talhão, os resultados podem ser acompanhados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Diagrama de dispersão



Fonte: A autora

Com as 8 áreas amostradas a equação (eq. 1) de regressão foi:

$$\text{Número de Plantas} = 3287 \times \text{hectare} - 129,34 \quad (1)$$

com coeficiente de correlação  $r = 0,8048$  e o coeficiente de determinação  $r^2 = 0,6478$ . Com esse modelo calculou-se um total de 147.128 plantas em um talhão de 44,8 ha.

De acordo com o gráfico percebe-se que há uma correlação positiva entre as amostras, pois os pontos tem uma tendência crescente, ou seja, conforme o tamanho da área aumenta o número de plantas também aumenta, com correlação forte.

No sistema de plantio observado usando as linhas de plantio de cafeeiro também foi calculado a quantidade de plantas que poderiam ser plantadas, caso o produtor utilizasse os espaçamentos entre plantas recomendados, esses espaçamentos foram: 0,6m, 0,7m e 0,8m. Para a ilustração da espacialização veja a figura 10, figura 11 e figura 12. .

Figura 10- Espacialização das plantas nas linhas de plantio vetorizadas com o espaçamento de 0,6m



Fonte: A autora

Figura 11- Espacialização das plantas nas linhas de plantio vetorizadas com o espaçamento de 0,7m



Fonte: A autora

Figura 12- Espacialização das plantas nas linhas de plantio vetorizadas com o espaçamento de 0,8m

