

2020

16^o WORKSHOP TCC

PROF. DR. DURVAL MAKOTO AKAMATU



NICOLLE LAURENTI

**TERMOGRAFIA DE SUPERFÍCIE POR SENSORIAMENTO REMOTO EM
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA**

NICOLLE LAURENTI

SÃO CARLOS

2020

CENTRO UNIVERSITÁRIO CENTRAL PAULISTA**NICOLLE LAURENTI****TERMOGRAFIA DE SUPERFÍCIE POR SENSORIAMENTO REMOTO EM
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA**

*Trabalho de conclusão de curso
apresentado, junto ao Centro Universitário
Central Paulista (UNICEP), para obtenção
da graduação de Engenharia Agrônoma.*

Orientadores:

*Profa. Dra. Cristiana de Gaspari Pezzopane**Dr. Alberto Carlos de Campos Bernardi***São Carlos****2020**

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa.Dra. Cristiana de Gaspari Pezzopane, pela confiança e valiosa contribuição para a conclusão deste trabalho.

Ao Pesquisador Dr. Alberto Carlos de Campos Bernardi, pelo aprendizado que me proporcionou durante o período em que estive na Embrapa Pecuária Sudeste, pela disponibilidade, dedicação e importante colaboração nos aspectos técnicos da análise dos discursos dessa pesquisa.

Ao Pesquisador Alexandre Rosseto Garcia, pela amizade, apoio e valiosas sugestões no processo de desenvolvimento desta pesquisa.

À equipe da Embrapa Pecuária Sudeste, pesquisadores e colegas de estágio por participar desta conquista disponibilizando espaços para concluir esta pesquisa.

À minha família pelo estímulo e apoio constantes as minhas buscas.

À minha prima Livia Coelho de Mello, pela disponibilidade nas correções deste trabalho.

NICOLLE LAURENTI

**Termografia de superfície por sensoriamento remoto em sistema de integração
lavoura-pecuária-floresta**

Banca examinadora:

Profa. Dra. Cristiana de Gaspari Pezzopane (Orientadora)

Prof. Dr. Fernando Bortolani

Prof.Dr Caio Denari

Dr. Alberto Carlos de Campos Bernardi

Trabalho de conclusão de curso aprovado em ____/____/2020

Centro Universitário Central Paulista - UNICEP

São Carlos

2020

Sumário

1. Introdução.....	5
2. Objetivo.....	7
3. Hipóteses	7
4. Material e métodos.....	7
4.1 Localização	7
4. Resultados e Discussão	12
5. Conclusão	15
Referências	16
Cronograma	18

1. Introdução

O Brasil tem o maior rebanho comercial de bovinos do mundo. É o maior produtor e exportador de carne bovina, além de ter umas das maiores áreas agricultáveis do mundo. Nesse cenário, torna-se essencial o desenvolvimento de tecnologias para suprir todas as necessidades dos sistemas mais intensivos e sustentáveis. Entre estas tecnologias, está a Agricultura de Precisão (AP).

A Agricultura de Precisão (AP), pode ser definida como o uso de práticas agrícolas com base nas tecnologias de informação e ferramentas, considerando a variabilidade do espaço e do tempo sobre a produtividade das culturas. Pode ser entendida como um ciclo que se inicia na coleta dos dados, análises e interpretação dessas informações, geração das recomendações, aplicação no campo e avaliação dos resultados (GEEBERS e ADAMCHUK, 2010). Dessa forma, a AP é uma ferramenta que auxilia os produtores na tomada de decisões gerenciais que leva em conta a variabilidade espacial e temporal da lavoura para obter máximo retorno econômico e reduzir o ambiental (INAMASU et al., 2011). É uma cadeia de conhecimentos, na qual máquinas, aplicativos e equipamentos são ferramentas para apoiar a gestão (INAMASU e BERNARDI, 2014). Bernardi et al. (2015). Descreveram como a AP a obtenção e processamento de informações detalhadas e georreferenciadas sobre as áreas de cultivo agrícola, visando definir estratégias de manejo mais eficientes, em especial, o uso racional de insumos.

