



Universidade Federal de Sergipe
Campus do Sertão
Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão



ALEXANDRE EMANUEL SANTOS PORTELA

ESTIMATIVA DA ALTURA DE PASTO POR MEIO DE IMAGENS AÉREAS
PROCESSADAS

Trabalho de Conclusão de Curso

Nossa Senhora da Glória/SE

Junho de 2025

ALEXANDRE EMANUEL SANTOS PORTELA

**ESTIMATIVA DA ALTURA DE PASTO POR MEIO DE IMAGENS AÉREAS
PROCESSADAS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação
em Engenharia Agrônômica da Universidade
Federal de Sergipe, como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Agrônômica.

Orientador: José Jairo Florentino Cordeiro Júnior

Nossa Senhora da Glória/SE

Junho de 2025

ALEXANDRE EMANUEL SANTOS PORTELA

**ESTIMATIVA DA ALTURA DE PASTO POR MEIO DE IMAGENS AÉREAS
PROCESSADAS**

Este documento foi julgado adequado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 09/06/2025

Banca examinadora:

José Jairo Florentino Cordeiro Junior, Doutorado em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Sergipe

Marcos Eric Barbosa Brito, Doutorado em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Sergipe

Nailson Santos Lemos, Doutorado em Zootecnia
Universidade Federal de Sergipe

ESTIMATIVA DA ALTURA DE PASTO POR MEIO DE IMAGENS AÉREAS PROCESSADAS

Resumo: A altura de planta é um excelente parâmetro para a tomada de decisão no manejo de pastagens, pois com o conhecimento das alturas críticas de corte e de resíduo da forragem, é possível monitorar a qualidade do material disponível para pastejo. No entanto, a técnica convencional para avaliação da altura de planta da pastagem demanda muito tempo e mão de obra do produtor rural, verificando-se no uso de veículos aéreos não tripulados (VANT's) uma alternativa facilitadora para o monitoramento. Esta revisão bibliográfica tem por objetivo o levantamento de informações a respeito do mercado de análise de imagens aplicado a estimativa da altura de gramíneas. No desenvolvimento, será abordado sobre a rentabilidade da atividade pecuária a pasto, com resultados de maior economia quando comparada ao sistema de confinamento, além de desafios como a sazonalidade da produção nas condições climáticas do nosso país. Também é apresentado softwares como *Agisoft Metashape*[®] e *RStudio*[®] para construção e análise de ortomosaicos e modelos digitais de superfície (MDS), com intuito de estimar a altura de plantas. Essas tecnologias vêm sendo trabalhadas com frequência em pesquisas com intuito de unir uma maior amplitude de dados positivos e coerentes, para que se possa mais a frente lançar uma solução tecnológica no mercado agropecuário.

Palavras chave: MDS, geoprocessamento, VANT.

Índice

1.	Introdução.....	6
2.	Objetivo	7
3.	Desenvolvimento.....	7
3.1	Uso de pastagens para alimentação animal	7
3.2	Pecuária de precisão	8
3.3	Uso de drones em pastagens.....	10
3.4	Altura como ferramenta de manejo	14
3.5	Uso de imagens na agricultura.....	15
4.	Considerações finais.....	25
5.	Referências bibliográficas.....	26

1. INTRODUÇÃO

A agropecuária é um setor fundamental para a economia de muitos países, especialmente nações em desenvolvimento, todavia, vários fatores interferem na produtividade, a exemplo da qualidade do solo, das flutuações climáticas, da disponibilidade de água, da presença de poluentes e a infestação de pragas e plantas daninhas, o que torna cada dia mais importante otimizar o uso de recursos na agropecuária.

A agropecuária de precisão, assim, é uma abordagem inovadora que utiliza de tecnologias avançadas para otimizar o gerenciamento da propriedade, e garantir que as necessidades específicas de cada área sejam atendidas (Virnodkar *et al.*, 2020), o que torna importante a utilização de métodos de geoprocessamento como ferramenta para a análise e a interpretação de dados espaciais em agricultura de precisão.

O geoprocessamento envolve um conjunto de técnicas computacionais que permitem a coleta, armazenamento, processamento e gerenciamento de informações espaciais. Essa abordagem permite a criação de modelos espaciais precisos, que podem ser utilizados para identificar padrões e tendências nos dados, melhorando a tomada de decisão dentro da fazenda (Batista, Facco & Pasini, 2017).

As imagens de satélites têm sido amplamente empregadas no monitoramento agrícola, permitindo a avaliação da condição das culturas e a identificação de possíveis problemas. No entanto, a acessibilidade e a qualidade de resolução dessas imagens podem ser restritivas, o que implica na busca por soluções mais viáveis e eficazes. A falta de evidências de rentabilidade também é um desafio que ainda precisa ser superado. Assim, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) surgem como uma opção promissora para superar as limitações atuais, oferecendo uma solução mais acessível e eficiente para o monitoramento agrícola (Virnodkar, 2020).

Assim, a agricultura de precisão tem se beneficiado significativamente do emprego de imagens aéreas obtidas por meio de câmeras com sensores RGB, que permitem a aquisição de dados precisos sobre as condições da lavoura. Nesse contexto, a estimativa da altura de gramíneas em pastagens, surge como uma aplicação promissora, considerando que essa variável é um indicador importante para avaliar a qualidade e a produtividade do pasto (Batista, Facco & Pasini, 2017).

A altura de gramíneas é um parâmetro crítico na agropecuária, já que está intimamente relacionada à produtividade dos animais e a qualidade do pasto. No entanto, a medição manual dessa variável pode ser um processo que demanda muito tempo e mão de obra, especialmente em áreas de produção em larga escala. Nesse sentido, o uso de imagens aéreas com sensores RGB se destaca como uma ferramenta eficaz para obter dados preciso sobre a estimativa da altura das gramíneas de forma rápida e eficiente (Pasini *et al.*, 2020).

Partindo do pressuposto de que a agropecuária de precisão é uma abordagem essencial que otimiza o sistema de produção, e considerando a importância da estimativa da altura de gramíneas como um indicador de qualidade e produtividade do pasto, a construção de uma revisão bibliográfica acerca do uso de imagens aéreas obtidas por VANT com sensores RGB na estimativa da altura de gramíneas, abordando as etapas envolvidas no processamento e análise das imagens, vai garantir reunir informações e colaborar com o estado da arte e as tomadas de decisões de técnicos e produtores.

2. OBJETIVO

Realizar um levantamento de informações sobre o monitoramento remoto de pastagens, o processo de aquisição e processamento de imagens para monitoramento de pastagens.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Uso de pastagens para alimentação animal

Em meados do século XX, mesmo quando as pastagens deixaram de ser áreas somente compostas por forrageiras nativas e passaram a ser implantadas, o baixo investimento na pecuária ainda predominou e se manteve até hoje. Por ser uma atividade que, mesmo com pouco investimento, há regiões em que se consiga produzir, mesmo que com baixa eficiência (DIAS, 2016).

As principais vantagens da produção animal a pasto é o baixo investimento, quando comparada a sistemas de produção mais intensivos, e a alta produção por área, quando se tem pastagens bem manejadas (JOCHIMS, et al. 2017). A nível nacional, as pastagens brasileiras representam o maior componente da alimentação animal e um forte aliado para o mercado global (EUCLIDES, 2000).

Ziliotto et al. (2010), trabalhando em uma propriedade com o sistema de produção em confinamento e a pasto, compararam os custos de produção e avaliaram a rentabilidade para as duas atividades, concluindo que a pecuária a pasto possui menor custo de produção e maior rentabilidade, já que não há variação no preço de venda do animal entre os sistemas.

Miranda et al. (2021) também avaliaram uma situação semelhante à citada acima e observaram que o custo de produção no sistema a pasto também se comportou de forma inferior ao custo no confinamento, tendo um incremento de 7% no lucro final. No entanto, o período que os animais a pasto precisaram para chegar ao mesmo peso de abate que os animais em confinamento, foi o dobro.

As pastagens cultivadas no Brasil constituem a base da pecuária de leite e de corte, uma vez que grande parte do sistema de produção brasileiro se caracteriza como um sistema extensivo. Para Koscheck *et al.* (2011), o maior desafio encontrado pelos pecuaristas brasileiros é conseguir manter a oferta de alimento durante todo o ano, uma vez que a produção de forragem nas condições climáticas

do nosso país se dá de forma sazonal, com uma alta produção na época das águas e uma baixa ou quase nula produção nos períodos secos.

