Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

VARIABILIDADE MICROCLIMÁTICA EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO ECÓTONO CERRADO/AMAZÔNIA

SILVA, Camila Souza da– camilaengftal@gmail.com
Universidade do Estado do Mato Grosso / UNEMAT

DALLACORT, Rivanildo – rivanildo@unemat.br
Universidade do Estado do Mato Grosso / UNEMAT

ZOLIN, Cornélio Alberto – cornelio.zolin@embrapa.br
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Agrossilvipastoril / EMBRAPA

CARVALHO, Marco Antônio Camilo de – marcocarvalho@unemat.br
Universidade do Estado do Mato Grosso / UNEMAT

MAGALHÃES, Ciro Augusto de Souza – ciro.magalhaes@embrapa.br
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Agrossilvipastoril / EMBRAPA

Submetido em: 20/01/2020
Aceito para publicação em: 18/06/2020
Publicado em: 03/08/2020
DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.71250

RESUMO: Os sistemas ILPF podem alterar o microclima, devido ao sombreamento causado pelas árvores. Assim, objetivou-se quantificar as alterações no microclima em diferentes posições em sistema ILPF de 49 m entre renques, composto por eucaliptos plantados no sentido leste-oeste, em experimento conduzido na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop/MT. Utilizou-se médias horárias das 8h às 16h00 de temperatura média (Tmed) e máxima (Tmax) do ar, umidade relativa do ar média (Urmed) e mínima (Urmin), transmissão da radiação fotossinteticamente ativa (% RFA) e velocidade média do vento (Vv) de março de 2014 a março de 2015, e de setembro de 2017 a setembro de 2018, monitoradas por estações meteorológicas, instaladas sob o renque ($ILPF_{renque}$), a 24,5 m ($ILPF_{24,5m}$), a 12,25 m ($ILPF_{12,25S}$) na face sul e norte ($ILPF_{12,25N}$) do renque e a pleno sol (PS). Aplicou-se teste de médias e análise multivariada. A transmissão da RFA foi menor no $ILPF_{renque}$, variando de 28% no outono a 45% no inverno. O $ILPF_{12,25S}$ obteve as maiores transmissões na primavera e verão, enquanto o $ILPF_{12,25N}$, no outono e inverno. As Tmed e Tmax foram similares ao PS, exceto no $ILPF_{renque}$. A Urmed foi maior no $ILPF_{renque}$ em todas as estações do ano no período 2014/2015. A Vv no $ILPF_{12,25N}$ foi estatisticamente igual ao PS no verão, outono e inverno, enquanto o $ILPF_{12,25S}$ apresentou as menores médias. A análise multivariada distinguiu as posições avaliadas, com exceção do PS e $ILPF_{12,25N}$, cuja Tmed e RFA foram responsáveis pelas semelhanças entre os mesmos. Portanto, sistemas ILPF promovem alterações espaço-temporais no microclima, com melhoria principalmente abaixo e na face sul do renque, no outono e inverno. As maiores alterações microclimáticas foram referentes à transmissão de RFA nas faces norte e sul do renque, sendo dependente da distância do renque e da estação do ano, em decorrência da declinação solar nas condições de Sinop/MT.

PALAVRAS-CHAVE: Microclima; Temperatura do ar; Umidade Relativa do ar; Radiação fotossinteticamente ativa

MICROCLIMATIC VARIABILITY IN INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS IN THE ECOTONO CERRADO/AMAZON

ABSTRACT: ICLF systems can alter the microclimate due to the shading caused by the trees. Thus, the objective was to quantify the microclimate changes at different positions

in a 49m ICLF system between rows, composed by eucalyptus planted in the east-west direction, in an experiment conducted at Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop/MT. Hourly averages from 8am to 4pm were used for average (Ta) and maximum (Tmax) air temperatures, average (Rh) and minimum (Rhmin) relative humidity, photosynthetically active radiation (% PAR) transmission and average wind speed (Ws) from March 2014 to March 2015 and from September 2017 to September 2018, monitored by meteorological stations installed under the row ($ICLF_{row}$), at 24.5m ($ICLF_{24.5m}$), at 12.25m ($ICLF_{12.25S}$) on the south face and north face ($ICLF_{12.25N}$) of the row and in full sun (Fs). A means test and multivariate analysis were applied. PAR transmission was lower in $ICLF_{row}$, ranging from 28% in the autumn to 45% in the winter. $ICLF_{12.25S}$ had the highest transmissions in spring and summer, while $ICLF_{12,25N}$ in the autumn and winter. Ta and Tmax were similar on Fs, except for $ICLF_{row}$. Rh was larger in $ICLF_{row}$ in all seasons on the period of 2014/2015. The Ws in $ICLF_{12.25N}$ was statistically equal to Fs in summer, autumn and winter, while $ICLF_{12.25S}$ presented the lowest averages. Multivariate analysis distinguished the positions evaluated, except for Fs and $ICLF_{12.25N}$, whose Ta and PAR were responsible for their similarities. Therefore, ICLF systems promote spatiotemporal changes in the microclimate, with improvement mainly below and on the south face of the row in autumn and winter. The largest microclimatic alterations were related to the PAR transmission on the north and south faces of the row, being dependent on the distance from the row and the season of the year, due to solar declination under Sinop/MT conditions.

KEYWORDS: Microclimate; Air temperature; Relative humidity; Photosynthetically active radiation

VARIABILIDAD MICROCLIMÁTICA EN LOS SISTEMAS DE INTEGRACIÓN AGRÍCOLA-GANADERA-FORESTAL EN EL ECOTONO CERRADO/AMAZONIA

RESUMEN: Los sistemas de IAGF pueden cambiar el microclima debido al sombreado causado por los árboles. Así, se objetó cuantificar los cambios en el microclima en diferentes posiciones en sistema IAGF de 49 m entre líneas, compuesto por eucaliptos plantados en el este-oeste, en experimento realizado en el Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop/MT. Se utilizaron medias horarias de 8h a 16h00 de temperatura media (Tmed) y máxima (Tmax) del aire, humedad relativa del aire media (Hrmed) y mínima (Hrmin), transmisión de la radiación fotosintéticamente activa (% RFA) y velocidad media del viento (Vv) de marzo de 2014 a marzo de 2015, y de septiembre de 2017 a septiembre de 2018, monitoreado por estaciones meteorológicas, instaladas bajo el líneas ($IAGF_{líneas}$), a 24,5 m ($IAGF_{24.5m}$), a 12,25 m ($IAGF_{12.25S}$) en la cara sur y norte ($IAGF_{12.25N}$) del líneas y a pleno sol (PS). Se aplicó prueba de promedios y análisis multivariado. La transmisión de RFA fue menor en $IAGF_{líneas}$, variando de un 28% en otoño a un 45% en invierno. El $IAGF_{12,25S}$ obtuvo las mayores transmisiones en primavera y verano, mientras que el $IAGF_{12.25N}$, en otoño e invierno. Las Tmed y Tmax fueron similares al PS, excepto en $IAGF_{líneas}$. Hrmed fue mayor en $IAGF_{líneas}$ en todas las estaciones del año en el período 2014/2015. La Vv en $IAGF_{12,25N}$ fue estadísticamente igual a la PS en verano, otoño e invierno, mientras que $IAGF_{12,25S}$ presentó las menores medias. El análisis multivariado distinguió las posiciones evaluadas, con excepción del PS e $IAGF_{12,25N}$, cuya Tmed y RFA fueron responsables de las similitudes entre los mismos. Por lo tanto, los sistemas IAGF promueven cambios espacio-temporales en el microclima, con mejora principalmente por debajo y en la cara sur de las líneas, en otoño e invierno. Los mayores cambios microclimáticos se relacionaron con la transmisión de RFA en las caras norte y sur de las líneas, siendo dependiente de la distancia de las líneas y de la estación del año, como consecuencia de la declinación solar en las condiciones de Sinop/MT.

PALABRAS CLAVE: Microclima; Temperatura del aire; Humedad relativa del aire; Radiación fotosintéticamente activa

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

1. INTRODUÇÃO

A produção pecuária é uma das atividades antrópicas mais importantes na mudança ambiental, por estar relacionada ao desmatamento e à perda de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos (VAN OUDENHOVEN et al. 2012). Por isso, para atender a demanda da sociedade cada vez mais exigente e criteriosa, tem-se a necessidade de produzir de forma menos impactante para o meio ambiente, diversificando a produção, seja em sucessão ou em consórcio com outras culturas (KICHEL et al., 2012).

