



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

MEGG CATTEM MORENO

MICROCLIMA EM DIFERENTES MODELOS DE SISTEMAS SILVIPASTORIS

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2021

MEGG CATTEM MORENO

MICROCLIMA EM DIFERENTES MODELOS DE SISTEMAS SILVIPASTORIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.
Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2021

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

C368 Cattedem Moreno, Megg, 1986-
m Microclima em Diferentes Modelos de Sistemas Silvopastoris
/ Megg Cattedem Moreno. - 2021.
63 f. : il.

Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências
Agrárias e Engenharias.

1. Estações do ano. 2. Microclima. 3. Sistema silvipastoril. 4.
Sombreamento. I. Macedo Pezzopane, José Eduardo. II.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências
Agrárias e Engenharias. III. Título.

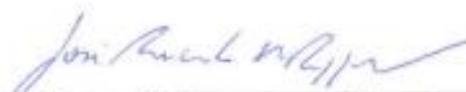
CDU: 630

MICROCLIMA EM DIFERENTES MODELOS DE SISTEMAS SILVIPASTORIS

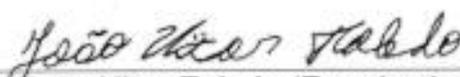
Megg Cattem Moreno

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 29 de outubro de 2021.



Dr. José Ricardo Macedo Pezzopane (Examinador externo)
Embrapa – São Carlos



Dr. João Vitor Toledo (Examinador externo)
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane (Orientador)
Universidade Federal do Espírito Santo

Aos meus pais, Bento e Rosa, por sempre acreditarem em mim e por terem abdicado de suas vidas em prol das realizações e da felicidade das suas filhas.

Às minhas irmãs Danielly, Viviane, Talita e Leandra, pela preocupação, carinho e incentivo.

Ao meu esposo Wagner e aos nossos filhos, Laura e Vicente, por todo amor, incentivo, apoio e compreensão. Nada disso teria sentido se vocês não existissem na minha vida.

A vocês dedico, por serem minha base, meu alicerce, minha motivação e minha alegria diária e em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

O percurso do mestrado é uma extensa jornada, em que sua trajetória é marcada por inúmeros desafios, incertezas, alegrias e muitas adversidades que vão surgindo pelo caminho, mesmo sendo um processo em que exige comprometimento integral, é impossível ser realizado de forma individual e solitária, exige e depende de vários fatores, e um deles é a colaboração de pessoas para executar as extensa pauta das incumbências proposta pelo estudo e sem o apoio, energia, força, disponibilidade e contribuição das pessoas (que foram anjos) que Deus colocou em meu caminho seria impossível chegar aqui. Por isso, dedico este projeto de vida a todos que contribuíram de forma direta ou indiretamente na realização deste trabalho e expressar quão grata sou a todos.

A Deus, primeiramente, pela dádiva da vida, por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência, pela proteção, cuidado, sustento, fortalecimento, direcionamento e inspiração. Obrigado por me permitir errar, aprender e crescer, por Sua eterna compreensão e tolerância, por Seu infinito amor e infinita misericórdia, por me fortalecer nos momentos em que já sentia ter mais forças e por não me permitir jamais de desistir e principalmente por ter me agraciado com uma família, filhos, amigos e pessoas que sem me conhecer foi luz no meu caminho. Sou muito abençoada e eternamente grata por tudo.

A Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais pela oportunidade.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo financiamento da pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À minha mãe e ao meu pai, por todas as lições de amor, humildade, companheirismo, amizade, caridade, dedicação, abnegação, compreensão, força, perdão e o incentivo de lutar, correr atrás dos nossos objetivos, de colocar em prática nossos projetos foi fundamental para me fortalecer e me fazer chegar até aqui. Tenho muito orgulho e sou privilegiada por ter pais tão especiais.

Às minhas irmãs, Danielly, Viviane, Talita e Leandra, pelo apoio de sempre em tudo nesta vida, pelas conversas e incentivos.

Ao meu esposo, Wagner, pela compreensão e apoio em tantos momentos difíceis desta caminhada, pelo companheirismo que mesmo em seus dias de descanso me fazia companhia nas vigílias de equipamentos no campo aos sábados e domingos. Obrigado por permanecer ao meu lado, mesmo sem os carinhos rotineiros, sem a atenção devida e depois de tantos momentos de lazer perdidos. Obrigado por estar sempre presente e ter contribuído para chegar ao fim deste percurso.

Aos meus filhos, Laura e Vicente, que amo incondicionalmente. À Laura a que mais sentiu durante toda essa caminhada, mesmo sendo tão pequena compreendeu minha ausência, e as noites que a mamãe não tinha como passar agarradinha, obrigada meu amor, por me completar com seu sorriso, carinho e amor, espero compensá-la das horas de atenção e brincadeiras que lhe devo. Ao Vicente, por sofrer junto comigo, ainda no forninho, alguns percalços que surgiram no meio da caminhada, que chegou no finalzinho, mas que merece dedicação, e por ser mais um motivo de alegrias em nossa família, e que chegou para completar nossas vidas. Vocês são os motivos da minha alegria diária e por quem dou a volta ao mundo e me desdubro em mil. Amo vocês.

Ao meu orientador, Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane, pelos ensinamentos e orientações pautados por um elevado nível científico, pela competência, profissionalismo e dedicação e também pela paciência, preocupação, compreensão e cuidado ao longo dessa jornada, sem seus direcionamentos e apoio seria impossível concluir. Muito obrigada!

Ao Dr. João Vitor Toledo, por todo suporte durante essa trajetória, pelos direcionamentos e orientações, por sua disponibilidade, atenção e paciência durante as disciplinas, condução dos experimentos e análises dos dados, serei eternamente grata a você!

À Dra. Valéria Hollunder Klippel, pelas orientações, direcionamentos, suporte e apoio no projeto e na condução do experimento. Por ser sempre solícita, pelas conversas, conselhos e irmandade, agradeço a Deus por ter me permitido conviver com você, sou extremamente grata a você!

À Dra. Luciana Lorenzoni, amiga de longa data, por ser a primeira a me incentivar a percorrer essa jornada, pelos direcionamentos e longas conversas e sorrisos.

À Ma. Caroline Tavares, a irmã que o mestrado me presenteou, pelo apoio, orientações, direcionamentos e suporte nas disciplinas, na condução dos

experimentos, às idas ao campo, nas análises dos dados e correção dos gráficos (que pareciam ser intermináveis), pelas longas conversas, pela paciência (com meus surtos e desabafos), pelo companheirismo e disponibilidade em sempre poder ajudar, agradeço a Deus por me permitir e conviver com um ser tão humano e tão generoso. Sou eternamente grata a você Carol, por tudo!

Elbynha Gibson, por todo suporte e apoio na montagem e condução dos experimentos, pelo companheirismo às idas ao campo (tanto em Pacotuba como na área experimental) e no cursar das disciplinas (as longas noites que passamos discutindo equações em plena pandemia, calculando e recalculando...), pelas longas conversas, risos, gargalhadas e maluquices, sua alegria contagia, pra você não existe tempo ruim. Meu muito obrigada por tornar essa jornada mais leve!

À Patrícia Borges, pela parceria e companheirismo no decorrer das disciplinas, também pelo suporte durante o experimento, pelas conversas, risos e açaís.

À Maria Paula Reggiane, por todo suporte na condução do experimento, pelas conversas compartilhadas e risos, muito obrigada!

À Dra. Genilda do Amaral Canuto, pelo suporte durante o experimento, orientações, conselhos e disponibilidade, também pelas conversas e risos. Foi um presente te conhecer! Deus sempre traça nossos caminhos com verdadeiras surpresas!

À Franciele e Augusto, amigos que Deus me presenteou durante essa jornada, parceiros de disciplinas, de longas conversas, de risos, de corre, de sufoco nas disciplinas, de desabafos, obrigada por ter dividido o peso e as alegrias e ter tornado esse processo mais leve!

À Elaine Galvão, a baiana mais arretada, pela parceria de disciplina, pelas conversas, cafés e sorrisos.

À Aline Ramalho, Ramon, Maicon, Adalton, pelo suporte na condução dos experimentos, eternamente grata a vocês!

Aos professores Dr. Geraldo, Dr. Edivaldo, Dr. Marcos Vinícius, Dr. Alexandre Rosa, Dr. Wendel, Dr. José Francisco Teixeira do Amaral, Dr. Rodrigo, Dr. Ananias e Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane que fizeram parte e contribuíram para minha formação.

A todos os colegas de disciplinas, que comigo compartilharam momentos de aprendizado e experiências, muito obrigada!

À Lyvia Poggian, Lília Lopes e Christianny Barreto, pela contribuição e auxílio, disponibilidade e solicitude nos momentos que precisei, amigas que a profissão me presenteou, muito obrigada!

À Ritinha Martins e Cristiane Martins, pelo incentivo, força e apoio logo no início dessa jornada, quando eu apenas pensava em participar do processo seletivo, muito obrigada.

À minha amiga Suely, pela paciência, conversas, conselhos e orações, por acreditar, apoiar e se fazer presente mesmo de longe.

À professora Cíntia Teixeira, pelos ensinamentos durante minha graduação e apoio nessa jornada.

Aos membros da banca examinadora, Dr. José Ricardo Macedo Pezzopane e Dr. João Vitor Toledo, que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

Não existem vitórias sem batalhas.

As maiores batalhas que temos que enfrentar e combater está dentro de nós, e somente Deus pode nos fortalecer para vencermos a guerra que existe em nosso interior!

RESUMO

MORENO, Megg Cattem. **Microclima em diferentes modelos de sistema silvipastoril**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. D.Sc José Eduardo Macedo Pezzopane.

A agropecuária no Brasil representa boa parte da economia do país, desta forma, os Sistemas Silvopastoris (SSP) auxiliam na intensificação do sistema agropecuário, além de promover benefícios ao meio ambiente contribuindo para a recuperação de áreas degradadas, aumentando os estoques de carbono e nitrogênio no solo, colaborando na ciclagem de nutrientes, auxiliando no aumento de infiltração de água no solo e favorecendo também conforto térmico animal. O estudo teve como objetivo avaliar como o componente arbóreo influencia o microclima, em diferentes modelos de sistemas silvipastoris, na estação chuvosa (verão) e na estação seca (inverno). Para tanto, o estudo foi realizado numa área rural localizada no município de Jerônimo Monteiro, ES (Latitude: 20°50'27"S; Longitude: 41°22'22"W e Altitude: 141m, com localização à 45° nordeste (NE) numa encosta com inclinação de 17, que consiste em uma área de pastagem inicialmente recuperada, onde foram adotados três modelos de sistemas silvipastoris: pastagem consorciada com eucalipto (*E. urophila* x *E. gradis*), pastagem consorciada com eucalipto e leucena (*Leucaena leucocephala*), uma leguminosa florestal e, por último, pastagem consorciada com araribá (*Centrolobium tomentosum*) e duas monoculturas: eucalipto e pastagem brachiaria (*Urochloa brizantha*), totalizando cinco tratamentos. Os tratamentos foram delimitados numa largura de 34x50 de comprimento. A caracterização microclimática foi realizada por meio de sensores que foram acoplados em estações meteorológicas automáticas por meio de um datalogger, medindo as seguintes variáveis: saldo de radiação, radiação solar global, radiação fotossinteticamente ativa, temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura da superfície e temperatura do solo a 2, 5, 10 e 20 cm de profundidade. A partir dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, foi possível determinar o déficit de pressão de vapor. O Índice de área foliar foi determinado a partir de um analisador de dossel modelo. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva e regressão linear. Os resultados mostraram que o volume de chuva influencia na partição do balanço de energia e as variações microclimáticas

entre as estações. O regime de radiação entre os tratamentos diferenciou de forma importante devido à presença do componente arbóreo nos Sistema Silvopastoril. Entre os três sistemas silvipastoris, eucalipto com pasto, eucalipto com leucena e araribá com pasto a radiação fotossinteticamente ativa variou consideravelmente, evidenciando que o tipo de componente arbóreo que constitui um determinado SSP influencia diretamente na incidência e no regime de radiação sobre o sistema, afetando a temperatura da superfície do solo e perfil do solo, a temperatura e a umidade relativa do ar dentro do sistema. À medida que ocorre o aumento do dossel do componente arbóreo, ocorre alterações nas variáveis microclimáticas no sistema, pois altera o regime de energia dentro do sistema, desta forma, afetando a temperatura da superfície do solo entre os tratamentos, quando comparada as estações, chuvosa e seca. A temperatura máxima da superfície do solo dos SSP quando comparados com os tratamentos monocultivo de pasto e araribá com pasto, reduziram nas duas estações, o que pode beneficiar a produção pecuária, propiciando maior conforto térmico animal.

Palavras-chave: Estações do ano, Microclima, Sistemas silvipastoris, Sombreamento.

ABSTRACT

MORENO, Megg Catterm 2020. Microclimate in different models of silvopastoral system. Dissertation (Master in Forest Sciences) - Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro - ES. Advisor: Prof. Doctor José Eduardo Macedo Pezzopane.

Agriculture in Brazil represents a good part of the country's economy, thus, the Silvopastoral Systems (SSP) help to intensify the agricultural system, in addition to promoting environmental benefits, contributing to the recovery of degraded areas, increasing carbon and nitrogen stocks in the soil, contributing to the cycling of nutrients, helping to increase water infiltration into the soil and also favoring animal thermal comfort. The study aimed to evaluate how the tree component influences the microclimate, in different models of silvopastoral systems, in the rainy season (summer) and in the dry season (winter). Therefore, the study was carried out in a rural area located in the municipality of Jerônimo Monteiro, ES (Latitude: 20°50'27"S; Longitude: 41°22'22"W and Altitude: 141m, located at 45° northeast (NE) on a slope with an inclination of 17, which consists of an area of initially recovered pasture, where three models of silvopastoral systems were adopted: pasture intercropped with eucalyptus (*E. urophila* x *E. gradis*), pasture intercropped with eucalyptus and leucaena (*Leucaena leucocephala*), a forest legume and, finally, pasture intercropped with arariba (*Centrolobium tomentosum*) and two monocultures: eucalyptus and brachiaria pasture (*Urochloa brizantha*), totaling five treatments. The treatments were delimited in a width of 34x50 in length. performed by means of sensors that were coupled to automatic meteorological stations through a datalogger, measuring the following variables: radiation balance, global solar radiation, radiation photosynthetically active, air temperature, relative air humidity, surface temperature and soil temperature at 2, 5, 10 and 20 cm depth. From the temperature and relative humidity data, it was possible to determine the vapor pressure deficit. Leaf area index was determined using a model canopy analyzer. Data were analyzed using descriptive statistics and linear regression. The results showed that the volume of rain influences the partition of the energy balance and the microclimatic variations between seasons. The radiation regimen between treatments differed significantly due to the presence of the arboreal component in the Silvopastoral System. Among the three silvopastoral

systems, eucalyptus with pasture, eucalyptus with leucaena and arariba with pasture, the photosynthetically active radiation varied considerably, showing that the type of tree component that constitutes a given SSP directly influences the incidence and radiation regime on the system, affecting the soil surface temperature and soil profile, the temperature and the relative humidity of the air within the system. As the canopy of the arboreal component increases, there are changes in the microclimatic variables in the system, as it changes the energy regime within the system, thus affecting the soil surface temperature between treatments, when compared to seasons, rainy and dry. The maximum soil surface temperature of the SSP when compared to the monoculture treatments of pasture and arariba with pasture, reduced in both seasons, which can benefit livestock production, providing greater animal thermal comfort.

Keywords: Seasons, Microclimate, Silvopastoral systems, Shading.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Sistema silvipastoril	18
2.1.1 Componentes em Sistema Silvipastoril.....	22
2.2 Microclima em sistemas Silvipastoris.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Área de estudo	27
3.2 Análises microclimáticas	31
4. RESULTADOS.....	36
4.1 Caracterização meteorológica dos períodos de estudo	36
4.2 Radiação Fotossinteticamente Ativa e Saldo de radiação	39
4.3 Temperatura superfície e temperatura do solo	44
4.4 Temperatura do ar e Déficit de Pressão de Vapor (DPV)	50
5. CONCLUSÕES.....	58
6. REFERÊNCIAS.....	59

1. INTRODUÇÃO

A produção agropecuária é uma das atividades interligada ao setor primário e responsável por impulsionar a economia no Brasil. No ano de 2018, a pecuária de corte movimentou cerca de 597,22 bilhões de reais, elevando para 8,7% sua participação no PIB brasileiro (ABIEC, 2019). Porém, a intensa exploração da atividade está vinculada a resultados negativos como o desmatamento, compactação do solo, erosão, assoreamento de rios, perda da biodiversidade, afetando assim todo o ecossistema (CUNHA et al., 2008).

A criação de gado no Brasil ocorre principalmente em pastagens que ocupam uma área de cerca de 200 milhões de hectares (IBGE, 2006). Ao longo dos anos, os solos foram utilizados sem reposição adequada de nutrientes e com manejo inadequado dos animais, o que resultou na degradação dessas pastagens (SANTOS et al., 2016). Aproximadamente de 50 a 70% do total das áreas de pastagem do país estão com algum grau de degradação ou estão em processo de degradação (DIAS FILHO, 2014).