Atualmente, tem-se a vantagem de já existirem espécies forrageiras com cultivares melhoradas geneticamente e com alto potencial produtivo para regiões de clima tropical. No entanto, somente o uso dessas cultivares não é o suficiente para alcançar uma alta produção por hectare. É necessário o monitoramento dos processos como crescimento, senescência e colheita da forragem pelo animal, para que se consiga atingir o potencial produtivo do pasto (SILVA, 2004).

A chegada de tecnologias que venham otimizar a utilização da forragem dentro da propriedade, é sempre benéfica para o sistema de produção. Assim, a eficácia da utilização de forragem disponível dentro de uma propriedade, está diretamente relacionada com a gestão da disponibilidade dessa forragem (DAMASCENO, 2021).

Ao falarmos de pastejo rotacionado, sabemos que o sistema requer um monitoramento preciso da altura da forragem, no que diz respeito ao período de entrada e saída dos animais nos piquetes, quando em grandes áreas, esse trabalho pode demandar muito tempo e mão de obra, o produtor pode acabar perdendo o momento correto de entrada ou retirada de seu lote de uma determinada área. Essa é considerada uma das principais dificuldades enfrentadas pelas fazendas cujo sistema de produção é a pecuária a pasto (GOMES, 2022).

3.2 Pecuária de precisão

Durante os últimos quatro anos da década de 1990, foi constatado um índice alarmante de mortes de vacas matrizes causadas pela doença conhecida como “mal da vaca caída”. Em busca de soluções, foram levantadas pesquisas na Embrapa Gado de Corte e, a partir disso, percebeu-se uma grande dificuldade no manejo do gado que participava das pesquisas, principalmente na identificação de cada animal. Devido a essa necessidade, surgiu o primeiro sistema de Identificação de Animais por Rádio Frequência (RFID), que impulsionou o avanço de pesquisas na área, originando a linha de pesquisa primeiramente denominada de zootecnia de precisão e logo após surge a denominação de Pecuária de Precisão (PIRES et al. 2015).

A literatura nos oferece vários conceitos para a Pecuária de Precisão (PP), dentre eles podemos defini-la como um modelo de gestão da produção animal a partir da adoção de tecnologias com a finalidade de maximizar a coleta de dados e as informações do sistema produtivo como um todo e assim tomar decisões mais assertivas. Inicialmente, a Pecuária de Precisão foi introduzida com mais facilidade na criação de suínos e aves e atualmente tem se expandido fortemente para bovinocultura de corte e leite. O sistema de produção oferece dados como identificação, saúde e ganho de peso por animal (GOMES, 2022).

Para Pires et al. (2015), um preceito básico da pecuária de precisão é o alcance de altos resultados na produção, com o menor impacto financeiro possível, além da operação do sistema com alta tecnologia. O investimento tecnológico só vale a pena se haver intervenção nos momentos corretos para que se possa extrair a máxima capacidade produtiva do sistema.

A Pecuária de Precisão trabalha considerando o maior número de variáveis passíveis de serem analisadas e modificadas, com o intuito de minimizar os custos e maximizar a produção. O sistema engloba tecnologias que analisam a variabilidade espacial, como o SIG (Sistema de Informação Geográfica), faz uso de softwares para gerenciamento e organização do banco de dados coletados pelas tecnologias implantadas no campo (PIRES et al, 2015).

Como incentivo ao desenvolvimento da pecuária de precisão, a Embrapa Gado de Leite conta com um laboratório de alta estrutura tecnológica com balanças, cochos e bebedouros eletrônicos, a fim de mensurar a eficiência do consumo alimentar individual dos animais, avaliando seu peso vivo, a sanidade e outros parâmetros. Tais pesquisas têm possibilitado maior eficiência ao sistema de produção, com uma maior quantidade de dados coletados que têm gerado resultados como a seleção de genótipos para trabalhos de melhoramento genético (PAIVA et al. 2016).

A inovação tecnológica é o principal fator responsável pelo aumento da produtividade agropecuária ao longo dos anos, como também é um importante recurso para inserir cada vez mais as empresas ativamente no mercado global e impulsionar a chegada de novos mercados e consumidores (MOREIRA & RODRIGUES, 2002).

Um exemplo disso é o software Embrapa Ivernado, citado por Medeiros et al. (2014), como sendo um local de armazenamento e processamento de dados referentes a qualidade morfológica e nutricional da pastagem. Seguindo o processamento dos dados, o software é capaz de entregar informações relevantes para o monitoramento da qualidade do pasto e o desempenho dos animais.

A Agricultura e Pecuária de Precisão trabalham com base na variabilidade espacial e temporal do sistema de produção, para isso é feita coleta de dados, junto a utilização de softwares para análise das informações geradas. Contrapondo, a implementação dessas tecnologias passa por algumas dificuldades, como a complexidade para se interpretar uma grande quantidade de dados, o alto custo com aquisição dos equipamentos e a adaptação das tecnologias em diferentes regiões (NUNES, 2012).

Santos (2022), testando a capacidade de coletar dados a partir das imagens de drone, fez uso de adesivos marcadores para identificação do estro bovino. Os adesivos mudavam de cor conforme as vacas passavam pelo processo de monta natural, passando da cor cinza para a cor laranja. O autor concluiu que o voo na altitude de 10 metros foi eficiente na identificação e seleção das vacas que estavam no estado de estro.

Logo, demandas como alimentos mais saudáveis, conservação dos recursos naturais e uma maior produção por unidade de área, favorecem cada vez mais a implantação do sistema de Agricultura e Pecuária de Precisão (BERNARDI *et al.*, 2019).

3.3 Uso de drones em pastagens

As tecnologias de sensoriamento remoto vêm ganhando espaço dentro do setor agropecuário e, principalmente, na experimentação agrícola, dando destaque aos veículos aéreos não tripulados (VANT), mais popularmente conhecidos por drones. A grande vantagem dessa ferramenta quando utilizadas para análise de imagens, é a maior resolução espacial e temporal do alvo capturado, quando comparada às imagens capturadas por satélites (SANTOS, 2019).

Os VANT's chegaram ao Brasil por volta da década de 1980 para uso militar na criação do projeto Acauã, pelo Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA), enquanto que na mesma época esses aparelhos foram introduzidos na agricultura para substituir as aeronaves que faziam o monitoramento das lavouras por imagens aéreas (JORGE, 2001; MEDEIROS, 2007).

O drone possui um GPS acoplado, mas geralmente não recebe comandos de movimento diretamente ligados ao GPS, devido a uma alta margem de erro, para tanto, é recomendado o comando de movimento ligado direto a unidade de navegação inercial (IMU) por possuir maior precisão de posição (RASI, 2008).

Esses VANT's podem ser classificados a partir de seu sistema de voo, multirrotor ou asa fixa. Os drones multirrotor apresentam algumas vantagens, dentre elas a sua capacidade de se manter estático no ar, e voar em baixas velocidades, uma desvantagem com relação ao drone de asa fixa, é que este último possui maior aerodinâmica (Mattiello, et al. 2015).

Aliado a essas aeronaves estão o geoprocessamento e o sensoriamento remoto, que têm gerado informações que possibilitam o planejamento territorial, facilitando as tomadas de decisões para o manejo e gestão ambiental dentro do território (GUIMARÃES JUNIOR, 2016).

Lillesand, Kiefer e Chipman (2008) definem o sensoriamento remoto como a técnica de extrair informações de um objeto alvo sem precisar ter o contato físico com este, assim diferenciando-se das técnicas tradicionais da coleta manual em campo.

Existem algumas dificuldades na adoção das técnicas de geoprocessamento, ganhando destaque o custo com aquisição de softwares, apesar de já existirem alguns disponíveis gratuitamente, e a pouca oferta da mão de obra especializada encontrada no mercado, sendo necessário, na maioria das vezes, a aplicação de capacitações para operação e até mesmo domínio de outro idioma (REGHINI et al., 2020).

Tal tecnologia tem possibilitado a automação de grandes máquinas durante as operações agrícolas, com atividades do plantio, passando pelos tratos culturais, até a colheita. O georreferenciamento para as áreas de plantio, confere ao piloto automático das máquinas maior precisão na captação das coordenadas geográficas do local e, conseqüentemente, uma maior rastreabilidade operacional. Logo, esse sistema de produção tem reduzido os custos com insumos agrícolas, além de combustível com o maquinário, já que a automação possibilita a eficiência do tráfego do maquinário pela fazenda como um todo e conseqüentemente maior eficiência e economia na aplicação dos insumos (REGHINI *et al.* 2020).

