

Índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agrossilvipastoril
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
2**

**Índices de conforto térmico em sistemas
de integração lavoura-pecuária-floresta
(ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia**

*Ciro Augusto de Souza Magalhães
Cornélio Alberto Zolin
Jorge Lulu
Luciano Bastos Lopes*

Embrapa Agrossilvipastoril
Sinop, MT
2018

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agrossilvipastoril
Rodovia MT-222, Km 2,5, C.P. 343
CEP 78550-970 Sinop, MT
Fone: (66) 3211-4220
Fax: (66) 3211-4221
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Flávio Fernandes Júnior

Secretária-Executiva
Fernanda Satie Ikeda

Membros
Aisten Baldan, Alexandre Ferreira do Nascimento, Daniel Rabelo Ituassú, Dulândula Silva Miguel Wruck, Eulalia Soler Sobreira Hoogerheide, Jorge Lulu, Rodrigo Chelegão, Vanessa Quitete Ribeiro da Silva

Supervisão Editorial
Renato da Cunha Tardin Costa

Normalização bibliográfica
Aisten Baldan

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
MUNDO Studio

Foto da capa
Gabriel Rezende Faria

1ª edição
Publicação digitalizada (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agrossilvipastoril

Índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia / *Ciro Augusto de Souza Magalhães ... [et al.]*. – Sinop, MT: Embrapa, 2018.

PDF (24 p.) : il. color.; 21cm. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agrossilvipastoril, ISSN 2675-0813; 2).

1. Bovinocultura. 2. integração. 3. Conforto Térmico. I. Magalhães, *Ciro Augusto de Souza*. II. Zolin, *Cornélio Alberto*. III. *lulu, Jorge*. IV. *Lopes, Luciano Bastos*. V. Embrapa Agrossilvipastoril. V I. Título. VII. Série

CDD 636.2

© Embrapa, 2018

Sumário

Resumo	4
Abstract	5
Introdução.....	6
Material e Métodos	7
Monitoramento microclimático.....	10
Resultados e Discussão	12
Conclusões.....	23
Agradecimentos.....	23
Referências	23

Índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia

Ciro Augusto de Souza Magalhães¹

Cornélio Alberto Zolin²

Jorge Lulu³

Luciano Bastos Lopes⁴

Resumo – Os sistemas de integração lavoura-pecuária floresta são uma alternativa para a intensificação sustentável da produção agropecuária. Quando há a presença de árvores, as alterações microclimáticas podem favorecer o desempenho dos animais, já que a sombra projetada pelas árvores podem criar zonas de conforto térmico. Porém, são escassas as informações validadas cientificamente, de como diferentes configurações do componente florestal alteram o microclima nas condições da região de Sinop/MT. Desse modo, este trabalho tem como objetivo apresentar resultados de um monitoramento microclimático em três sistemas de produção - pecuária solteira (pleno sol), integração pecuária-floresta com renques triplos de eucalipto (IPFt) e integração pecuária-floresta com renques simples de eucalipto (IPFs). O monitoramento foi realizado por 12 meses seguidos, de julho/2017 a junho/2018, com registros horários de temperatura e umidade relativa do ar, temperatura de globo negro, velocidade do vento e radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Foram determinados os índices de conforto térmico ITGU (índice de temperatura de globo e umidade) e CTR (carga térmica radiante), com as médias horárias mensais entre 8 e 16 horas, além dos valores médios de RFA. Os resultados confirmaram a melhoria dos índices de conforto térmico (redução de até 20%) dos sistemas integrados em comparação ao sistema solteiro, nos horários de maior estresse térmico.

Termos para indexação: intensificação sustentável, microclima, redução de estresse térmico.

¹ Engenheiro Agrícola, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril.

² Engenheiro Agrícola, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril.

³ Engenheiro Agrícola, doutor em Física do Ambiente Agrícola, pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril.

⁴ Veterinário, doutor em Ciência Animal, pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril.

Thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forestry systems (ICLF) in the Cerrado / Amazon ecotone

Abstract – Integrated crop livestock forestry systems are a sustainable agriculture system based on the intensification of land use. When trees are present, microclimatic changes can favor the performance of the animals, since the shade projected by the trees can create zones of thermal comfort. However, there is a lack of technical and scientific knowledge on how different configurations of the forest component can change the microclimate in the Sinop / MT region. Thus, this work aims to present results of a microclimatic monitoring in three production systems - livestock, livestock integration with triple rows of eucalyptus (ILFt) and livestock integration with simple rows of eucalyptus trees (ILFs). The monitoring was carried out for 12 consecutive months, from July / 2017 to June / 2018, with hourly records of temperature and relative humidity, black globe temperature, wind speed and photosynthetically active radiation (PAR). The thermal comfort indexes BGHI (Black Globe Temperature and Humidity Index) and RTL (Radiant Thermal Load) were determined, with the monthly hourly means between 8 and 16 hours, in addition to the mean values of PAR. The results confirmed the improvement of the thermal comfort indexes (up to 20% of reduction) of integrated systems in comparison to the livestock system, in the hours of higher thermal stress.

Index terms: sustainable intensification, microclimate, thermal stress reduction.

Introdução

No ecótono Cerrado/Amazônia, que representa 4,85% do território brasileiro, juntamente com o bioma Cerrado, que coincide em boa parte com a região Centro-Oeste do Brasil, verificam-se elevados índices de produtividade de grãos, fibras e de carne bovina, destacando-se atualmente como a principal região produtora. Contudo, nessa região, os animais são constantemente expostos à radiação solar direta, causando estresse e disfunção fisiológica, comprometendo o bem-estar e a produtividade devido à produção excessiva de calor para o controle da homeotermia (Aggarwal; Upadhyay, 2013; Tripon et al., 2014; Karvatte Junior et al., 2016).

O conforto térmico é um dos fatores relacionados com o bem-estar animal, sendo essencial para a otimização da produtividade de animais. Os elementos climáticos estão altamente associados ao conforto térmico animal. Assim, a criação de gado em pastagens está sob grande influência das condições meteorológicas, já que os animais são suscetíveis a quaisquer dessas variações (Navarini et al., 2009; Oliveira et al., 2018).

O Brasil, por estar localizado numa zona intertropical, apresenta alta incidência de radiação solar ao longo do ano (Alves, 2012; Oliveira et al., 2018). A maioria dos animais que produzem carne, leite, pele, lã e ovos são considerados animais homeotérmicos devido a sua capacidade de controlar a temperatura corporal de forma praticamente constante, variando dentro de um intervalo pequeno (Silva, 2000; Oliveira et al., 2018).