Essa situação não é diferente quando analisamos as pastagens do Estado do Espírito Santo. A pecuária é uma importante base da economia no estado, onde a área de pastagem ocupa 1.341.817 hectares com aproximadamente 33.169 estabelecimentos e rebanho estimado em 1.647.278 cabeças de gado, o que representa cerca de 0,9% do rebanho do Brasil (IBGE, 2017).

Uma alternativa para a restauração dessas pastagens degradadas ou em degradação é a implementação de sistemas silvipastoris (SSP) (DIAS FILHO et al., 2011). Estes são sistemas complexos que fazem parte dos modelos de integração lavoura x pecuária x floresta, uma prática agroflorestal planejada para se obter benefícios por meio das interações biológicas entre os componentes do sistema. Além disso, o modelo pode possibilitar o aumento de renda da propriedade pela exploração econômica de mais de um produto comercializável na mesma área (PACIULLO et al., 2011). Os SSP promovem outros benefícios, como: auxiliar no conforto térmico animal (BROOM et al., 2017; PEZZOPANE et al., 2019), recuperar áreas degradadas (SILVA et al., 2017), aumentar os estoques de carbono e nitrogênio do solo (SARTO et al., 2020), ciclagem de nutrientes (LANA et al., 2018) e aumentar a infiltração de água no solo (BOSI; PEZZOPANE; SENTELHAS, 2020).

Os SSPs têm potencial para sustentar a intensificação do sistema pecuário, especialmente em cenários de mudanças climáticas (PEZZOPANE et al., 2015). Estudos mostram que esses sistemas permitem que o gado se adapte ao aumento na temperatura do ar (PEZZOPANE et al., 2019) e auxiliar na mitigação das emissões de gases de efeito estufa (RESENDE et al., 2019).

A presença de árvores causa mudanças no microclima do sub-bosque onde existe o cultivo de forragens. O microclima dentro de um SSP é muito dinâmico, incluindo flutuações na radiação fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura e umidade relativa do ar, devido ao posicionamento do sol e às variações climáticas locais (PEZZOPANE et al., 2015), que podem afetar o crescimento e a ecofisiologia da espécie forrageira. Vários estudos conduzidos para avaliar o SSP com eucalipto e braquiária, também mostram que a interações favoráveis dentro dos sistemas (GOMES et al., 2020; LANA et al., 2018, 2016; RESENDE et al., 2019; SANTOS et al., 2016).

Nesse contexto, o estudo teve como objetivo avaliar como o componente arbóreo influencia o microclima, em diferentes modelos de sistemas silvipastoris, na estação seca e na estação chuvosa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema silvipastoril

O atual cenário da agricultura é questionável, uma vez que ela traz consigo alterações que podem prejudicar o ambiente de forma considerável, vinculando-a a incapacidade de desenvolvimento sustentável (MILITÃO, 2017). A degradação das pastagens no Brasil gera impactos bastante negativos tanto sobre o meio como também econômicos, devendo priorizar a recuperação dessas áreas degradadas (MENDES et al., 2019). A fim de minimizar os impactos ambientais causados pelas pastagens, uma medida estratégica de produção que pode reverter esse quadro de degradação é a implementação e o uso de sistemas silvipastoris (DIAS-FILHO et al., 2011).

O Sistema Silvipastoril (SSP) também é conhecido como sistema de integração pecuária-floresta (IPF), classificado dentro das modalidades da integração lavoura-pecuária- floresta (ILPF) (EMBRAPA, 2015). Nesse sistema, as árvores crescem integradas a outras atividades, como pecuária e pastagem (BARBOSA et al., 2019; MENDES et al., 2019). No Brasil, os sistemas silvipastoris ocupam aproximadamente 2 milhões hectares segundo informações da Embrapa (2016).

Os sistemas silvipastoris são sistemas de integração empregados desde a antiguidade, havendo alguns relatos de sistemas de integração ainda no Egito antigo, com o passar do tempo vem sendo utilizados como forma de recuperação de áreas degradadas, principalmente das pastagens (HANISCH et al., 2019).

Os sistemas de integração são classificados como sistemas de produção sustentáveis estabelecendo de forma harmônica entre a produção e as condições ecofisiológicas do ambiente, além de viabilizar e aliar à produção econômica com sustentabilidade ambiental (FADL; MAHMOUD; HAMAD, 2015). Os sistemas de integração são tecnicamente eficientes, economicamente viáveis, pois podem aumentar a produção sem necessidade de integrar novas áreas ao processo produtivo, socialmente justo e ambientalmente responsável.

Militão (2017) afirma que o componente florestal inserido dentro de sistemas de integração na propriedade rural pode garantir condições melhores e adequadas para produção de forragem e para a criação. Além disso, o manejo da produção pecuária e o componente arbóreo intencionalmente combinados nas mesmas

condições físicas e no mesmo espaço de tempo permitem a diversificação de atividades econômicas na propriedade (LEMOS JR et al., 2016). A diversificação de atividades é o principal foco do sistema, ou seja, a criação de gado juntamente com a cultura de floresta e forragem consiste principalmente em produtos consorciados na mesma área, onde o beneficiamento mútuo dos produtos das atividades tende a facilitar a manutenção e o equilíbrio do ecossistema local, promovendo a recuperação, principalmente as pastagens degradadas. (LEMOS JR et al., 2016).

Para implantar um sistema silvipastoril é importante a observação de alguns critérios, pois há uma diversificação da integração de diferentes componentes no sistema de produção (EMBRAPA, 2015). O primeiro passo antes de implantar um sistema de integração, é o planejamento do que se pretende fazer, sinalizando e enfatizando os principais objetivos que o produtor rural pretende alcançar com a implementação do sistema.

Para o planejamento do SSP é importante que o produtor rural faça um estudo geral da área buscando conhecer melhor as condições do ecossistema local. Este estudo deve incluir análises relativas ao clima, solo, recursos hídricos e possíveis pragas recorrentes da região, neste último deve-se fazer o controle de pragas com utilização de herbicidas ou outros. Tudo isso deve ser avaliado antes da implantação do sistema. Faz-se necessário ainda, analisar a infraestrutura que se pretenda produzir e a forma como fará o armazenamento da produção (EMBRAPA, 2015).

Destaca-se que a avaliação do solo é um critério que deve ser cuidadosamente avaliado antes da implantação do SSP. As características físicas e químicas do solo adequadas são essenciais para garantir uma boa produtividade das culturas e pastagens (LIMA et al., 2018). Assim, a análise do solo permite fazer a preparação ou a correção do solo (caso necessite controlar a acidez do solo) de modo eficaz, permitindo o desenvolvimento adequado das plantas.

A influência do componente florestal em um sistema depende de alguns fatores como a escolha adequada da espécie, o espaçamento entre os indivíduos estabelecido na implantação do sistema e o manejo florestal adequado (PACIULLO et al., 2011; PEZZOPANE et al., 2015), para garantir o sucesso do sistema.

A escolha do componente arbóreo e da gramínea que irão compor o sistema é ponto muito importantes a ser considerado no planejamento de um sistema silvipastoril. Segundo Lemos-Jr et al. (2016), as espécies de árvores e pastagens

utilizadas devem promover crescimento mútuo, onde uma espécie complementar ou auxiliará o desenvolvimento da outra, ou seja, as espécies irão interagir, influenciando a disponibilidade dos nutrientes e ciclagem de cada espécie.

Outro fator a ser considerado, é a disponibilidade de radiação solar para cada estrato vegetal do sistema (arbóreo e pastagem). Quando as espécies são manejadas adequadamente, melhoram as condições microclimáticas da área, tornando o ambiente mais favorável para o desenvolvimento da forragem e do componente arbóreo. De acordo com Militão (2017), o componente arbóreo ao mesmo tempo em que favorece a produção animal, também contribui para o desenvolvimento na produção das forragens. Porém, se ocorrer excesso de sombreamento causado pela copa das árvores, ocasionará a redução de radiação solar que chegará sob o dossel das forragens, o que há de implicar na produção fotossintética da planta.

Para Mendes et al. (2019), tanto o componente arbóreo como as forragens precisam ser altamente tolerantes ao estresse provocado pelo sistema. Além disso, as árvores precisam apresentar crescimento inicial rápido, sua copa deve ter tamanho reduzido ou até mesmo escasso ao longo do eixo, para que possa diminuir o sombreamento no pasto. A forragem por sua vez, deve apresentar capacidade de regeneração rápida, quando esta for parcialmente danificada.

É evidente que para o sucesso de um SSP depende de manejo adequado. Logo após o plantio do componente arbóreo é importante manter um ciclo anual de adubações, tratos culturais, podas, desbastes e manutenção tanto do componente arbóreo como da forragem, sempre que necessário (EMBRAPA, 2015).

Ainda na elaboração do projeto para implantação do sistema, deve-se analisar e avaliar o tipo de recurso financeiro que será utilizado para a implantação do sistema, o domínio da tecnologia que será utilizada para a produção, o mercado de compra de insumos e a comercialização do produto final, o acesso à assistência técnica para manutenção e produção do sistema e finalmente, possibilidade de parcerias (EMBRAPA, 2015).

Estudos têm apontado que alguns modelos de atividades pecuárias e monoculturas manejadas de forma errônea e não sustentáveis tem causado grandes perdas na produtividade. Essas perdas podem ocorrer em função do aparecimento de pragas e doenças, além da degradação do solo e dos recursos naturais gradativamente, tornando-os cada vez mais frágeis por conta do alto gasto de energia.

Como consequência do uso inadequado dos recursos, o resultado é a diminuição da qualidade e da produção desejada das forragens (SOARES et al., 2009). O oposto é observado nos sistemas de integração que, além de promoverem a diversificação das atividades, atribuem ao produtor mais estabilidade financeira, aumentando a biodiversidade e as interações biofísicas sinérgica entre os componentes, beneficiando a produtividade agrícola e tornando a propriedade mais sustentável. O sucesso de um sistema silvipastoril depende em parte do equilíbrio entre forragem, componente arbóreo e manejo de animais, o que afeta a competição por recursos como radiação solar, água e nutrientes (PACIULLO et al., 2011).

As principais vantagens observadas na utilização dos sistemas silvipastoris são: benefícios econômicos dos sistemas de integração para o produtor devido a maior produtividade de culturas, redução dos custos da produção em médios e longos prazos, maior estabilidade de renda em razão da diversificação das atividades, redução da vulnerabilidade do sistema aos riscos climáticos e às oscilações do mercado e ainda o ganho com os produtos extraídos do componente florestal. As combinações dos componentes florestais e pecuário no SSP representam uma forma de uso das atividades agrícolas em que a produção gerada se complementa (MENDES et al, 2019) gerando melhoria da qualidade de vida para o produtor e para sua família.

Para a sociedade, os benefícios gerados pelo sistema de integração agilizam a produção de alimentos simultâneos, conservação da água e do solo, aumento da oferta de alimentos de qualidade superior e de baixo custo no mercado, preços de mercado mais estáveis para o consumidor. Além dos benefícios da produção florestal, os sistemas agroflorestais contribuem para o sequestro de carbono e a mitigação da emissão de óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4) produzidos pelos ruminantes, importantes para o chamado efeito estufa (BARBOSA et al., 2019).

Para a pecuária, o desenvolvimento sustentável da forragem só pode ser alcançado quando estiverem conciliadas as necessidades dos animais com as plantas (MLITÃO, 2017), o que possibilita maior conforto aos animais manejados dentro sistema, diminuição do estresse causado pelas intempéries climáticas, maior produção e qualidade nos produtos produzidos.

Os desafios dos sistemas silvipastoris, por sua vez, estão relacionadas à alta demanda por competição por água, luz e nutrientes entre os componentes que

constituem o sistema, outros desafios enfrentados pelos produtores é o aumento de doenças dentro dos sistemas e intoxicação animal por algum dos componentes que constitui o sistema. Como os sistemas de integração são mais complexos que as monoculturas, isso acaba se tornando um desafio do sistema (EMBRAPA, 2015).

Outros dois fatores que dificultam para alguns produtores são o custo elevado de implantação, o lento retorno do capital e a baixa lucratividade inicial, representando as principais barreiras para a implantação de sistemas silvipastoris (MENDES et al., 2019).

Um ponto importante que também deve ser levado em consideração é que o manejo incorreto pode diminuir o rendimento dos cultivos agrícolas, tanto na produção quanto economicamente. Segundo Santos et al. (2018), a diminuição da capacidade produtiva das forragens tem um impacto direto na produtividade da pecuária por conta do uso ineficiente dos recursos naturais. Sendo assim, há necessidade do uso de tecnologias a fim de restaurar a capacidade produtiva das forragens tornando-as sustentáveis e aumentando sua eficiência.

2.1.1 Componentes em Sistema Silvipastoril

O gênero *Eucalyptus*, originário da Austrália, pertence à família botânica Myrtaceae e apresenta mais de 700 espécies descritas (LEONARDI et al., 2015). Ocorre naturalmente entre as latitudes 9° N e 44° S e em elevações que variam do nível do mar a 1800 m de altitude (CAMPINHOS-JR, 1999). Tamanha variação nesta distribuição indica a adaptação genotípica das espécies de eucalipto às mais diversas condições edafoclimáticas, o que permite que sejam plantadas na maioria das regiões tropicais e subtropicais do mundo (LIMA et al., 2008).

Segundo Leonardi et al. (2015), o *E. urophila* x *E. grandis* é o híbrido de maior destaque na indústria brasileira de papel e celulose e, por isso, figura como a espécie mais propagada em plantios florestais do país, dispondo de uma área de cultivo de mais de 600.000 ha. A notoriedade deste híbrido deve-se a combinação do rápido crescimento do *E. grandis* com a maior densidade de madeira, adaptabilidade ao clima e tolerância a doenças fúngicas do *E. urophylla* que resultaram em árvores vigorosas e com melhores rendimentos (KULLAN et al., 2012).

O araribá pertence à família Fabaceae, *Centrolobium tomentosum* é uma espécie arbórea nativa do centro-sul do Brasil, encontrada desde o litoral da Bahia até o estado do Paraná em altitudes que variam de 30 a 1.150 m. Popularmente conhecida como “araribá” ou “araruva”, a espécie habita áreas de Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa, onde a temperatura média anual varia de 18 a 25 °C e ocorrem chuvas periódicas, com exceção do estado do Paraná, concentradas no verão, cuja média anual varia de 1.000 a 2.100 mm (CARVALHO et al., 2005).

A leucena é uma leguminosa arbustiva, nativa do sul do México e norte da América Central, pertencente à família mimosaceae (HASSAN et al., 2014), *Leucaena leucocephala* é uma planta duradoura e tolerante à seca, que possui alto valor nutritivo, incluindo alto teor de proteína que favorece o ganho de peso no gado (HARRISON et al., 2015). Para o ambiente é uma leguminosa importante na fixação de nitrogênio (ISHIHARA et al., 2018).

A produção de forragens no Brasil se estende por cerca de 115 milhões de hectares de espécies exóticas. Deste total, 51,4 milhões de hectares são constituídas por capim marandu (*Urochloa brizantha*) do gênero *Brachiaria* (EMBRAPA, 2015), sendo extensivamente preconizada para implantação em sistemas silvipastoris (LELIS et al., 2018). O cultivo de capim marandu se estende por aproximadamente 60% do território nacional com abrangência geográfica nos estados do: AC, AM, BA, ES, GO, MG, MS, MT, PA, PR, RJ, RO, RR, SP, TO e DF (EMBRAPA).

O capim marandu é uma planta C4, pertencente à família Poaceae e também é conhecido como braquiária do alto, braquiária do morro ou braquiarão. De origem africana apresenta boa tolerância a longos períodos de estiagem (GÓMEZ et al., 2013), apresentando também maior desempenho diante de sombreamento (SILVA et al., 2008), ou seja, possui mecanismos adaptativos que tendem a melhorar a eficiência do uso da radiação quando essa se torna limitada (GOMES et al., 2019).

A eficiência do metabolismo C4 concorre para superar consequências danosas da alta temperatura do ambiente onde se encontra. A alta atividade da PEPCase permite que essas plantas reduzam a abertura estomática conservando a água enquanto fixam CO₂. Ademais, a alta concentração de CO₂ em cloroplastos da bainha do feixe vascular diminui o funcionamento fotossintético oxidativo C2 do carbono. Outro fator importante sobre a eficiência fotossintética da C4 está relacionado à

temperatura ótima que varia de 25 °C a 35 °C (TAIZ et al., 2017). À vista disso, as condições microclimáticas se apresentam como um fator importante na produção das forragens, influenciando diretamente em sua qualidade (SILVA et al., 2008).

Em SSP a condição climática da área acaba sendo influenciada pelo componente arbóreo que intercepta grande quantidade de radiação solar, simultaneamente atenuando a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) sobre o sistema. Gomes et al. (2020), observaram que a RFA pode ser reduzida de acordo com a densidade e proporção da área foliar do componente arbóreo integrado ao sistema. Para Gómez, Guenni e Bravo (2013), o sombreamento provocado pelo componente arbóreo influencia diretamente no microclima do sistema. A atenuação da radiação solar sobre o sistema reduz a temperatura do ar, aumentando a umidade relativa (UR) e a umidade do solo. Gomes et. al. (2019), destacam que o sombreamento precisa ser monitorado, avaliado e calculado para que não traga prejuízos ao sistema.