Dentre as ferramentas de geoprocessamento, quando o assunto é o processamento de imagens capturadas por drone, existe o *Agisoft Metashape*[®], um *software* autônomo no qual é possível unir as imagens coletadas pelo drone, fazer a correção geográfica das imagens e gerar modelos digitais de superfície e ortomosaicos com alta precisão, para em seguida extrair informações dessas imagens (FACCO, 2022).

O aparelho contendo o Sistema de Posicionamento Global (GPS) acoplado ao VANT possui baixa precisão para estudos desse nível e para aumentar a precisão das imagens, anteriormente a captação destas, deve ser feito o georreferenciamento da área através do aparelho Sistema Global de Navegação por Satélite - Cinemática em Tempo Real (GNSS - RTK). Com isso, fazer a construção dos pontos de controle para que possam ser feitas as correções espaciais das imagens (FACCO, 2022).

Facco (2022) utilizou ambas as ferramentas de GPS acoplado a um Drone, que foi georreferenciado geodesicamente, visando construir mapas cartográficos e gerar índices de vegetação para avaliar o desenvolvimento da soja submetida a um manejo com diferentes produtos, verificando que a tecnologia se mostrou eficiente na avaliação da lavoura e principalmente com um baixo custo de investimento.

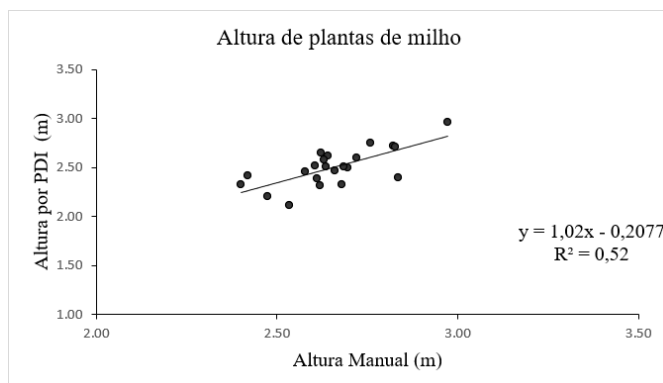
Santos et al. (2023) avaliaram as falhas de plantio em uma lavoura de soja, também por meio de índices de vegetação e utilizando o *Agisoft Metashape*[®] para construção dos ortomosaicos e modelos digitais de elevação. Os autores constataram um erro de 36,4% de falhas nas linhas de plantio da lavoura.

Nos últimos anos, esses VANT's foram e estão sendo utilizados dentro de experimentações agrícolas, a fim de extrair desses aparelhos a máxima capacidade de obter informações de forma prática e precisa que auxiliem nas tomadas de decisões para o manejo no campo. A exemplo disso, D'Oleire-Oltmanns et al. (2012) buscaram o monitoramento da erosão do solo, gerando um modelo digital do terreno a partir das imagens captadas pelo drone. Bending (2014), trabalhando com cevada e arroz, fez uso do sensoriamento remoto junto aos VANT's para aferir a estimativa de biomassa e altura de plantas.

Silva e Ribeiro (2020) propuseram uma metodologia para estimar a altura das plantas de milho utilizando o *Agisoft Metashape*, onde não fosse necessário, a todo momento, o uso dos pontos de controle para correção das imagens. No trabalho, foi feito o georreferenciamento da área experimental e a instalação dos pontos de controle, no entanto somente utilizou-se os pontos para correção do modelo digital do terreno, ainda com o solo sem vegetação. Para as imagens contendo as plantas de milho não foram utilizados os pontos de controle para correção. O resultado do trabalho foi satisfatório e os autores ainda enfatizaram a importância de serem feitos mais trabalhos com a temática para maior segurança e acurácia do uso da tecnologia.

Ferraz et al. (2022) estimou a altura das plantas de milho também utilizando modelos digitais de superfície. Em seu trabalho, os dados de altura coletados em campo manualmente e os dados estimados pelo drone não diferiram entre si, pelo teste de Scott-Knott, além de uma correlação de 0,72 (figura 21). Os autores ainda ressaltaram que poderia ter obtido dados mais precisos caso fizesse uso de um receptor GNSS, para uma maior precisão geográfica dos pontos de controle.

Figura 21. Dispersão entre altura de planta coletada manualmente e altura obtida pelo processamento digital de imagens (PDI)



Fonte: Ferraz, et al. 2022.

REIS (2022), tentando estimar a altura das plantas de soja, utilizou o *Agisoft Metashape*® para construção dos modelos digitais de superfície e de terreno. No trabalho, a autora teve resultados bem inconsistentes e um dos fatores limitantes atribuídos por ela foi a distribuição de somente dois pontos de controle nas extremidades em uma área de 5,48 ha. Assim enfatizando a importância da instalação de mais pontos de controle, que provavelmente possibilitaria uma melhor correção geográfica das imagens aéreas e consequentemente, maior precisão métrica para os valores estimados.

Pessi, et al. (2021) na tentativa de estimar a altura de gramíneas invasoras, avaliaram a precisão dos dados obtidos a partir do GNSS acoplado ao drone Phantom 4, comparando com os dados obtidos a partir do georreferenciamento feito com o aparelho RTK. Os autores perceberam que

o uso do RTK proporcionou maior precisão aos dados de altura e ressaltaram ainda, que o geoprocessamento de imagens com drone sem o uso do RTK, não deve ser utilizado para estudos desse nível devido à baixa acurácia. Na Tabela 02 tem-se o resultado da análise estatística feita entre os resultados e compara o erro entre os dois métodos.

Tabela 02. Testes estatísticos para as variáveis de dados a partir do RTK e GPS acoplado ao drone

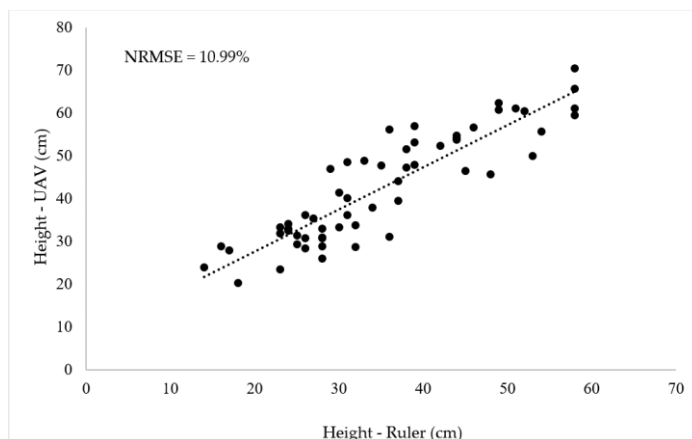
Área amostral	RMSEz (cm)	MAEz (cm)
GPS drone	0,17	0,12
GNSS RTK	0,24	0,19

Fonte: adaptado de Pessi, et al. 2021.

Os VANT's têm sido bastante utilizados nas culturas anuais, hortícolas, frutíferas e espécies florestais, mas com grande potencial também para aplicação na pecuária, quando se trata de manejo de pastagem (BERNARDI & PEREZ, 2014). Em seus estudos, Silva (2023) conseguiu estimar a massa fresca e seca da pastagem composta pelo capim *Brachiaria brizantha* correlacionando diferentes índices de vegetação e bandas espectrais. No trabalho, a autora concluiu que as bandas do vermelho e verde, correlacionadas com os índices TGI, MPRI, PRI e GLI, obtiveram os resultados mais precisos.

Outro estudo foi realizado por Batistoti et al. (2019) com parcelas experimentais compostas pelo *Panicum maximum* cv. Tamani, tentando estimar a altura e biomassa da pastagem. Os autores encontraram valores de coeficiente de determinação (r^2) de 0,8 e NRMSE de 10,99% (figura 02), para a correlação entre os dados de altura coletados manualmente e de altura estimados pelo VANT. Assim, fortalecendo a hipótese de que se é possível estimar a altura da forragem por meio das imagens aéreas.

Figura 22. Correlação entre os dados de altura estimada e altura coletada em campo.



Fonte: Batistoti, et al. 2019

3.4 Altura como ferramenta de manejo

O manejo eficiente da pastagem visa preservar o vigor das gramíneas que compõem a área e a capacidade máxima de seu valor nutritivo, para assim chegar ao resultado de um alto desempenho e produção dos animais por hectare. Logo, o manejo da pastagem envolve tanto a adubação, a escolha de espécies forrageiras adaptadas para a região, o sistema de pastejo e também como a adoção da taxa de lotação compatível com a capacidade suporte do pasto, este sendo um dos pontos mais importantes. (GOMIDE & GOMIDE, 2001).