O desenvolvimento de equipamento de métodos de sensoriamento remoto e próximo, possibilitam ampliar a capacidade de adquirir dados em tempo real e em larga escala no campo. Desta forma, a AP contribui para automação da avaliação, otimizando o tempo e mão-de-obra mantendo a confiabilidade da estimativa, que possibilitam a redução das amostragens intensivas e caras (McBRATNEY e PRINGLE, 1999). A quantificação da variabilidade espacial dos índices de vegetação das culturas e das propriedades do solo, pode auxiliar nas práticas de manejo de pastagens como na rotação, manejo de nutrientes e previsão de rendimento (BERNARDI e PEREZ, 2014).

As aplicações de sensoriamento remoto (SR) envolve a medição de radiação eletromagnética do solo ou da planta que é transmitida ou absorvida. A detecção remota e sem contato das radiações, podem ser obtidas por meio de satélites, aviões, veículos aéreos não tripulados e por sensores portáteis acoplados às máquinas agrícolas ou carregados pelo homem (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014). Dados da reflectância têm sido associados às características das plantas, por meio de combinações matemáticas, sendo tais transformações conhecidas como índices de vegetação (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014).

Os índices de vegetação e ambientais obtidos por sensoriamento remoto têm sido utilizados para estimar a biomassa vegetal e os efeitos dos estresses bióticos e abióticos, pois são indicativos das mudanças temporais e espaciais dos ecossistemas.

O reconhecimento de padrões em propriedades de solo e planta é etapa inicial para a divisão das lavouras em zonas ou classes de manejo (SANTOS *et al.*, 2003). (LUCHIARI *et al.* 2011), mostraram que a divisão de uma área em sub-áreas homogêneas, denominadas zonas de manejo, pode ser eficiente para definir a dinâmica de uma lavoura e a aplicação localizada de insumos.

O uso da AP com base em zonas de manejo, parte do pressuposto de que as variações de topografia, classes de solo, matéria orgânica, água e nutrientes podem ser mapeadas e as diferentes zonas delineadas (LUCHIARI JR. *et al.*, 2011). Assim, cada zona torna-se então uma unidade de gestão na qual são implementadas as intervenções baseadas em sistemas globais de navegação por satélite (GNSS) para alcançar máximos rendimento, qualidade e rentabilidade econômica.

O sistema de integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF) promove a intensificação do uso da terra e a busca de efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema de maneira sustentável, com o objetivo de atingir patamares elevados de qualidade de produto e qualidade ambiental (BALBINO *et al.*, 2011). É importante estudar as características e efeitos destes sistemas integrados e as ferramentas de agricultura de precisão (AP) são úteis para realização de análises espaço temporais.

Estas análises são realizadas a partir da coleta de dados de máquinas ou sensores, ou a partir de imagens de sensoriamento remoto, oriundos de veículos aéreos tripulados ou não tripulados, ou imagens de satélite, por exemplo. O desenvolvimento de equipamentos e os métodos de sensoriamento remoto possibilitam ampliar a capacidade de adquirir dados em tempo real e em larga escala no campo.

Segundo (SHIRATSUCHI *et al.* 2014), o sensoriamento remoto trata de medições sem contato físico entre o alvo e o sensor, permitindo o estudo da interação da radiação eletromagnética com os objetos terrestres, que podem gerar diversas análises. Os índices de vegetação e ambiental obtidos por sensoriamento remoto têm sido utilizados para estimar a biomassa vegetal e os efeitos dos estresses bióticos e abióticos, pois são indicativos das mudanças temporais e espaciais dos ecossistemas. Entre as técnicas destacam-se a termografia de superfície e os índices de reflectância. A termografia de superfície detecta o fluxo radiante de objeto emitido em comprimentos de onda entre 3-

14 µm, utilizando detectores de radiação infravermelha acoplados a plataformas orbitais ou aeronaves.