A diversificação de culturas numa área é tão antiga quanto a domesticação de animais e plantas. No entanto, com a premissa de haver sinergismo entre os componentes do sistema, de forma deliberada é recente (CARVALHO et al., 2014), como no caso dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Esses sistemas integram atividades agrícolas, pecuárias e florestais, numa mesma área, em consórcio, rotação ou sucessão, visando sinergia, produção sustentável, adequação ambiental e viabilidade econômica (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011).

A ILPF promove melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, aumento da ciclagem e eficiência na utilização dos nutrientes, redução da pressão por abertura de novas áreas, diversificação e estabilização da renda na propriedade rural (GONTIJO NETO et al., 2014).

A mudança de uso do solo interfere no microclima local (GOMES et al., 2015). Assim, a introdução do componente florestal em áreas de pastagem reduz a radiação solar incidente sobre o capim, podendo diminuir a temperatura e aumentar a umidade do ar, e consequentemente, reduzir a taxa de evapotranspiração da forrageira (BERNARDINO; GARCIA, 2009), cuja modificação do microclima está relacionada às características morfológicas e densidade florestal (SCHUMACHER; POGGIANI, 1993).

A arborização promove alterações no regime térmico e na umidade relativa do ar (BARBOSA et al., 2015; PEZZOPANE et al., 2010; VON ARX; DOBBERTIN; REBETEZ, 2012;), cujo sombreamento proporcionado pelas árvores é uma barreira contra a radiação solar (OLIVEIRA et al., 2017). O efeito combinado da temperatura, umidade, radiação solar e velocidade do vento influencia o conforto animal (OLIVEIRA et al., 2017; SOUZA et al., 2010a) e o desenvolvimento das plantas (CARLESSO; ROSA; PETRY, 2007).

Algumas pesquisas já foram realizadas com o intuito de caracterizar o microclima em sistemas produtivos em vários locais no Brasil, como de café arborizado (PEZZOPANE et al., 2010; PEZZOPANE et al., 2011) e sistemas silvipastoris (BALISCEI et al., 2013; PEZZOPANE et al., 2015; SOUZA et al., 2010a). No entanto, pesquisas nesse âmbito ainda são incipientes no Bioma de transição Cerrado/Floresta Amazônica, por isso a necessidade de caracterizar o microclima, pois um dos desafios em sistema ILPF é alcançar a quantidade de sombra adequada aos demais componentes (OLIVEIRA et al., 2017).

Karvatte Junior et al. (2016) constataram que a presença de árvores proporciona alterações no microclima, principalmente quanto ao bloqueio da radiação solar, causando reduções na temperatura do ar e do globo negro e aumento da umidade relativa do ar à sombra. Por outro lado, Oliveira et al. (2017) não encontraram diferenças de temperatura do ar entre sistemas ILPF e

a pleno sol, pois as árvores são barreiras contra a radiação térmica, e não ao calor, por isso, não há alteração (SOUZA et al., 2010b).

Souza et al. (2010a) verificaram que as árvores não alteram a temperatura e umidade relativa do ar, exceto a temperatura às 10h00 e às 18h00, mas constataram que a velocidade do vento é reduzida. Essa diminuição também foi observada por Soares et al. (2009), Pezzopane et al. (2015) e Baliscei et al. (2012).

No ecótono Cerrado/Amazônia, Magalhães et al. (2018) verificaram que renques triplos e simples, espaçados 30 e 37 metros, respectivamente, alteram a transmissão de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) nos locais mais próximos do renque (face sul ou norte), sendo dependente da altura das árvores, largura e espaçamento dos renques, latitude local, época do ano e hora do dia.

Motivados em investigar as alterações que o componente florestal promove no microclima em função da distância das árvores, essa pesquisa foi elaborada, haja vista a influência que o microclima exerce sobre o conforto térmico dos animais e consequentemente, na produtividade pecuária. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi o de verificar se há alterações espaço-temporais no microclima no interior de um sistema ILPF no ecótono Cerrado/Amazônia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Agrossilvipastoril, localizada no município de Sinop/MT, ecótono Cerrado/Amazônia (ARAÚJO et al., 2009), coordenadas 11°51’ Sul e 55°37’ Oeste, com 384 m de altitude. A área experimental possui 50 ha e está instalada sobre Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2013) de relevo plano. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw (tropical com verão chuvoso), cujo período chuvoso ocorre de outubro a abril e seco de maio a setembro, com temperatura média anual de 24,7 °C e precipitação média anual de 1974 mm (SOUZA et al., 2013).

A área experimental é constituída por pastagem a pleno sol (PS) e sistema ILPF com renques duplos de eucalipto localizados nas bordas laterais do piquete, espaçamento 3 x 2 m e 49 m entre renques (ILPF49m) com densidade de 192 árvores ha^{-1}. Em junho de 2014, as árvores estavam com altura média de 16 m (MASCHERONI, 2015) e em 2017 e 2018, a altura média era de 20,52 e 22,30 m, respectivamente

O experimento foi estabelecido em fevereiro de 2011, com a implantação de eucalipto - clone H13 (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *E. grandis* (Hill) ex Maiden) no sentido Leste-Oeste. O sistema foi delineado de maneira que dois quadrantes fossem ocupados com o componente agrícola e dois, com o pecuário (pastagem), permanecendo por dois anos, para então haver rotação entre lavoura e pastagem nos quadrantes, visando atender a demanda de alimentos aos animais do experimento.

Dessa forma, foram mantidos 10 ha de lavoura de primeiro ano [milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* Germain & Evrard, para ensilagem na safra e feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) na safrinha]; 10 ha de lavoura

de segundo ano [milho consorciado com capim-piatã (*U. brizantha* cv. BRS Piatã) na safra e permanência do capim-piatã na safrinha]; 10 ha de pastagem de capim-piatã de primeiro ano; e 10 ha de pastagem de capim-piatã de segundo ano (COLETTI, 2016). Atualmente o sistema é composto pelo componente pecuário e florestal.

Estações meteorológicas foram instaladas em dezembro de 2013 para monitorar o microclima em um quadrante do experimento ILPF Leite, posicionadas em função da posição nas faces norte e sul dos renques, para monitorar a dinâmica microclimática ao longo do ano, tendo em vista que a transmissão de radiação depende do ângulo de incidência da radiação solar, que é em decorrência da posição do sol na abóbada celeste, sendo dependente da latitude local, da época do ano e da hora do dia, além das características do componente arbóreo (SILVA, 2006).

As avaliações microclimáticas foram realizadas em quatro posições de medida, na forma de um transecto entre dois renques: sob o renque ($ILPF_{renque}$), a 12,25 m da face sul ($ILPF_{12,25S}$) e face norte do renque ($ILPF_{12,25N}$) e a 24,5 m, sendo o centro do entre renque ($ILPF_{24,5m}$). No pleno sol (PS), as avaliações foram feitas em uma única posição no centro da parcela (Figura 1).

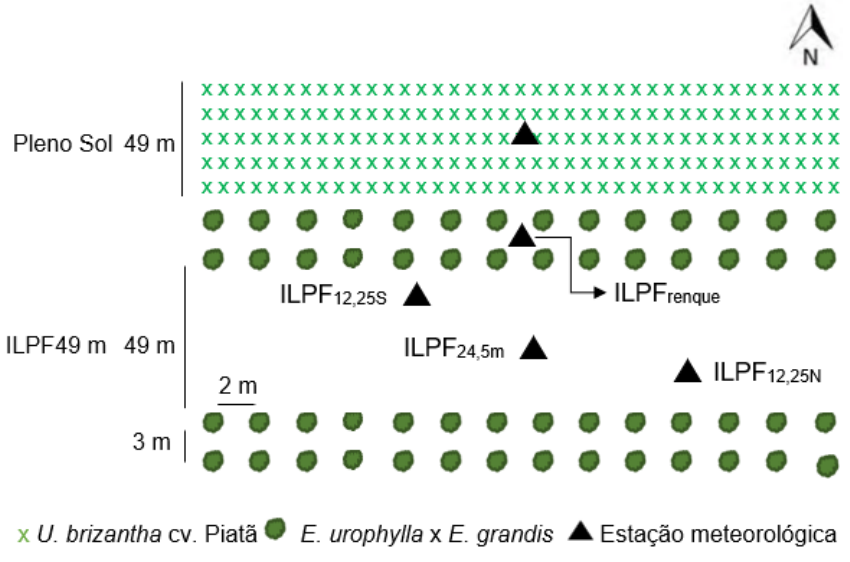

Figura 1 - Posições espaciais de coleta de dados do microclima a pleno sol (PS) e no ILPF49m do experimento ILPF Leite da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop/MT.

