
Sistemas silvipastoris – Uma alternativa viável para áreas montanhosas do Espírito Santo

- | Ivan Jannotti Wendling
- | Maurílio Fernandes de Oliveira
- | José Eduardo Macedo Pezzopane
- | Domingos Sávio Campos Paciullo
- | Gercílio Alves de Almeida Júnior
- | Marco Túlio de Almeida Costa
- | Gabriel delabela Salomão
- | Claudiones Sérgio Alves
- | Lucas Zampirolli Dias
- | Ellena Aparecida Beloni Reis

RESUMO

A degradação de pastagens constitui um entrave ao desenvolvimento econômico da região central-sul capixaba, marcada por topografia acidentada, solos de baixa fertilidade natural e produtores descapitalizados. Além dos problemas econômicos, a degradação de pastagens resulta em graves prejuízos para o meio ambiente e para a sociedade de modo geral. Os sistemas silvipastoris são opções interessantes para recuperar pastagens degradadas e manter a sustentabilidade da pecuária, especialmente em áreas declivosas sujeitas aos processos de erosão. O eucalipto é a espécie arbórea mais utilizada em sistemas silvipastoris no Brasil, porém os resíduos vegetais depositados no solo pelo eucalipto são pobres em nutrientes, principalmente N, P e K. Nestas condições, as produtividades da pecuária passam a depender da aplicação de fertilizantes químicos, com restrições de uso devido aos elevados custos dos fertilizantes e dificuldade operacional para a aplicação, especialmente em áreas montanhosas de alta declividade. O uso de leguminosas arbóreas com alta capacidade de fixação de N atmosférico pode ser uma opção interessante para a pecuária bovina em regiões montanhosas, marcadas pela baixa fertilidade natural do solo e pecuaristas descapitalizados.

Palavras-chave: Degradação, Leguminosa, Manejo, Sustentabilidade.

■ INTRODUÇÃO

A pecuária de corte e de leite da região central-sul capixaba, onde predomina pastagens exclusivas de gramíneas, ocupando terrenos montanhosos de alta declividade, não tem se mostrado sustentável nos últimos anos. O uso incorreto das pastagens e consequente degradação dos recursos naturais (solo e água) tem resultado em graves problemas econômicos, sociais e ambientais, dentre eles: diminuição da produção animal, erosão do solo, assoreamento dos cursos d'água, e em anos de chuvas intensas e concentradas, em enchentes.

. Nas condições de solos empobrecidos e compactados a produção de forragem e a capacidade de suporte da pastagem são reduzidos a valores que comprometem as produtividades, provocando o empobrecimento do produtor e prejuízos econômicos para a região. O atual quadro de degradação das pastagens instalado na região central-sul capixaba levou a uma maior dependência por agrotóxicos, principalmente por herbicidas, que contaminam os lençóis freáticos, prejudicam o meio ambiente, podendo causar danos à saúde humana e animal. Por outro lado, a redução na produção de forragem tem levado à antecipação de uso de concentrados e volumosos oferecidos no cocho, geralmente necessários para manter a produtividade da pecuária no período da seca, principalmente a leiteira. Nestas condições, aumentam os custos de produção e a renda da propriedade fica ainda mais comprometida, agravando os problemas socioeconômicos.

O plantio de árvores em pastagens, técnica conhecida por sistemas silvipastoris, apresenta alto potencial para recuperar áreas degradadas e promover a sustentabilidade dos sistemas de produção animal a pasto. As árvores trazem inúmeros benefícios para a atividade pecuária e o meio ambiente, como a conservação do solo e da água, conforto térmico e bem-estar animal, e melhoria da qualidade da forragem, principalmente quando são utilizadas leguminosas. Contudo, árvores e forrageiras competem pelos mesmos recursos de crescimento (água, luz e nutrientes do solo) e, num dado momento, a forrageira pode comprometer o desenvolvimento das árvores e vice-versa, o que requer planejamento e corretas decisões de manejo para melhorar a convivência entre as espécies vegetais e animais.

Por reunir um conjunto de características positivas, o eucalipto é a espécie arbórea mais utilizada em sistemas silvipastoris no Brasil, destacando-se pelos aspectos agrônômicos (crescimento rápido e adaptação a solo e clima) e mercadológico, explicado pela diversidade de produtos gerados e facilidade de comercialização dos mesmos.