O processamento das imagens térmicas é mais complexo que o das imagens RGB ou infravermelho próximo (NIR). O imageamento no infravermelho térmico possui maior limitação em termos de resolução espacial e contraste. A temperatura da superfície requer conhecimento da emissividade do dossel e da radiação incidente (MAES *et al.*, 2017). Além disso as condições atmosféricas, altitude do sensor, estágio de crescimento da cultura também deve ser consideradas (KHANAL *et al.*, 2017).

2. Objetivo

Medir, avaliar e caracterizar a variabilidade espacial temporal dos índices de vegetação utilizando sensoriamento remoto em sistemas ILPF.

3. Hipóteses

Para esse estudo, considera-se a análise nula que não há diferença no uso de árvores para diminuir a temperatura de superfície das pastagens. Como análise alternativa, o uso da termografia é uma tecnologia eficiente para analisar a temperatura de superfície das áreas de pastagens.

4. Material e métodos

4.1 Localização

O estudo foi realizado em área experimental (Figura 1 e a Figura 2) da Embrapa Pecuária Sudeste em São Carlos, Brasil (21°57'S, 47°50'W, 860 m alt). O sistema ILPF totaliza 30 ha e inclui os sistemas (PEZZOPANE *et al.*, 2019): i) pastagem intensiva (INT) de capim Piatã (*Urochloa brizantha*); ii) Integração lavoura-pecuária (ILP), em que um terço da área é renovada anualmente plantando milho consorciado com capim Piatã; iii) integração floresta-pecuária-floresta (ILPF) plantado com *Eucalyptus urograndis* (GG100) em fileiras simples com espaçamento de 15 m e distância de 2 m entre árvores; iv) integração de pastagem-floresta (IPF), com capim Piatã e eucalipto; v) sistema extensivo (EXT) de capim braquiária (*Urochloa decumbens*). As pastagens são manejadas em sistema rotacionado com 6 dias de pastejo e 35 dias de repouso em épocas de chuvas e secas. Os piquetes são divididos com cercas elétricas em 6 subdivisões de 0,5

ha cada com 2 repetições. A Figura 3 ilustram os sistemas ILP, EXT e ILPF na área de estudo.