Em experimento realizado em campo por Rodrigues et. al. (2016), os autores não observaram diferenças morfológicas e fisiológicas no capim marandu na estação chuvosa. Contrário a isso, a estação seca denotou diferenças consideráveis na morfologia do colmo, nas folhas de plantas sob sombreamento em SSP com babaçu. Mudanças no sombreamento alteram os valores de proteína bruta na lâmina foliar, o que favorece o valor nutritivo das forragens, aumentando o teor de proteína para o animal. Maior incidência solar aumenta a taxa fotossintética da planta C4, o que proporciona maior aumento de produção em massa (DE OLIVEIRA et al., 2014).

Para Paciullo et al. (2014), o sombreamento provocado pelo componente arbóreo não afeta o crescimento das forragens. Desta maneira, a tolerância apresentada pela braquiária em sombreamento moderado resulta da concentração de clorofila, no aumento da área foliar por meio do alongamento foliar, maior crescimento da parte aérea e raiz.

2.2 Microclima em sistemas Silvipastoris

A maior fonte de energia da Terra é a radiação solar responsável por desencadear processos meteorológicos, afetando a temperatura, a pressão, os ventos, a umidade e precipitação, funcionando como uma fonte de energia pontual. A

incidência de luz que chega à superfície terrestre tem relação direta com a posição relativa entre a Terra e o sol, sendo a inclinação da Terra o principal fator para a variação de energia que chega à superfície. (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

O microclima em SSP depende de vários fatores como a orientação do relevo e a idade e a composição dos componentes das espécies que constituem os arranjos que irão interagir entre os fatores de macro e meso-escalas (BOSI, PEZZOPANE, SENTELHAS, 2020).

Considerando a micro escala espacial dos fenômenos atmosféricos, o fator que condiciona o microclima em uma determinada área é o tipo de cobertura do terreno, ou seja, áreas com coberturas de pequeno porte, vivas (forragens) ou mortas (serapilheira), influencia a amplitude térmica da região, tendo influência direta sobre o balanço de energia que intensificará no efeito microclimático durante o dia e a noite. A água é outro fator que pode moderar o efeito microclimático da área (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Segundo Hermes et al. (2018), uma das principais características do SSP é a modificação do microclima que permite a atenuação da incidência de radiação solar sobre as forragens e os animais. No entanto, é importante a escolha da espécie arbórea que irá compor o SSP, para que haja equilíbrio entre o uso da água, a fertilidade do solo e o microclima, havendo assim benefício econômico do sistema como um todo.

Dessa forma, a presença do componente arbóreo nos SSPs causa diminuição da quantidade de radiação na superfície (DENIZ, et al., 2019), o que afeta variáveis microclimáticas como a temperatura, a umidade relativa do ar, e a quantidade de água no solo (PEZZOPANE et al., 2015). Além dessas variáveis, o componente arbóreo também reduz a velocidade do vento, desacelerando o deslocamento do ar à proporção em que ganha profundidade no dossel (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Sousa et al. (2015) relata que em seu experimento, a radiação global foi mais alta em sistema monocultura de marandu do que em SSP. Os autores também observaram que a temperatura máxima no monocultivo chegou a 33,5 °C, enquanto no SSP não ultrapassou 28 °C. No entanto, a UR do ar foi maior no SSP devido a arquitetura e a densidade do componente arbóreo, que acaba dissipando o calor com

longa exposição. Os autores ainda afirmam que o sombreamento provocado pelo componente arbóreo além de atenuar os efeitos da radiação incidente sobre as forragens, ao mesmo tempo alivia o estresse térmico da forrageira causado pelas altas temperaturas.

Em vários estudos são observados que as variáveis microclimáticas são influenciadas por vários fatores. No trabalho realizado por Firmino (2020), foram encontrados valores significativos em encosta com orientação ao sudeste na estação seca (inverno), em que a temperatura da superfície do solo atingiu máxima de 26,4 °C e mínima de 12,3 °C com média de 17,5 °C e amplitude térmica de 14,0 °C, sendo que nos horários de maior incidência solar ocorreram as maiores variações da temperatura do solo.

De acordo com Baldassini et al. (2018) a disponibilidade de radiação que chega nas forragens é reduzida quando utilizadas pelas árvores. O dossel intercepta uma quantidade considerável de luz, podendo diminuir o desenvolvimento das forragens e ao mesmo tempo aumentar a qualidade da forragem. Entretanto, Gomes et al. (2019) diz que o sombreamento contribui em temperaturas mais amenas e em redução da evapotranspiração.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado em uma propriedade rural privada no município de Jerônimo Monteiro, sul do Estado do Espírito Santo, Brasil (Latitude: 20°50'27"S; Longitude: 41°22'22"W e altitude de 141 m). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (tropical com estação seca no inverno), com temperatura média anual de 23,1°C e precipitação média anual de 1.300 mm (CAIADO; SILVA, 2011).

A propriedade possui relevo acidentado com aproximadamente 15 ha de área de pastagem. Uma parte da área foi recuperada com a implementação de diferentes modelos de sistemas silvipastoris em dezembro de 2017. A área em que o estudo foi realizado tinha localização à 45° nordeste (NE) uma encosta com inclinação de 17,5° em que foram implantados cinco tratamentos, dentre eles dois tratamentos com monoculturas, um com eucalipto e outro com pastagem, e os outros três tratamentos com diferentes modelos de sistema silvipastoris: eucalipto com pasto, eucalipto com pasto e leucena e por último um modelo de sistema com araribá e pasto. A forrageira utilizada para compor cada tratamento foi a brachiaria (*Urochloa brizantha*). As espécies florestais foram o eucalipto (*E. urophila* x *E. gradis*), o araribá (*Centrolobium tomentosum*) e a leucena (*Leucaena leucocephala*).

Os tratamentos foram delimitados numa largura de 34x50 de comprimento. Os tratamentos constituídos por diferentes modelos de sistemas eram compostos por dois renques de árvores, localizados na parte superior e na parte inferior de cada tratamento, com espaçamento de 2x3, totalizando 45 indivíduos em cada renque, e distância de aproximadamente 17,5m entre um renque e outro. No tratamento do modelo composto por leucena, a distribuição da leguminosa se deu na faixa correspondente ao pasto, em fileiras duplas (1x0,75 m) + 3 m. O plantio da forrageira se deu no espaço entre os dois renques. No tratamento constituído por monocultura de eucalipto, o espaçamento adotado foi de 2x3, totalizando 240 árvores.

Nas duas estações avaliadas, durante o experimento na área de estudo foi marcado por situação típicas de sazonalidade da região. No período de coleta de dados no verão, na estação chuvosa (EC), foram registrados 290 mm de chuva (Figura

5), maiores volumes diários registrados no dia 14/02/2020 (52,2 mm) e no dia 27/02/2020 (66,4 mm). Tipicamente, no inverno foram registrados apenas 2,4 mm de chuva, no dia 01/08/2020. Os dados de chuva foram obtidos na estação fixa que estava presente na área do experimento.

No período avaliado na estação chuvosa, em um total de 22 dias, sete dias foram com alta nebulosidade, registrando média da radiação solar global (Rg) de 19,6 MJ. m⁻². dia⁻¹. Na estação seca foram registrados seis dias com alta nebulosidade, de um total de 20 dias de coleta de dados, com média do período da Rg de 15,3 MJ. m⁻². dia⁻¹.

A temperatura média do ar registrada durante o período de coleta de dados na estação chuvosa foi 26,2 °C, e na estação seca, a média foi de 20,5 °C. A maior a média na estação chuvosa foi de 29,5°C no dia 10/02/2020 e a menor média foi de 22 °C registrada no dia 23/02/2020, na estação seca a maior média registrada foi de 22,5 °C registrada no dia 21/07/2020 e a menor média foi de 18,5 °C no dia 03/08/2020. Os dados de radiação solar global e Temperatura do ar usados para caracterização do período nas duas estações (chuvosa e seca) foram obtidos na estação meteorológica que se encontrava no tratamento de monocultivo de pasto.

A média da altura das árvores foi estimada em junho de 2020 (Tabela 1). O índice de área foliar (IAF) foi mensurado nas duas estações a estação chuvosa e na estação seca (tabela 2).

Tabela 1 – Valores médios da altura das árvores, medidos em quatro tratamentos, sendo eles: Monocultivo de eucalipto (ME), Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL) e Araribá com pasto (AP), estimados em junho de 2020, em sistema silvipastoril no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Tratamentos	EP	EL	AP	ME
Altura	12,72 ±2,55	12,81 ±1,51	5,66 ±1,77	13,25 ±1,94

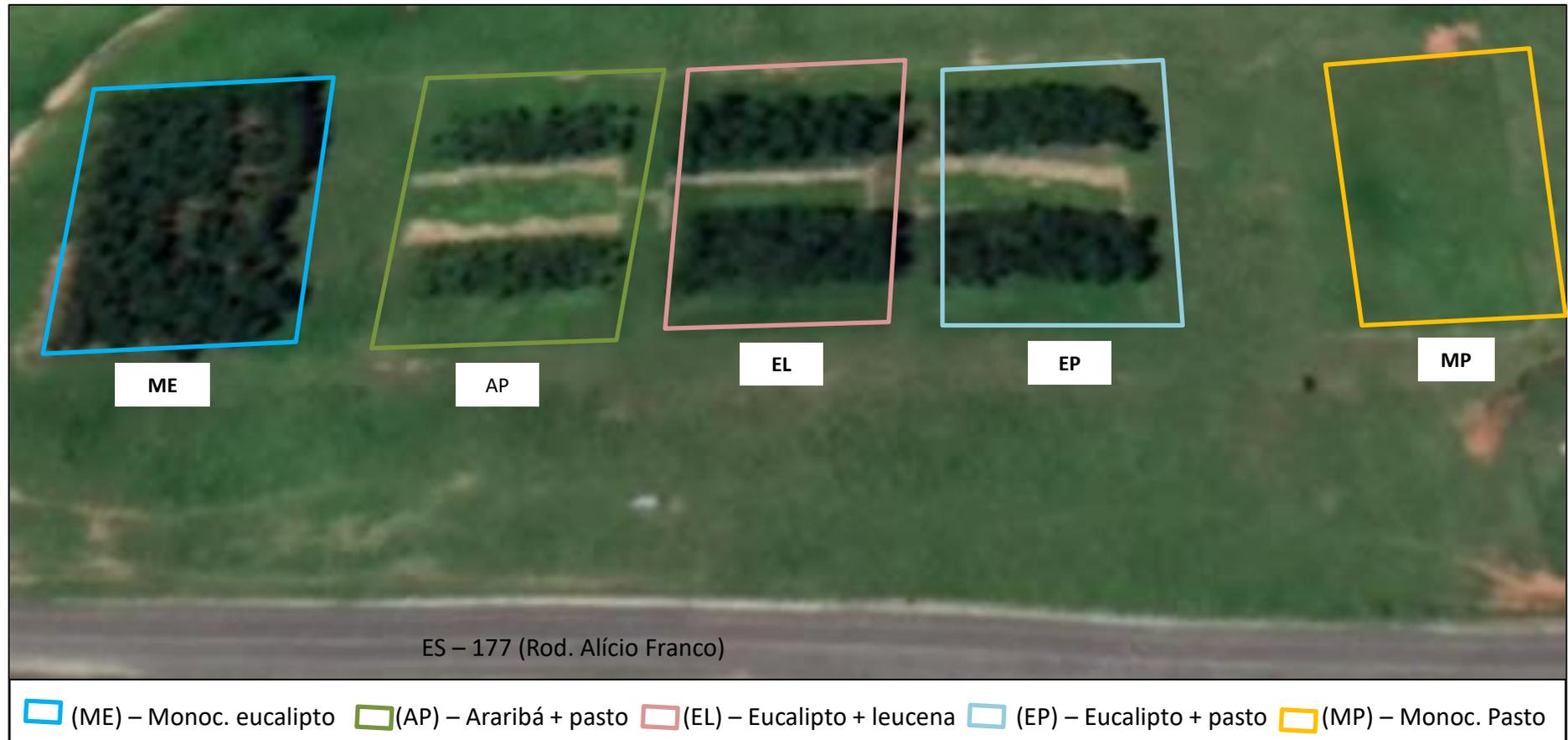
Fonte: a autora.

Tabela 1 – Valores médios do Índice de área foliar, medidos em quatro tratamentos, sendo eles: Monocultivo de eucalipto (ME), Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL) e Araribá com pasto (AP), na estação chuvosa (EC) e na estação seca (ES) de 2020, em sistema silvipastoril no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Tratamentos	EP	EL	AP	ME
EC	0,76 ±0,3	1,06 ±0,3	0,58 ±0,2	- -
ES	0,64 ±0,2	0,74 ±0,01	0,34 ±0,3	0,75 ±0,09

Fonte: a autora.

Figura 1 – Imagem aérea da área obtida em 14/01/2021, onde foram implantados os tratamentos com diferentes modelos de sistemas silvipastoris, numa propriedade privada na zona rural do município de Jerônimo Monteiro, ES. Encosta com orientação à 45° Nordeste (NE). Em que Monocultivo de eucalipto (ME), Araribá com pasto (AP), Eucalipto com leucena (EL), Eucalipto com pasto (EP) e Monocultivo de pasto (MP)



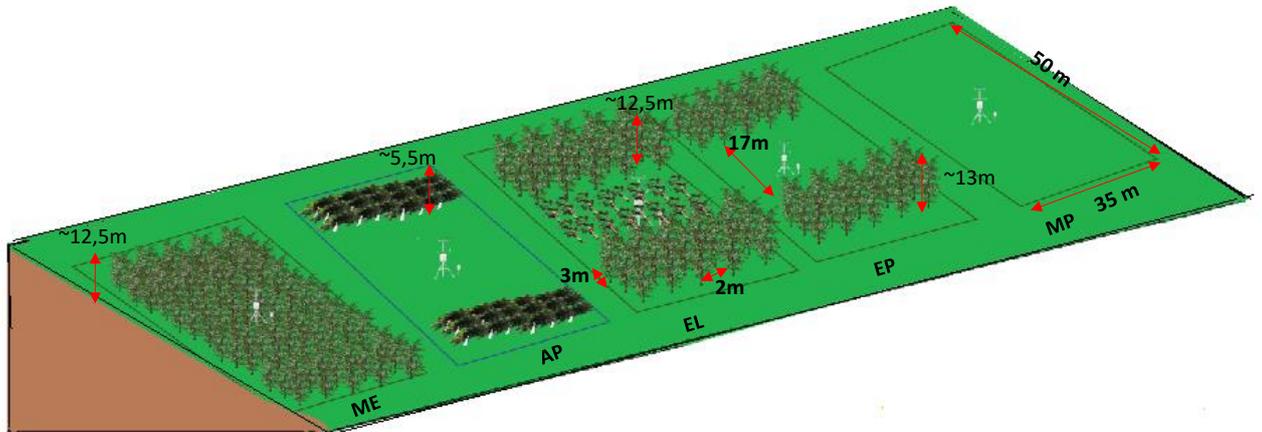
Fonte: a autora.

3.2 Análises microclimáticas

A avaliação microclimática ocorreu em duas épocas: no verão, quando o volume de chuva é maior e o sol aparenta estar sobre o trópico de capricórnio no hemisfério Sul, aqui nomeada como estação chuvosa, e no inverno, onde a região passa por período de estiagem, aqui denominada estação seca, quando o sol atinge seu afastamento máximo da linha do equador, estando aparentemente sobre o Trópico de Câncer no Hemisfério Norte, caracterizando a estação do ano inverno. Na estação chuvosa as avaliações ocorreram no período de 07 a 28 de fevereiro de 2020, e na estação seca ocorreram no período de 16 de julho a 04 de agosto de 2020. Nos referidos períodos, a idade das árvores eram, respectivamente, 26 e 31 meses. Para a caracterização microclimática foram instaladas cinco estações meteorológicas, sendo uma no centro de cada tratamento para avaliação (Figura 3).