No entanto, dada as particularidades regionais de clima, solo e economia local, outras espécies arbóreas podem se tornar mais promissoras para consórcios com pastos e animais, aumentando a sustentabilidade da atividade pecuária, no médio a longo prazo. Na região central-sul capixaba, marcada por terrenos acidentados e de baixa fertilidade do solo, as leguminosas podem se tornar alternativa interessante ao eucalipto devido ao fato de estas

plantas depositarem no solo resíduos vegetais mais ricos em nutrientes, principalmente o N, podendo manter ou mesmo aumentar as produtividades da pecuária.

Este capítulo de livro tem como principal objetivo informar as particularidades do consórcio entre pasto, árvores, e animais, apresentando o passo a passo para a implantação deste sistema, tendo como base um estudo em desenvolvimento que avalia o potencial de diferentes espécies arbóreas na recuperação de pastagens degradadas da região Sul do Estado do Espírito Santo. A importância das pastagens do ponto de vista social, econômico e ambiental, a degradação de pastagens (causas e consequências), e as boas práticas de manejo da pastagem e de manejo do pastejo, também serão objetos de discussão neste trabalho.

Desta forma, espera-se contribuir para o processo de mudança de cultura de exploração pecuária na região central-sul capixaba, buscando conciliar renda com preservação do meio ambiente.

■ A IMPORTÂNCIA DAS PASTAGENS NO CONTEXTO SÓCIOECONÔMICO E AMBIENTAL

A pecuária bovina está presente em praticamente todos os municípios brasileiros, promovendo o desenvolvimento econômico nas mais diversas regiões do país. Segundo Ferreira *et al.* (2020), as pastagens ocupavam, em 2018, aproximadamente 21% do território brasileiro. Este montante, por si só, explica a importância das pastagens para o país, tanto do ponto de vista socioeconômico quanto ambiental.

A pecuária de leite e de corte brasileira tem nas pastagens a principal e mais barata fonte de nutrientes, suprimindo, principalmente no período das águas, boa parte das exigências dos bovinos por proteína bruta, energia, minerais e vitaminas (GOMIDE *et al.* 2001). Quando as pastagens são manejadas corretamente, procurando conciliar quantidade com qualidade de forragem ofertada, atentando-se para questões como sanidade, bem-estar, e genética animal, obtêm-se leite e carne com menores custos de produção. Em decorrência disso, a renda da propriedade, as exportações, e a arrecadação de impostos, são aumentadas.

Além de gerar renda e divisas para o país, pastagens manejadas corretamente e que cobrem suficientemente o solo contribuem para a preservação do meio ambiente, na medida que estocam expressivas quantidades de carbono (C) (Oliveira *et al.*, 2020). De acordo com a FAO (2009), as pastagens (nativas e cultivadas) representam a segunda maior fonte potencial global de sequestro de C, com capacidade de drenar da atmosfera 1,7 bilhões de toneladas de C por ano, atrás somente das florestas, cuja capacidade estimada chega a 2 bilhões de toneladas de C.

O aquecimento do planeta provocado pela emissão desenfreada dos gases de efeito estufa é um problema mundial, porém as regiões tropicais e subtropicais em desenvolvimento

seriam as mais afetadas pela mudança do clima (LIMA *et al.*, 2001). Segundo estes autores, os países em desenvolvimento poderão ser mais vulneráveis às alterações climáticas devido à economia de baixo capital, deficiência de mercados, predominância de atividades agrícolas, dentre outros fatores.

Este cenário aponta para que sejam criadas alternativas mais sustentáveis de uso da terra nesses países, principalmente aqueles com forte vocação agropecuária, como é o caso do Brasil.

Por ocuparem microbacias e sub-bacias hidrográficas as pastagens são consideradas importantes áreas de recarga hídrica, influenciando a quantidade e a qualidade de água à jusante, na bacia hidrográfica principal. Vale ressaltar que as bacias hidrográficas desempenham importantes funções, as quais são imprescindíveis à sobrevivência humana, com destaque para a manutenção da biodiversidade (animal e vegetal) e o abastecimento de água para as cidades e para o próprio campo.