No município de Sinop/MT, no dia 22 de dezembro (solstício de verão), o sol está em sua posição máxima ao sul, formando um ângulo zenital máximo na direção sul de aproximadamente 11° ao meio-dia. No inverno, no dia 21 de junho (solstício de inverno) o sol 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, o sol atinge o zênite (ângulo zenital igual a zero) ao meio-dia. Dessa forma, na latitude local (11°51'S), o sol permanece voltado para o sul entre 20/10 e 20/02 e para o norte entre 20/02 e 20/10 (MAGALHÃES et al., 2018).

Os dados microclimáticos foram coletados com estações meteorológicas automáticas da marca Campbell Scientific, equipadas com sistemas de aquisição

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

de dados ("Datalogger") CR3000; anemômetro sônico bi-direcional, marca: Gill, modelo: WINDSONIC1; sensor de radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR), marca: Kipp & Zonen, modelo: PQS 1; sensor de temperatura e umidade relativa do ar, marca: Campbell Scientific, modelo: HC2S3; abrigo termométrico, marca: Young, modelo: 41003-5; pluviômetro de báscula, marca: Campbell Scientific, modelo: TB4; e temperatura de Globo Negro (termômetro situado no centro de uma esfera oca, com diâmetro de 15 cm e espessura de 0,5 mm, pintada externamente com tinta preta fosca). Os sensores foram instalados a 1,5 m de altura. A periodicidade de coleta de dados é quinzenal, oportunidade na qual são feitas checagem/limpeza dos sensores. Embora o trabalho de calibração dos sensores tenha sido iniciado, este procedimento não foi realizado para o presente trabalho, sendo utilizado os valores *Default* do fabricante.

Para avaliação do microclima, foram selecionados dados das 8h00 às 16h00 de dois períodos, sendo de março de 2014 a março de 2015 (2014/2015), e setembro de 2017 a setembro de 2018 (2017/2018) do ILPF49m e do PS. Para as análises, utilizou-se as médias horárias da temperatura média (Tmed), umidade relativa média (Urmed), radiação fotossinteticamente ativa (RFAmed), velocidade do vento (Vvmed), temperatura máxima (Tmax) diária, e umidade relativa mínima (Urmin) ocorrida no intervalo das 8h às 16h00, de cada estação do ano.

Para avaliar se houve diferença entre os períodos de coletas de dados, realizou-se a comparação entre 2014/2015 e 2017/2018 para cada variável microclimática e posição de coleta no ILPF49m e a PS. A comparação da umidade relativa não foi calculada no verão e outono, devido a falhas no equipamento no período 2017/2018. O conjunto bruto de dados utilizado é composto de 35595 dados de cada variável avaliada. A porcentagem de aproveitamento dos dados foi de 74,7, 99,7, 99,7 e 80% para as variáveis Urmed, Tmed, RFAmed e Vvmed, respectivamente. Para a análise multivariada, foi feito o preenchimento dos dados faltantes por meio de regressões lineares múltiplas, com coeficiente de correlação (R^2) de 0,97 ($p<0,05$).

Os dados foram submetidos ao teste de comparações múltiplas de Tukey a 5% de probabilidade utilizando 2000 reamostragens via *bootstrap*, sendo utilizado o programa de análise estatística Sisvar versão 5.6.86 (FERREIRA, 2014).

Para as análises multivariadas foi verificada a existência de valores enganosos (valores extremos multivariados) e aplicada a hipótese de normalidade multivariada. Aplicou-se os seguintes métodos estatísticos multivariados: análise de agrupamento hierárquico (Dendograma) e não hierárquico (K-média) e análise de componentes principais (PCA) utilizando o software Statistica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE UNIVARIADA DO MICROCLIMA

A média de RFA a PS variou de 803 (dezembro) a 1001 μmol m^{-2} s^{-1} (agosto) no primeiro período avaliado e de 732 (dezembro) a 1023 μmol m^{-2} s^{-1} (agosto) no segundo período. Essa variação na incidência de RFA ocorre em

função do movimento aparente do sol e da estação do ano (ELOY et al., 2012), (Tabela 1).

A duração do dia também afeta a quantidade de radiação recebida em um local, a qual é dependente da latitude e da estação do ano (AYOADE, 1996). Na latitude do experimento, a duração média do dia é de 12h26, 12h27, 11h35 e 11h34 na primavera, verão, outono e inverno, respectivamente. Embora os valores sejam menores no outono e inverno, a quantidade de radiação solar foi maior nesse período. Zamadei et al. (2018) verificaram que o período de maior radiação incidente em Sinop/MT está entre maio e agosto.

A média de RFA a PS apresentou diferença significativa entre 2014/2015 e 2017/2018, com exceção do verão (Tabela 1). O período correspondido entre 2017 e 2018 apresentou menores médias de transmissão de RFA, o que pode ser em decorrência do crescimento em altura das árvores de eucalipto e consequentemente da maior área sombreada entre os renques, tendo em vista que quantidade de energia solar recebida em regiões tropicais não é fator limitante para a produtividade do eucalipto (RIBEIRO et al., 2009).

O renque de eucalipto interceptou grande parte da radiação no $ILPF_{renque}$, cuja transmissão de RFA variou entre 28% (outono de 2014/2015) e 45% (inverno de 2014/2015). Embora a interceptação tenha sido mais acentuada sob o renque, nas posições do entre renques, a menor transmissão foi 56%, no outono e inverno do período de 2017/2018 no $ILPF_{12,25S}$, ou seja, grande parte da RFA consegue atravessar atingir o sub-bosque.

A transmissão da RFA é dependente da altura das árvores, da largura, orientação e distância entre os renques, como também do ângulo de incidência da radiação, em decorrência do movimento aparente do sol, da latitude local e da estação do ano (PEZZOPANE et al., 2010; SILVA, 2006). Isso foi verificado no presente estudo, em que houve diferença de transmissão tanto entre as estações do ano, quanto entre as posições de avaliação microclimática e os períodos avaliados.

Tabela 1 - Médias de 8 às 16h00 de radiação fotossinteticamente ativa (RFA, μmol m^{-2} s^{-1}) a pleno sol (PS) e médias de transmissão de RFA (%) por estação do ano e por período em diferentes posições no sistema de ILPF, Sinop/MT.

Período	RFA PS	$ILPF_{renque}$	$ILPF_{12,25S}$	$ILPF_{24,5}$	$ILPF_{12,25N}$
Transmissão de RFA (%)					
Primavera					
2014/2015	893 A	42 A d	111 A a	99 A c	104 A b
2017/2018	829 B	33 B c	101 B a	95 B b	95 B b
Verão					
2014/2015	879 A	30 A d	114 A a	103 A c	109 A b
2017/2018	841 A	29 B c	107 B a	95 B b	95 B b
Outono					
2014/2015	937 A	28 B d	87 A c	97 A b	108 B a
2017/2018	852 B	35 A d	56 B c	91 B b	109 A a
Inverno					
2014/2015	965 B	45 A d	82 A c	99 A b	110 A a
2017/2018	1028 A	32 B d	56 B c	89 B b	106 B a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade pelo método de *bootstrap*.

Lulu; Magalhães; Zolin (2019a) verificaram que em renques de linhas simples espaçados de 37 m há maior sombreamento na face sul, a partir de

março, estendendo-se até o final do ano, quando ocorre a inversão de transmissão de RFA. No ILPF49m, foi verificada redução da transmissão de RFA no $ILPF_{12,25S}$ em relação às demais posições no outono e inverno, o que também foi observado por Lulu; Magalhães; Zolin (2019b).