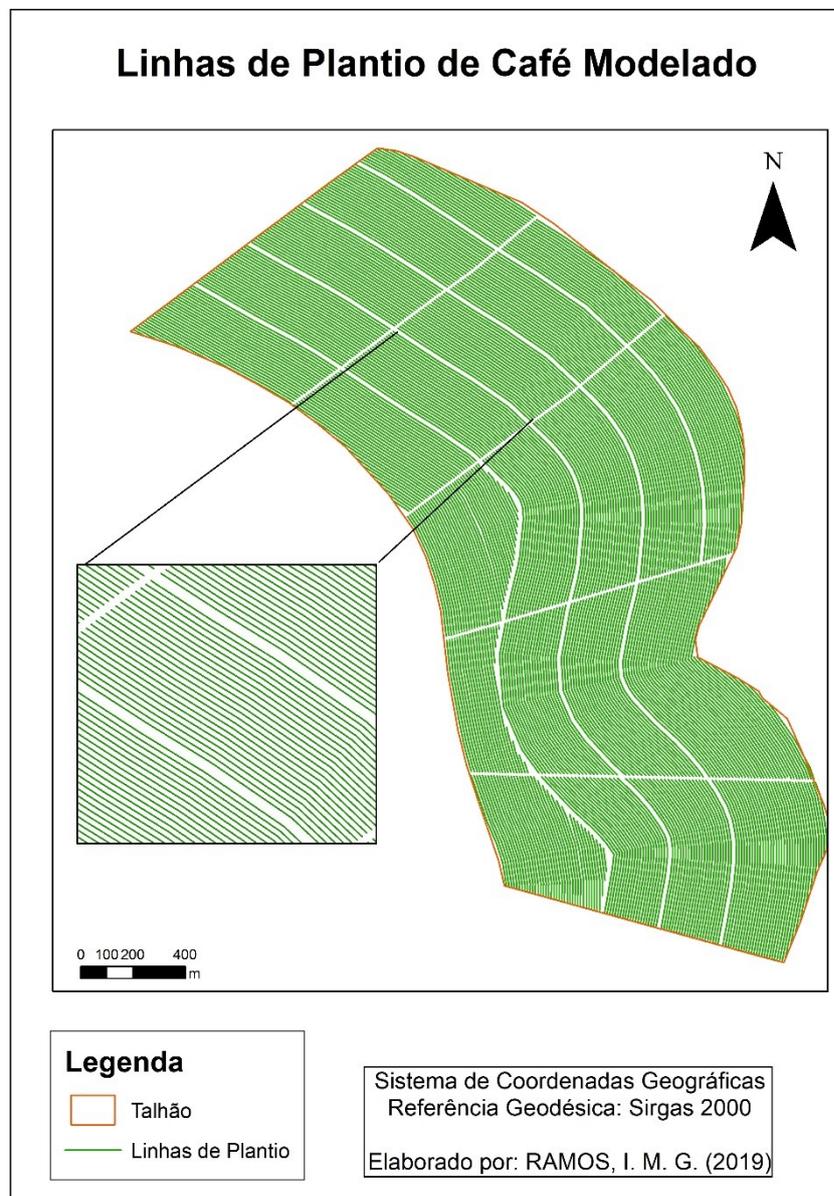


Fonte: A autora

Se o produtor optasse em usar as mesmas linhas de plantio usando um espaçamento contínuo de 0,6m ele teria 173.937 plantas nesse talhão, ou seja 26.809 plantas a mais do que o real. Caso escolhesse o espaçamento de 0,7m seriam 149.130 plantas dentro do talhão, seriam 2.002 plantas além das já existentes no talhão. Ao invés dos espaçamentos anteriores se ele tivesse plantado em um espaçamento de 0,8m seriam no total 130.523 plantas, ele levaria um prejuízo de 16.605 plantas a menos que o já existente.

Buscando uma melhor conformidade da área do talhão e em otimização de espaço, foi criado um sistema de plantio modelado, aperfeiçoando as linhas de plantio observadas (Figura 13).

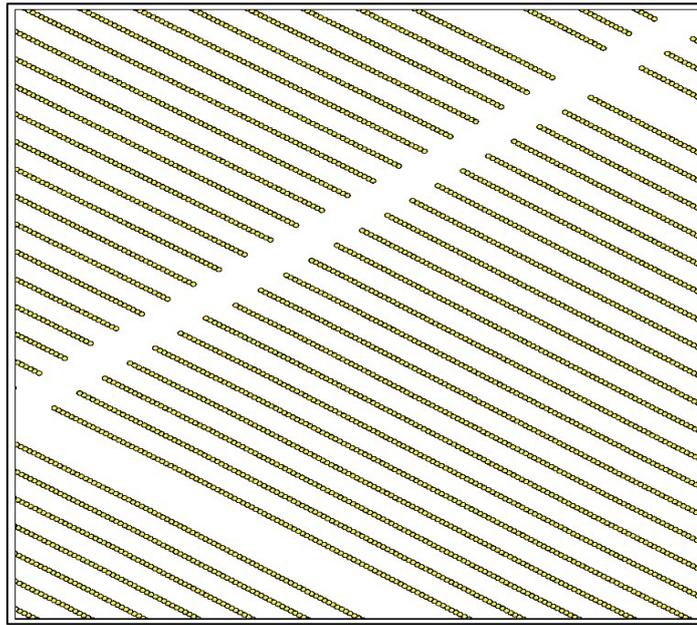
Figura 13- Sistema de plantio modelado



Fonte: A autora

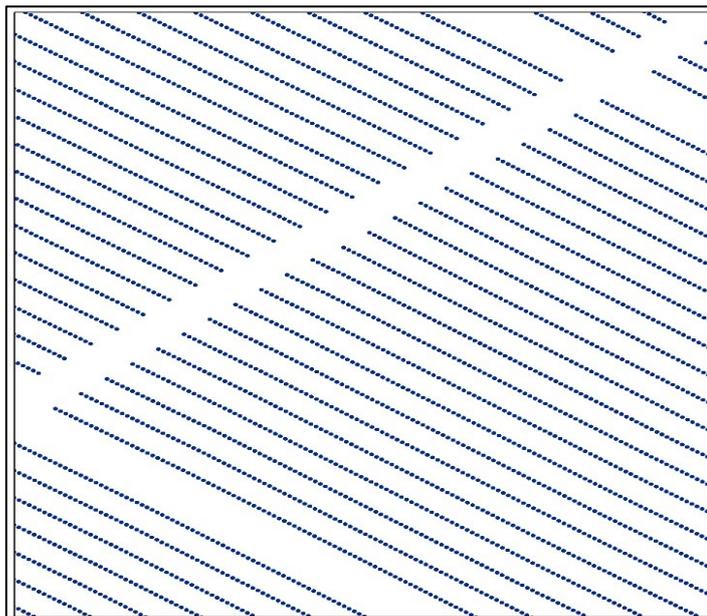
Esse sistema se assemelha ao observado, mas foi modelado de forma com que suas linhas fossem mais contínuas, favorecendo as manobras das máquinas. Através desse sistema de plantio também foi calculado quantas plantas teriam no talhão se fossem utilizados os espaçamentos entre plantas recomendados de 0,6m, 0,7m, e 0,8m, cnforme a figura 14, figura 15 e figura 16.