A utilização de sistemas integrados de produção, como os constituídos por lavoura de grãos e pecuária (integração lavoura-pecuária - ILP) ou ainda incorporando árvores (integração lavoura-pecuária-floresta - ILPF), prevê a ocorrência, com o passar dos anos, de melhoria em atributos de solo, maior eficiência dos insumos, ganhos significativos no rendimento das culturas, aumentos de produtividade e melhoria nos índices zootécnicos. Porém, uma clara limitação para melhor entendimento desses processos é a ausência da descrição e quantificação dos efeitos sinérgicos decorrentes da integração de sistemas de produção, especialmente os relacionados com as alterações no microclima causadas pela inserção do componente florestal.

Souza et al. (2010) verificaram menores índices de conforto térmico em um sistema silvipastoril na região sul do Brasil. Pezzopane et al. (2015) quan-

tificaram as mudanças no microclima em um sistema silvipastoril na região sudeste do Brasil em diferentes escalas temporais e espaciais e compararam com o pasto solteiro. Os autores concluíram que as árvores atenuaram a incidência da radiação solar fotossinteticamente ativa no pasto em até 40%.

Karvatte Junior et al. (2016) determinaram os índices de conforto térmico, em sistemas integrados com diferentes arranjos na região centro-oeste do Brasil, em área típica do bioma Cerrado, e observaram que a presença de árvores nas pastagens promoveu reduções de até 10% no ITGU e 28% na CTR à sombra, melhorando assim o conforto térmico animal.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo determinar índices de conforto térmico em dois sistemas silvipastoris, ao longo de 12 meses consecutivos, no ecótono Cerrado/Amazônia.

Material e Métodos

Localização e clima

O experimento foi conduzido na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agrossilvipastoril, localizada em Sinop, estado de Mato Grosso, Brasil, na área destinada ao ensaio de integração lavoura-pecuária-floresta com foco em gado de corte, na latitude 11°51'S, longitude 55°35'W e altitude média de 384 m. O município situa-se no ecótono Cerrado/Amazônia. O solo é classificado, de acordo com Santos et al. (2013), como um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. O clima da região é Am (tropical de monção). A temperatura do ar média anual é de 25°C, a média das mínimas de 18°C e a média das máximas de 33°C. A umidade relativa do ar média anual é de 83%, e a precipitação acumulada média anual é de 2250 mm (Alvares et al., 2013).

A transmissão da radiação fotossinteticamente ativa depende não apenas da altura das árvores, da largura, orientação e espaçamento entre os renques, mas também do ângulo de incidência da radiação, que é uma consequência da posição do sol na abóbada celeste e depende da latitude do local, da época do ano e da hora do dia (Silva, 2006; Cipriani et al., 2015). Em Sinop, MT, no dia 22 de dezembro, o sol está em sua posição máxima

ao sul (solstício de verão do hemisfério sul), com um ângulo zenital máximo na direção sul de aproximadamente 11° ao meio-dia. A situação no inverno é diferente, quando o sol no dia 21 de junho (solstício de inverno do hemisfério sul) está em sua posição máxima ao norte, com um ângulo zenital máximo na direção norte de aproximadamente 35° ao meio-dia. Nos dias 20/02 e 20/10, em Sinop, MT, o sol atinge o zênite (ângulo zenital igual a zero) ao meio-dia. Assim, na latitude de Sinop, MT ($11^\circ 51'S$), ao longo do ano o sol permanece durante quatro meses voltado para o sul (entre 20/10 e 20/02) e durante oito meses voltado para o norte (entre 20/02 e 20/10).

O ângulo azimutal do sol é definido como o posicionamento da projeção do sol sobre o plano horizontal, deslocando-se em relação a um ponto dado com respeito à direção sul, num sentido anti-horário. Porém, no caso de estudos em ILPF, trabalha-se com um ângulo semelhante chamado “azimute do renque”, ou seja, se a orientação do renque for exatamente leste-oeste, o azimute do renque é de 90° em relação à direção sul, no sentido anti-horário. Porém, no presente estudo, tanto os renques triplos como os renques simples possuem um azimute do renque de 106° , um deslocamento suave na orientação leste/nordeste – oeste/sudoeste.

Área experimental

O experimento (Figura 1) foi implantado em 2011, onde 10 sistemas de produção de grãos, carne e madeira são avaliados continuamente, em um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Para o presente estudo, foram selecionados três sistemas de produção de carne, descritos na Tabela 1. Os renques de eucalipto foram plantados com espaçamento de 30 m entre eles, e em cada renque, 3,5 m entre linhas e 3,0 m entre plantas na mesma linha, totalizando 270 árvores por hectare. No quarto ano após a implantação, um dos sistemas, originalmente implantado com renques triplos, foi desbastado, passando a ser um sistema com renques simples. Cada parcela é composta por três renques de eucalipto (simples e triplo), onde o renque central está distanciado 30 (sistema com renques triplos) ou 37 (sistema com renques simples) metros dos renques de bordadura. Nos sistemas com renques triplos de eucalipto, o componente florestal ocupa 25% da área total, enquanto os outros 75% são destinados a produção de forragem para alimentação dos bovinos. Já no sistema com renques simples, o componente

florestal ocupa somente 5% da área, enquanto os outros 95% ficam destinados para a produção de forragem.



Foto: Gabriel Faria

Figura 1. Imagem aérea do experimento.

Tabela 1. Descrição dos sistemas de produção avaliados.

Sistema de produção	Descrição
P	Pecuária: braquitária brizantha cv. Marandu, pastejada por novilhos Nelore.
IPFt	Integração pecuária-floresta: renques triplos de eucaliptos com espaçamento de 30 m x 3,5 m x 3,0 m e pecuária de acordo com o sistema P. No quinto ano foi feito um desbaste seletivo, com retirada de 50% das árvores, mantendo-se a configuração de renques triplos.
IPFs	Integração pecuária-floresta: renques triplos de eucaliptos com espaçamento de 30 m x 3,5 m x 3,0 m e pecuária de acordo com o sistema P. No quarto ano foi feito um desbaste sistemático, com retirada das linhas externas das árvores, passando-se para a configuração de renques simples distanciados de 37 metros.

Monitoramento microclimático

Para estudar as modificações microclimáticas e calcular os índices de conforto térmico animal nos diferentes sistemas, foram mensuradas as seguintes variáveis: radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura do ar (T), temperatura do globo negro (TGN), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (Vv). A avaliação das variáveis foi contínua, visando à caracterização do microclima nos diferentes sistemas de produção. Para isso, foram utilizados sensores específicos acoplados a sistemas automáticos de aquisição de dados, programados para leituras a cada 5 s e obtenção dos valores médios horários. Nos sistemas de integração pecuária-floresta, as avaliações microclimáticas foram realizadas em cinco posições de medida, na forma de um transecto que cruzou perpendicularmente o renque central de eucaliptos de norte a sul. As distâncias a partir da linha externa do renque triplo foram: 15 m face NORTE, 7,5 m face NORTE, sob o renque, 7,5 m face SUL e 15 m face SUL. As distâncias a partir da linha do renque simples foram: 18,5 m face NORTE, 11 m face NORTE, sob o renque, 11 m face SUL e 18,5 m face SUL. Já no sistema solteiro (P), as avaliações microclimáticas foram feitas em uma única posição no centro da parcela. Neste trabalho serão apresentados os resultados obtidos entre os meses de julho/2017 a junho/2018.