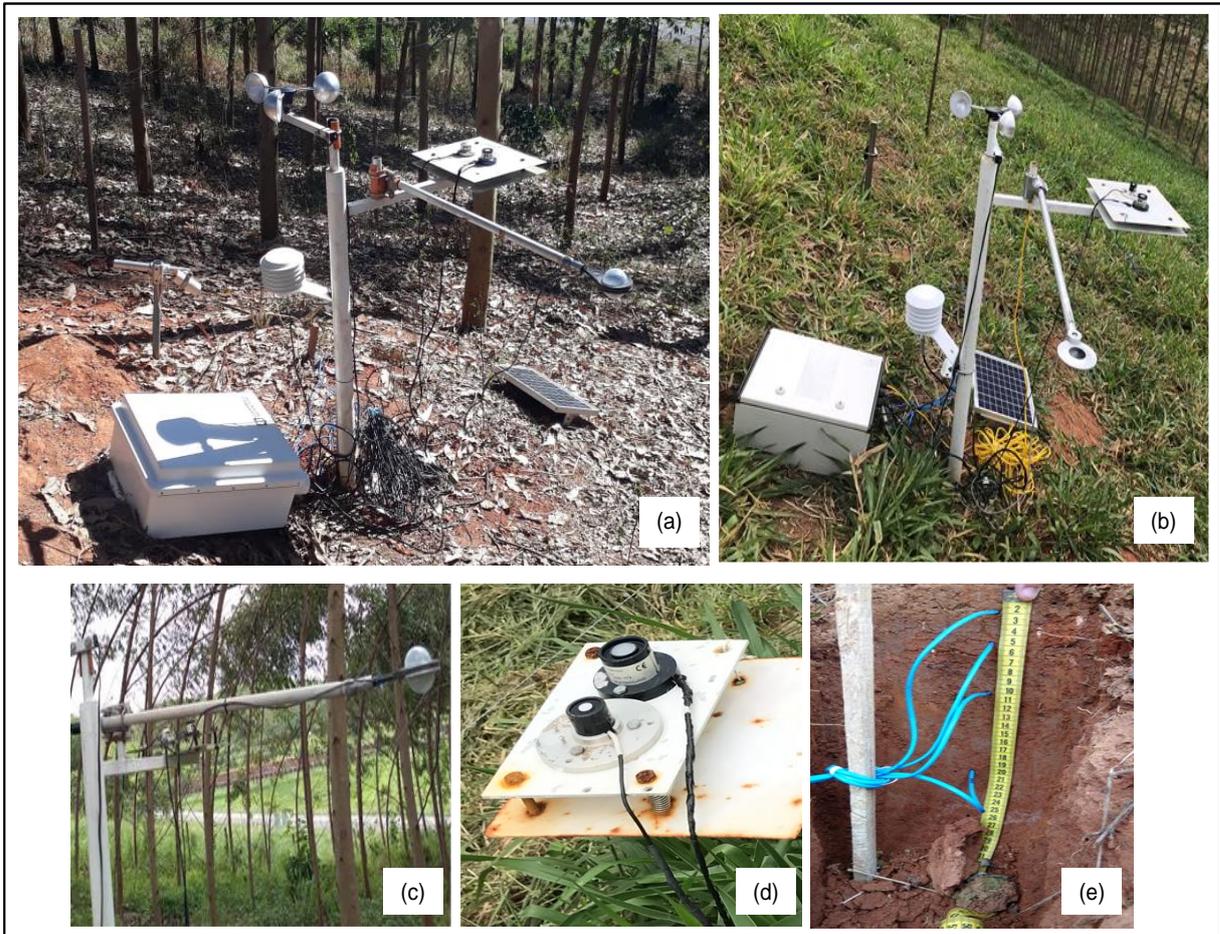
As estações meteorológicas monitorou as seguintes variáveis: temperatura e a umidade relativa do ar, obtidas com termo-higrômetro modelo CS215 (Marca Campbell Scientific) instalado a 0,50 m altura do solo; temperatura da superfície do solo, medida por um radiômetro infravermelho modelo SI-111 (Apogee), instalado a 0,20 m acima do capim em um ângulo de 45° em direção aos termopares; temperatura do solo; medida com termopares tipo "T", nas profundidades de 2, 5, 10 e 20 cm; radiação fotossinteticamente ativa (RFA), monitorada com sensores LI190B (LI-COR); radiação global, monitorada por meio do piranômetro SP-Lite (Kipp & Zonen) e; saldo de radiação, obtido com o sensor NR-lite (Kipp & Zonen). Os sensores foram instalados em uma haste de um metro de altura da superfície do solo e conectados em um datalogger modelo CR1000 (Campbell Scientific), alimentado por bateria de 12 volts conectada a painel solar, programado para realizar leituras das variáveis a cada 6 segundos e armazenamento do valor médio a cada 1 minuto (Figura 4).

Figura 3 – Representação da encosta com face a 45° nordestes, representando os cinco tratamentos e localização da estação meteorológica utilizada na análise microclimática em cada tratamento, em que: (ME) monocultivo de eucalipto, (AP) araribá com pasto, (EL) eucalipto com pasto, (EP) eucalipto com pasto e (MP) monocultivo de pasto. sistema silvipastoril eucalipto com pasto (EP).



Fonte: a autora.

Figura 4 – Estações meteorológica instaladas em Monocultivo de eucalipto (a) e no modelo de sistema silvipastoril composto por Eucalipto e pastagem (b) no município de Jerônimo Monteiro, ES. Detalhe do saldo radiômetro utilizado no Monocultivo de eucalipto (c). Detalhe dos piranômetros utilizados no sistema silvipastoril composto por Eucalipto e pastagem (d). Disposição dos termopares no perfil do solo (e).



Fonte: a autora.

A partir dos dados de temperatura do ar foi possível calcular a pressão de saturação de vapor de água (e_s) por meio da equação de Tetens (1):

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T_{ar}}{237,3 + T_{ar}}} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que T_{ar} = temperatura do ar.

Utilizando os dados de umidade relativa do ar calculou-se a pressão parcial de vapor (e_a), por meio da seguinte equação (2):

$$e_a = \frac{e_s \cdot U_r}{100} \quad \text{Eq. 2}$$

Em que U_r = umidade do ar.

O déficit de pressão de vapor (DPV), por sua vez, foi calculado com base na diferença entre as pressões de “es” e “ea” (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

$$DPV = es - ea \quad \text{Eq. 3}$$

O Índice de área foliar (IAF) foi determinado a partir de um analisador de dossel modelo (LAI-2.000 – LICOR). O IAF foi medido em dia nublado nos renques de árvores, tanto superior quanto inferior dos tratamentos EP (eucalipto com pasto), EL (eucalipto com leucena e capim), AP (araribá com pasto) e no ME (monocultivo de eucalipto). No tratamento EL foi realizada também medições nas entrelinhas da leguminosa (leucena). A medição do IAF do componente arbóreo foi realizada nas entrelinhas dos renques com duas repetições em cada renque, em cinco pontos em cada linha em seguida foi calculado a média dos valores obtidos nas leituras de cada tratamento.

3.3 Análises de dados

O estudo microclimático foi analisado por meio da estatística descritiva, utilizando-se a média e o desvio padrão, visando comparar o comportamento e a variação das condições microclimáticas de cada tratamento.

Os valores médios diários do saldo de radiação, radiação fotossinteticamente ativa, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor observadas em cada época nos tratamentos monocultivo de eucalipto (ME), eucalipto com pasto (EP), eucalipto com leucena e pasto (EL) e araribá com pasto (AP) foram utilizados para ajustar modelos de regressão linear simples em função dos valores registrados na estação do tratamento MP.

4. RESULTADOS e DISCUSSÃO

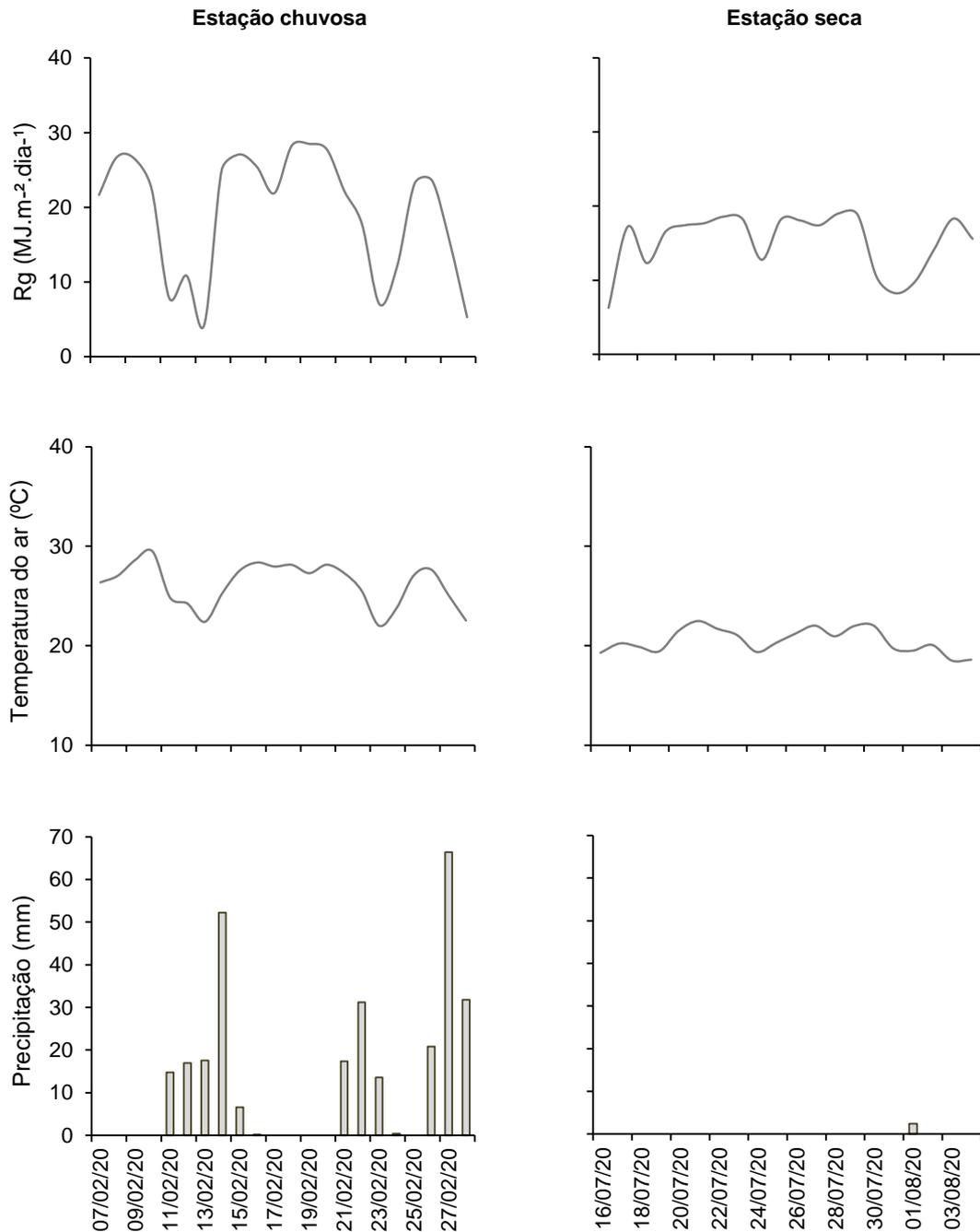
4.1 Caracterização meteorológica dos períodos de estudos

Nas duas estações avaliadas, durante o experimento na área de estudo foi marcado por situação típicas de sazonalidade da região. No período de coleta de dados no verão, na estação chuvosa (EC), foram registrados 290 mm de chuva (Figura 5), maiores volumes diários registrados no dia 14/02/2020 (52,2 mm) e no dia 27/02/2020 (66,4 mm). Tipicamente, no inverno foram registrados apenas 2,4 mm de chuva, no dia 01/08/2020. Os dados de chuva foram obtidos na estação fixa que estava presente na área do experimento.

No período avaliado na estação chuvosa, em um total de 22 dias, sete dias foram com alta nebulosidade, registrando média da radiação solar global (Rg) de 19,6 MJ. m⁻². dia⁻¹. Na estação seca foram registrados seis dias com alta nebulosidade, de um total de 20 dias de coleta de dados, com média do período da Rg de 15,3 MJ. m⁻². dia⁻¹.

A temperatura média do ar registrada durante o período de coleta de dados na estação chuvosa foi 26,2 °C, e na estação seca, a média foi de 20,5 °C. A maior a média na estação chuvosa foi de 29,5°C no dia 10/02/2020 e a menor média foi de 22 °C registrada no dia 23/02/2020, na estação seca a maior média registrada foi de 22,5 °C registrada no dia 21/07/2020 e a menor média foi de 18,5 °C no dia 03/08/2020. Os dados de radiação solar global e Temperatura do ar usados para caracterização do período nas duas estações (chuvosa e seca) foram obtidos na estação meteorológica que se encontrava no tratamento de monocultivo de pasto.

Figura 5 – Valores médios de radiação solar global (Rg), temperatura do ar medidos na estação que se encontrava no tratamento do monocultivo pasto (MP) e precipitação medida e na estação fixa da área experimental durante a estação chuvosa (07 de fevereiro a 28 de fevereiro de 2020) e a estação seca (16 de julho a 04 de agosto de 2020), no município de Jerônimo Monteiro, ES.



Fonte: a autora.

Ao final do experimento da estação chuvosa, devido a fortes chuvas e ventos na região do experimento houve incidente no tratamento ME, em que ocorreu a quebra de várias árvores, abrindo uma clareira dentro do tratamento, principalmente próximo onde se encontrava instalada a estação meteorológica dentro da parcela (Figura 6).

Figura 6 – Tratamento Monocultivo de Eucalipto (ME) após o incidente em fevereiro na estação chuvosa (a, b, c, d). Detalhe do dossel no tratamento ME em fevereiro na estação chuvosa (e) e em julho na estação seca (f).



Fonte: acervo próprio.

4.2 Radiação fotossinteticamente ativa e Saldo de radiação

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) apresentou diferenças entre os tratamentos e entre as épocas (Tabela 1). Entretanto, as diferenças foram maiores entre épocas, sendo observada que a incidência de RFA na estação seca reduziu em 39,9%, 33,6% e 25,5% da estação chuvosa para a estação seca nos tratamentos EP, EL e AP, respectivamente. No período chuvoso, em comparação ao MP, os tratamentos EP e EL tiveram uma redução na incidência de RFA de ~11,8% (IAF = $0,76 \pm 0,3$) e 34% (IAF = $1,06 \pm 0,3$), respectivamente. No período seco essa redução aumentou para ~33% (IAF = $0,64 \pm 0,2$) em EP e ~44,5% (IAF = $0,13 \pm 0,02$) em EL.

O saldo de radiação (SR) foi semelhante entre os tratamentos (Tabela 1), sendo observadas variações consideráveis entre as épocas, com reduções mais expressivas nos tratamentos de EL (65,2%) e EP (54,1%).

Tabela 1 – Valores médios de radiação fotossinteticamente ativa (RFA – mol m⁻² dia⁻¹) e saldo de radiação (SR, MJ m⁻² dia⁻¹) e, medidos em cinco tratamentos, a 1,0 m do solo, numa mesma encosta, sendo eles: monocultivo de pasto (MP), Monocultivo de eucalipto (ME), Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL) e Araribá com pasto (AP), nos períodos de 07 de fevereiro a 28 de fevereiro de 2020 (Estação chuvosa) e 16 de julho de 2020 a 04 de agosto de 2020 (Estação seca), em sistema silvipastoril no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Período		MP	ME	EP	EL	AP
Estação	PAR	40,6 (±18,6)	14,4 (±3,9)	35,8 (±15,6)	26,8 (±15,6)	40,8 (±17,0)
Chuvosa	SR	9,7 (±5,3)	2,5 (±1,1)	9,8 (±5,5)	9,2 (±5,3)	10,1 (±5,4)
Estação	PAR	32,1 (±12,7)	8,2 (±3,7)	21,5 (±5,5)	17,8 (±4,4)	30,4 (±7,6)
seca	SR	4,6 (±1,4)	2,8 (±0,6)	4,5 (±1,7)	3,2 (±1,2)	5,3 (±1,80)

Fonte: a autora.

A redução da RFA e do SR na estação seca em relação à estação chuvosa se deve ao aumento da declinação do sol, que atinge o afastamento máximo da linha do equador, ficando assim, mais próximo, aparentemente, ao norte da Terra (PEREIRA, ANGELLOCI e SENTELHAS, 2002).