Figura 14 - Distribuição das plantas no sistema de plantio modelado com distância de 0,6m



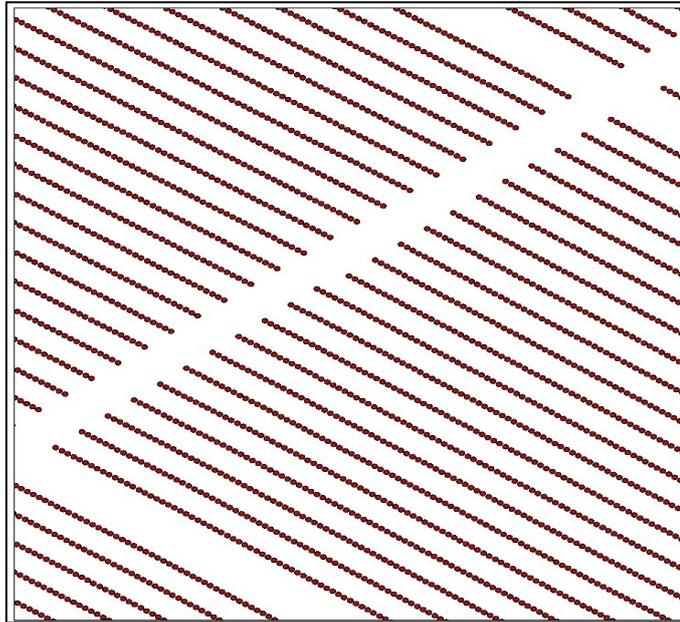
Fonte: A autora

Figura 15- Distribuição das plantas no sistema de plantio modelado com distância de 0,7m



Fonte: A autora

Figura 16- Distribuição das plantas no sistema de plantio modelado com distância de 0,8m



Fonte: A autora

Se o talhão fosse plantado por esse sistema com um espaçamento entre plantas de 0,6m seriam 221.291 plantas distribuídas, sendo 74.163 plantas além do que existe na área e 47.354 plantas a mais que o calculado com a mesma distância entre plantas no sistema de plantio observado. Se fosse usado o sistema de plantio modelado com um espaçamento de 0,7m contaria com 189.715 plantas, ou seja, 42.587 plantas a mais que existe atualmente e 40.585 plantas em frente ao mesmo espaçamento no sistema observado. Caso fosse utilizado o espaçamento de 0,8m existiriam 166.034 plantas no sistema proposto, sendo 18.906 plantas excedentes ao que há no talhão e 35.511 plantas além do que o mesmo espaçamento no plantio observado. Veja na Tabela 3.

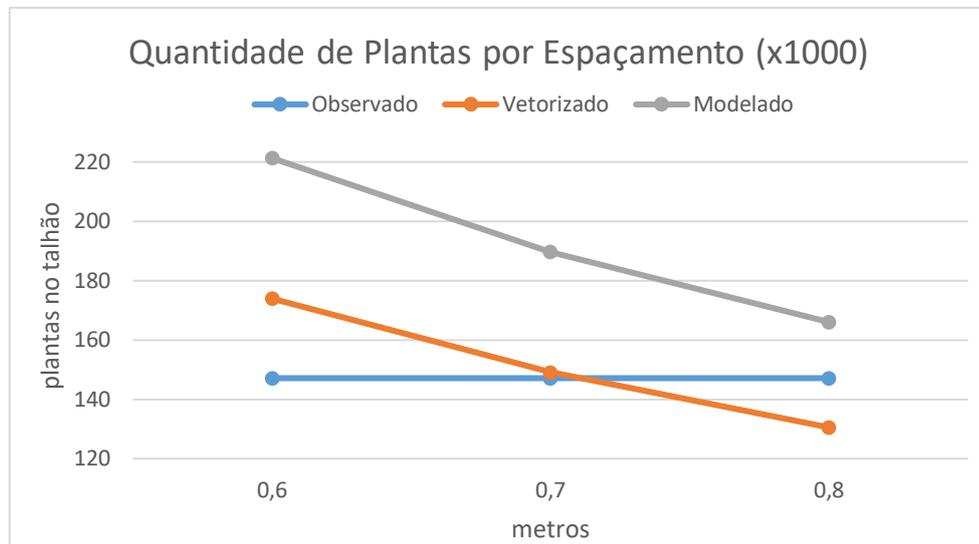
Tabela 3 – Espaçamentos e quantidade de plantas

<b>Plantio</b>	<b>Espaçamento</b>	<b>Quantidade de Plantas</b>
<b>Observado</b>	Original	147.128
<b>Linhas Vetorizadas</b>	0,6m	173.937
	0,7m	149.130
	0,8m	130.523
<b>Modelado</b>	0,6m	221.291
	0,7m	189.715
	0,8m	166.034

Fonte: A autora

Assim foi criado um Gráfico 2 para melhor visualização da diferença da quantidade de planta em cada plantio e espaçamento.