Índices de conforto térmico

A partir dos dados monitorados pelas estações, considerando as médias horárias mensais de julho/2017 a junho/2018, entre 8 e 16 horas, foram calculados dois índices de conforto térmico animal:

- 1) Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981):

$$ITGU = T_{gn} + 0,36 T_{po} - 330,08$$

Onde:

T_{gn} = temperatura do globo negro em K

Usando ITGU, está se englobando não só a temperatura do ar, mas também o efeito da radiação, da umidade relativa, da pressão barométrica e o efeito do vento.

Quando:

ITGU < 72: o ambiente é propício para qualquer criação de animais europeus:

72 a 76: os animais elevam a frequência respiratória (FR) sem afetar basicamente a homeostase;

76 a 82: os animais elevam a FR, sua temperatura corpórea (t_c) e há necessidade de manejo diário, alimentar e reprodutivo cuidadoso para se obter sucesso;

82 a 86: somente com meios artificiais de termólise, haverá produção condizente com o potencial genético;

ITGU > 86: caso quase insuportável. Economicamente será difícil obter sucesso com os animais de grande precocidade e produção.

2) Carga térmica radiante (CTR), proposta por Esmay (1978):

As fontes de radiação térmica que envolvem os animais em qualquer ponto do espaço constituem um dos fatores mais importantes do ambiente. É inquestionável que as trocas térmicas por radiação entre os animais e o ambiente assumem uma importância fundamental em climas tropicais. Em muitos casos, constituem elas a diferença entre um ambiente favorável e outro insuportável. Ao efeito conjunto dessas fontes de radiação térmica chamamos Carga Térmica Radiante (CTR).

A determinação da CTR é frequentemente feita através de um globo negro.

O globo constitui um modelo físico do animal a ser estudado, trocando energia radiante com o meio ambiente e equilibrando a energia absorvida pelas perdas através de convecção.

Este índice não é de ambiência como um todo, mas sim uma determinação da carga térmica adsorvida da radiação direta, ou indireta, ou até refletida. A CTR é calculada assim:

$$CTR = 1,053 \times B \times v^{1/2} (T_{gn} - T_a) + \sigma (T_{gn} + 273,2)^4 = W \text{ m}^2$$

Onde: B= parâmetro de troca térmica, onde B = 13,462 para globos de 15 cm de diâmetro.

v = velocidade do vento em m s^{-1}

σ = constante de Stefan-Boltzmann, onde $\sigma = 5,6697 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

Entretanto, esta equação implica na suposição de que toda troca térmica não-radiante processa-se no globo apenas por convecção forçada. Tal restrição é fundamental, porque é muito frequente a ocorrência de casos nos quais a velocidade do vento é muito baixa ou nula, tal como acontece no interior de ambientes fechados, como câmaras climáticas por exemplo. Em consequência, a termólise por convecção passiva ou natural torna-se predominante, ao mesmo tempo em que a convecção forçada tende a zero. Isso introduz um erro importante na determinação da CTR pela equação apresentada, a qual indicará então somente as trocas térmicas efetuadas por radiação, uma vez que não prevê as trocas por convecção natural.

Após processamento e organização dos dados obtidos das estações, foram gerados, com auxílio do software ArcGis® 10.2, mapas espaço-temporais, em que os valores de RFA, ITGU e CTR foram interpolados pelo método Spline, de forma a representar a média desses índices entre 8 e 16 horas, para cada mês. Os renques estão representados nas bordas inferior e superior de cada mapa, para melhor visualização das diferenças ocasionadas pelo sombreamento das árvores. Na sequência, foi obtida a contribuição relativa de cada faixa de valores, para cada um dos índices, para quantificar as zonas de maior ou menor conforto térmico nos dois sistemas ILPF.

Resultados e Discussão

Os valores do ângulo zenital médio mensal em Sinop, MT, das 08 h às 16 h, calculados com base em Silva (2006), são apresentados na Tabela 2. Verifica-se que as maiores diferenças de ângulo zenital entre os meses ocorrem às 12 h, apesar das menores angulações nesse horário. Já nos horários próximos do nascer e do pôr-do-sol as diferenças entre os meses são menores, mas as angulações são maiores.

O mapeamento espaço-temporal da transmissão da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) nos meses de julho/2017 a junho/2018 foi elaborado para os sistemas IPFt (Figura 2) e IPFs (Figura 3). Verificou-se maior transmissão da RFA no sistema IPFs em comparação ao IPFt, em todos os horários. Houve menor transmissão da RFA nos pontos mais próximos da face sul dos renques nos meses de julho/2017, maio/2018 e junho/2018. Isto se deve

tanto à orientação dos renques como aos maiores ângulos zenitais nesses meses.

Contudo, diferenças na magnitude da transmissão da RFA foram observadas tanto nas posições entre os renques como nas horas do dia. Essas diferenças estão relacionadas principalmente com a distância entre os renques e com o azimute dos renques (este último, em conjunto com o ângulo zenital, interfere no padrão das transmissões nos períodos da manhã e da tarde). Assim, apesar das menores transmissões da RFA nos pontos mais próximos da face sul, as transmissões foram maiores no período da manhã nesses pontos em IPFs em comparação ao IPFt. Já no decorrer da tarde, em ambos os sistemas houve um deslocamento das áreas com menor transmissão em direção aos pontos mais próximos do centro do entre renque (projeção da sombra das árvores).

Entre os meses de outubro/2017 a março/2018 houve redução de transmissão da RFA próximo à face norte dos renques, no período da manhã (devido ao azimute do renque de 106°; se fosse de 90° - leste-oeste perfeito, seria uniforme ao longo do dia), e foi mais pronunciada no sistema IPFt.

Tabela 2. Ângulo zenital médio mensal em Sinop, estado de Mato Grosso, Brasil, das 08 às 16 h.