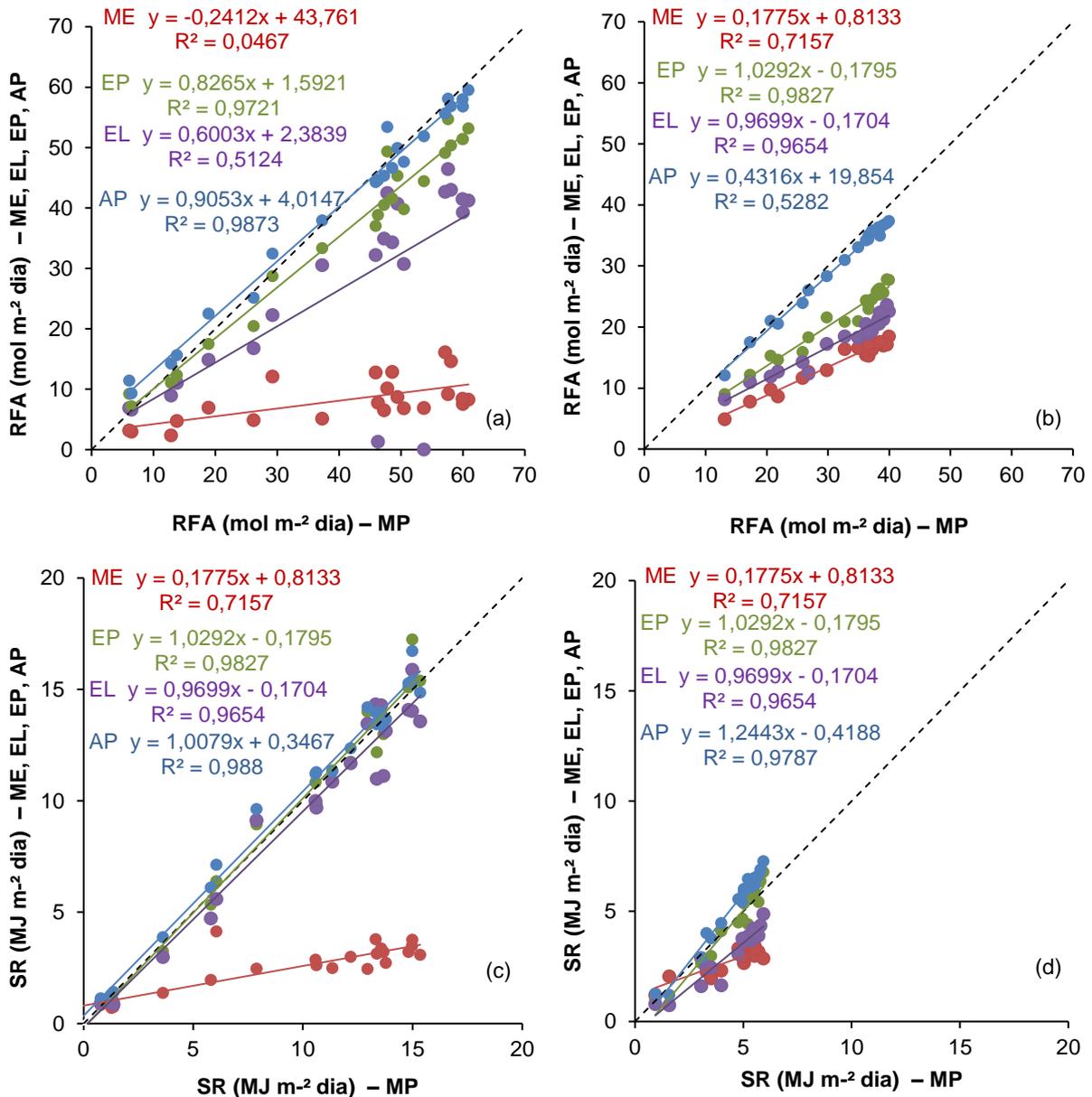
Destaca-se que o aumento do SR no tratamento de Monocultivo de Eucalipto (ME) na estação seca ocorreu, devido ao incidente ocorrido ao final do experimento da estação chuvosa, pois no referido tratamento foi aberta uma clareira na parcela de ME, de modo que em determinadas horas do dia a incidência de radiação não estava sendo limitada pelo componente arbóreo sobre a estação meteorológica.

O incremento em área foliar pelo dossel do componente arbóreo aumenta a interceptação da RFA, reduzindo a quantidade que chega dentro da floresta (ANDRADE et al., 2014). Entretanto, a interceptação de radiação pelo componente arbóreo, pode influenciar negativamente o crescimento da forrageira (CARON et al., 2012), visto que, geralmente, a produtividade da forragem diminui à medida em que o percentual de sombreamento aumenta (CASTRO et al., 2009; BOSI et al., 2014; LIMA et al., 2019).

Avaliando a influência de diferentes orientações das fileiras de árvores em sistemas silvipastoris, Carvalho et al. (2020) também verificaram maiores índices de sombreamento no inverno do que no verão, em plantio de orientação norte-sul, o índice de sombreamento passou de 40,5% no verão para 52,1% no inverno. Em adição, Pacciulo et al. (2011) avaliando o microclima de um sistema agrossilvipastoril, observaram que a máxima radiação incidente em dias de céu limpo na estação chuvosa passou de $856 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, obtida a 14,8 m da faixa de árvores para $1.788 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a 12,5 m das árvores na estação seca.

As variações da RFA e do SR entre os modelos de SSP e entre as estações ficam mais evidentes na análise de regressão dos dados dos diferentes tratamentos de SSP e de monocultivo de eucalipto (ME) com o do tratamento pasto (MP) (Figura 7). Analisando a RFA em ambos os períodos, é notável que a medida em que há incremento na área foliar do dossel florestal, a inclinação da retado gráfico diminui. Além disso, analisando o SR, nota-se que a presença do componente arbóreo no tratamento ME resultou em um coeficiente angular menor quando comparado aos outros tratamentos nos dois períodos.

Figura 7 – Relação entre os valores médios diários de radiação fotossinteticamente ativa (RFA – mol m⁻² dia) e saldo de radiação (SR, MJ m⁻² dia), medidos em cinco tratamentos numa mesma encosta, sendo eles: monocultivo de pasto (MP), Monocultivo de eucalipto (ME), Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL) e Araribá com pasto (AP) nos períodos de 07 de fevereiro a 28 de fevereiro de 2020 (Estação chuvosa) e 16 de julho de 2020 a 04 de agosto de 2020 (Estação seca) em sistema silvipastoril, no município de Jerônimo Monteiro, ES. Onde a e b representam a estação chuvosa e c e d representam a estação seca.



Fonte: a autora.

Comparando a flutuação horária da RFA e do SR em dias de céu limpo entre as duas estações analisadas (Figura 8), observa-se que o tratamento do AP tem comportamento muito semelhante ao MP nos dois períodos. A RFA seguiu um comportamento semelhante entre os tratamentos na estação chuvosa, apresentando maior variação entre os tratamentos na estação seca, onde o posicionamento da área,

o caminhar do sol durante o dia, o efeito da sombra gerado pelo componente arbóreo e a inclinação do terreno influenciaram diretamente a incidência de RFA dentro dos tratamentos EL e EP. Enquanto no tratamento MP, entre os horários de 9 e 10 horas, a incidência de RFA ultrapassava $1.200 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, esse valor de incidência de RFA dentro do tratamento EL e EP só foi registrado entre os horários de 12 e 13 horas.

Nota-se que, na estação chuvosa, os tratamentos EP e EL possuem valores de RFA semelhantes no período de 10 às 14 horas (Figura 7a), sendo possível inferir que a redução de 25% no valor médio do período de RFA do tratamento EL em relação ao EP (Tabela 1) se dá em virtude de EL passar mais tempo sombreado durante a manhã e ao final da tarde. Na estação seca, EP e EL atingiram valores de RFA semelhantes mais tarde (13h) em comparação a estação chuvosa (Figura 7b). Além disso, no tratamento EL, comparando as épocas, no horário de 11 horas a RFA reduziu de $543,7 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ para $332,4 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, aumentando para $1.177,3 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ no horário de 12 horas, sendo a maior intensidade registrada no horário de 13 horas, $1372,2 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

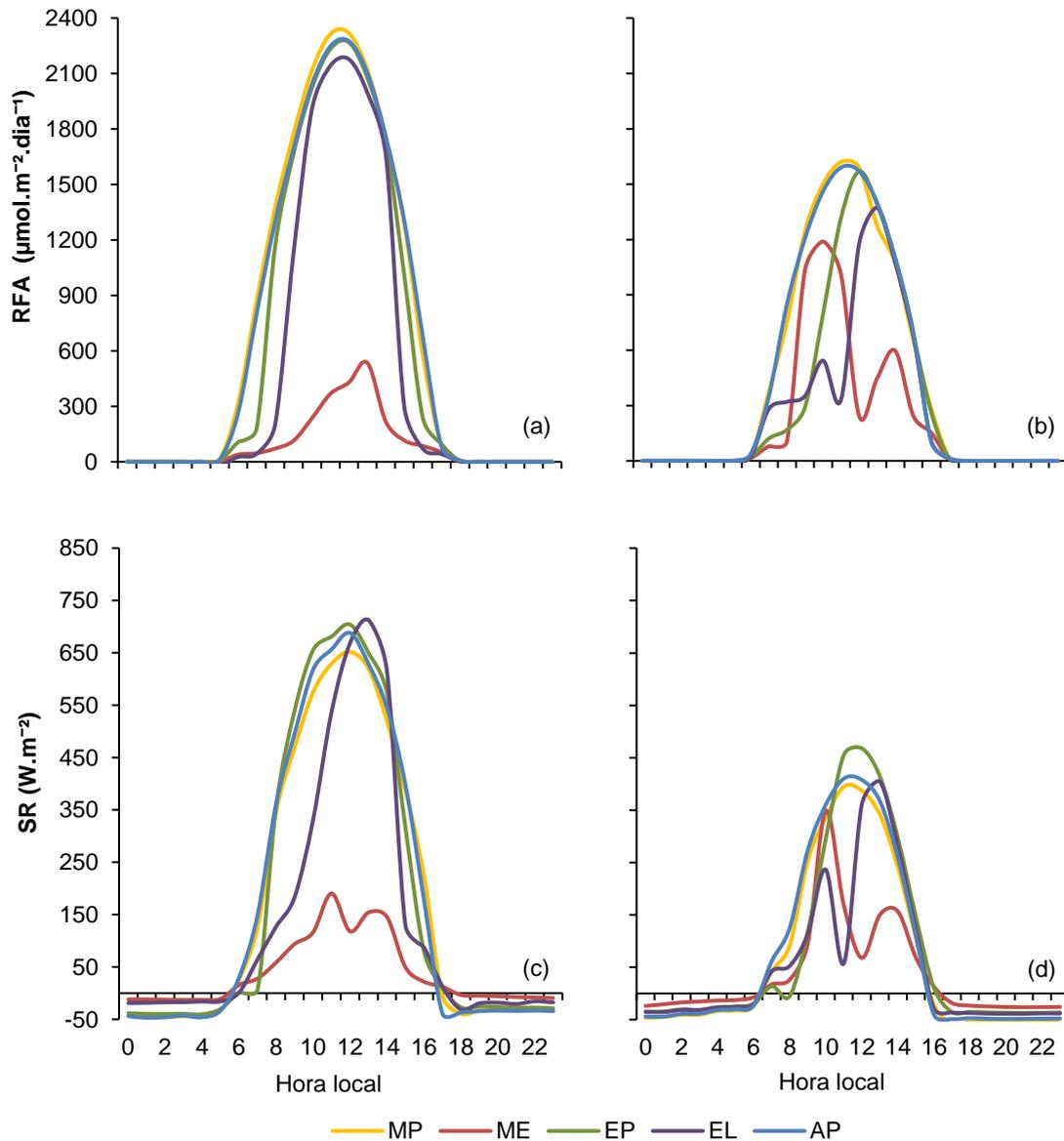
Observa-se que em ambos os dias de céu limpo, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca, o SR registrado no tratamento EP apresenta comportamento e valores similares aos tratamentos MP e AP ao longo de todo o dia. Durante a noite, na estação chuvosa, no tratamento EL os valores de SR foi maior quase igualando com o tratamento ME, por conta da presença da leucena dentro do tratamento. Entretanto, como ambos os tratamentos apresentaram reduções no dossel na estação seca, nota-se que os valores de SR noturno desses tratamentos tornaram-se mais próximos dos demais.

Conforme mencionando anteriormente, a justificativa para o aumento de incidência de RFA dentro do ME na estação seca se dá ao incidente ocorrido ao final do experimento da estação chuvosa dentro do tratamento.

Entretanto, é importante lembrar que neste estudo as medições ocorreram na área central de cada parcela, porém, as variações do sombreamento ao longo do dia alternam conforme a distância dos renques de árvores, conforme verificado por Pezzopane et al. (2015) em um estudo microclimático em SSP, em que próximo ao renque de árvores a RFA reduzia cerca de 40%, enquanto na área central da parcela reduzia apenas 9%. Além disso, Pezzopane et al. (2019) verificaram que, em um

sistema silvipastoril composto por árvores nativas plantadas no sentido norte-sul, durante a manhã a transmissão de RFA superior a 80% foi observada para o sentido leste, enquanto à tarde, maior transmissão de RFA foi observada para o sentido oeste.

Figura 8 – Valores médios horários de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e de saldo radiação (SR) medidos em dia de céu limpo em dois períodos: estação chuvosa (19/02/2020) e estação seca (28/07/2020). Medições realizadas em cinco tratamentos de sistema silvipastoril, a 1,0 m do solo, numa mesma encosta, sendo eles: monocultivo de pasto (MP), Monocultivo de eucalipto (ME), Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL) e Araribá com pasto (AP), no município de Jerônimo Monteiro, ES. Onde a e b representam a estação chuvosa e c e d representam a estação seca.



Fonte: a autora.

4.3 Temperatura da superfície e temperatura do solo

As temperaturas média e máxima da superfície variaram entre os modelos de SSP e entre os períodos (Tabela 2). Na estação chuvosa, o tratamento AP apresentou maiores temperaturas médias e máximas, diferentemente do que ocorreu na estação seca, quando foram registradas as maiores médias e máximas nos tratamentos MP e ME.

O aumento da amplitude térmica (Tabela 2) na estação seca foi provocado pelas baixas temperaturas mínimas registradas em cada tratamento no período. Destaca-se que a maior temperatura máxima e amplitude térmica nas duas épocas foram observadas nos tratamentos MP, sem o componente arbóreo, e no AP componente arbóreo não influi sobre o sistema, por efeito da altura e arquitetura da copa. Na estação seca, com a clareira aberta no dossel do tratamento ME, e como o solo dentro do tratamento encontrava-se desnudo, sem cobertura vegetal, fez com que a temperatura máxima e a amplitude térmica do tratamento ficassem com valores próximos aos valores observados nos tratamentos MP e AP. Apesar disso, o tratamento ME registrou as maiores temperaturas mínimas, ficando com média de quase 2 °C acima do tratamento AP, demonstrando a influência do componente arbóreo no balanço de energia ao atuar como anteparo à radiação de ondas longas, conservando a energia dentro do sistema.

Tabela 2 – Valores médios de Temperatura da superfície do solo (°C) e amplitude térmica (°C), medidos a 0,2 m do solo em cinco tratamentos, numa mesma encosta, sendo eles: Monocultivo de pasto (MP), Monocultivo de eucalipto (ME), Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL) e Araribá com pasto (AP), nos períodos de 07 de fevereiro a 28 de fevereiro de 2020 (Estação chuvosa) e 16 de julho de 2020 a 04 de agosto de 2020 (Estação seca), em sistema silvipastoril no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Período		MP	ME	EP	EL	AP
Estação Chuvosa	T _{méd}	27,0 (±5,7)	26,0 (±2,0)	26,2 (±2,1)	25,3 (±1,9)	27,2 (±2,6)
	T _{máx}	40,4 (±8,0)	36,3 (±7,0)	36,7 (±5,8)	34,5 (±5,8)	40,5 (±8,0)
	T _{mín}	20,5 (±1,3)	22,4 (±1,0)	21,2 (±1,2)	21,2 (±1,1)	20,9 (±1,2)
	Amp	19,9 (±8,1)	13,8 (±6,6)	15,6 (±5,7)	13,3 (±5,7)	19,6 (±8,0)
Estação seca	T _{méd}	22,1 (±1,6)	22,1 (±1,5)	20,6 (±1,2)	20,2 (±1,2)	21,5 (±1,4)
	T _{máx}	39,3 (±4,4)	39,6 (±5,9)	33,8 (±3,7)	34,2 (±4,0)	38,9 (±4,1)
	T _{mín}	13,6 (±2,0)	15,0 (±2,8)	13,9 (±2,0)	13,5 (±2,0)	13,1 (±2,0)
	Amp	25,7 (±5,5)	24,6 (±7,1)	19,9 (±5,1)	20,7 (±5,4)	25,8 (±5,3)

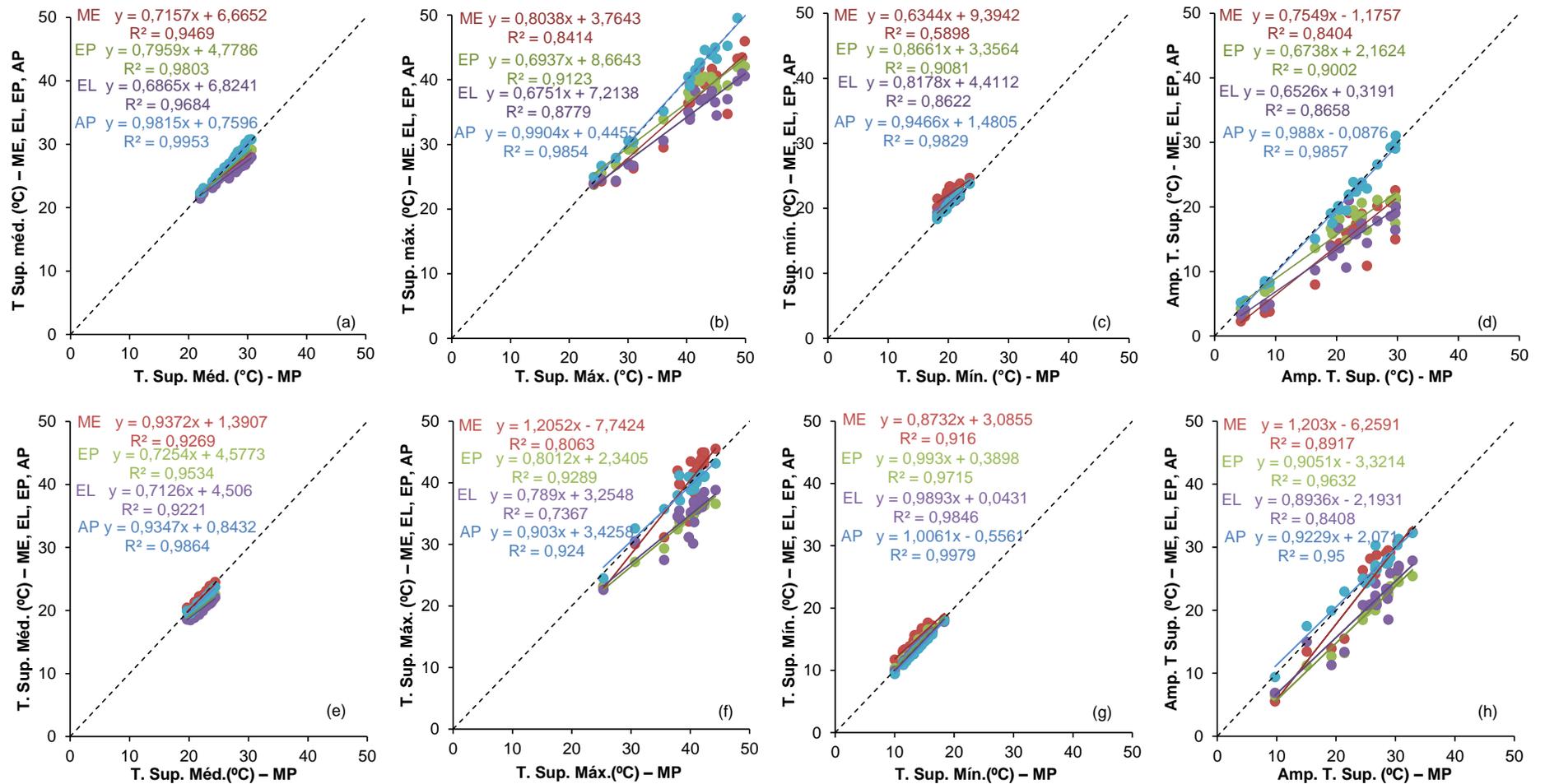
Fonte: a autora.