Comportamento semelhante também foi verificado por Magalhães et al. (2018) em renques triplos, espaçados 30 m entre si no ecótono Cerrado/Amazônia, cuja transmissão de RFA foi menor próximo à face sul do renque no outono e inverno, e menor na face norte do renque na primavera e verão.

Esse maior sombreamento é desejável para o conforto térmico do gado leiteiro, contudo, para a produção de capim e culturas agrícolas, pode ocasionar efeito negativo (LULU; MAGALHÃES; ZOLIN, 2019b), afetando a produtividade das pastagens (PEZZOPANE et al., 2020). Segundo Paciullo et al. (2007), interceptação de RFA acima de 30% pode interferir no desempenho produtivo das gramíneas. Valores excedendo este limite foram verificados no outono e inverno de 2017/2018 no lado sul do renque. Crestani et al. (2017) verificaram que a redução de 12% da RFA na faixa central do ILPF49m, acarretou redução de 13% da massa de forragem de capim piatã entre dezembro de 2013 e junho de 2014.

O conhecimento da variação na distribuição da radiação solar no entre renques e no sub-bosque de sistemas ILPF é importante no manejo dos componentes agrícola, pecuário (pastagem) e florestal (OLIVEIRA, 2005), com vistas a maximizar a produtividade do sistema (ANDRADE et al., 2002). Manejo como desramas, desbastes ou remoção de linhas alternadas otimizam a incidência de radiação solar global e de RFA no sistema (PENG et al., 2015; PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2004), além de gerar renda através da venda da madeira. Adicionalmente, essas práticas promovem maiores ganhos em volume e evitam problemas de qualidade da madeira (nós).

A Tmed na primavera foi similar em todas as posições avaliadas, apresentando diferença significativa apenas no $ILPF_{renque}$ (Tabela 2). No verão de 2014/2015 a maior média de temperatura foi observada nos $ILPF_{12,25S}$ e $ILPF_{24,5m}$ (28,4 °C). No outono e no inverno, o $ILPF_{24,5m}$ e o $ILPF_{12,25N}$ apresentaram as maiores médias, sendo que no outono do período 2017/2018 e inverno dos dois períodos, foram iguais ao PS. Isso pode ter sido devido a maior distância do renque, para o $ILPF_{24,5m}$ e à maior quantidade de radiação atingida no $ILPF_{12,25N}$ nesses períodos do ano. A redução da Tmed sob a copa das árvores, por sua vez, pode ser decorrente do consumo de calor latente para o processo de evapotranspiração (AYOADE, 1996).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 2 - Média de 8 às 16h00 de temperatura média e máxima do ar (°C) por estação do ano e por período em diferentes posições no sistema de ILPF e a pleno sol (PS), Sinop/MT.

Período	PS	$ILPF_{renque}$	$ILPF_{12,25S}$	$ILPF_{24,5}$	$ILPF_{12,25N}$
Temperatura média (°C)					
Primavera					
2014/2015	29,8 A a	28,3 A b	29,5 A a	29,8 A a	29,6 A a
2017/2018	28,9 B a	28,2 A b	28,8 B a	29,0 B a	28,7 B a
Verão					
2014/2015	28,1 A ab	27,0 A c	28,4 A a	28,4 A a	28,0 A b
2017/2018	27,6 B a	26,9 A b	27,7 B a	27,8 B a	27,5 B a
Outono					
2014/2015	28,7 A ab	28,0 A c	28,4 A b	28,8 A a	28,8 A a
2017/2018	28,3 B a	27,6 B b	27,7 B b	28,4 B a	28,4 B a
Inverno					
2014/2015	31,4 A a	29,7 B c	30,8 A b	31,4 A a	31,4 A a
2017/2018	31,8 A a	30,8 A b	30,9 A b	31,5 A a	31,6 A a
Temperatura máxima (°C)					
Primavera					
2014/2015	32,8 A ^{ns}	31,6 A ^{ns}	32,4 A ^{ns}	32,7 A ^{ns}	32,5 A ^{ns}
2017/2018	31,9 A ^{ns}	30,9 A ^{ns}	31,7 A ^{ns}	31,9 A ^{ns}	31,8 A ^{ns}
Verão					
2014/2015	31,2 A a	29,5 A b	31,4 A a	31,4 A a	31,0 A a
2017/2018	30,4 B a	29,3 A b	30,5 B a	30,6 B a	30,4 A a
Outono					
2014/2015	31,4 A a	30,5 A b	30,8 A ab	31,4 A a	31,4 A a
2017/2018	31,4 A a	30,4 A b	30,4 A b	31,2 A ab	31,3 A a
Inverno					
2014/2015	34,5 B a	33,7 A b	33,8 A b	34,5 A a	34,5 A a
2017/2018	35,2 A a	34,1 A bc	34,1 A c	34,7 A abc	35,0 A ab

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade pelo método de *bootstrap*.

As condições térmicas durante o período estudado mostraram-se adequadas na maior parte do tempo para a pastagem e o eucalipto do sistema ILPF. A *Brachiaria brizantha* se desenvolve bem na faixa de 30 a 35 °C e temperatura mínima de 15 °C (SKERMAN; RIVEROS, 1992) e o eucalipto, entre 29 e 32° C (MARTINS; SILVA, STRECK, 2007).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Analogamente à RFA na comparação entre os períodos de coleta de dados, a Tmed apresentou menores médias no período de 2017/2018 para a maioria das estações do ano e posições de medidas, conforme Tabela 2. Essa redução de temperatura favorece o conforto térmico dos bovinos e consequentemente, melhora o seu desempenho (SILVA, 2000). Souza et al. (2017) observaram que o aumento na umidade relativa do ar e a redução de 4 °C na temperatura proporcionados pelo sombreamento, criaram melhores condições térmicas às novilhas, resultando em aumento no tempo de pastejo e diminuição da taxa respiratória e temperatura corporal.

A Tmax não apresentou diferença estatística na primavera ($p>0,05$). No verão, apenas o $ILPF_{renque}$ foi estatisticamente diferente das demais posições. No outono, o $ILPF_{renque}$ permaneceu com a menor média de Tmax sendo igual ao $ILPF_{12,25S}$ no período 2017/2018 e com valor intermediário entre as posições no período 2014/2015. No inverno, o $ILPF_{renque}$ e o $ILPF_{12,25S}$ também apresentaram as menores médias (Tabela 2).

Esses valores mostram que, quando a face sul recebe menos radiação, há reflexos na diminuição da Tmax, haja vista que a temperatura sofre variação espacial, em decorrência da disponibilidade de radiação solar e da natureza da superfície (AYOADE, 1996), nesse caso, influenciada pela proximidade do renque. Pezzopane et al. (2003) e Pezzopane; Pedro Jr; Galo (2007) afirmam que quando há maior interceptação da radiação solar, há diminuição na temperatura máxima, com diferenças significativas entre as posições avaliadas.

Em sistema de integração com café e grevílea, as reduções de Tmax foram mais evidentes próximo às árvores (PEZZOPANE et al., 2011). Por outro lado, a incidência de radiação semelhante ao PS, associada à menor movimentação do ar também pode ter interferido nos valores de Tmax (PEZZOPANE et al., 2003), o que fez com que a temperatura do ar em sistema de ILPF fosse igual ao PS.

Como as temperaturas obtidas são provenientes de sensores protegidos por abrigos de instrumentos, as condições térmicas do ar que circula junto à superfície vegetada não necessariamente são as mesmas medidas na estação meteorológica. Por isso, em estudos que necessitam de informações localizadas de temperatura, é necessário instalar sensores nos pontos desejados (AYOADE, 1996), como neste estudo, cujas estações meteorológicas foram instaladas em forma de transecto, a fim de verificar alterações microclimáticas entre as posições avaliadas.

Sensores de temperatura instalados a dois metros de distância entre si em sistema silviagrícola composto por café e coqueiro-anão-verde detectaram diferenças mensais de Tmax na ordem de 0,5 a 2,1 °C, segundo dados de Pezzopane et al. (2003). Diferenças de Tmax superiores a 1 °C foram observadas por Pezzopane et al. (2011) entre pontos distanciados por oito metros em um sistema de produção de café sombreado por grevílea. Além da temperatura, Pezzopane et al. (2015) verificaram diferenças de valores diários de RFA, velocidade máxima do vento e umidade relativa do ar entre pontos a 2 e 8,5m do renque de árvores nativas.