Mês	Ângulo zenital médio mensal								
	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h
Janeiro	58	44	30	17	9	17	30	44	58
Fevereiro	58	44	29	15	3	15	29	44	58
Março	60	46	31	18	10	18	31	46	60
Abril	63	50	37	26	22	26	37	50	63
Maio	67	54	43	34	31	34	43	54	67
Junho	68	56	46	38	35	38	46	56	68
Julho	67	55	44	36	33	36	44	55	67
Agosto	65	51	39	29	25	29	39	51	65
Setembro	61	47	33	20	14	20	33	47	61
Outubro	59	44	30	15	3	15	30	44	59
Novembro	58	44	30	16	7	16	30	44	58
Dezembro	58	44	31	18	11	18	31	44	58

Fonte: Silva (2006).

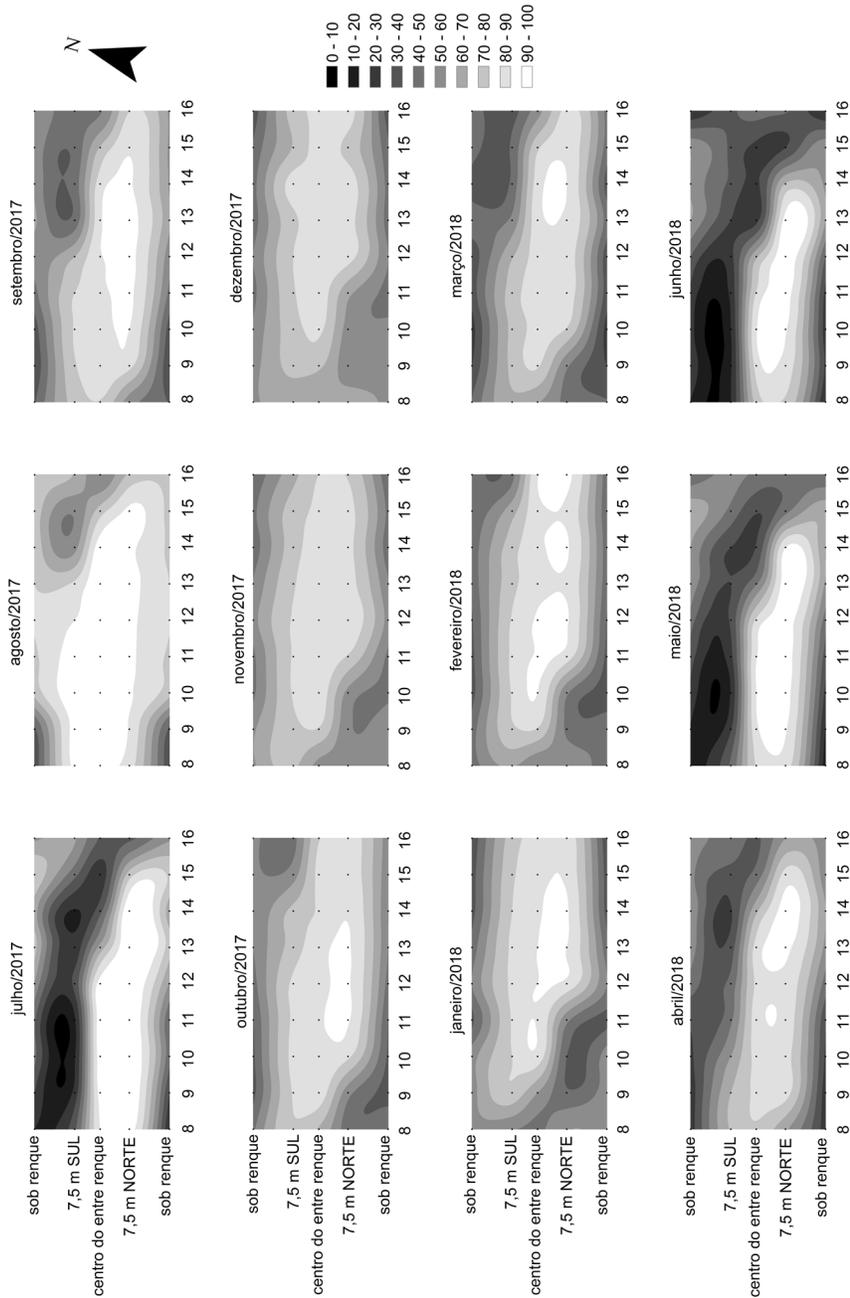


Figura 2. Transmissão da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em um sistema ILPF com renques triplos de eucaliptos espaçados de 30 m, de julho/2017 a junho/2018 (médias das 08 h às 16 h), em Sinop, estado de Mato Grosso, Brasil.