Gráfico 2 - Quantidade de plantas por espaçamento



Fonte: A autora

Com base no estudo realizado percebe-se que o produtor plantou menos plantas do que a área comportava, deixando assim de ter possíveis lucros. Assim calculando a quantidade de plantas que ele deixou de ganhar em cada método comparando com o sistema de plantio observado (147.128 plantas), levando em consideração que cada planta produz em média 5 litros de café beneficiado por ano e dividindo por 480 litros de café beneficiado é a capacidade de uma saca de 60kg, foram obtidos os seguintes dados organizados na Tabela 4.

Tabela 4 - Perda da produção em plantas e sacas

Plantio	Espaçamento	Quantidade deixadas de plantar	Sacas/ ano (60kg)
<b>Linhas Vetorizadas</b>	0,6m	26.809	279
	0,7m	2.002	20
	0,8m	-	-
<b>Modelado</b>	0,6m	74.163	772
	0,7m	42.587	443
	0,8m	18.906	196

Fonte: A autora.

Pode-se observar que na maioria dos plantios, menos no de linhas vetorizadas a 0,8m, o talhão teria mais plantas do que existe no observado, sendo assim o produtor está levando prejuízo. Levando em consideração o valor atual da saca de café (R\$ 386,00 – CEPEA, 2019), o produtor no caso em que perde 20 sacas de café, está deixando de ganhar R\$7.720,00 ao ano. No caso em que ele perde 1.774 sacas, o prejuízo é de R\$297.9925,00 ao ano.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esse estudo foi usado como uma ferramenta de auxílio para o produtor, mostrando que com a otimização do sistema de plantio ele poderia aumentar sua produção de plantas o que seria mais rentável. Assim mostrando que é viável realizar o plantio com o sistema de Agricultura de Precisão, pois há lucros. Se o produtor utilizasse métodos da agricultura de precisão para plantar sua lavoura a produtividade seria otimizada, melhoraria a qualidade de operação das máquinas e a lucratividade aumentaria.

Em suma, quanto menor o espaçamento, menor o rendimento por planta, mas a produtividade por hectare é maior. Os novos sistemas de plantio, portanto, tentam aproveitar o espaço de plantio e equilibrar isso com a nutrição da lavoura.

Verificou-se que não há conformidade e percebe-se que o produtor teve perda de plantas no seu sistema de cultivo escolhido, de acordo com os cálculos realizados seria viável ele ter criado um novo sistema de plantio e ter plantado novamente a lavoura.

Não deve ser levado em consideração apenas o que ele deixou de ganhar, juntamente com isso existe um prejuízo, pois ele teve custos para manter sua lavoura, produzindo uma quantidade de plantas menos do que a área suporta, gastos como, insumos, mão de obra, maquinário e combustível devem serem levados em consideração.

## REFERÊNCIAS

- ABIC - **Associação Brasileira da Indústria de Café**. Disponível em: < <http://abic.com.br/> >. Acesso em: 15 out. 2018.
- ANDRADE, C. F. S. de; SPEDO, J; CARDOSO, L. P. **Drones – Questões ambientais e preocupações relacionadas ao seu uso**. vol. 2. núm. rev. Ciências do Ambiente On-line: UNICAMP, p.79-88, 2013.
- ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. Curitiba, 1998. 258p.
- ANAC. Regras da ANAC para uso de drones entram em vigor. BRASIL. 2017. Disponível em :< <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor>>. Acesso em 15 out. 2018.
- Brasil. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Agricultura de precisão / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília : Mapa/ACS, 2009. 31 p.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Política Agrícola. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafes/cafecultura-brasileira>>. Acesso em: 23 out. 2018.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. MAPA- 2013 Agricultura de Precisão: Boletim Técnico. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/boletim-tecnico-agricultura-de-precisao-2013.pdf>>. Acesso em: 17 de out. 2018.
- BRISCO, B.; BROWN, R. J.; HIROSE, T. et al. **Precision agriculture and the role of remote sensing: A review**. Journal canadien de télédétection, v.24, n. ISSUE 3, 1998.
- COELHO, L.; BRITO, J N. **Fotogrametria digital**. EdUERJ, 2007.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Café**, Quarto Levantamento, Brasília, p. 1-84, dez.de 2018. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe> >. Acesso em: 10 mai. 2019.
- DALLMEYER, A. U.; SCHLOSSER, J. F. **Mecanización para la Agricultura de Precisión**. Chillán-Chile - INIA, 1999. Cap.3, p. 75-104.
- DALMOLIN, Q. **Projeto Fotogramétrico**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2005.
- DANDOIS, J. P.; OLANO, M.; ELLIS, E. C. **Optimal altitude, overlap, and weather conditions for computer vision uav estimates of forest structure**. Remote Sensing, 7(10), 13895–13920, 2015.
- DEMONER, C. A. et al. **Estudo técnicoeconômico da cultura do café**. Curitiba: EMATER-PR, 2003. Disponível em: < <http://www.emater.pr.gov.br>>. Acesso em: 23 out. 2018.
- EISENBEISS, H. **UAV Photogrammetry. Doctor of sciences, University of Technology Dresden**, Alemanha, 2009.