Dentro do manejo da pastagem, visa-se conservar uma boa qualidade das forrageiras, ao mesmo tempo em que esta forragem esteja pronta para ser consumida pelos animais. Logo, no cultivo de pastagens existe uma forte relação entre o solo a planta e o animal, onde o solo é a fonte de nutrientes e sustentação para as plantas, estas por sua vez, são a fonte de alimento para os animais e estes, que por último condicionam aspectos físicos e químicos tanto do solo como das plantas (COSTA *et al.* 2009).

O monitoramento da altura deve ser realizado avaliando os parâmetros morfológicos, tendo em vista que o desenvolvimento das plantas tende a diferir conforme as condições edafoclimáticas de cada região e sistema de produção (SILVA, 2004).

Dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) revelam algumas recomendações para altura de entrada e saída dos animais no sistema de pastejo rotacionado, sempre visando uma melhor relação folha-colmo para a touceira. Na Tabela 01 é possível ver as recomendações de altura do pastejo para as espécies de *Panicum maximum* nas cultivares Tanzânia e Mombaça e a espécie da *Brachiaria decumbens*.

Tabela 01. Recomendações para alturas de entrada e saída do pasto pelos animais em sistema de pastejo rotacionado da Embrapa Gado de Corte, Juiz de Fora – MG.

	Tanzânia	Mombaça	Decumbens	Citação
Entrada	70 cm	90 cm	30-35 cm	GOMIDE et al (2016)
Saída	30-35 cm	40 cm	20 cm	Paciullo (2016)

A altura de planta permite avaliar a eficiência da colheita da forragem no pasto pelo animal, possibilitando monitorar a qualidade nutricional e o desempenho das forrageiras. No pastejo rotacionado existe uma grande variação da qualidade da forragem em decorrência de seu estágio de desenvolvimento, que pode afetar diretamente a palatabilidade e a digestibilidade do material pelos animais. Portanto, as alturas de pasto para a entrada e a saída dos animais devem ser dimensionadas

de forma que se obtenha uma significativa produção de forragem, sem afetar a sua qualidade nutricional e consequentemente o consumo pelos animais (Koscheck *et al.* 2011).

A forragem deve ser manejada objetivando a máxima interceptação de luz solar para escolha da altura de entrada dos animais no pasto, Silva (2015) indica até 95% de interceptação de luz pelo dossel forrageiro. Enquanto, para a altura de saída, é desejável que seja preservado o mínimo de resíduo de folhas com a capacidade de interceptar a radiação solar. As definições dos valores dessas alturas diferem entre espécies e cultivares, tendo em vista os diferentes hábitos de crescimento e morfologia das forrageiras, além da alta plasticidade fenotípica (JOCHIMS, *et al.* 2017).

Oliveira (2023), trabalhando com o desenvolvimento do *Capim-buffel* cv. *Aridus* em três faixas de interceptação de luz (IL%), 85%, 90% e 95%, avaliou a relação das diferentes alturas encontradas. O autor observou que os tratamentos com 85% e 90% não diferiram quanto ao crescimento da altura do dossel, ao mesmo tempo em que se encontrou uma relação positiva direta entre o aumento da taxa de IL e o crescimento do capim.

Oliveira *et al.* (2018) avaliaram a relação entre altura e produção de massa de forragem em um experimento com azevém (*Lolium multiflorum*) e o capim-sulção (*Trifolium repens*), com o objetivo de manejar a produção de massa utilizando somente o parâmetro de altura. O resultado apresentado permite verificar fortes correlações positivas entre a massa e a altura das plantas, levando a conclusão de que se é possível manejar a produção de massa dessas espécies fazendo uso apenas do parâmetro de altura.

Cano *et al.* (2004) avaliaram a composição química do capim Tanzânia em diferentes alturas de corte. No trabalho, observaram que, com o aumento demasiado da altura do dossel, a forragem tende a reduzir a produção de proteínas e aumentar a produção de fibras, conferindo a pastagem um baixo valor nutritivo e dificultando a digestibilidade do material pelos animais.

3.5 Uso de imagens na agricultura

Os modelos digitais de superfície (MDS) e os ortomosaicos são construídos a partir de softwares e são programados para serem trabalhados em unidade de metros, além disso os MDS possuem dados de profundidade que nos revelam sobre a altimetria do terreno e vegetação (TORRADO, *et al.* 2016). O processamento digital de imagens (PDI) é composto por:

3.5.1 Aquisição de imagens

No processo para aquisição das imagens, o VANT deve ser operado em seu modo automatizado, o que necessita de um plano de voo, criado a partir de aplicativos, como o Drone Deploy[®], no qual o usuário irá demarcar a área a ser mapeada a percorrida pelo drone (figuras 02 e 03) (MOREIRA *et al.* 2022).

Para dar início a um novo projeto de voo, deve-se nomear o projeto no aplicativo e inserir o sistema de coordenadas que será trabalhado. Para a localização do campo experimental da cidade de Nossa Senhora da Glória no estado de Sergipe, o sistema de coordenadas a ser utilizado é o SIRGAS 2000 UTM/zona 24S (figura 1) (SOUZA, 2024).

Figura 1. Definição do nome e sistema de coordenadas do projeto.



Figura 2. Tela de início para marcação da área de mapeamento no aplicativo *DroneDeploy*®.

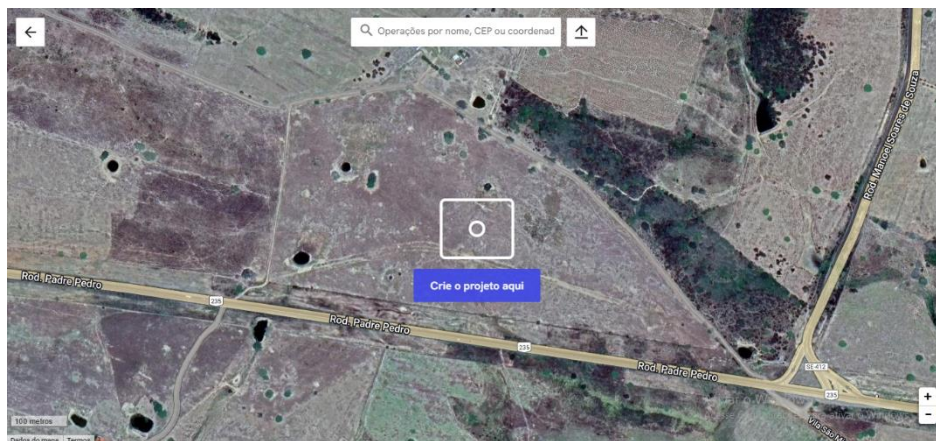
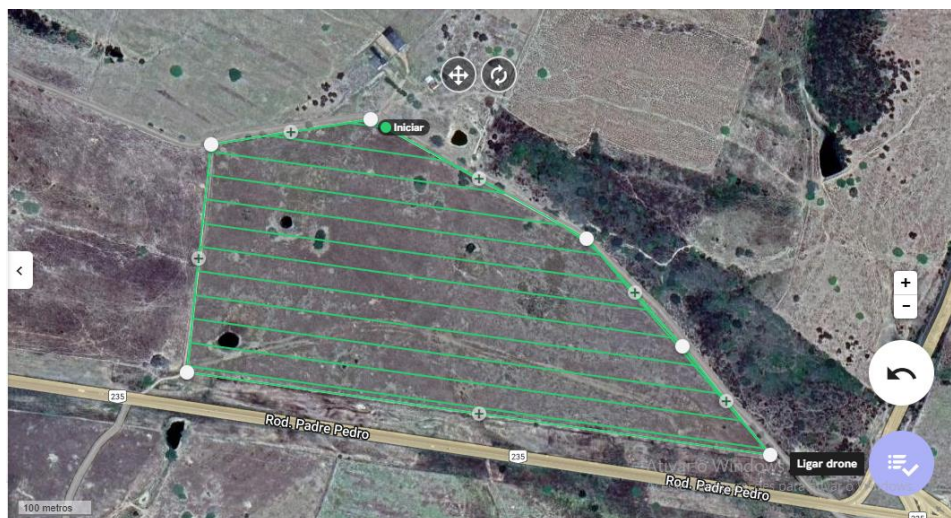


Figura 03. Área delimitada para mapeamento e percurso do drone.