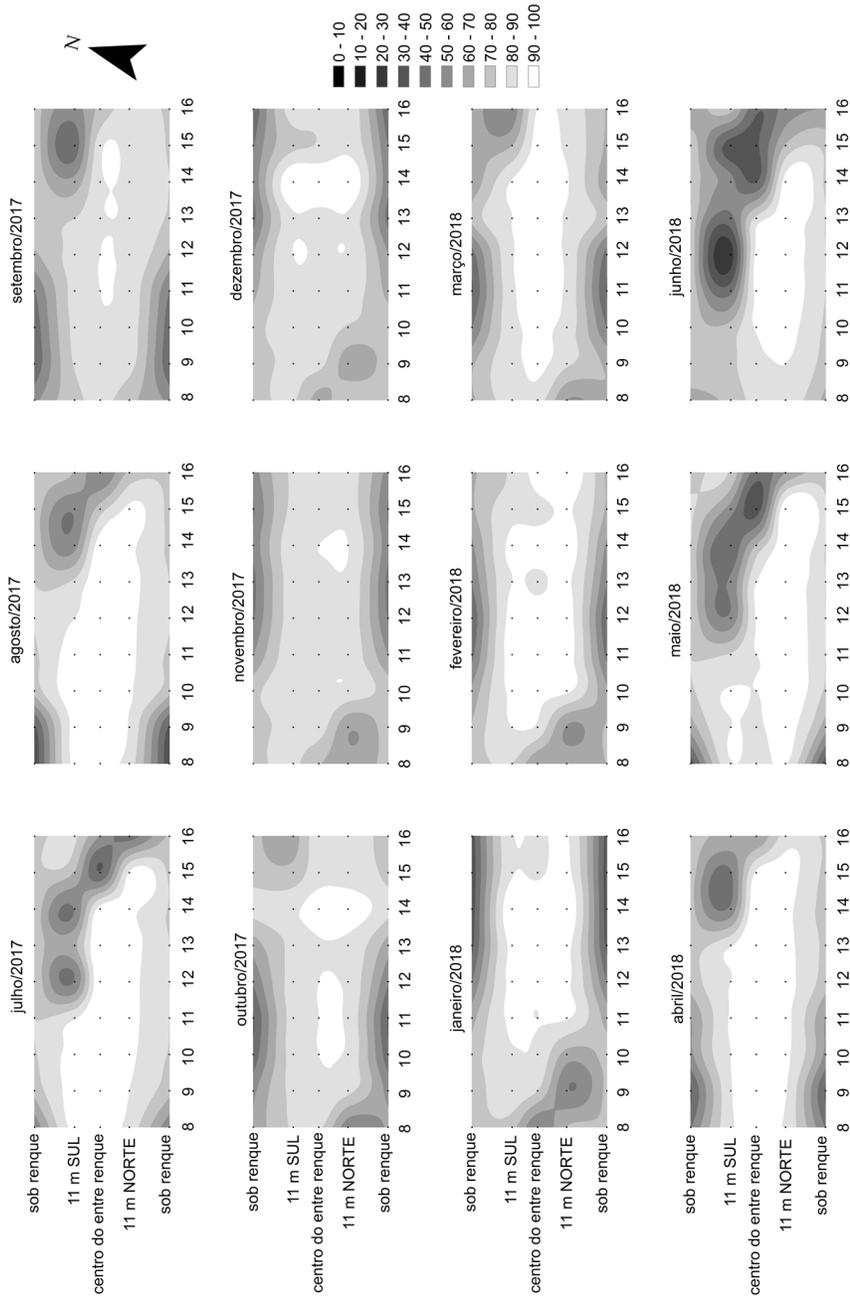


Figura 3. Transmissão da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em um sistema ILPF com renques simples de eucaliptos espaçados de 37 m, de julho/2017 a junho/2018 (médias das 08 h às 16 h), em Sinop, estado de Mato Grosso, Brasil.

O mapeamento sistemático espaço-temporal do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) nos meses de julho/2017 a junho/2018, foi elaborado para os sistemas IPFt (Figura 4) e IPFs (Figura 5). Verificou-se que os menores valores de ITGU ocorreram sempre no período da manhã. Os menores valores de ITGU ocorreram no sistema IPFt nos pontos mais próximos da face sul dos renques nos meses de julho/2017 e junho/2018, ou seja, coincidindo com os menores valores de transmissão da RFA e menores temperaturas do ar (início do inverno). No sistema IPFs, esse comportamento também foi observado com maior nitidez nos meses de julho/2017 e junho/2018. Além disso, também houve um deslocamento das áreas com menores valores de ITGU em direção aos pontos mais próximos do centro do entre renque entre 15 h e 16 h, da mesma forma que o deslocamento das áreas com menor transmissão da RFA.

Tanto no sistema IPFt como no sistema IPFs, os valores mais elevados de ITGU (maior desconforto térmico) iniciaram sua ocorrência nos pontos mais próximos do centro do entre renque e nos horários próximos ao meio-dia, em que a radiação solar incide mais perpendicularmente, ou seja, com menores ângulos zenitais (Tabela 1), prolongando-se até o final da tarde. Os meses que apresentaram os maiores valores médios de ITGU foram agosto, setembro e outubro/2017, no sistema IPFt (média de 84), com picos de 91, às 13 horas, e agosto e setembro/2017, como também maio/2018, no sistema IPFs (média de 85). Em maio/2018 foi verificado valor de 93 no ITGU nesse sistema, às 12 horas. No sistema sem árvores, os valores de ITGU foram ainda maiores, chegando a 87 em média no mês de agosto/2017. Nesse mês foram verificados os maiores valores, alcançando ITGU de 91, às 13 horas, com manutenção dessa condição térmica até às 15 horas. Na média do período avaliado, o ITGU foi, em ordem decrescente: 85, 83 e 82, para o sistema P, IPFs e IPFt, respectivamente.

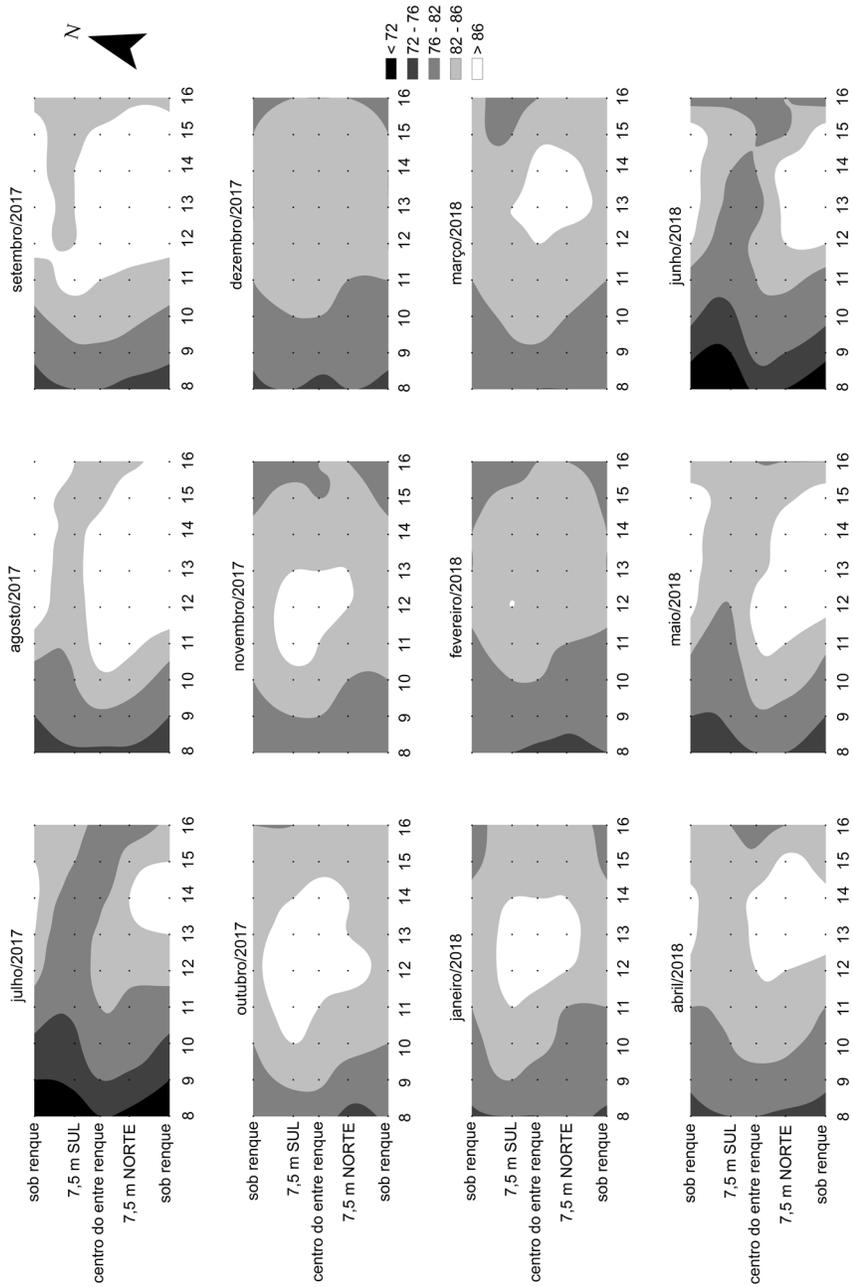


Figura 4. Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) em um sistema ILPF com renques tripos de eucaliptos espaçados de 30 m, de julho/2017 a junho/2018 (médias das 08 h às 16 h), em Sinop, estado de Mato Grosso, Brasil.