O componente arbóreo compoendo os SSP, além de interceptar parte da incidência de radiação e servir como quebra vento (PORFÍRIO-DA-SILVA, et al., 1998) nos SSP durante o dia, influencia alteração no balanço de energia dentro dos SSP, também no período noturno, em que o dossel do componente arbóreo serve como uma barreira, impedindo que a energia emitida pela superfície seja dissipada para a atmosfera como ocorre em sistemas abertos como o tratamento MP e AP.

Os valores das temperaturas médias entre os cinco tratamentos em cada época (Figura 9) configurou uma média de 26,34 °C na estação chuvosa e 21,3 °C na estação seca resultando numa redução na temperatura média da superfície do solo da estação seca em relação à estação chuvosa. Os tratamentos ME e EL apresentaram retas menos inclinadas na estação chuvosa para a temperatura máxima e amplitude térmica na superfície do solo. Já em julho, na estação seca, esse comportamento foi observado entre os tratamentos EP e EL, cujas retas foram muito similares.

O tratamento EL, na estação chuvosa, registrou a menor temperatura máxima da superfície do solo, enquanto na estação seca o tratamento EP registrou as menores temperaturas máximas (Tabela 2 e Figura 8). Essas diferenças entre as épocas se devem ao fato de que no período de coleta de dados da estação seca a presença de cobertura vegetal no tratamento EL estava escassa, haja vista que, a leucena havia sido podada recentemente. Esse fato demonstra como a presença de dossel do componente arbustivo (leucena), aumenta o índice de área foliar dentro do tratamento, bem como o maior acúmulo de água no solo durante a estação chuvosa, alteram o balanço de energia da superfície solo. Silva et al. (1998) encontraram, em trabalho realizado com SSP, diferença de 10 °C na temperatura da superfície do solo entre solo do período seco e solo do período chuvoso, onde reduziu a temperatura da superfície do solo para 15 °C a temperatura em solo úmido.

Figura 9 – Temperatura da superfície do solo (°C) dos tratamentos de Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL), Araribá com pasto (AP) e de Monocultivo de eucalipto (ME) em função dos valores observados no Monocultivo de pasto (MP) nos períodos de 07 de fevereiro a 28 de fevereiro de 2020 (Estação chuvosa) e 16 de julho de 2020 a 04 de agosto de 2020 (Estação seca) em sistema silvipastoril, no município de Jerônimo Monteiro, ES. Onde a, b, c, d representam a estação chuvosa e e, f, g, h representam a estação seca.

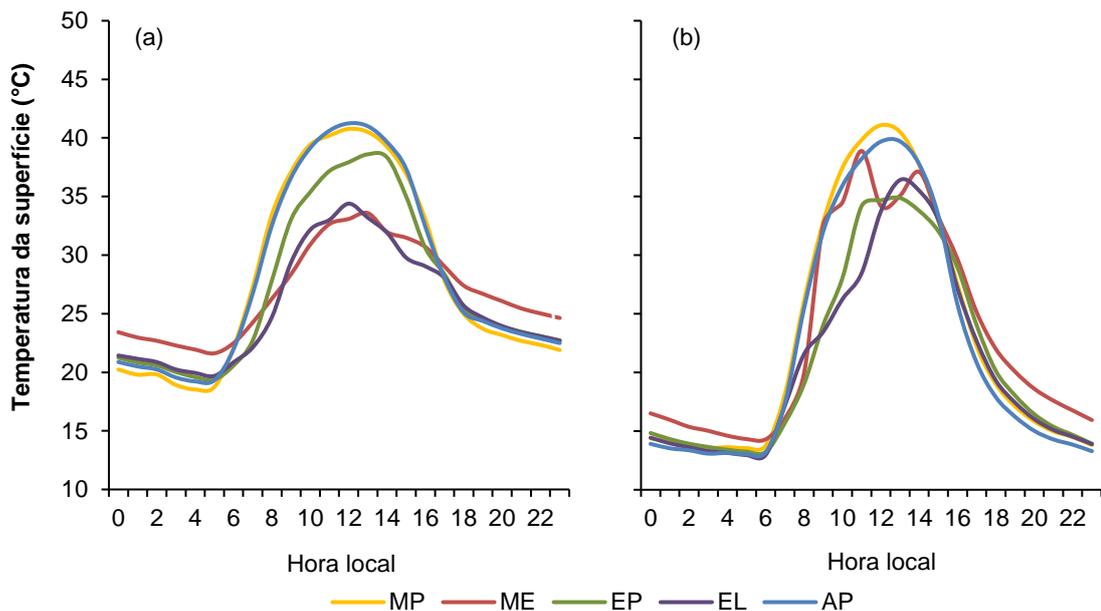


Fonte: a autora.

Analisando a flutuação horária da temperatura da superfície do solo em dia de céu limpo nos dois períodos (Figura 10), evidencia-se a influência do componente arbóreo no balanço de energia do sistema. O tratamento ME apresenta maior temperatura ao longo do período noturno, pois o componente arbóreo mantém o fluxo de energia dentro do tratamento. Na estação chuvosa (Figura 9a), como mostram as curvas, o tratamento EL e tratamento ME comportamento semelhante devido a presença de dossel do componente arbustivo (leucena). Na estação seca (Figura 9b) a redução do IAF em EL tornou seu comportamento semelhante ao EP.

Nota-se ainda que a copa reduzida do componente arbóreo dentro do tratamento AP, o araribá, faz com que o tratamento tenha uma flutuação horária idêntica ao tratamento do pasto.

Figura 10 – Valores médios horários de temperatura da superfície (°C) em dia de céu limpo em dois períodos: estação chuvosa (19/02/2020) e estação seca (28/07/2020). Medições realizadas em cinco tratamentos de sistema silvipastoril, a 0,2 m do solo, numa mesma encosta, sendo eles: monocultivo de pasto (MP), Monocultivo de eucalipto (ME), Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL) e Araribá com pasto (AP), no município de Jerônimo Monteiro. Onde a representa a estação chuvosa e b representa a estação seca.



Fonte: a autora.

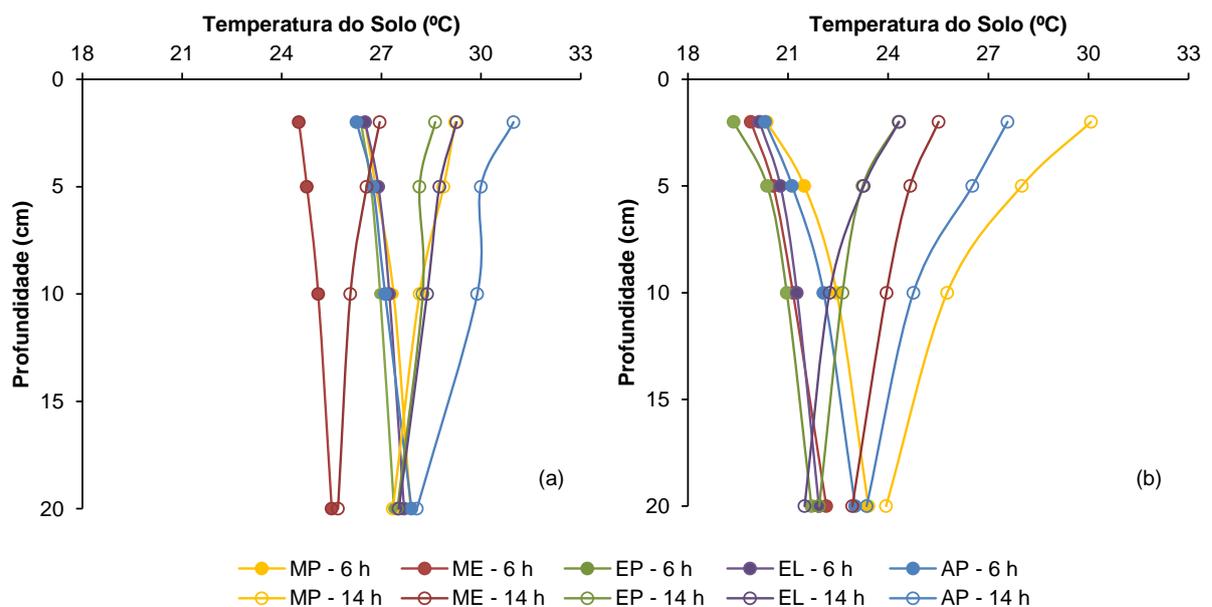
Em relação à temperatura ao longo do perfil do solo, também se observou maior variação entre as estações do ano (Figura 11). Observou-se redução da amplitude térmica com o aumento da profundidade do solo. Na estação chuvosa, a semelhança na variação espacial na temperatura ao longo da superfície do solo às 6 horas, bem como a reduzida variabilidade temporal entre os tratamentos evidenciam a influência

da maior umidade do solo nesse período, visto que a transferência de calor da superfície para o interior do solo é facilitada pela condutividade térmica da água, reduzindo a discrepância térmica entre as profundidades. O inverso é observado na estação seca, período em que houve redução do volume da precipitação na região, característica desse período.

As diferenças na temperatura máxima da superfície (Tabela 2), bem como na temperatura ao longo do perfil do solo (Figura 11), especialmente nas camadas superficiais, demonstram que ambas responderam à disponibilidade energética de cada modelo de SSP. Esta relação é evidenciada no tratamento EL, onde a presença do componente arbóreo associada à leucena (mantida em forma de arbustiva) promove maior interceptação da radiação, reduzindo a disponibilidade energética para as componentes do balanço de energia nesse sistema.

Em estudo realizado por Karki e Goodman (2015), os autores verificaram que em um SSP a temperatura média do perfil do solo na profundidade de 5 cm foi menor (cerca de 2 °C) quando comparado com um tratamento de forragem em pleno sol.

Figura 11 – Valores médios de Temperatura do solo (°C), medidos em cinco tratamentos, nas profundidades de 2 cm, 5 cm, 10 cm e 20 cm, nos horários de 6 horas e 14 horas medidos em cinco tratamentos, numa mesma encosta, sendo eles: monocultivo de pasto (MP), Monocultivo de eucalipto (ME), Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL) e Araribá com pasto (AP), nos períodos de 07 de fevereiro a 28 de fevereiro de 2020 (Estação chuvosa) e 16 de julho de 2020 a 04 de agosto de 2020 (Estação seca), em sistema silvipastoril no município de Jerônimo Monteiro, ES. Onde a representa a estação chuvosa e b representa a estação seca.

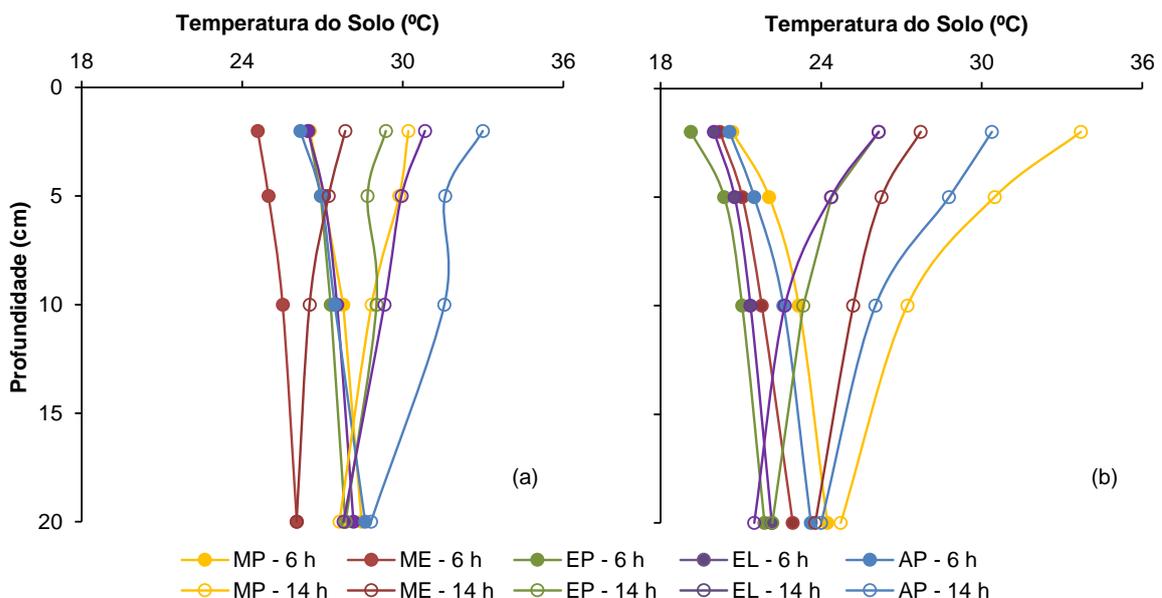


Fonte: a autora.

Nos dias de céu limpo selecionado nas duas estações do ano (Figura 12), o perfil da temperatura do solo na estação seca apresentou foi maior em relação à estação chuvosa, particularmente, no tratamento ME, pertinememente, a cargo do incidente ocorrido ao final da primeira fase do experimento, em que se observou nos horários de 6 e 14 horas temperatura do perfil do solo superior à dos tratamentos EP e EL diferença de quase 2 °C entre os tratamentos citados quase igualando com a temperatura do perfil do solo do tratamento AP no horário de 6 horas.

Jin et al. (2019) observaram que a temperatura do perfil do solo em uma floresta, recuperada recentemente, registrou valores de perfil do solo menor do que numa área coberta apenas com forragem.

Figura 12 – Valores médios horários de temperatura do solo (°C) em dia de céu limpo em dois períodos: estação chuvosa (19/02/2020) (a) e estação seca (28/07/2020) (b). Medições realizadas em cinco tratamentos de sistema silvipastoril, numa mesma encosta, sendo eles: monocultivo de pasto (MP), Monocultivo de eucalipto (ME), Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL) e Araribá com pasto (AP), no município de Jerônimo Monteiro.



Fonte: a autora.

Um fator importante que influenciou a manutenção das máximas e a maior amplitude térmica no período seco em comparação com a estação chuvosa, tanto da temperatura da superfície quanto da temperatura ao longo do perfil do solo, foi a diferença da quantidade de chuva entre os dois períodos, em que foi registrado apenas um dia com baixa precipitação ao final do experimento. Evidentemente, na estação chuvosa, a presença de água no solo integra uma porção do solo, o que contribui para o aumento da condutividade térmica do solo, com isso, em solo mais

úmido, a energia contida ali tende a se dissipar mais rapidamente para as camadas mais profundas do solo durante o dia. Em oposição, durante a noite, o maior calor específico da água torna a perda de calor mais lenta. O inverso é observado no período seco quando os espaços porosos do solo estão preenchidos por ar, cuja condutividade térmica e calor específico são menores que o da água.

4.4 Temperatura do ar e déficit de pressão de vapor (DPV)

A radiação que chega à superfície da Terra causa efeitos que aumentam ou diminuem a temperatura do ar na superfície terrestre. Essas mudanças nas temperaturas foram observadas no presente estudo, sendo mais evidentes quando comparadas a sazonalidade, conforme se observa na Tabela 3. Observou-se que a temperatura média dos tratamentos reduziu em média 5,7 °C da estação chuvosa para a estação seca, enquanto as máximas e mínimas reduziram em média 3,8 °C e 7,7 °C, respectivamente. O mesmo foi observado em relação ao DPV médio e máximo, visto que o DPV é influenciado pela temperatura, a qual exerce controle sobre a pressão de saturação de vapor (es).