Em seguida, devem ser definidos os parâmetros de voo e a captura de imagens, como a altitude, a sobreposição lateral e frontal das imagens (Figura 4). De acordo com o tamanho da área e esses parâmetros de configuração, o aplicativo irá mensurar a quantidade de fotos e baterias que serão necessárias para que o drone consiga realizar todo o percurso na área. Para evitar o efeito de arrasto na imagem, é desejável que o voo seja feito em uma velocidade próxima a 5 m/s (MOREIRA, et al. 2022).

Figura 04. Sessão para definição dos parâmetros de voo.

← Definições Avançadas

3:50	2	112	1
Minutos	Hectares	Imagens	Bateria

Definições Automáticas ☐

De momento, 75% de sobreposição dianteira, 70% de sobreposição lateral, com velocidade otimizada, direção e captação 3D.

	Sobreposição Frontal	75 %
	Sobreposição Lateral	65 %
	Direção de Voo	-172 °
	Velocidade de Voo de Mapeamento	12 m/s
	Ponto de Partida	1

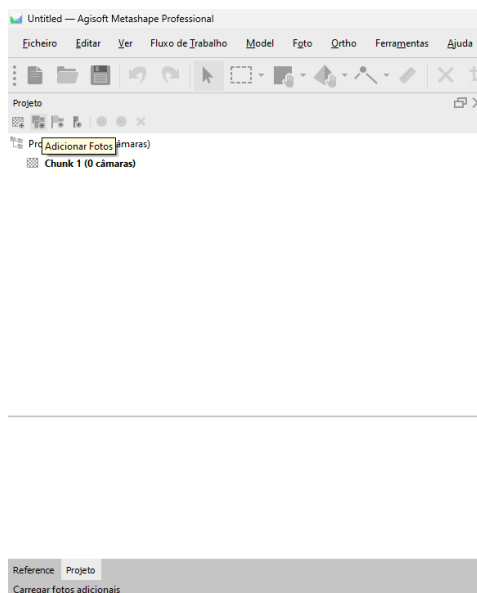
Para uma boa resolução do ortomosaico final, principalmente quanto a altimetria, é necessário que se trabalhe em uma sobreposição lateral e frontal nas faixas de 70% e 80%, respectivamente (SCHERE, et al 2023; REIS, 2022; CAMPOS, 2023).

É preferível que os voos sejam realizados entre os horários de 10h às 13h, com o objetivo de se ter boa luminosidade e evitar sombreamento na área (REIS 2022).

3.5.2 Modelo digital de Superfície

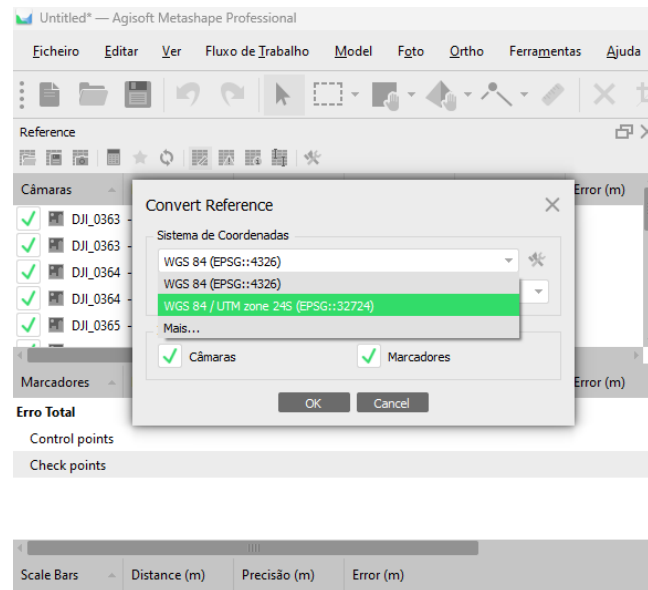
Para a construção do Modelo Digital de Superfície (MDS), um dos programas que podem ser utilizados é o *Agisoft Metashape*[®], sendo possível realizar todas as etapas do processamento somente neste software. Primeiramente é feita a adição das fotos coletadas em campo pelo VANT, através da ferramenta “Adicionar fotos” localizada no setor “Projetos” (PEREIRA, 2022) (figura 05).

Figura 05. Adição das fotos do VANT ao *Agisoft Metashape*[®].



Neste momento, as fotos estão em coordenadas esféricas, latitude, longitude e altura elipsoidal, então é feita a mudança do sistema de coordenadas para UTM, de acordo com o local em que foi feito o voo, por exemplo para o Estado de Sergipe a coordenada utilizada é o Datum SIRGAS 2000, hemisfério sul, na zona 24S (figura 06) (SOUZA 2024).

Figura 06. Definição do sistema de coordenadas geográficas.



O sistema UTM de coordenadas é utilizado praticamente em todo o mundo, por ser trabalhado em unidade de metros, apresentar alta resolução e baixa distorção da superfície (FERNÁNDEZ, 2001). É um sistema mais utilizado em pequenas áreas de levantamento, por não considerar a curvatura da Terra, mas sim uma superfície plana em metros, se utilizado em grandes áreas tende a resultar em baixa precisão (OVER, et al. 2021).

O próximo passo é a importação dos dados de georreferenciamento, conhecidos como pontos de controle, que conferem maior precisão na correção espacial das imagens (Figuras 07 e 08) (FERRAZ, et al 2022).

Figura 07. Importação dos pontos de controle para o software.

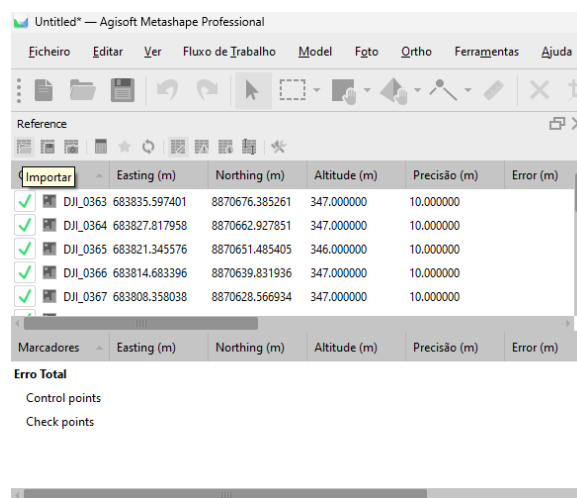
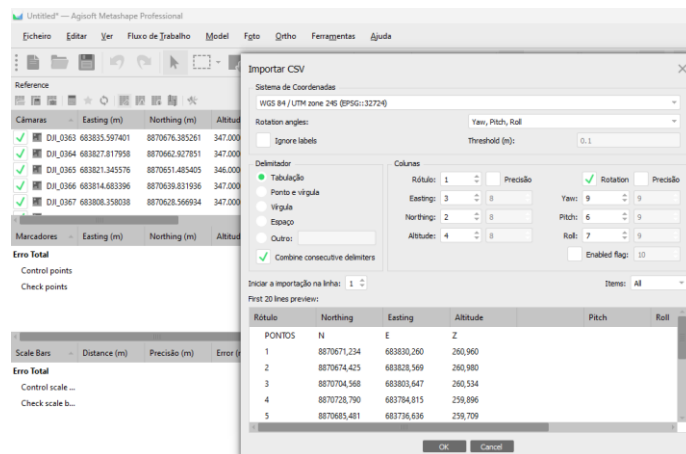


Figura 08. Alinhamento dos dados de longitude e latitude dos pontos de controle com os dados das fotos.



Em seguida é feito o alinhamento das fotos junto aos pontos de controle, nesta etapa o Metashape® identifica pontos de amarração e projeta a posição e orientação de cada imagem (figura 09). Como resultado desse processamento, tem-se a nuvem esparsa de pontos (figura 10) (OVER, et al. 2021).

Figura 09. Sessão para alinhamento das fotos junto aos pontos de controle.