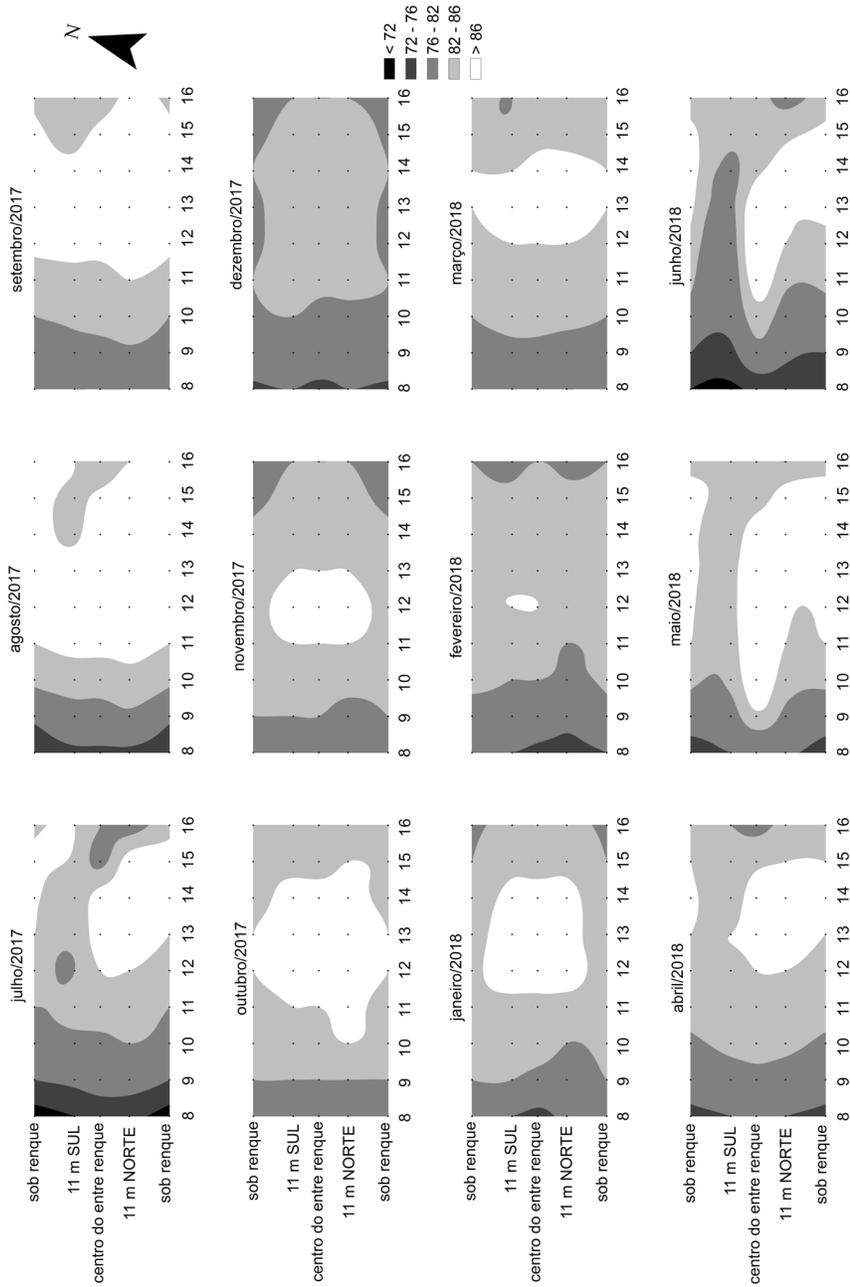


Figura 5. Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) em um sistema LPF com renques simples de eucaliptos espaçados de 37 m, de julho/2017 a junho/2018 (médias das 08 h às 16 h), em Sinop, estado de Mato Grosso, Brasil.

O mapeamento sistemático espaço-temporal da carga térmica radiante (CTR) nos meses de julho/2017 a junho/2018, também foi elaborado para os sistemas IPFt (Figura 6) e IPFs (Figura 7). Assim como o ITGU, o comportamento espaço-temporal da CTR seguiu o padrão da transmissão da RFA. Assim, verificou-se que os menores valores de CTR ocorreram no sistema IPFt nos pontos mais próximos da face sul dos renques nos meses de julho/2017 e junho/2018. Da mesma forma, isto se deve tanto à orientação dos renques como aos maiores ângulos zenitais nesses meses (Tabela 1), ou seja, grandes inclinações do sol na direção norte. No sistema IPFs, esse comportamento também foi observado com maior nitidez e por um período maior de tempo ao longo do dia em julho/2017 e junho/2018.

Também para a CTR houve um deslocamento das áreas com menores valores de CTR em direção aos pontos mais próximos do centro do entre renque entre 15 h e 16 h, da mesma forma que o deslocamento das áreas com menor transmissão da RFA. Tanto no sistema IPFt como no IPFs, os valores mais elevados de CTR ocorreram nos meses de julho/2017, agosto/2017 e setembro/2017, nos pontos mais próximos da face norte dos renques, entre 12 h e 15 h. Os meses que apresentaram os maiores valores médios de CTR foram agosto e setembro/2017, no sistema IPFt (média de 650 W m^{-2}), com picos de 789 W m^{-2} em agosto/2017, às 13 horas; e julho, agosto e setembro/2017, no sistema IPFs (média de 667 W m^{-2}), com picos de 773 W m^{-2} em agosto/2017, também às 13 horas. No sistema sem árvores, os valores de CTR foram ainda maiores, chegando a 710 W m^{-2} na média do mês de agosto/2017. Nesse mês houve picos de 793 e 796 W m^{-2} , às 13 e 14 horas, respectivamente. Na média do período avaliado, a CTR foi, em ordem decrescente: 673 , 627 e 609 W m^{-2} , para o sistema P, IPFs e IPFt, respectivamente. Portanto, a inclusão de árvores na área (renques triplos no espaçamento $30 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 3,0 \text{ m}$) pode reduzir em média até 10%, e próximo de 20% nas áreas sombreadas, esse índice de conforto térmico, na região de Sinop, MT, zona típica do ecótono Cerrado/Amazônia.