Em relação aos dois períodos de coleta, apenas verão e inverno apresentaram diferença de Tmax, sendo que no inverno a PS, o período 2017/2018 apresentou maior média. No verão, a Tmax a PS, no $ILPF_{12,25S}$ e no

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

$ILPF_{12,25N}$ foi menor no período 2017/2018 (Tabela 2), portanto, reduziu a temperatura média e máxima após o primeiro período avaliado, o que pode ser devido ao crescimento em altura das árvores de eucalipto, o que influi no maior sombreamento do sistema.

Em relação ao conforto térmico animal, a média de Tmed e Tmax foram acima da faixa considerada termoneutra para taurinos (*Bos taurus*) que é entre 0 e 16 °C e para zebuínos (*Bos indicus*), entre 10 e 27 °C, e cujo limite crítico superior é de 27 °C e de 35 °C para taurinos e zebuínos, respectivamente (BAÊTA; SOUZA, 1997). Assim, observa-se a importância do componente florestal na atenuação da temperatura e da transmissão de RFA, principalmente sob o renque. Oliveira et al. (2017) e Pezzopane et al. (2019) constataram que alterações na transmissão de RFA promoveram menor carga térmica radiante e maior conforto animal em sistemas silvipastoris.

Segundo Vieira Junior et al. (2019), mudanças na quantidade de radiação incidente no sistema em decorrência da sazonalidade ou interceptação pelo componente florestal, estão diretamente associados à variação de temperatura entre as posições de avaliação. De maneira geral, o ILPF interferiu na temperatura média e máxima do ar, principalmente abaixo da copa do eucalipto ($ILPF_{renque}$), apresentando também diminuição no $ILPF_{12,25N}$ no verão, e no $ILPF_{12,25S}$ no outono e inverno, tanto para temperatura média, quanto para a máxima.

Salvo essas exceções, a temperatura nas posições do entre renque foi igual ao PS. Souza et al. (2010a) encontraram diferenças de temperatura do ar apenas às 10 e 18h00, em renques de eucalipto de diferentes alturas. Os autores atribuíram essas diferenças ao ângulo de incidência de radiação solar e à projeção de sombra às 10h00 e à interceptação da radiação às 16h00. Baliscei et al. (2013), em condições climáticas diferentes, também não encontraram diferença significativa de temperatura e umidade relativa do ar entre um sistema ILPF composto por renques duplos de eucalipto e pastagem a pleno sol.

De maneira geral, a Urmed sob o renque foi maior em todas as estações do ano, exceto na primavera e no inverno do período 2017/2018, cujas maiores médias foram observadas a PS (Tabela 3). Esse ligeiro aumento da umidade relativa em área sombreada também foi observado por Vieira Junior et al., (2019) em sistema de ILPF no sul do Brasil. Maiores valores de umidade no centro do entre renques também foram observados por Pezzopane et al. (2015); segundo os autores tal fato se deve à menor remoção do ar nessa distância do renque.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 3 - Médias de 8 às 16h00 de umidade relativa média e mínima do ar (%) por estação do ano e por período em diferentes posições no sistema de ILPF e a pleno sol (PS), Sinop/MT.

Período	PS	$ILPF_{renque}$	$ILPF_{12,25S}$	$ILPF_{24,5}$	$ILPF_{12,25N}$
Umidade relativa média do ar (%)					
Primavera					
2014/2015	59,7 B b	64,5 A a	60,2 A b	59,4 B b	60,3 A b
2017/2018	67,8 A a	65,6 A a	45,8 B c	64,1 A ab	54,6 B bc
Verão					
2014/2015	74,4 a	73,5 B ab	71,2 c	71,3 B c	72,0 bc
Outono					
2014/2015	64,6 ^{ns}	65,7 B ^{ns}	65,4 ^{ns}	64,3 A ^{ns}	64,4 ^{ns}
Inverno					
2014/2015	37,9 B b	42,6 A a	39,0 B b	37,6 A b	38,3 A b
2017/2018	45,9 A a	35,5 B c	41,6 A b	33,4 B c	25,3 B d
Umidade relativa mínima do ar (%)					
Período	PS	$ILPF_{renque}$	$ILPF_{12,25S}$	$ILPF_{24,5}$	$ILPF_{12,25N}$
Primavera					
2014/2015	47,1 A ^{ns}	49,8 A ^{ns}	47,8 A ^{ns}	46,8 A ^{ns}	47,8 A ^{ns}
2017/2018	51,6 A ^{ns}	53,6 A ^{ns}	30,2 A ^{ns}	51,2 A ^{ns}	41,6 B ^{ns}
Verão					
2014/2015	61,2 ^{ns}	61,7 A ^{ns}	58,8 ^{ns}	58,9 A ^{ns}	59,5 ^{ns}
Outono					
2014/2015	52,9 ^{ns}	54,3 A ^{ns}	54,0 ^{ns}	52,8 A ^{ns}	53,2 ^{ns}
Inverno					
2014/2015	26,9 B ^{ns}	28,5 A ^{ns}	28,0 A ^{ns}	26,7 A ^{ns}	27,5 A ^{ns}
2017/2018	34,1 A a	24,8 B bc	29,0 A b	23,3 B c	17,0 B d

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade pelo método de *bootstrap*.

A Urmin do ar não apresentou diferença estatística entre as posições no período de 2014/2015 e na primavera e inverno do período de 2017/2018, acompanhou o mesmo comportamento da Urmed (Tabela 3). Pezzopane; Pedro Jr; Gallo (2007) constataram que não houve variações na umidade relativa quando compararam os cultivos consorciados com o pleno sol. Segundo Vieira Junior et al. (2019), é difícil encontrar variações de umidade entre o sistema ILPF e o PS, pois a advecção do vento pode afetar esta variável, devido ao transporte horizontal de vapor d'água.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

No verão de 2014/2015, a Urmed foi estatisticamente igual no $ILPF_{12,25S}$ e $ILPF_{24,5m}$, tendo os menores valores. Na primavera de 2017/2018, a Urmed foi menor no $ILPF_{12,25S}$. No inverno do período 2017/2018, a Urmed e a Urmin foram menores no $ILPF_{12,25N}$. Os menores valores observados foram reflexo da maior RFA e temperatura do ar na face sul e norte do renque e centro do entre renques nos períodos citados.

Houve aumento da umidade relativa do ar sob o renque em praticamente todas as estações do ano, o que também foi verificado por Vieira Junior et al. (2019) em área sombreada. Comparando-se os períodos avaliados, percebe-se a influência do sistema ILPF na umidade relativa do ar, pois em 2017/2018 a umidade relativa média e mínima foram maiores na maioria das posições e estações do ano analisadas, o que pode ter ocorrido devido a maior altura das árvores e área sombreada, mantendo maior umidade no sistema.

A velocidade média do vento no $ILPF_{12,25N}$ se assemelhou ao PS no verão de 2014/2015 e outono de 2017/2018. Na primavera de 2014/2015, o $ILPF_{12,25S}$ apresentou velocidade média do vento maior que as demais posições. No verão de 2017/2018, outono e inverno de 2014/2015 foi maior a PS. No inverno de 2017/2018 foi maior no $ILPF_{12,25N}$ (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias de 8 às 16h00 de velocidade do vento média (m s^{-1}) por estação do ano e por período em diferentes posições no sistema de ILPF e a pleno sol (PS), Sinop/MT.

Período	PS	$ILPF_{12,25S}$	$ILPF_{12,25N}$
Velocidade média do vento (m s^{-1})			
Primavera			
2014/2015	1,36 A ab	1,39 A a	1,32 A b
2017/2018	1,09 B ^{ns}	1,07 B ^{ns}	1,05 B ^{ns}
Verão			
2014/2015	0,86 B a	0,74 B b	0,81 A a
2017/2018	0,95 A a	0,81 A b	0,79 A b
Outono			
2014/2015	1,34 A a	1,16 A b	1,17 A b
2017/2018	1,02 B a	0,81 B b	1,03 B a
Inverno			
2014/2015	1,81 A a	1,71 A b	1,67 A b
2017/2018	1,48 B b	1,35 B c	1,54 B a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade pelo método de *bootstrap*.