- EISENBEISS, H. *The Potential of Unmanned aerial Vehicles for mapping. In: Phogrammetric. Week 11. Diter Fritsch (Ed). Stuttgart: Institut für Photogrammetrie.* p. 135-144. 2011.
- FONTES, A. A. C. L. **Fundamentos de Aerofotogrametria Aplicada a Topografia.** Universidade Federal da Bahia, Departamento de Transportes, 2005.
- GONÇALVES, G. R. **Elementos de Fotogrametria Analítica.** Coimbra: Departamento de Matemática da FCTUC, 2006.
- INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A.C.C., 2014. **Agricultura de Precisão, em Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** (eds) Bernardi, A.C.C; Naime, J.M.; Resende, A.V.; Bassoí, L.H.; Inamasu, R.Y., Brasília-DF, pp. 21-33.
- JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y. **Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão, em Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar.** (eds) BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y., Brasília- DF, p. 109-134, 2014.
- LILLESAND, T.; KIEFER, R. *Remote sensing and image interpretation.* 4ed. Estados Unidos, John Wiley & Sons, 2000.
- LUGNANI, J. B. **Aerofotogrametria – Parte 2.** Curitiba. UFPR. DAST 1977, 107p. LUIZ, C.
- R. **A tecnologia no Agronegócio.** Disponível em:  
<<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1011260661.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: Manual de recomendações.** São Paulo: Futurama Editora, p. 67, 2015.
- MEDEIROS, F. A. et al. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão.** Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
- MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão.** 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- MESQUITA, C. M. de et al. **Manual do café: implantação de cafezais Coffea arábica L.** Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 50 p. il.
- MESQUITA, C. M. de et al. **Manual do café: colheita e preparo (Coffea arábica L.).** Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 52 p. il.
- MOLIN J. P. et al. **Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada.** Eng. Agríc., Jabaticabal, v. 26, n. 3, 2006.  
Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em 07 de Nov 2018.
- PEREIRA, A.A. & SAKIYAMA, N.S. **Cultivares melhoradas de café arábica.** I Encontro sobre produção de café com qualidade. Viçosa, 1999. p. 241-257.
- PIX4D. **Pix4dmapper Software Manual Pix4D Support.** Lausanne, Suíça: Pix4D SA.2013b.  
Disponível em: <<https://support.pix4d.com/forums/22655307-Manual>> Acesso em: 12 set.

2018.

RICCI, M. S. F.; ARAÚJO, M. C. F.; FRANCH, C. M. C. **Cultivo Orgânico do Café: Recomendações técnicas**. Brasília, 2002, 100p

SANTINATO, R. et al. Sistemas de Plantio e Condução de Cafeeiros **Anais 29º CBPC**, Mapa/Procafé, 2004, p. 301.

SOCIEDADE NACIONAL DA AGRICULTURA- SNA. Disponível em: <  
<http://www.sna.agr.br/saiba-sobre-a-indicacao-geografica-cafe-da-regiao-do-cerrado-mineiro/>>. Acesso em: 12 set. 2018.

THOMAZIELLO, R.A.; FAZUOLI, L.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C. **Café arábica: cultura e técnicas de produção**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2000. 82p. (Boletim técnico 187).

TOMMASELLI, A. M. G. **Fotogrametria Básica**. 2009. Disponível em:  
<[http://www.faed.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/891/introducao\\_a\\_fotogrametria.pdf](http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/891/introducao_a_fotogrametria.pdf)>.  
Acesso em: 12 set. 2018.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, F. M. **Introdução à Agricultura de Precisão: Conceitos e Vantagens**. Revista de Ciência Rural, Santa Maria, v.32, n.1, p.159-163, 2002.

VERÍSSIMO, T.O. **O capitalismo agrário na atividade cafeeira no município de Patrocínio (MG)**. Espaço em Revista, Patrocínio, v. 17, n. 1, p.85-102, 2015.

WOLF, P.R.; DEWITT, B.A. *Elements of Fotogrammetry: with Application in GIS*. 3rd edition. USA: McGraw-Hill, 2004.