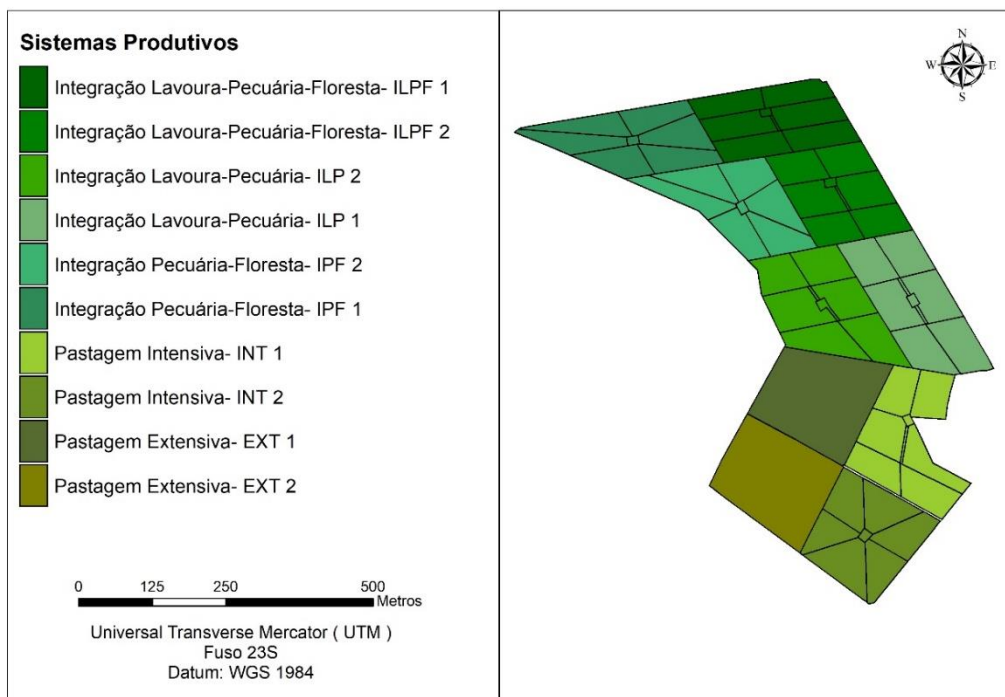


Figura 1. Localização da área de estudo, o sistema ILPF da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos - SP.

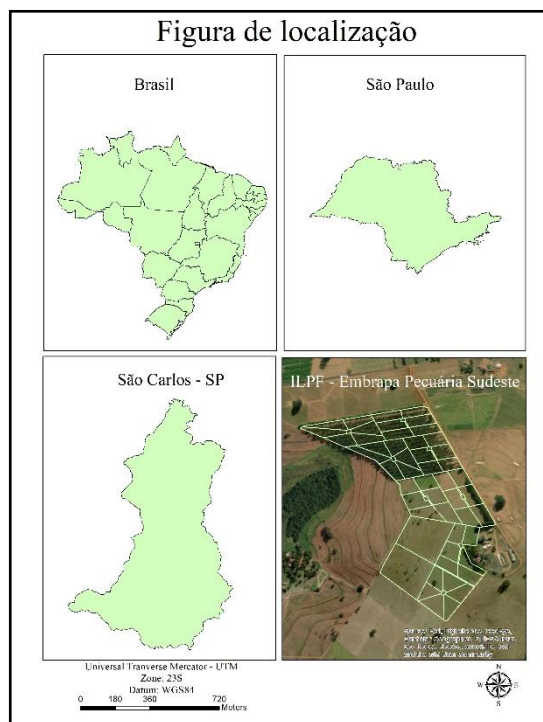


Figura 2. Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF), Embrapa Pecuária Sudeste – São Carlos, SP.



Figura 3. Área de estudo dos sistemas ILP (A), EXT (b) e ILPF (c).

Em parceria com a Embrapa Pecuária Sudeste, a empresa AirScout realizou o monitoramento aéreo do sistema ILPF, a altura aproximada de 2.000 pés entre as 11h e 16h00. A Figura 4 ilustra a amostragem realizada pela AirScout. As datas das coletas estão a Tabela 1 e os pontos de amostragem estão na Figura 5. Estes dados foram organizados em sistema de informação geográfica (SIG) e interpolados utilizando o software ArcGIS 10.5, por meio da técnica do vizinho ponderado (IDW) para obter um arranjo espacial contínuo das informações no local de estudo (AKKALA et al., 2010). A partir dos mapas de cada data amostrada, criou-se uma malha de pontos padronizada para amostragem para cada área, de acordo com o seu tamanho, o qual foi utilizado como referencial de amostragem para extrair informações da mesma localidade em todas as imagens e, então calculou-se a mínima, máxima e média das temperaturas por estação.



Figura 4. Esquema ilustrativo da coleta de imagens IRT utilizando detectores de radiação infravermelha acoplados a aeronaves. Fonte: AirScout Brasil.

Estações do ano			
<i>Verão</i>	<i>Outono</i>	<i>Inverno</i>	<i>Primavera</i>
11-01-18	06-04-18	06-09-18	12-10-18
27-01-18	22-04-18		09-12-18
05-02-18	07-05-18		
17-02-18			
12-03-18			
18-03-18			

Tabela 1. Datas de coleta das imagens de termografia de superfície nas estações do ano de 2018.