Pezzopane et al. (2010), Baliscei et al. (2012) e Oliveira et al. (2017) também constataram que a velocidade média do vento foi menor em sistemas ILPF, quando comparados à pastagem a pleno sol, sendo perceptível o efeito quebra-vento que as árvores proporcionam em diferentes arranjos de ILPF.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Os valores observados principalmente no $ILPF_{12,25S}$ confirmam a afirmação de Brenner (1996) de que a inserção de indivíduos arbustivos ou arbóreos em cultivos agrícolas altera o regime dos ventos sobre as plantas, na escala horizontal, pois os componentes do ILPF alteraram o movimento do ar, devido à rugosidade da superfície (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), a qual, causa a diminuição da velocidade do vento (MARTINS; GUARNIERI; PEREIRA, 2008), como ocorreu em algumas ocasiões no período estudado.

Em ILPF com menor espaçamento entre renques, Soares et al. (2009) também observaram que a velocidade do vento reduziu no outono, sendo em torno de 51%, em relação ao pleno sol.

No período de 2017/2018, a velocidade do vento foi maior que em 2014/2015 em três estações do ano, com exceção do verão. Considerando o conforto térmico dos bovinos, a Vv ideal varia entre 1,38 a 2,22 m s^{-1}, pois facilita a perda de calor por sudação (BAÊTA; SOUZA, 1997). No período avaliado, a média da velocidade média do vento esteve dentro destes limites no inverno dos dois períodos e na primavera de 2014/2015, não ultrapassando 1,81 m s^{-1}. Nos demais períodos, a média ficou abaixo dos valores recomendados por esses autores.

Sob outra perspectiva, essa atenuação da velocidade do vento pode ser benéfica aos componentes agrícola e pecuário (pastagem), resultando no incremento e rendimento do destes, devido ao menor consumo hídrico, resultado da menor evaporação da água do solo e transpiração das plantas, como também, menores danos físicos causados nas folhas (RIBASKY; MONTOYA; RODIGHERI, 2001). Os ventos de baixas intensidades, transportam vapor d'água sobre a superfície das folhas, o que favorece as trocas gasosas e a sua refrigeração (TAIZ; ZEIGER, 2004).

3.2 ANÁLISE MULTIVARIADA DO MICROCLIMA

O dendograma obtido a partir da análise de agrupamento hierárquico entre as posições de coleta de dados permitiu visualizar quatro grupos distintos de acordo com as variáveis climáticas analisadas, sendo eles: grupo 1: $ILPF_{renque}$, grupo 2: $ILPF_{12,25S}$, grupo 3: $ILPF_{24,5m}$ e grupo 4: $ILPF_{12,25N}$+PS (Figura 2).

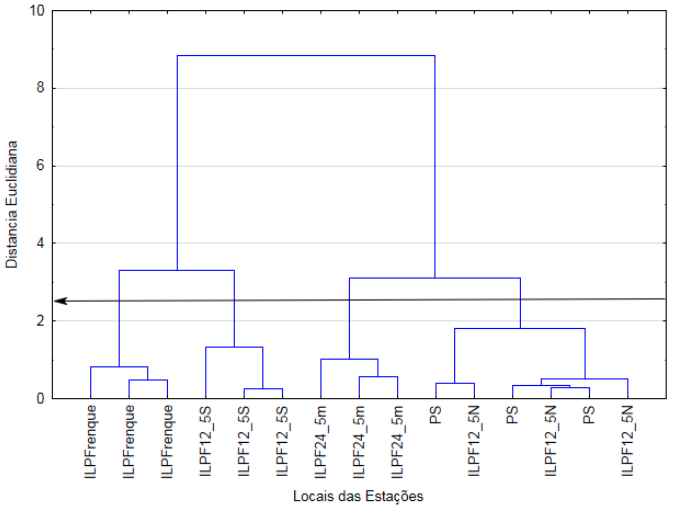

Figura 2 - Dendograma da análise hierárquica de agrupamentos que mostra a formação de quatro grupos para os locais de coleta de dados, de acordo com as variáveis microclimáticas estudadas.

A análise Cluster não hierárquica K-média (Figura 3) apresenta a média padronizada das variáveis selecionadas analisadas. Percebe-se que a variável que mais contribuiu para separação dos grupos foi a RFAmed, onde as menores médias foram verificadas no 1 ($ILPF_{renque}$) e as maiores no grupo 4 ($ILPF_{12,25N}$+PS), sendo que o grupo 3 ($ILPF_{24,5m}$) se aproximou mais do grupo 4, e o grupo 2 ($ILPF_{12,25S}$) ficou em uma posição intermediária. A Vvmed também contribuiu para a separação dos grupos, onde se observa a maior Vv no grupo 3 ($ILPF_{24,5m}$) e a menor no grupo 2 ($ILPF_{12,25S}$).

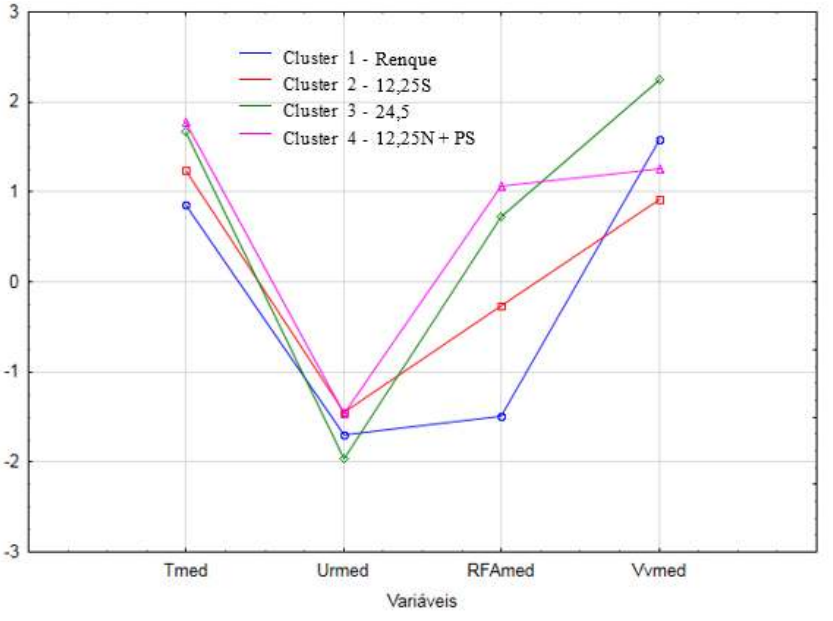

Figura 3 - Médias padronizadas das variáveis microclimáticas estudadas para cada grupo hierárquico.

Segundo Brenner (1996), a radiação é o primeiro elemento a ser modificado pela presença das árvores. Sob os renques duplos de eucalipto,

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

grande parte da radiação solar foi interceptada pela copa das árvores, cuja transmissão de RFA ao sub-bosque ficou abaixo de 50% em todas as estações do ano, conforme Tabela 1. Pezzopane et al. (2015) também observaram diferenças principalmente na incidência de RFA e Vv em um ILPF de 17 m entre renques.

A posição do sol na abóboda celeste, em decorrência de cada estação do ano também pode ter contribuído para a separação dos grupos, pois na latitude de Sinop (11°51'S) o sol permanece voltado para o sul de 20/10 a 20/02 e para o norte de 20/02 a 20/10 (MAGALHÃES et al., 2018), sendo que a partir de janeiro o lado sul começa a receber menos radiação, portanto é mais sombreado que a face norte até o fim do ano (LULU, MAGALHÃES; ZOLIN, 2019b). Esse período de maior exposição da face norte do renque fez que com o $ILPF_{12,25N}$ e o PS ficassem no mesmo grupo, diferindo do $ILPF_{12,25S}$, o qual permanece por mais tempo sombreado.

Soares et al. (2009) observaram que a presença de árvores cria zonas de microclima, reduzindo a radiação solar, devido ao sombreamento (BALISCEI et al., 2013; PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2004), pois parte da radiação que atinge o dossel é refletida, e parte é absorvida pelas copas, para posteriormente ser transmitida ao sub-bosque (WHATLEY; WHATLEY, 1982).