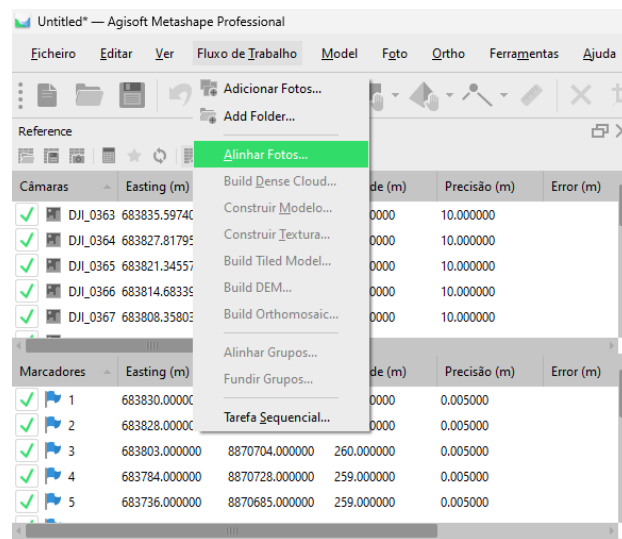
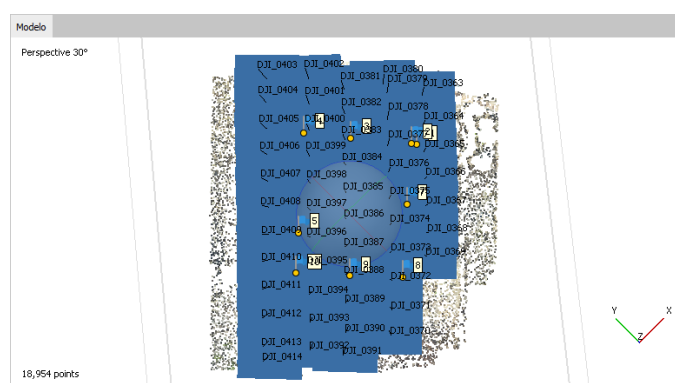
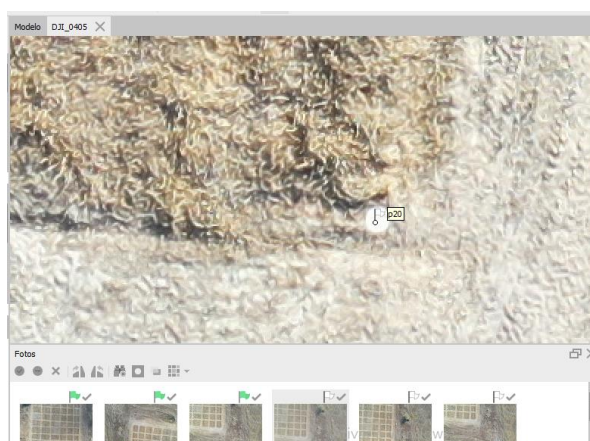


Figura 10. Nuvem esparsa de pontos



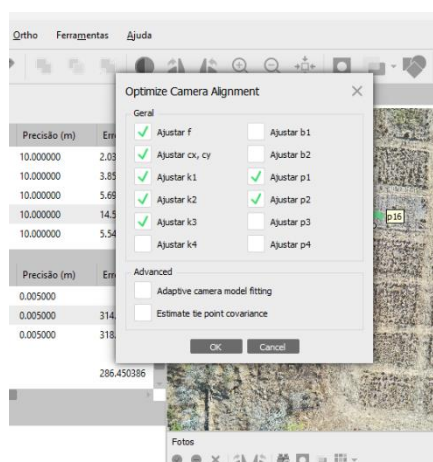
O próximo passo é a correção da posição das imagens utilizando os pontos de controle georreferenciados, onde cada ponto é posicionado ao centro da marcação que aparece na foto, registrada no campo (figura 11). Esta etapa é feita tendo em vista que o GPS acoplado ao drone possui baixa precisão, logo é necessária correção espacial das imagens tendo como referência os pontos de controle construídos a partir do aparelho GNSS RTK de alta precisão (FERRAZ, et al 2022).

Figura 11. Correção posicional dos pontos de controle.



Após a correção espacial das imagens, deve-se acionar, a partir do ícone “otimizar fotos”, para identificar e reduzir as distorções e realizar a transformação do sistema de imagens para o sistema fotogramétrico (figura 12) (PEREIRA, 2022).

Figura 12. Otimização das fotos



Em seguida, deve ser feita a construção da nuvem densa de pontos, a partir dessa nuvem serão gerados os modelos digitais de superfície e de terreno (figura 13). Nesta etapa, é possível selecionar a qualidade da nuvem, onde quanto maior a qualidade, maior o número de pontos adensados em um metro quadrado (figura 14) (PEREIRA, 2022).

Figura 13. Sessão para construção da nuvem densa de pontos.

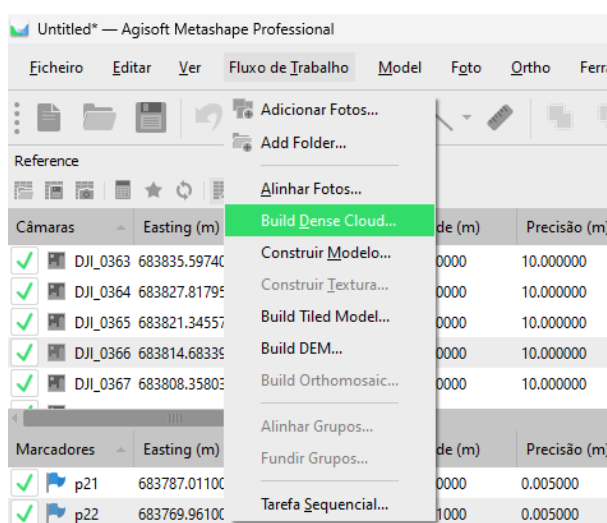
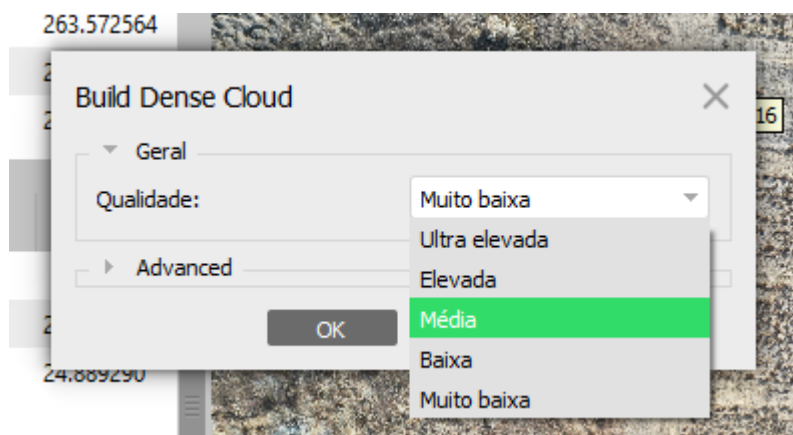
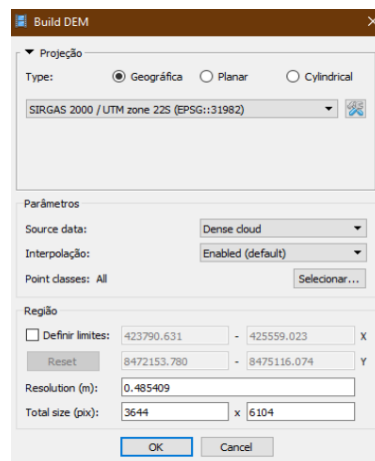


Figura 14. Seleção da qualidade para a nuvem densa de pontos.



No próximo passo, é gerado o modelo digital de superfície e mais uma vez é necessário especificar o sistema de coordenadas utilizados no trabalho e este deve ser igual ao escolhido no início do projeto, neste caso Sirgas 2000 UTM/ zona 24S. Outro ponto, é a escolha do parâmetro no qual o MDS será baseado, sendo a nuvem densa de pontos o mais indicado devido a sua precisão (figura 15) (PEREIRA, 2022).

Figura 15. Definição dos parâmetros para construção do MDS.



Fonte: Pereira, 2022.

Por fim, é gerado a partir do MDS o ortomosaico, possibilitando medir alturas, distâncias e ângulos a partir dessa ortofoto (figura 16) (PEREIRA, 2022).

Figura 16. Ortomosaico finalizado



3.5.3 Processamento e análise de imagens

De posse do ortomosaico, o próximo passo é o processamento e a análise das imagens para o cálculo de altura de plantas. Utilizando o software RStudio, mais especificamente o pacote FIELDImageR, o ortomosaico é importado e tratado dentro do pacote, que tem a função específica de analisar imagens de campos experimentais (MATIAS, *et al.* 2020).

O primeiro passo é nomear o ortomosaico usando a função “rast” no script do software, em seguida a imagem será plotada com a função “plot RGB” (figura 17).

Figura 17. Plotagem do ortomosaico no RStudio.