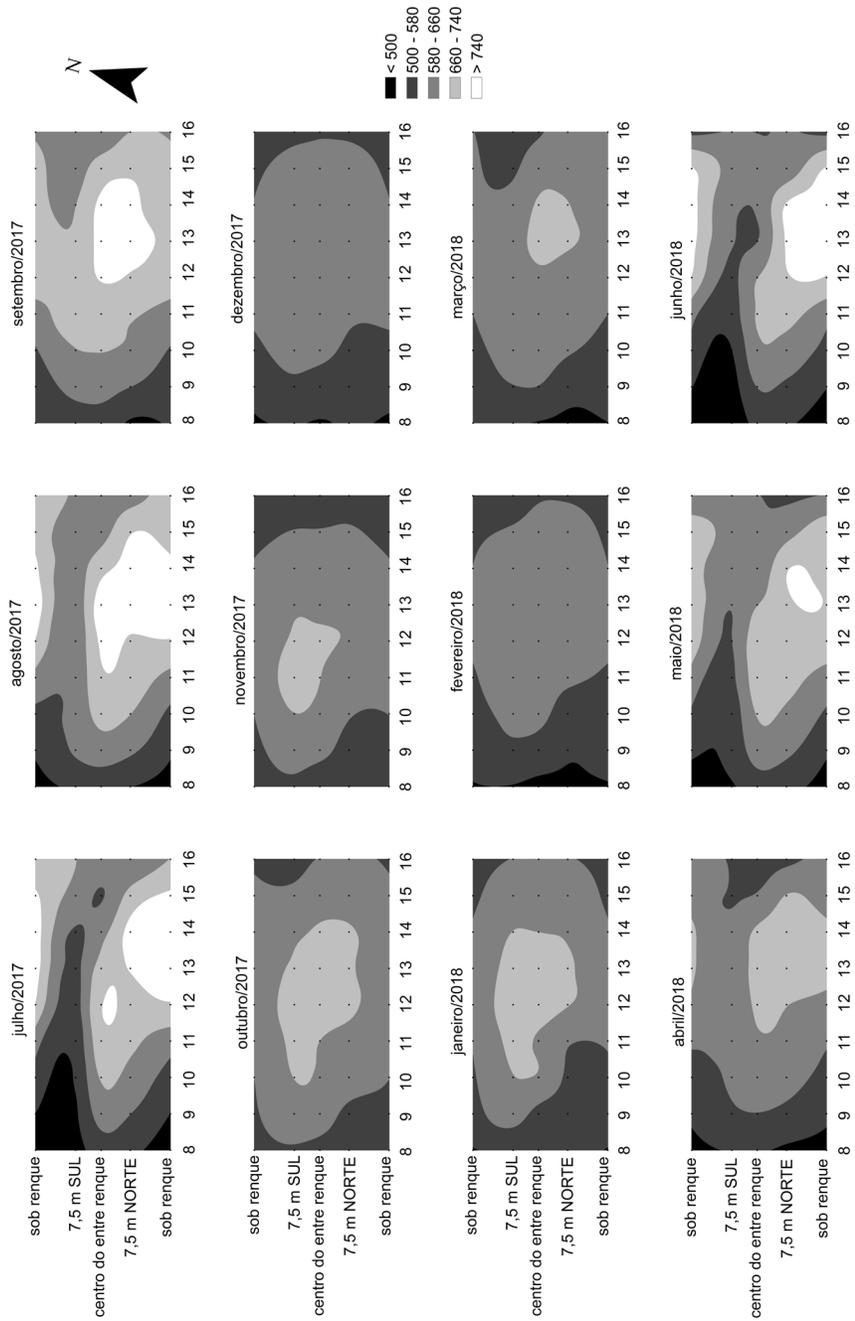


Figura 6. Carga térmica radiante (CTR) em um sistema LPF com renques triplos de eucaliptos espaçados de 30 m, de julho/2017 a junho/2018 (médias das 08 h às 16 h), em Sinop, estado de Mato Grosso, Brasil.

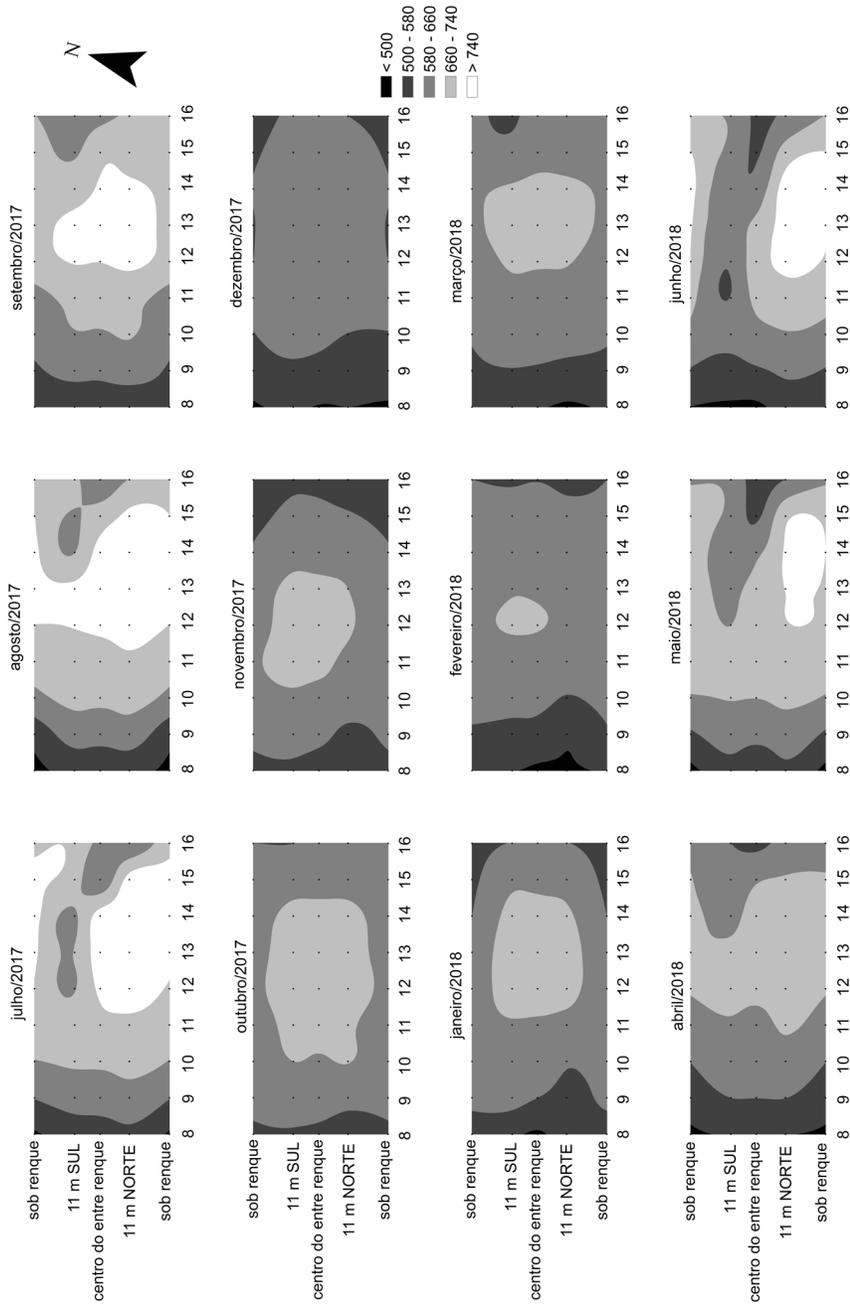


Figura 7. Carga térmica radiante (CTR) em um sistema ILPF com renques simples de eucaliptos espaçados de 37 m, de julho/2017 a junho/2018 (médias das 08 h as 16 h), em Sinop, esta de Mato Grosso, Brasil.