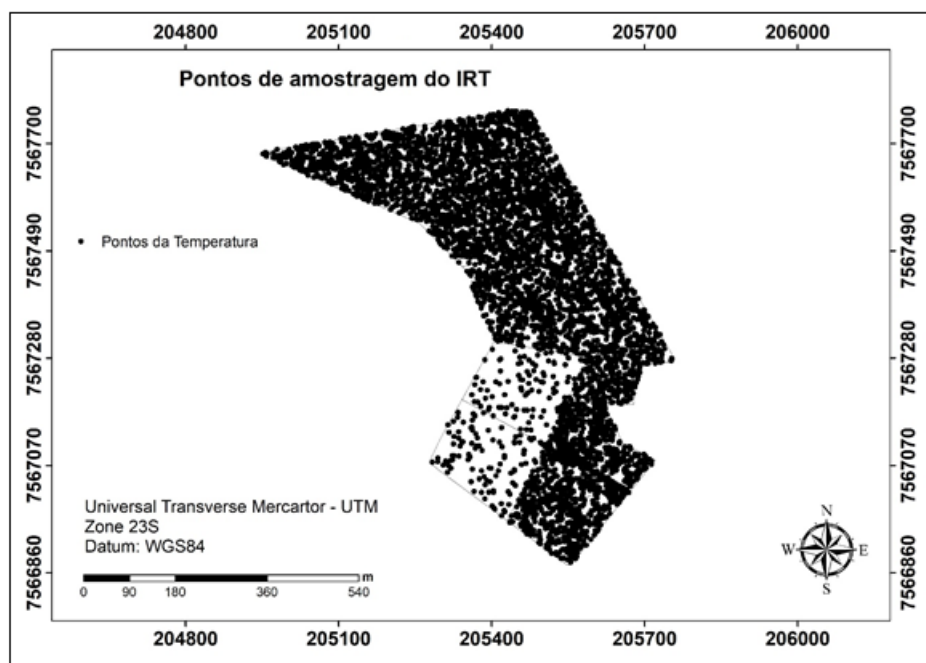


Figura 5. Pontos de amostragem do ITR.

Os valores obtidos foram organizados de acordo com as respectivas estações do ano, estabeleceu-se 5 classes de temperaturas para comparação: 17 a 21.9°C; 22 a 26.9°C; 27 a 31.9°C; 32 a 36.9°C; e < 37°C. Com estes dados, foi feita a análise estatística dos mapas, calculou-se as frequências de ocorrência dos valores em cada classe utilizando o software Microsoft Excel.

A partir dos polígonos interpolados, executou-se a aleatorização de pontos distribuídos uniformemente para criação de grade virtual do plano de informação, o qual foi utilizado como referencial de amostragem para extrair informações da mesma localidade em todas as imagens. Então utilizou-se a ferramenta *Create Random Points* do ArcGis10.5 para gerar uma grade virtual com 3.000 pontos aleatoriamente distribuídos e com coordenadas padronizadas, com a finalidade de exportar dados referente aos mesmos pontos para todas as datas e estações do ano.

4. Resultados e Discussão

Em posse dos dados os primeiros procedimentos adotados foram executados no programa Excel e consistiram na análise dos dados tabelados para identificação de valores atípicos e/ou discrepantes, aqueles que se distanciam do maior volume dos dados, que poderiam interferir no processamento e análise estatística dos valores de temperatura, posteriormente. Entre os valores atípicos foram eliminados os negativos (-99999) e os inferiores à maioria dos dados.

Realizada as análises estatísticas e o processamento dos dados no ArcGis, a temperatura em graus Celsius (°C) de cada plano de informação referente as estações do ano foi classificada em cinco classes (intervalos) para geração dos mapas em layout. Com auxílio das classes foi possível gerar o percentual referente a cada intervalo de temperatura na área.

A coleta dos dados de termográfica da superfície da área ILPF Eucalipto foi realizada no período de um ano, entre os meses de janeiro 2018 a dezembro de 2018. A partir das datas disponibilizadas foi realizada a análise estatística para as estações (Verão, Outono, Inverno e Primavera) de 2018.

A observação dos dados obtidos a partir da termografia disponibilizado pela empresa AirScout, com posterior processamento no *software* ArcGis10.5, possibilitou a espacialização dos valores de temperatura da superfície na área de estudo e a análise espaço-temporal da variável ao longo do período analisado.