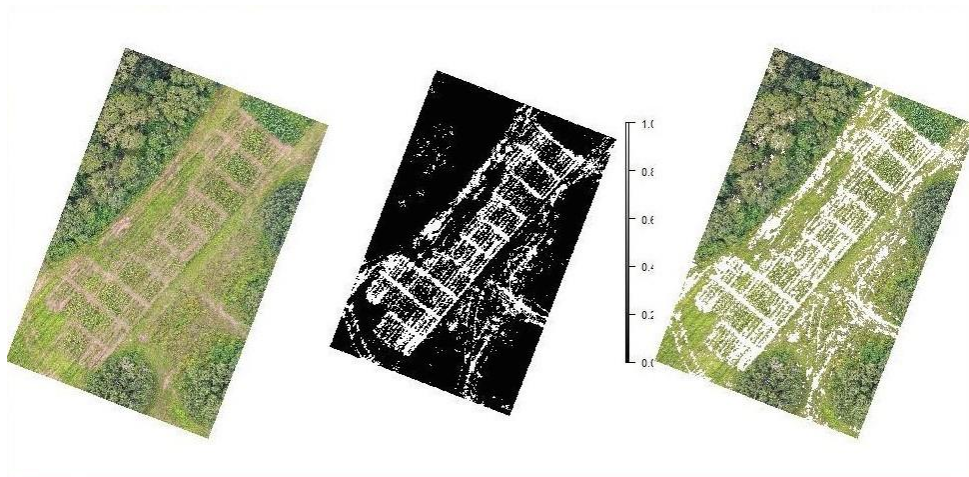


Se necessário, utilizando a função “*fieldcrop*” o corte da imagem deve ser feito para que o RStudio tenha uma leitura mais específica da área que será trabalhada e um processamento de análise mais rápido.

Feito isto, a imagem precisa ser girada, utilizando a função “*fieldRotated*”, o primeiro giro com o ângulo de rotação desconhecido e o segundo já adicionando o ângulo de rotação calculado pelo software e considerando as extensões do Sistema de Informações Geográficas (SIG).

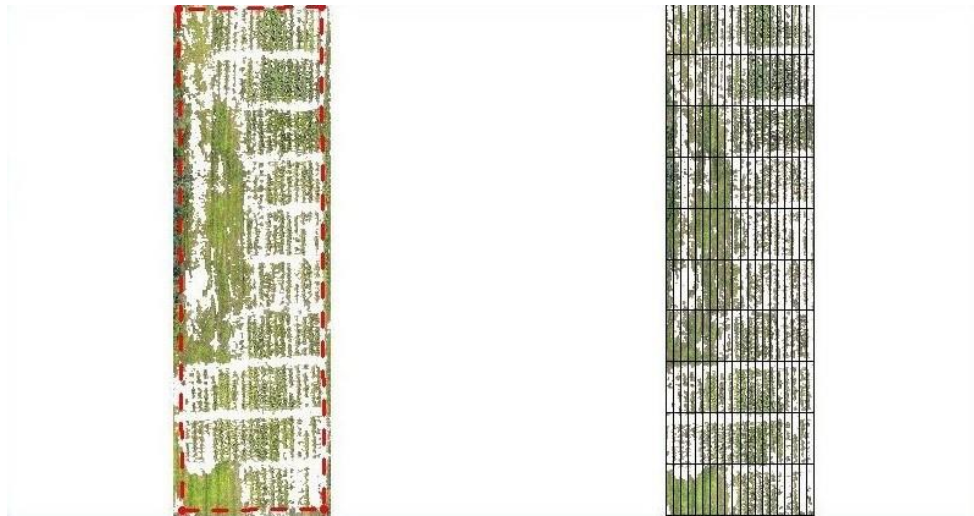
O próximo passo, é a remoção do solo, utilizando a função “*FieldMask*”, para a leitura somente das plantas que estão em campo e que serão calculadas as alturas, removendo o solo e objetos que venham a estar presentes no campo (figura 18) (MATIAS, *et al.* 2020).

Figura 18. Etapa de remoção do solo



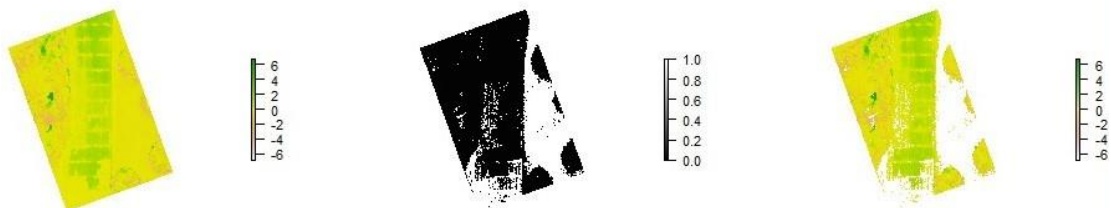
Agora devem ser separadas as parcelas experimentais usando a função “*FieldShape*” indicando o número de linhas e colunas correspondentes a divisão das parcelas, para a construção de um arquivo gráfico de plotagem (figura 19) (MATIAS, *et al.* 2020).

Figura 19. Criação do gráfico de plotagem.



Por fim, é utilizada a função `fieldHeight` para o cálculo de altura de planta, por meio do Modelo de Altura de Canopy (CHM), aqui será feita a importação dos modelos digitais de superfície com as plantas em campo e outro modelo com o solo nu para o software. A função executará o cálculo para conhecer a diferença de altitude entre o modelo digital com as plantas em campo e o modelo com o solo nu, essa diferença resulta na estimativa da altura de plantas (figura 20) (MATIAS, *et al.* 2020).

Figura 20. Modelo de Altura de Canopy (CHM)



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante o levantamento de informações feito com base em dados da literatura neste estudo, nota-se que a análise de imagens aéreas obtidas por VANT expressa potencial capacidade para se tornar uma solução facilitadora para o monitoramento da altura do pasto e um produto tecnológico a ser inserido no mercado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, F. L. et al. Processamento de imagens aéreas e sensoriamento remoto para agricultura: um estudo sobre sistemas de aeronaves remotamente pilotadas. **XXII Seminário Interinstitucional**, 2017.

BATISTOTI, J. Estimativa da biomassa de pastagens e altura do dossel na savana brasileira usando fotogrametria de UAV. **Remote Sensing**. vol. 2447, n. 11, 2019.

BERNARDI, A. C. C.; PEREZ, N. B. **Agricultura de precisão em pastagens**. Embrapa Pecuária Sudeste São Carlos, SP. 2014.

BERNARDI, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão e agricultura digital**. In: TECCOGES: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, n 20 jul./dez. 2019, p. 17-36

BERNARDI, A. C. C. & INAMASU, R. Y. **Adoção da Agricultura de Precisão no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2014.

CAMPOS, P. J. **Impacto da sobreposição aerofotogramétrica na geração de ortomosaicos**. 2023, f. 23, TCC (Bacharelado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências e Veterinárias. Jaboticabal – SP.

CANO, C. C. P. et al. Produção de Forragem do Capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) Pastejado em Diferentes Alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Maringá, v.33, n.6, p.1949-1958, dez. 2004.

CANO, C. C. P. et al. Valor nutritivo do Capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) Pastejado em Diferentes Alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Maringá, v.33, n.6, p.1959-1968, mai. 2004.

COSTA, N. de L. et al. **Fisiologia e Manejo de Gramíneas Forrageiras Tropicais**. Embrapa Roraima, Boa Vista. Jun, 2009.

DAMASCENO, M. L. **Uso de veículo aéreo não tripulado na avaliação de forragem e enzimas fibrolíticas em suplemento para bovinos a pasto**. 2021. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon – PR.

DIAS, F. M. B. Uso de Pastagens para a Produção de Bovinos de Corte no Brasil: Passado, Presente e Futuro. **Embrapa Amazônia Oriental**, Belém – PA. 42 f. ISSN 1983 – 0513; mar. 2016

D'OLEIRE-OLTMANN, S. et al. Veículo aéreo não tripulado (VANT) para monitoramento da erosão do solo no Marrocos. **Sensoriamento remoto**, v. 4, n. 11, p. 3390-3416, nov. 2012.

ESQUERDO, J. C. D. M. **Utilização de perfis multi-temporais do NDVI/AVHRR no acompanhamento da safra de soja no oeste do Paraná**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

EUCLIDES, V. P. B. **Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem**. 65 f. Embrapa Gado de Corte. Campo Grande – MS. 2000.

FACCO, F. L. B. **O Uso De Técnicas De Sensoriamento Remoto E Das Aeronaves Remotamente Pilotadas Na Agricultura: Contribuições Estatísticas E Geotecnológicas**. 2022. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS.