A Vv, por sua vez, foi modificada pela presença dos renques, cuja face sul ($ILPF_{12,25S}$) apresentou as maiores reduções, decorrente da direção predominante dos ventos no período avaliado, sendo 23% leste, 22% nordeste e 20% norte (EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL, 2019).

O $ILPF_{24,5m}$ apresentou maior Vv que o PS, o que pode ter sido influenciado pela diferença espacial de temperatura e pela possível canalização do vento para essa posição, aumentando sua Vv. Porfírio-da-Silva (1998) também constatou este comportamento em alguns horários do dia. O autor explicou que o gradiente horizontal de temperatura, decorrente do aquecimento diferenciado causado pelo sombreamento pode ter provocado brisas advectivas, fazendo com que a Vv fosse maior no centro do entre renques.

A Tabela 5 apresenta os coeficientes de correlação linear entre cada variável e o respectivo componente principal, cuja explicação da variância é 47,18% para o componente principal 1 (PC1), enquanto o segundo componente principal (PC2) foi explicado em 39,48%. Ambos componentes acumulam 86,66% de explicação das variâncias, atendendo ao limite mínimo de 70% da variância total nos dois primeiros componentes, estabelecido por Rencher (2002).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 5 - Autovalores, quantidade de variação explicada, coeficientes de correlação e autovetores entre as variáveis climáticas nos diferentes locais de avaliação e os dois primeiros componentes principais.

Componentes	PC1		PC2	
Autovalores	1,88		1,57	
Variância Explicada (%)	47,18		39,49	
Variância Acumulada (%)	47,18		86,67	
Correlação (Autovetores)				
Tmed	**0,54**	(0,13)	0,46	(0,25)
Urmed	**-0,56**	(0,02)	0,44	(0,05)
RFAmed	0,40	(0,01)	**0,58**	(0,09)
VVmed	0,48	(0,05)	**-0,50**	(0,00)
Componentes	PC1		PC2	
Interpretação	Temperatura média e umidade relativa média		Radiação Fotossinteticamente Ativa e Velocidade Média do Vento	

Assim, pode-se inferir que os maiores coeficientes de correlação, em ordem de importância são: Urmed (-0,56) que contrasta com Tmed (0,54) e para a CP2, RFAmed (0,58) em contraste à Vvmed (-0,50). Esses coeficientes de correlação determinam a composição da análise de componentes principais (ACP), demonstrada na Figura 4.

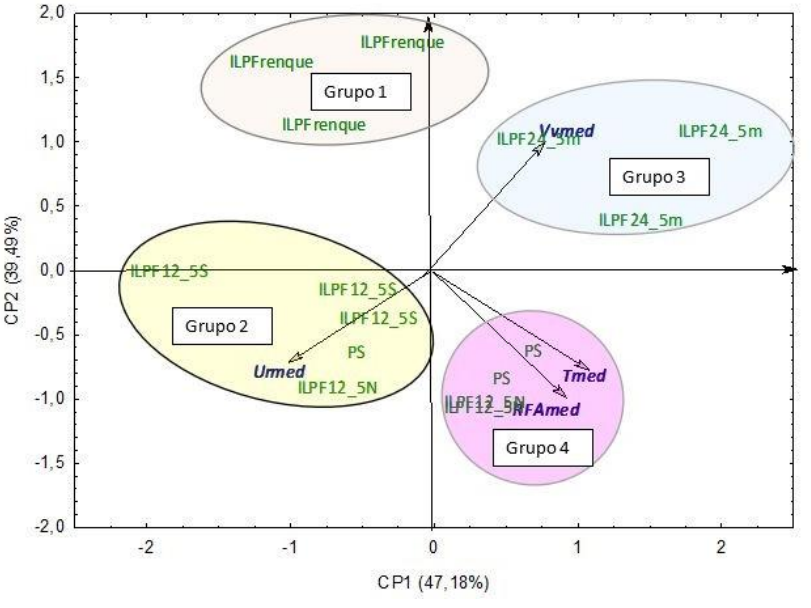

Figura 4 - Representação *biplot* do primeiro e do segundo componente principal (CP) contendo as variáveis climáticas e as posições de medida estudadas no ILPF Leite, Sinop/MT.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

A ACP representada pela dispersão amostral no gráfico biplot (Figura 4) destaca quatro agrupamentos distintos, conforme a distância entre as médias, no qual o grupo 1 é composto exclusivamente por $ILPF_{renque}$, o grupo 2 é composto na sua maioria por $ILPF_{12,25S}$, o grupo 3 é composto exclusivamente por $ILPF_{24,5m}$, e o grupo 4 reuni PS + $ILPF_{12,25N}$.

Das variáveis discriminantes relacionadas ao CP1 (Figura 4 e Tabela 5) destacam-se a Tmed ortogonalmente disposta à Urmed com os coeficientes de correlação e vetores significativos. Esses resultados demonstram que a Tmed discriminou fortemente os grupos 1 e 2 dos grupos 3 e 4, sem distinção entre esses dois últimos e a Urmed distingue os grupos 1 e 3 dos grupos 2 e 3, sem distinção entre 2 e 3. Em relação a CP2, destacam-se a RFAmed ortogonalmente disposta à Vvmed com coeficientes de correlação e vetores significativos, assim pode-se notar que estas variáveis contribuíram para distanciar os grupos e ajudar a distinguir os mesmos.

Os maiores valores de Tmed no $ILPF_{12,25N}$, no PS e no $ILPF_{24,5m}$, e os menores no $ILPF_{12,25S}$ e $ILPF_{renque}$, foram reflexos da RFAmed incidente em cada posição de medida microclimática, sendo menor sobre o renque e na face sul ($ILPF_{12,25S}$). Pezzopane et al. (2010) também observaram essa relação entre RFA e a temperatura. A diferença de incidência de RFA entre as posições de medida (Figura 3) mostra a potencial dos renques de eucalipto na interceptação da radiação solar em sistema de ILPF.

4. CONCLUSÃO

A análise univariada permitiu concluir que renques duplos de eucalipto espaçados 49 m entre si promovem variações espaço-temporais do microclima. As árvores proporcionaram melhoria do microclima principalmente abaixo do renque e no $ILPF_{12,25S}$ no outono e no inverno.

As maiores alterações foram referentes à transmissão de RFA na face norte e sul do renque, decorrente da declinação solar e época do ano, causando efeitos na temperatura e umidade relativa do ar. A umidade relativa do ar e a velocidade do vento também sofreram variações espaciais e temporais, embora menos expressivas que a transmissão de RFA.

A análise multivariada possibilitou uma visão integrada das alterações microclimáticas no sistema ILPF, distinguindo as posições avaliadas, com exceção do pleno sol e $ILPF_{12,25N,}$ em que a temperatura e radiação fotossinteticamente ativa foram responsáveis pelas semelhanças verificadas entre estes tratamentos.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor, e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Agrossilvipastoril pela parceria estabelecida.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. M. S. et al. Transmissão de luz em sistema silvipastoril com eucalipto. *Revista Árvore*, v. 26, n. 1, p. 19-23, 2002.

ARAÚJO, R. A. et al. Florística e estrutura de fragmento florestal em área de transição na Amazônia Matogrossense no Município de Sinop. *Acta Amazonica*, v. 39, p. 865- 878, 2009. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000400015.

AYOADE, J. O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. 4 ed. Rio de Janeiro: Betrand Brasil, 1996. 332p.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais*: conforto animal. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, O.; STONE, L. F. (Ed.). *Marco referencial integração lavoura-pecuária-floresta*. Brasília: Embrapa, 2011. 130 p.

BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. i-xii, 2011. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000001.

BALISCEI, M. A. et al. Behavior of beef cattle and the microclimate with and without shade. *Acta Scientiarum. Animal Sciences,* v. 34, n. 4, p. 409-415, 2012. DOI: http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i4.15055.

BALISCEI, M. A. et al. Microclimate without shade and silvopastoral system during summer and winter. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 35, n. 1, p. 49-56, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i1.15155.