A partir da interpolação dos dados realizada pela ferramenta IDW, grades de informação foram obtidas para cada data coletada, possibilitando a observação da distribuição da temperatura pela área. Além disso, imagens do visível também foram disponibilizadas, contribuindo para interpretação da variação da temperatura com base no tipo de uso do solo.

Após a geração individual dos grides de temperatura foi realizado o mosaico, ou seja, união das datas a partir da definição das datas de cada estação para obtenção dos mapas (Figura 6). A escala dos mapas foi estabelecida a partir do intervalo de confiança encontrado nas análises estatísticas.

A Figura 6 mostra os mapas da termografia de superfície das áreas de ILPF, ILP, IPF, INT e EXT nas quatro estações do ano. As imagens mostram o efeito positivo da presença das árvores, pois na área de pastagem extensiva (EXT), as temperaturas tendem a ser mais elevadas, com redução nos sistemas ILPF e IPF. A estação da primavera apresentou as temperaturas de superfície mais extremas, provavelmente devido à

ocorrência de poucas chuvas, e baixa água disponível no solo, associada com elevadas temperaturas do ar.

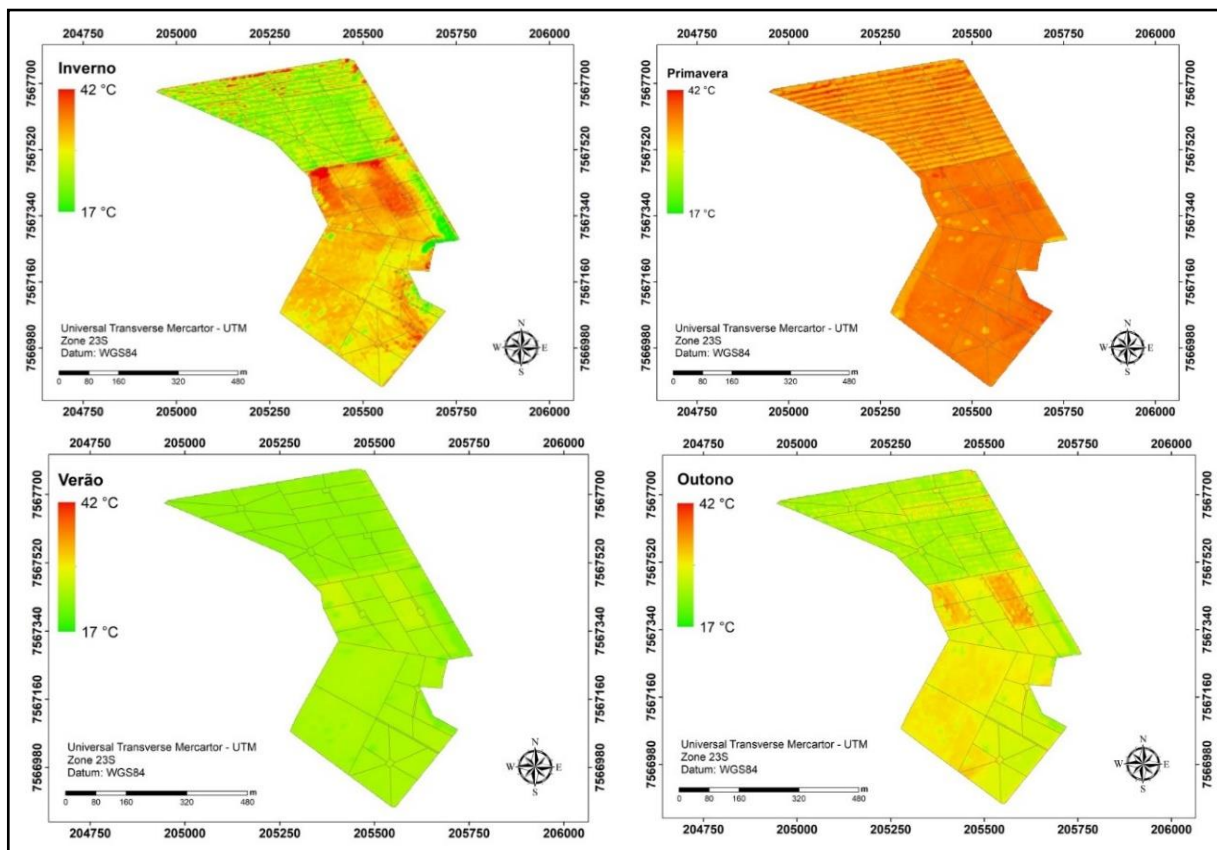