Matias, F. I. et al. **FIELDimageR: Um pacote R para analisar imagens ortomosaicas de ensaios de campo agrícolas**. The Plant Phenome J. 2020.

FERNÁNDEZ-COPPEL, Ignacio Alonso. **La Proyección UTM**. Universidad de Valladolid, 2001.

FERRAZ, M. A. J. et al. Determinação de altura de plantas de milho através da análise de imagens aéreas obtidas com ARP. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, jan. 2022, v.8, n.1, p. 6900-6917.

GOMES, B. R. F. S. **Análise da pecuária de precisão**. 2022. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Zootecnia) – Universidade Federal Norte do Tocantins. Araguaína – TO.

GOMIDE, J. A. et al. **Panicum maximum cvs. Tanzânia e Mombaça para uso em pastejo: produção e custo**. Circular técnica, n 113. Embrapa Gado de Leite, set. 2016. Juiz de Fora – MG.

GOMIDE, José Alberto; GOMIDE, CA de M. Utilização e manejo de pastagens. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 808-825, 2001.

GUIMARÃES JÚNIOR, S. A. M. **Avaliação por geoprocessamento das áreas de preservação permanente hídricas, no município de Maceió, Alagoas** – Brasil: uso da terra, cobertura vegetal, impactos ambientais e vulnerabilidade social. 2016. 148 f. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

JOCHIMS, F. et al. Utilizando a altura do pasto como ferramenta de manejo de pastagens. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 42-44, maio/ago. 2017.

JORGE, L. A. C. **Determinação da cobertura de solo em fotografias aéreas do Projeto Arara**. 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Universidade de São Paulo, São Carlos.

KOSCHECK, J. F. W. et al. Suplementação de bovinos de corte em sistemas de pastejo. **UNICIÊNCIAS**, v. 15, n. 1, p. 377-412, 2011.

LILLESAND, T. M.; KIEFER R. W.; CHIPMAN J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. ed. 07, Universidade de Minnesota: Wiley, 2008.

MATIAS, F.I.; CARAZA-HARTER, M.V.; ENDELMAN, J.B. FIELDImageR: An R package to analyze orthomosaic images from agricultural field trials. **The Plant Phenome Journal**, v. 3, p. 1-6, 2020

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MATTIELLO, Caciano D. et al. Controle de atitude para veículos aéreos não tripulados do tipo quadricóptero: PID vs Lógica Fuzzy. **Anais do Computer on the Beach**, v. 6, p. 111-120, 2015.

MEDEIROS, S. R. et al. **Ferramentas de pecuária de precisão voltadas à nutrição de bovinos de corte.** 2014.

MIRANDA, M. E. R. de; REINALDI, M. A. de A.; FREITAS, C. C. G. Custos na produção de gado de corte: pastagem versus confinamento. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, out. 2021.

MOREIRA, et al. **Planejamento de voo utilizando o DroneDeploy: Passo a passo.** 2022. 19 f. Edifes acadêmico, Instituto Federal Espírito Santo. Alegre – ES.

MOREIRA, C. E.; RODRIGUES F. M. M. **A Indústria e a Questão tecnológica.** Ministério da Ciência e Tecnologia, Finep, CNI, Brasília – DF, 2002.

NUNES, José Luís da Silva. **A Agricultura de Precisão como ferramenta para o produtor rural.** mar. 2012.

OLIVEIRA, L. G. G. et al. Relação entre massa de forragem e altura em pastagens monoespecífica e mista. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, SEMANA INTEGRADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 4, 2018, Pelotas – RS. **Anais eletrônicos...** Pelotas: UFPEL

OLIVEIRA, W. G. **Interceptação de luz como ferramenta de manejo do capim Buffel *Cenchrus ciliaris* cv. Aridus.** 2023. 46 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba – RN.

OVER, Jin-Si R. et al. **Processing coastal imagery with Agisoft Metashape Professional Edition, version 1.6—Structure from motion workflow documentation.** US Geological Survey, 2021.

PACIULLO, D. S. C. et al. **Tecnologia e custo de produção de *Barchiaria decumbens* para uso sob pastejo.** Circular técnica, n 111. Embrapa Gado de Leite, set. 2016. Juiz de Fora – MG.

PAIVA, C. A. V. et al. Pecuária Leiteira de Precisão. In: VILELA, D. et al. **Pecuária de leite no Brasil:** cenários e avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa, 2016, p 307-326.

PESSI, D. D. et al. Estimando a altura de gramíneas invasoras com imagens de um Veículo Aéreo Não Tripulado no cerrado brasileiro: precisão do sistema global de navegação por satélite do Phantom 4. **Revista de Geociências do Nordeste**. Caicó, v.7, n.2, p.140-152, jul-dez. 2021.

PASINI, M. P. B. et al. Uso de imagens aéreas com sensores RGB para estimativa da altura de gramíneas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 10, p. 835-842, 2020.

PEREIRA, F. L. **Processamento e composição de imagens aéreas obtidas com VANT**. 2022. 65 f. TCC (Bacharel em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP. Ilha Solteira – SP.

PIRES, P. P. et al. Histórico e desafios futuros da pesquisa em pecuária de precisão na Embrapa Gado de Corte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PECUÁRIA DE PRESIÇÃO APLICADA À BOVINOCUTURA DE CORTE, n.1, 2015, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, p. 6.

RASI, J. R. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em pulverização agrícola**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

REGHINI, F. L. et al. **Utilização de geoprocessamento na Agricultura de Precisão**. In: Interface Tecnológica - v. 17 n. 1, 2020.

REIS, C. P. **Inferência da altura de plantas e biomassa da soja por meio de modelagem 3D e índices de vegetação obtidos por imagem de drone**. 2022. 63 f. TCC (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

SANTOS, B. G. D. **Estimativa da biomassa de plantas de cobertura do solo usando Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)**. 2019. 44 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande – MS.

SANTOS, N. B. et al. Uso de RPA para Identificação de Falhas na Cultura da Soja. **Revista Internacional Resiliência Ambiental e Ciência Sociedade**, V Workshop da Rede Internacional de Pesquisa Resiliência Climática – RIPERC, v. 5, n. 2, p. 01-13, dez 2023.

SANTOS, R. P. **Detecção de estro bovino com drone pelo uso de buçal marcador e adesivo**. 2022, f. 22. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Zootecnia) – Instituto Federal Goiano. Morrinhos – GO.

SILVA, S. C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM. v. 2, 2004, **Anais...** Viçosa: UFV, p. 347-385.

SILVA, S. C. O manejo do pastejo e a intensificação da produção animal em pasto. **Caderno de Ciências Agrárias**. Maringá – PR, v. 7, n. 1, jan./abr. 2015.

SILVA, E. N. **Resposta espectral e índices de vegetação obtido por meio de VANT em área de pastagem**. 2023. 39f. Monografia – Especialização (Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Santa Helena de Goiás.

SILVA, R. K. & RIBEIRO, S. R. A. **Análise de nuvens de pontos geradas de forma semicontrolada para verificação do crescimento das plantas de milho a partir de dados obtidos em diferentes alturas de voo**. Conferências IADIS. p. 217 a 221. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa – PR, 2020.

SOUZA, L. G. **Implantação e planejamento de marcos geodésicos para georreferenciamento e levantamento cadastral na Universidade Federal de Sergipe – Campus São Cristóvão**. 2024. 29f. TCC – Graduação (Bacharel em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão – SE.

SCHERE, G. L. et al. Índice de vegetação baseado no espectro visível para monitoramento de cultivares de trigo submetidas a diferentes doses de nitrogênio. **Revista inovação: gestão e tecnologia no agronegócio**, v. 2, p. 227-254, 2023.

TORRADO, J. O. E. et al. Ortomosaicos e modelos digitais de elevação gerados a partir de imagens obtidas em sistemas UAV. **Tecnura**, Bogotá, v. 50, pág. 119-140, dez. 2016

VIRNODKAR, S. S.; PACHGHARE, V. K.; PATIL, V. C.; JHA, S. K. Remote sensing and machine learning for crop water stress determination in various crops: a critical review. **Precision Agriculture**, v. 21, n. 5, p. 1121-1155, 2020.

ZILIOTTO, R. M. et al. Comparação do Custo de Produção de Bovinocultura de Corte: Pasto versus Confinamento. In: VII SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLLOGIA. 2010, **Anais...** Rio de Janeiro, p. 1-12.