A contribuição relativa de cada faixa de valores de RFA, ITGU e CTR nos meses de julho/2017 e dezembro/2018 são apresentados na Figura 8. A contribuição relativa de valores mais elevados de transmissão de RFA foi maior no sistema IPFs, tanto no inverno (julho/2017) como no verão (dezembro/2017). Porém, essa maior transmissão de radiação resultou em maior desconforto térmico somente no inverno, onde os índices ITGU e CTR na maior faixa foram bem significativos, principalmente a CTR em julho/2017. Já nos meses mais chuvosos, representados pelas condições observadas em dezembro/2017, praticamente não há diferenças entre os sistemas avaliados, em termos de ITGU e CTR.

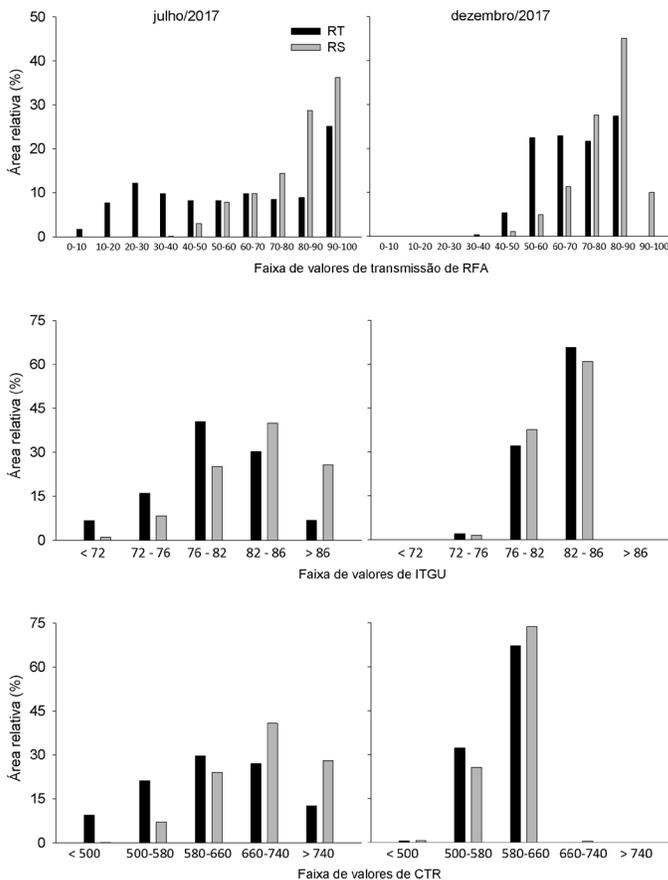


Figura 8. Contribuição relativa de cada faixa de valores de RFA, ITGU e CTR em dois sistemas ILPF (RS: renques simples espaçados de 37 m; RT: renques tripos espaçados de 30 metros), nos meses de julho e dezembro de 2017, em Sinop, Mato Grosso, Brasil.

Conclusões

Os resultados permitem concluir que os sistemas ILPF no ecótono Cerrado/Amazônia podem alterar o microclima em seu interior, reduzindo os índices de conforto térmico nos pontos mais próximos dos renques (faces S ou N, dependendo altura das árvores, da largura dos renques, do espaçamento entre os renques, da orientação dos renques, da latitude do local, da época do ano e da hora do dia), melhorando as condições para a criação e desempenho de animais. Nas horas de ocorrência dos maiores valores dos índices de conforto térmico avaliados, a redução pode chegar a valores próximos de 20%, nas áreas que recebem a sombra projetada pelas árvores, nos dois sistemas avaliados (IPFt e IPFs).

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a FAPEMAT, CNPq, CAPES e EMBRAPA pelo apoio financeiro, bem como ACRIMAT e ACRINORTE.

Referências

- AGGARWAL, A.; UPADHYAY, R. Thermoregulation. In: AGGARWAL, A.; UPADHYAY, R. (Ed.). **Heat Stress and Animal Productivity**. India: Springer India, 2013. p. 1-25.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, F. V. **O componente animal em sistemas de produção em integração**. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 143-154.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981. DOI: 10.13031/2013.34325.
- CIPRIANI, H. N.; SALMAN, A. K.; PASSOS, A. M. A. dos; SCHMITT, E.; CRUZ, P. G. da; BOTELHO, F. J. E.; MORAES, K. K. S. **A free electronic spreadsheet to calculate shade parameters of single trees and tree strips**. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED

CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. Towards In: sustainable intensification: proceedings. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126949/1/AJZY.pdf> >. Acesso em: 24 jul. 2015.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport: The Avi, 1978.

KARVATTE JUNIOR, N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G. de; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C. de; ALVES, F. V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 12, p. 1933-1941, 2016.

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. de A.; ALMEIDA, C. P. Thermal comfort of nelore bovine in pasture under several lighting conditions. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 508-517, 2009.

OLIVEIRA, C. C. DE; ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. DE; GAMARRA, É. K L.; VILLELA, S. D. J.; MARTINS, P. G. M. DE A. Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 6, p. 1659-1672, 2018.

PEZZOPANE, J. R. M.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G. da; BOSI, C.; PARMEJIANI, R. S. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p.110-119, 2015.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SILVA, R. G. da. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000.

SILVA, R. G. da. Predição da configuração de sombras de árvores em pastagens para bovinos. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, 2006 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000100029&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 06 abr. 2015.

SOUZA, W. de; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. de A.; COSTA, M. A. T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate in silvopastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 686-695, 2010.

TRIPON, I.; CZISZTER, L. T.; BURA, M.; SOSSIDOU, E. N. Effects of seasonal and climate variations on calves' thermal comfort and behaviour. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 7, p. 1471-1478, 2014.

Embrapa

Agrossilvipastoril

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