Figura 6. Mapas de termografia de superfície da área estudada em cada estação do ano.

A Tabela 2 e a Figura 7, confirmam esta tendência, uma vez que ao se comparar as classes de temperaturas dos sistemas há uma diferença, indicando um predomínio das temperaturas mais amenas no sistema ILPF. Os resultados na Tabela 2 indicaram que no Verão variaram de 22 a 26,9°C, no Outono de 22 a 31,9°C, no Inverno de 17 a 31,9°C e pôr fim a Primavera com valores acima de 32°C.

Sistemas	Temperatura(°C)	Estações do ano			
		Verão	Outono	Primavera	Inverno
		%			
ILPF	17 – 21,9	0,02			
	22 – 26,9	99,97	78,46		73,84
	27 – 31,9		20,42	34	15,75
	32- 36,9		4,54	52,2	1,03
	≥ 37			13,8	
ILP	17 – 21,9	2,58			7,52
	22 – 26,9	97,32	53,41		18,58
	27 – 31,9	0,10	34,55	0,15	71,64
	32- 36,9		12,04	41,67	2,05
	≥ 37			58,18	0,21
IPF	17 – 21,9		0,17		29,87
	22 – 26,9	100	93,3		60,15
	27 – 31,9		6,53		9,4
	32- 36,9			48,2	0,58
	≥ 37			51,8	
EXT	17 – 21,9				0,44
	22 – 26,9	100	0,5		33,71
	27 – 31,9		99,5	0,35	65,85
	32- 36,9			33,34	
	≥ 37			66,31	
INT	17 – 21,9				2,97
	22 – 26,9	12,51	12,23		65,83
	27 – 31,9	87,17	87,17		31,02
	32- 36,9	0,32	0,6	48,8	0,18
	≥ 37			51,2	

Tabela 2. Percentual de temperatura no sistema estudado.