Tabela 3 – Valores médios de Temperatura do ar (°C) e amplitude térmica (°C), medidos em cinco tratamentos, a 0,5 m do solo, numa mesma encosta, sendo eles: monocultivo de pasto (MP), Monocultivo de eucalipto (ME), Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL) e Araribá com pasto (AP), nos períodos de 07 de fevereiro a 28 de fevereiro de 2020 (Estação chuvosa) e 16 de julho de 2020 a 04 de agosto de 2020 (Estação seca), em sistema silvipastoril no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Período		MP	ME	EP	EL	AP
Estação Chuvosa	Tméd	26,2 (±2,2)	25,8 (±2,1)	26,1 (±2,1)	25,8 (±2,0)	26,2 (±2,3)
	Tmáx	33,7 (±4,7)	31,7 (±4,1)	34,1 (±4,8)	33,6 (±4,9)	34,4 (±4,9)
	Tmín	21,5 (±1,2)	21,8 (±1,1)	21,6 (±1,2)	21,6 (±1,1)	21,2 (±1,2)
	Amp	12,3 (±4,6)	9,9 (±3,9)	12,6 (±4,7)	12,1 (±4,8)	13,1 (±4,8)
	DPV méd	0,9 (±0,4)	1,0 (±0,4)	0,8 (±0,4)	0,7 (±0,4)	0,9 (±0,4)
	DPV máx	2,6 (±1,2)	2,5 (±1,1)	2,6 (±1,2)	2,4 (±1,2)	2,7 (±1,3)
Estação seca	Tméd	20,5 (±1,2)	20,7 (±1,2)	20,2 (±1,2)	20,2 (±1,2)	20,2 (±1,2)
	Tmáx	29,7 (±3,0)	29,2 (±3,0)	29,8 (±3,3)	29,6 (±3,3)	30,1 (±3,0)
	Tmín	13,7 (±2,8)	14,4 (±2,2)	13,7 (±2,3)	13,8 (±2,2)	13,5 (±2,3)
	Amp	16,0 (±4,6)	14,9 (±4,4)	16,1 (±4,8)	15,8 (±4,7)	16,6 (±4,6)
	DPV méd	0,7 (±0,2)	0,9 (±0,2)	0,7 (±0,2)	0,7 (±0,2)	0,7 (±0,2)
	DPV máx	2,3 (±0,7)	2,6 (±0,8)	2,3 (±0,7)	2,2 (±0,7)	2,3 (±0,7)

Fonte: a autora.

O componente arbóreo presente nos tratamentos EP e EL, reduz a circulação de ar dentro do sistema, influenciando diretamente a temperatura e a umidade relativa do ar dentro de cada sistema, conferindo características específicas à cada sistema conforme os componentes que os constituem.

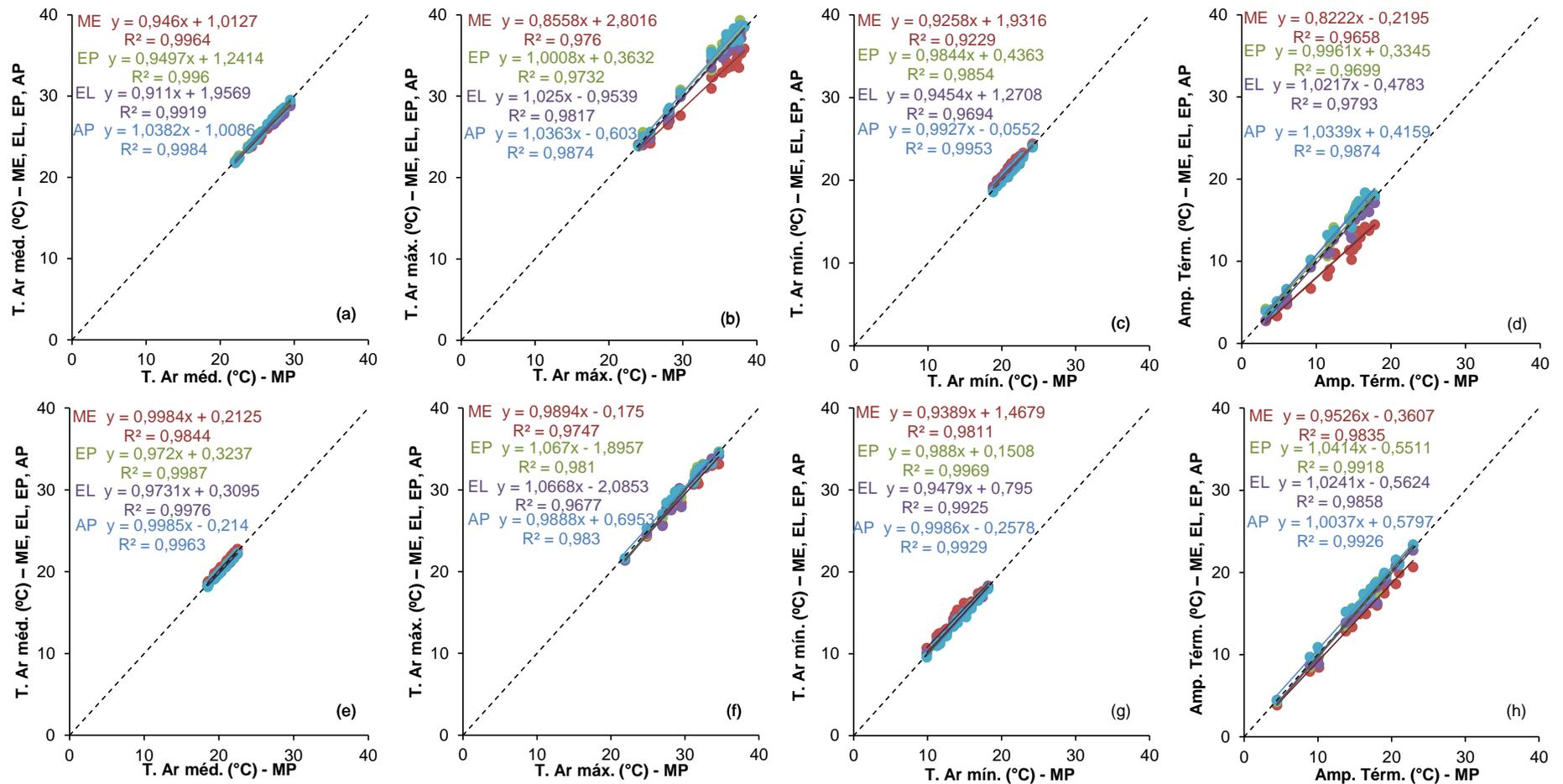
O ME apresentou menor temperatura máxima em relação aos outros SSP (cerca de 2°C) e apresentando temperatura mínima pouco mais elevada do que os outros tratamentos, resultando numa menor amplitude térmica em relação aos outros SSP. Mesmo após o episódio ocorrido no tratamento, a temperatura máxima em relação aos outros tratamentos não registrou variação como na estação chuvosa entre os tratamentos. Já a temperatura mínima registrou 1 °C acima em relação aos outros tratamentos. Isso ocorreu por conta da presença do componente arbóreo dentro do tratamento, onde o dossel funcionou como uma barreira impedindo a dissipação do calor para a atmosfera. A amplitude térmica dentro do ME na estação seca foi maior que na estação chuvosa. Porém, na estação chuvosa, quando comparada aos outros tratamentos a variação da amplitude térmica foi maior, aproximadamente cerca de 2,5 °C, já na estação seca, quando comparada aos outros tratamentos, variou aproximadamente 1 °C em relação aos outros tratamentos.

Como os tratamentos estão na mesma encosta e a diferença na incidência de radiação sobre os SSP foi menor, acabou sendo refletido na temperatura do ar, mesmo os SSP apresentando suas particularidades, as pequenas diferenças encontradas entre os tratamentos não causaram efeitos impactantes no coeficiente angular dos tratamentos nas duas estações (Figura 13).

Silva-Pando et al. (2002) observaram que o componente arbóreo reduziu a temperatura máxima do ar dentro do sistema, quando comparado com tratamentos em pleno sol. Além disso, Singh et al. (2012) ressaltam que em sistemas equilibrados, onde não ocorre competição por luz ou água, a redução da temperatura sob dossel gera redução do estresse por deficiência hídrica, favorecendo o aumento da biomassa da vegetação que constitui o sistema. Para Wick; Tiessen; Menezes (2000), o componente arbóreo dentro de um sistema, além de favorecer a aeração do solo, contribui principalmente para infiltração de água no solo, onde as raízes contribuem para o transporte por translocação de nutrientes das camadas mais profundas do solo pelo corpo da planta até chegar às folhas (MURGUEITIO et al., 2011). Porém, a competição por luz, água e nutrientes pode ocorrer dentro de sistemas integrados,

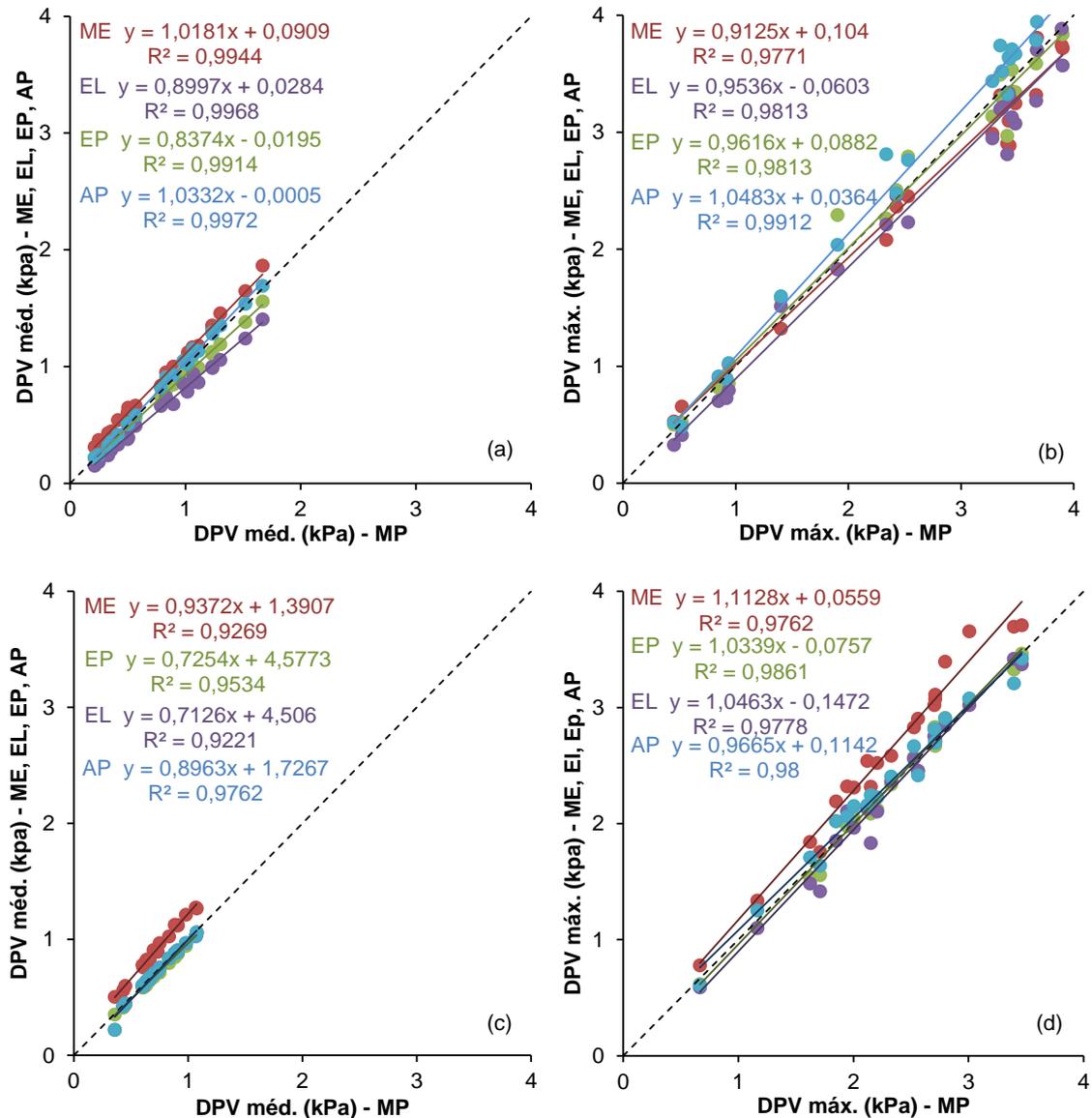
influenciando no desempenho tanto do componente arbóreo quanto da forragem (PEZZOPANE et al., 2015).

Figura 13 – Temperatura do ar (°C) dos tratamentos de Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL), Araribá com pasto (AP) e de Monocultivo de eucalipto (ME) em função dos valores observados no Monocultivo de pasto (MP) nos períodos de 07 de fevereiro a 28 de fevereiro de 2020 (Estação chuvosa) e 16 de julho de 2020 a 04 de agosto de 2020 (Estação seca) em sistema silvipastoril, no município de Jerônimo Monteiro, ES. Onde a, b, c, d representam a estação chuvosa e e, f, g, h representam a estação seca.



Fonte: a autora.

Figura 14 – Déficit de pressão de vapor (DPV) dos tratamentos de Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL), Araribá com pasto (AP) e de Monocultivo de eucalipto (ME) em função dos valores observados no Monocultivo de pasto (MP) nos períodos de 07 de fevereiro a 28 de fevereiro de 2020 (Estação chuvosa) e 16 de julho de 2020 a 04 de agosto de 2020 (Estação seca) em sistema silvipastoril, no município de Jerônimo Monteiro, ES. Onde a, b representam a estação chuvosa e c, d representam a estação seca.



Fonte: a autora.

Ao analisar os dados do experimento observou-se que na estação seca, a pressão parcial de vapor (e_a), permanece próximo de 1 kPa, enquanto que a pressão de saturação de vapor (e_s) atingiu 5 kPa nas horas em que a incidência de radiação é maior durante o dia (PEREIRA; ANGELLOCI; SENTELHAS, 2002). Sabe-se que quanto maior a intensidade de radiação, maior a temperatura do ar e, conseqüentemente, maior a pressão de saturação de vapor, de modo que, em horários em que há maior incidência de radiação solar durante o dia, ocorre o aumento da temperatura do ar,

elevando consideravelmente a pressão de saturação de vapor. No entanto, durante o dia, a pressão parcial de vapor não varia da mesma forma que a pressão de saturação de vapor. Quando ocorre a diminuição da UR, aumenta discretamente a pressão parcial de vapor nos horários de maior incidência de radiação solar e maior Tar. Durante o dia a UR tende a ser maior apresentando um DPV menor e no período da noite, acontece o inverso, onde foi registrado menores valores de UR e maiores DPV (MONTEITH et al. 1991). Pezzopane et al. (2011) encontrou temperatura do ar e UR com valores reduzidos em sistemas constituídos por componente arbóreo em relação a área aberta composta por pastagem, o que ameniza as condições microclimáticas da área propiciando a produção pecuária. Porfírio-Da-Silva (1998) relata que o sombreamento promove atenuação da temperatura do ar em até 3,5°C entre posições dentro de um SSP, e que o comportamento do DPV também foi menor nas posições do sistema, enfatizando que o sombreamento afeta a incidência de radiação solar dentro do sistema amenizando a temperatura do ar.