BARBOSA, P. H. D. et al. Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 17, p. 98-118, 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.43048.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. *Pesquisa Florestal Brasileira*, n. 60, p. 77-87, 2009. Edição especial. DOI: 10.4336/2009.pfb.60.77.

BRENNER, A. J. *Microclimatic modifications in agroforestry*. In: ONG, C. K.; HUXLEY, P. (Ed.). Tree-crop interactions - A physiological approach. Cambridge: University Press, 1996.

CARLESSO, R.; ROSA, G. M.; PETRY, M. T. Variáveis meteorológicas e o desenvolvimento dos cultivos agrícolas. In: *Usos e benefícios da coleta de dados meteorológicos na agricultura*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2007. p. 39-73.

CARVALHO, P. C. F. et al. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 5, p. 1040-1046, 2014.

COLETTI, A. J. *Cultivo de milho consorciado com capim-piatã em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta*. 2016. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2016.

CRESTANI, S. et al. Sward structural characteristics and herbage accumulation of Piatã palisade grass (*Brachiaria brizantha*) in a crop–livestock–forest integration area. *Crop & Pasture Science*, v. 68, p. 859–871, 2017. DOI: https://doi.org/10.1071/CP16341.

ELOY, E. et al. Influência do espaçamento na interceptação de radiação do dossel vegetativo de espécies arbóreas. *Enciclopédia biosfera*, v. 8, n. 14, p. 683-691, 2012.

EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL. Estação meteorológica. Dados meteorológicos diários - estação Embrapa Agrossilvipastoril.xlsx. [Sinop], 2019. 1 Planilha eletrônica. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1354377/2455052/Dados+meteorol%C3%B3gicos+di%C3%A1rios/299f5248-c518-98d7-c2d9-d7f49a794154. Acesso em: 21 ago. 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e agrotecnologia*, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001.

GOMES, J. B. et al. Conversão de florestas tropicais em sistemas pecuários na Amazônia: quais as implicações no microclima da região? *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 17, p. 67-81, 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.42879.

GONTIJO NETO, M. M. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. *Boletim de Indústria Animal*, v.71, n.2, p.183-191, 2014.

KARVATTE JUNIOR, N. et al. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. *International Journal of Biometeorology*, v. 60, p. 1933-1941, 2016. DOI: 10.1007/s00484-016-1180-5.

KICHEL, A. N. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. In: BUNGENSTAB, D. J. (Org.). *Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta*: a produção sustentável. 2. ed. – Brasília: Embrapa, 2012. p. 1-10.

LULU, J.; MAGALHÃES, C. A. S.; ZOLIN, C. A. Microclima em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com foco em gado de corte no norte de Mato Grosso. In: FARIAS NETO, A. L. (Org.). *Embrapa Agrossilvipastoril*: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável. – Brasília: Embrapa, 2019a. p. 237-241.

LULU, J.; MAGALHÃES, C. A. S.; ZOLIN, C. A. Microclima em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com foco em gado de leite no norte de Mato Grosso. In: FARIAS NETO, A. L. (Org.). *Embrapa Agrossilvipastoril*: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável. – Brasília, DF: Embrapa, 2019b. p. 327-331.

MAGALHÃES, C. A. S. et al. *Índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia.* – Sinop, MT: Embrapa, 2018. 24 p.

MARTINS, F. B.; SILVA, J. C; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de

muda. *Revista Árvore*, v. 31, n. 3, p. 373-381, 2007. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000300002.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 1, p. 1-13, 2008. DOI: https://doi.org/10.1590/S1806-11172008000100005.

MASCHERONI, J. D. C. *Características estruturais do dossel forrageiro e acumulo de forragem de Brachiaria brizantha cv. Piatã submetido a regime de sombra em sistemas de integração lavoura pecuária floresta*. 2015. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). – Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz", Piracicaba, 2015.

OLIVEIRA, C. C. et al. Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. *Agroforest System*, v. 92, n. 6, p. 1659-1672, 2017. DOI: 10.1007/s10457-017-0114-5.

OLIVEIRA, T. K. *Sistema agrossilvipastoril com eucalipto e braquiária sob diferentes arranjos estruturais em área de Cerrado*. 2005. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal: Florestas de Produção) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PACIULLO, D. S. C. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 573-579, 2007. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400016.

PENG, X. et al. Photosynthetic Response of Soybean to Microclimate in 26-Year-Old Tree-Based Intercropping Systems in Southern Ontario, Canada. *PLoS ONE*, v. 10, n. 6, p. 1-6, 2015. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129467.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. *Agrometeorologia*:

fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478 p.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/coqueiro-anão verde. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 11, n. 2, p. 293-302, 2003. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000300003.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JR., M. J.; GALLO, P. B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 3, p. 256-264, 2007. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000300003.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia. *Ciência Rural*, v. 40, n. 6, p. 1257-1263, 2010. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010005000098.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Microclimate in coffee plantation grown under grevillea trees shading. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 2, p. 201-206, 2011. DOI: 10.4025/actasciagron.v33i2.7065.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. *Bragantia*, v. 74, n. 1, p. 110-119, 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0334.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Production and nutritive value of pastures in integrated livestock production systems: shading and management effects. *Scientia Agricola*, v. 77, n. 2, p. e20180150, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0150.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. *Modificações microclimáticas em sistema silvipastoril com Grevillea robusta A. Cunn. ex. R. BR. na região noroeste do Paraná.* 1998. 152 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. et al. A radiação solar global em pastagem arborizada com renques de *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. *Agrossilvicultura*, v. 1, n. 1, p. 187-193, 2004.

RENCHER, A. C. *Methods of Multivariate Analysis*. 2 ed. Provo: A JOHN WILEY & SONS, INC. PUBLICATION., 2002. 727 p.

RIBASKY, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHERI, H. R. Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. *Informe Agropecuário*, v. 22, n. 212, p. 61-67, 2001.

RIBEIRO, A. Eucalipto. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). *Agrometeorologia dos cultivos*: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009. p. 407-424.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. ed. rev. – Brasília: Embrapa; 2013.

SCHUMACHER, M. V; POGGIANI, F. Caracterização microclimática no interior dos talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, localizados em Anhembí, SP. *Ciências Florestais*, v. 3, n. 1, p. 9-20, 1993. DOI: http://dx.doi.org/10.5902/19805098282.

SILVA, R. G. *Introdução à bioclimatologia animal*. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SILVA, R. G. Predição da configuração de sombras de árvores em pastagens para bovinos. *Engenharia Agrícola*, v. 26, n. 1, p. 268-281, 2006. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162006000100029.

SKERMAN, P. J.; RIVEIROS, F. *Gramíneas Tropicales*. Roma: FAO, 1992.,849p.

SOARES, A. B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000300007.

SOUZA, W. et al. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. *Revista Brasileira de Zootecnia,* v. 39, n. 3, p. 685-694, 2010a. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000300030.

SOUZA, W. et al. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.3, p.677-684, 2010b. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000300029.

SOUZA, A. P. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. *Nativa*, v. 1, p. 34-43, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07.

SOUZA, L. A. S. et al. Physiological and behavioral responses of dairy heifers in an integrated-crop-livestock-forestry system. *African Journal of Agricultural Research*, v. 12, n. 15, p. 1278-1285, 2017. DOI: 10.5897/AJAR2016.11918.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722 p.

VAN OUDENHOVEN, A. P. E. et al. Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological Indicators*, v. 21, p. 110-122, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.012.

VIEIRA JUNIOR, N. A. et al. Temperature, thermal comfort, and animal ingestion behavior in a silvopastoral system. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 40, n. 1, p. 403-416, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n1p403.

VON ARX, G.; DOBBERTIN, M.; REBETEZ, M. Spatio-temporal effects of forest canopy on understory microclimate in a long-term experiment in Switzerland. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 166-167, p. 144-155, 2012. DOI: 10.1016/j.agrformet.2012.07.018.

WHATLEY, J. M., WHATLEY, F. R. *A luz e a vida das plantas*. São Paulo: EPU/EDUSP, 1982. 103 p.

ZAMADEI, T. et al. Estimativas da radiação difusa diária com base na transmissividade atmosférica e insolação na transição Cerrado-Amazônia. Revista Brasileira de Climatologia. v. 23, p. 134-151, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.48354