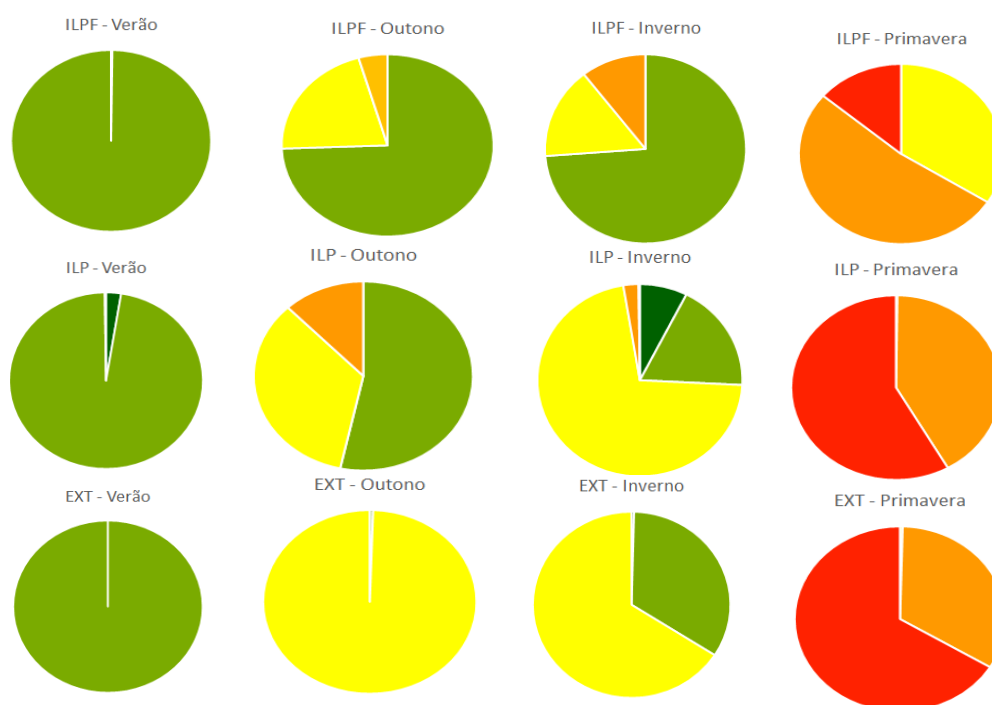


Figura 7. Distribuição das temperaturas nos Sistemas Extensivos, ILP e ILPF em cada estação do ano.

5. Conclusão

Os resultados indicaram diferenças espaço-temporais ao longo do período analisado na área estudada em função dos meses de observação, e também confirmam que a geoestatística e o SIG são ferramentas úteis para revelar a variabilidade espacial do solo e das plantas para estabelecer estratégias de manejo.

O monitoramento permitiu avaliar os benefícios do sistema ILPF na redução da temperatura da superfície, além disso os resultados confirmaram que IRT pode ser uma ferramenta auxiliar para os estudos de sistemas de produção agropecuária.

Referências

- AKKALA, A.; DEVABHAKTUNI, V.; KUMAR, A. **Interpolation techniques and associated software for environmental data.** Environmental Progress e Sustainable Energy, v.29, n.2, p. 134-141, 2010.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; SILVA, V.P.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, N.A.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. **Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura pecuária floresta no Brasil.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p. i-xii, 2011.
- BERNARDI, A. C. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. **Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo.** Cadernos de Ciência e Tecnologia, v.32: 211-227, 2015.
- BERNARDI, A.C.C.; PEREZ, N. B. Agricultura de precisão em pastagens. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.492-499.
- GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V.I. **Precision agriculture and food security.** Science, v.327, n.5967, p.828-31, 2010.
- INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; QUEIROS, L. R.; RESENDE, A. V.; VILELA, M. de F.; JORGE, L. A. C.; BASSOI, L. H.; PEREZ, N. B.; FRAGALLE, E. P. **Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro.** In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Ed.). Agricultura de precisão: um novo olhar. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 14-26.
- INAMASU, R.Y.; BERNARDI, A.C.C. Agricultura de precisão. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.21-33.
- KHANAL, S., FULTON, J., SHEARER, S. An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.139, p.22–32, 2017.
- LUCHIARI JUNIOR, A.; BORGHI, E.; AVANZI, J. C.; FREITAS, A. A.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; INAMASU, R. Y. **Zonas de manejo: teoria e prática.**

In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A.C.C. (Ed.). Agricultura de precisão: um novo olhar. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 60-64.

MAES, W.H., HUETE, A.R., STEPPE, K. **Optimizing the processing of uav-based thermal imagery.** Remote Sensing, v.9, p.476, 2017.

SHIRATSUCHI, L.S.; BRANDAO, Z.N.; VICENTE, L.E.; VICTORIA, D.C.; DUCATI, J.R.; DUCATI, J.R.; OLIVEIRA, R. P.; VILELA, M.F. **Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão.** In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (Ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014. p. 58-73.

Cronograma

Cronograma										
Elaboração do Projeto de TCC										
Atividades	2º semestre 2018			1ºSemestre 2019			2ºSemestre 2019			2020
Escolha do tema	●									
Download das imagens	●	●	●							
Processamento no ArcGis				●	●	●				
Processamento no Excel							●	●	●	
Parte Escrita/Conclusão										●