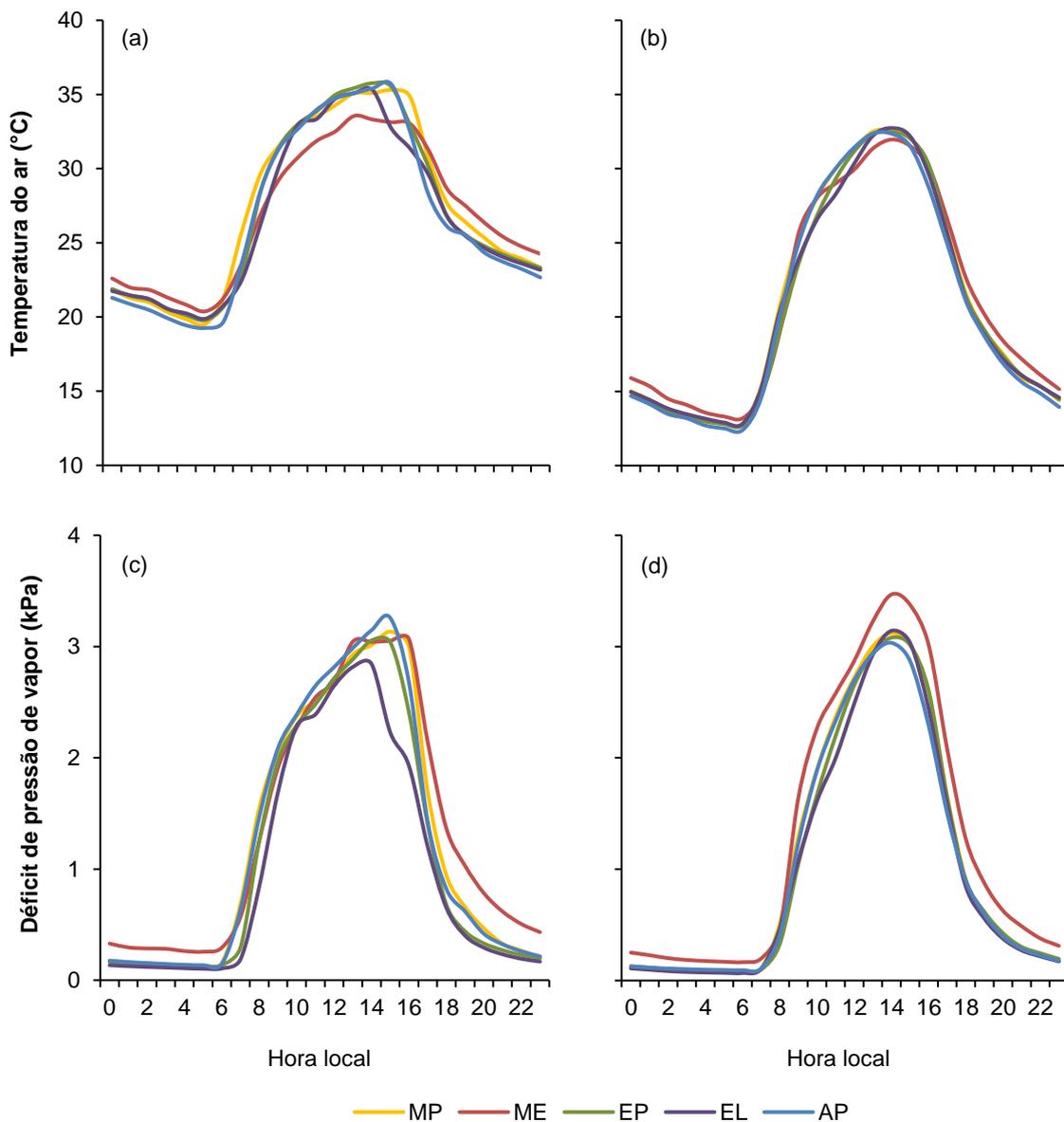
No entanto, na estação seca ao analisar o mesmo tratamento, foi possível observar que devido ao período de estiagem no inverno, na estação seca, a *ea* não ultrapassou 1,9 kPa nos horários de maior incidência de radiação solar, maior temperatura do ar e menor UR.

A Figura 15 apresenta a média horária da temperatura do ar e do DPV em dia de céu limpo em cada estação. Ao analisar a flutuação horária da temperatura do ar (Figura 15 a, b), percebe-se que em ambas as estações a temperatura média do ar não apresentou grandes variações entre os tratamentos, sobretudo na estação seca. Nota-se, porém, que na estação chuvosa cada tratamento atingiu a máxima em horários diferentes (variando entre 13h e 15h), essa diferença se deu por conta do caminhamento do sol durante o dia e o posicionamento dos tratamentos na encosta, enquanto na estação seca AP atingiu a máxima às 13h e os demais tratamentos às 14h. O comportamento do DPV em ambas as estações foi responsivo as mudanças da temperatura do ar ao longo do dia.

Com a temperatura do ar no tratamento ME na estação seca se igualando à temperatura dos outros tratamentos e “*ea*” menor em relação aos outros tratamentos, obteve-se maior DPV médio horário calculado nos horários de maior incidência de radiação solar.

Outro dado observado na estação chuvosa, em fevereiro, foi a ligeira queda da temperatura do ar no tratamento EL às 15 horas, em que a Tar ficou bem próximo da Tar do tratamento ME. Essa diminuição da temperatura do AR no tratamento EL se explica pelo fato da presença da leucena no tratamento, por estar com altura acima da estação com IAF medindo cerca de 1,4, evidenciando a influência do incremento de área foliar do dossel no microclima.

Figura 15. Valores médios horários de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e déficit de pressão de vapor (kPa) em dia de céu limpo em dois períodos: estação chuvosa (19/02/2020) e estação seca (28/07/2020). Medições realizadas em cinco tratamentos de sistema silvipastoril, numa mesma encosta, sendo eles: monocultivo de pasto (MP), Monocultivo de eucalipto (ME), Eucalipto com pasto (EP), Eucalipto, leucena e pasto (EL) e Araribá com pasto (AP), no município de Jerônimo Monteiro. Onde a, b representam a estação chuvosa e c, d representam a estação seca.



Fonte: a autora.

O combinado das diferenças de temperatura e umidade relativa do ar dentro dos tratamentos e entre os tratamentos nas duas épocas do ano, interferiu diretamente no cálculo do déficit de pressão de vapor. Na estação chuvosa, a UR atingiu seu ponto mais crítico no horário de 15 horas, atingindo 45% de umidade, com Tar de 35,3 °C, elevando consideravelmente a pressão de saturação de vapor para 5,7 kPa e DPV a 3,1 kPa. Quando comparado com a estação chuvosa, a estação seca, registrou a menor UR, ficando em 36,4% de umidade e Tar de 33 °C, pressão de saturação de vapor a 4,9 kPa e DPV calculado de 3,1 kPa, ficando igual à estação chuvosa.

5. CONCLUSÕES

O volume de chuva influencia na partição do balanço de energia e as variações microclimáticas entre as estações.

O regime de radiação entre os tratamentos diferenciou de forma importante devido à presença do componente arbóreo nos Sistema Silvipastoril.

Entre os três sistemas silvipastoris, eucalipto com pasto, eucalipto com leucena e araribá com pasto a radiação fotossinteticamente ativa variou consideravelmente, evidenciando que o tipo de componente arbóreo que constitui um determinado SSP influencia diretamente na incidência e no regime de radiação sobre o sistema, afetando a temperatura da superfície do solo e perfil do solo, a temperatura e a umidade relativa do ar dentro do sistema.

Independentemente das estações do ano, em Sistema Silvipastoril à medida que ocorre o aumento do dossel do componente arbóreo (aumento do IAF – Índice de área foliar), conseqüentemente ocorre alterações nas variáveis microclimáticas. No entanto, o componente arbóreo influencia diretamente o sistema ao gerar sombreamento, influenciando no regime de energia, em que a radiação incidente sobre o sistema é reduzida por conta do dossel do componente arbóreo, que bloqueia, impedindo maior incidência sobre a superfície, reduzindo aproximadamente em 1°C na temperatura média da superfície do solo entre os tratamentos, e cerca de 4°C na temperatura máxima, quando comparada as estações, chuvosa e seca, o volume de chuva vai influenciar na partição do balanço de energia e nas variações microclimáticas.

A temperatura máxima da superfície do solo dos SSP quando comparados com os tratamentos monocultivo de pasto e araribá com pasto, reduziram nas duas estações, o que pode beneficiar a produção pecuária, propiciando maior conforto térmico animal.

6. REFERÊNCIAS

- ABIEC – Associação Brasileira das indústrias Exportadoras de Carne Bovina. **Beef Report – Perfil da Pecuária no Brasil**. 2019. Disponível em: <<http://abiec.siteoficial.ws/control/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>>. Acesso em: 15/05/2020.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, A.M.D et al. Radiação fotossinteticamente ativa incidente e refletida acima e abaixo do dossel de floresta de mata atlântica em coruripe, alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.1, 68 - 79, 2014.
- BALDASSINI, Pablo et al. Sistemas silvipastoris das florestas do Chaco: efeitos das árvores no crescimento da grama. **Journal of Arid Environments**, v. 156, p. 87-95, 2018.
- BARBOSA, O. R. et al. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. *Acta Scientiarum*. **Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 115-122, 2004.
- BARBOSA, G. F. et al. Silvicultural performance of eucalyptus and animal behavior in a silvopastoral system. **Bioscience Journal**. v. 35, n. 4, p. 1179-1187, 2019.
- BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SENTELHAS, P. C. Silvopastoral system with Eucalyptus as a strategy for mitigating the effects of climate change on Brazilian pasturelands. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020.
- BROOM, D. M.; GALINDO, F. A.; MURGUEITIO, E. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. **Proceedings of the Royal Biological Science**, London, v. 280, p. 1- 9, 2013. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2025>
- CAMPINHOS, E. Sustainable plantations of high-yield Eucalyptus trees for production of fiber: the Aracruz case. In: *Planted Forests: Contributions to the Quest for Sustainable Societies*. **Springer, Dordrecht**, 1999. p. 129-143.
- CARON, B. O. et al. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 833-842, 2012.
- CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F. Sistemas Silvipastoris para Recuperação e Desenvolvimento de Pastagens. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (Ed.) **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. 1.ed. Brasília: EMBRAPA, p. 498-514, 2005.
- CASTRO, C. R. T. et al. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 19, 2009.
- CUNHA, N. R. S.; LIMA, J. E.; GOMES, M. F. M.; BRAGA, M. J. A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 2, p. 291-323, 2008.

- DENIZ, M. et al. High biodiversity silvopastoral system as an alternative to improve the thermal environment in the dairy farms. **International journal of biometeorology**, v. 63, n. 1, p. 83-92, 2019.
- DE CASTRO SANTOS, D. et al. Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: Productivity of forage and an exploratory test of the animal response. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 266, p. 174-180, 2018.
- DE OLIVEIRA, CC, et al. Desempenho de novilhas Nelore, massa de forragem e características estruturais e nutricionais do capim *Brachiaria brizantha* em sistemas de produção integrados. **Saúde e produção animal tropical**.
- DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. **Rev., atual. e ampl.** Belém, PA, 2011.
- DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental** (Documentos 402), Belém, PA, 2014, p. 38.
- EMBRAPA (2015). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)**. Available at: Disponível em: <<http://agrosustentavel.com.br/downloads/iplf.pdf>> Acesso em: 04 abr. 2020.
- EMBRAPA, 2016. **ILPF em números**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1064859/ilpf-em-numeros>> . Acesso em: 04 abr. 2020.
- EMBRAPA. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/863/brachiaria-brizanthacv-marandu>>. Acesso em 13 mai. 2020.
- FACCO, A. G. et al. Saldo de radiação em plantios de eucalipto em áreas de relevo ondulado. **Revista Árvore** , v. 33, n. 3, pág. 471-480, 2009.
- FADL, K. E. M.; MAHMOUND, S. E.; HAMAD, Z. M. Farmers perceptions towards agroforestry systems in north and South kordofan states, Sudan. **International Journal of Environment**. v. 4, 2015.
- FIRMINO, C. T. **Microclima de Sistema silvipastoril em diferentes orientações de enconstas**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito santo.
- GOMES, F. J. et al. Efeitos do sombreamento no capim-marandu em um sistema silvipastoril: respostas morfológicas e fisiológicas das plantas. **Revista de Agronomia**, v. 111, n. 5, p. 2332-2340, 2019.
- GOMES, F. J. et al. Shading effects on Marandu palisadegrass in a silvopastoral system: Plant morphological and physiological responses. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 5, p. 2332-2340, 2019.
- GOMES, Fagner J. et al. Efeitos do microclima nas características do dossel de pastagens sombreadas de capim-braquiária em um sistema silvipastoril no bioma Amazônia do Brasil central. **European Journal of Agronomy**, v. 115, p. 126029, 2020.
- Gómez, S., Guenni, O., & Bravo de Guenni, L. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Brachiaria decumbens* Stapf. **Grass and Forage Science**, 68(3), 395-407. 2013

- HANISCH, A. L. et al. Avaliando a sustentabilidade em sistemas silvipastoris tradicionais (caívas): olhando além do impacto dos animais na biodiversidade. **Sustentabilidade**, v. 11, n. 11, p. 3098, 2019.
- Harrison, MT, McSweeney, C., Tomkins, NW e Eckard,. Melhorando as intensidades de emissão de gases de efeito estufa de sistemas subtropicais e tropicais de criação de bovinos usando *Leucaena leucocephala*. **Agricultural Systems**, 136 , 138-146, 2015.
- HASSAN, R. A.; TAWFIK, W. A.; ABOU-SETTA, L. M. Os constituintes flavonóides de *Leucaena Leucocephala* que crescem no Egito e sua atividade biológica. **Revista Africana de Medicamentos Tradicionais, Complementares e Alternativos**, v. 11, n. 1, p. 67-72, 2014.
- HERMES, Cátia et al. Microclimate in an agro-ecological silvopastoral system with bamboo at different tree-shade projection distances: a case study in Southern Brazil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 142-146, 2018.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística , **Censo Agropecuário. 2006 – Brasil em síntese**. Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/agropecuaria/utilizacao-das-terras-area.html>>. Acesso em: 13 mai 2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Agropecuário 2017 – Resultados definitivos**. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/pecuaria>>. Acesso em: 13 mai 2020.
- ISHIHARA, Kazue L. et al. *Leucaena leucocephala*: A leguminous tree suitable for eroded habitats of Hawaiian islands. In: Ravine Lands: Greening for Livelihood and Environmental Security. **Springer, Singapore**, p. 413-431, 2018.
- JUNIOR, N. A. V. et al. Temperature, thermal comfort, and animal ingestion behavior in a silvopastoral system Temperatura, conforto térmico e comportamento ingestivo animal em sistema silvipastoril. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 40, n. 1, p. 403-416, 2019.
- KULLAN, A. R. K. et al. Genetic dissection of growth, wood basic density and gene expression in interspecific backcrosses of *Eucalyptus grandis* and *E. urophylla*. **BMC genetics**, v. 13, n. 1, p. 60, 2012.
- LANA, A. M. Q. et al. Influência de árvores nativas ou exóticas na fertilidade do solo em décadas de sistema silvipastoril no bioma da savana brasileira. **Sistemas agroflorestais**, v. 92, n. 2, p. 415-424, 2018.
- LELIS, D. L. et al. Photosensitization in naïve sheep grazing signal grass (*Brachiaria decumbens*) under full sunlight or a silvopastoral system. **Small ruminant research**, v. 169, p. 24-28, 2018.
- LEMOS-JUNIOR, J. M. et al. Volumetric models for *Eucalyptus grandis* x *urophylla* in a crop-livestock-forest integration (CLFI) system in the Brazilian cerrado. **African J. Agricul. Res**, v. 11, p. 1336-1343, 2016.
- LEONARDI, G. de A. et al. *Eucalyptus urograndis* stem proteome is responsive to short-term cold stress. **Genetics and molecular biology**, v. 38, n. 2, p. 191-198, 2015.
- LIMA, J. S. de S. et al. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre, ES. **Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 2, p. 327-332, 2008.

- LIMA, H. NB et al. Soil attributes of a silvopastoral system in Pernambuco Forest Zone. **Tropical Grasslands-Forrajés Tropicales**, v. 6, n. 1, p. 15-25, 2018.
- MENDES, R. de S. P. et al. Proposal for the Implantation of Forestry System in a Small Rural Property Located in the Municipality of Nanuque-Mg. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 6, n. 5, 2019.
- MILITÃO, É. R. et al. **Microclima e qualidade de forragens em sistema silvipastoril agroecológico em função do tempo de repouso do pastejo e sombreamento**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- PACIULLO, D. S. C. et al. The growth dynamics in Brachiaria species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 270-276, 2011.
- PACIULLO, D. S. C. et al. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v. 141, n. 2-3, p. 166-172, 2011.
- PACIULLO, D. S. C. et al. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass–legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1264-1271, 2014.
- PEREIRA, A. R.; ANGELLOCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. 1 ed. Guaíba-SP: Agropecuária, 2002.
- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 256-264, 2007.
- 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.
- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. **Journal of thermal biology**, v. 79, p. 103-111, 2019.
- 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. 1998. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas).–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- RESENDE, L. DE O. Et al. Silvopastoral management of beef cattle production for neutralizing the environmental impact of enteric methane emission. **Agroforestry Systems**, v. 0123456789, 2019.
- RODRIGUES, R. C. et al. Agronomic, morphogenic and structural characteristics of Marandu grass in silvopastoral systems composed of babassu palm and grass monoculture. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2331-2341, 2016.
- SANTOS, D. DE C. et al. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 233, p. 16–24, 2016.
- SARTO, M. V. M. et al. Soil microbial community and activity in a tropical integrated crop-livestock system. **Applied Soil Ecology**, v. 145, n. September 2019, p. 103350, 2020.

SILVA, L. L. G. G. Da et al. **Brachiaria brizantha cv. Marandu em sistema silvipastoril**. 2008. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/629717/brachiaria-brizantha-cv-marandu-em-sistema-silvipastoril>>. Acesso em 14/05/2020.

SILVA, R. DE O. et al. Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 201–211, 2017.

SOARES, A. B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.

SOUSA, L. F. et al. Forage intake, feeding behavior and bio-climatological indices of pasture grass, under the influence of trees, in a silvopastoral system. **Embrapa Gado de Leite- Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. A.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed., Porto Alegre: Artmed, 2017, 888p.

TORRES, F. E. et al. Production of tropical forage grasses under different shading levels. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 38, p. 336-342, 2017.