Pelo exposto, é fundamental que os produtores rurais tomem maior consciência ambiental e a sociedade entenda que o processo de degradação das pastagens constitui um entrave ao desenvolvimento econômico do país. Por outro lado, é preciso disponibilizar maior volume de recursos para criar iniciativas de educação ambiental, desenvolver tecnologias mais sustentáveis de uso do solo, e fiscalizar com mais rigor.

■ DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS

A FAO (2009) considera que uma das principais causas de degradação de pastagens, em termos globais, e de influência antrópica direta, é o manejo inadequado, em particular o uso sistemático de taxas de lotação animal que excedem a capacidade do pasto de se recuperar do pastejo e do pisoteio.

No Brasil, país de dimensões continentais, com biomas e ecossistemas caracterizados por uma ampla diversidade biológica, edáfica e climática, a degradação das áreas de pastagens também constitui um problema a ser resolvido.

Ferreira Júnior *et al.* (2020) realizaram o mapeamento das áreas de pastagens no Brasil, entre 2010 e 2018, classificando o nível de degradação por meio do que chamaram de indícios de degradação. As áreas de pastagens, em milhões de hectares (mha), foram classificadas em: degradação ausente (48,8 mha), degradação presente (65 mha), e severa (53,9 mha), correspondendo, respectivamente, a 29,1; 38,7 e 32,1% em relação ao total da área de pastagens do país. Segundo os autores, as áreas com maiores indícios de degradação foram observadas nos biomas Caatinga, Cerrado e Pantanal, os quais apresentaram problemas causados pela sazonalidade, notadamente o déficit hídrico nos dois

primeiros e, neste último, saturação hídrica na estação das águas e seca com queimadas no outono-inverno.

São inúmeras as causas que resultam na degradação das pastagens, a maioria comum aos diferentes sistemas pecuários e biomas brasileiros, destacando-se: escolha incorreta da planta forrageira, frente as condições de solo e clima da região; uso de sementes de baixa qualidade; práticas incorretas de manejo na fase de formação da pastagem, como o preparo do solo com aração morro abaixo (Figura 1); superpastejo e uso contínuo das plantas, sem o devido descanso para as mesmas; ausência de calagem para correção da acidez e de adubação para repor os nutrientes ao sistema solo-planta; ataque de pragas e doenças, e uso do fogo.

Figura 1. Preparo do solo com aração morro abaixo, prática incorreta de manejo que predispõem o solo aos processos erosíveis e à degradação da pastagem.



A aração morro abaixo é prática relativamente comum na região central-sul capixaba, inclusive em áreas com declividade acentuada, conforme observado na Figura 1. Aproximadamente 60% dos solos da região central-sul capixaba estão cobertos por pastagens, formadas predominantemente pelo capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) em monocultivo, comumente conhecido por braquiarião. Parte destas pastagens estão localizadas em áreas de declividade acentuada, predominando terrenos forte-ondulados (20 a 45% de declividade), mas havendo casos em que a declividade é superior a 45% (terrenos escarpados).

Segundo Pinheiro (2014), a excessiva intensificação dos sistemas de produção de leite e carne bovina na Região Sul do Estado do Espírito Santo, tem causado a degradação de pastagens e a poluição do meio ambiente, como a atmosfera, recursos hídricos, e o solo.

A deterioração do solo da região ocorre como consequência de práticas incorretas de manejo da pastagem, principalmente pelo uso de taxas de lotação animal muito acima da capacidade de suporte da pastagem, caracterizando o superpastejo. O pisoteio animal intenso sobre o solo e o superpastejo causam a perda de vigor de rebrota das forrageiras e a compactação do solo. Soma-se a isso a ausência de reposição dos nutrientes do solo,

principalmente o nitrogênio (N), acentuando-se a perda de vigor de rebrota das forrageiras e a descobertura do solo.

Quando não há suficiente cobertura vegetal no solo, especialmente em áreas íngremes e compactadas, as águas das chuvas não encontram barreiras e descem em altas velocidades, arrastando consigo quantidades expressivas de sedimentos (argila, areia, detritos), causando o assoreamento dos cursos d'água e as calhas dos rios. Em momentos de chuvas torrenciais e ininterruptas, os rios não dão vazão e transbordam, provocando enchentes de grandes proporções.

Em estágios avançados de degradação inicia-se a abertura de sulcos (Figura 2), que podem ser transformar em voçorocas agravando ainda mais os problemas ambientais e socioeconômicos.

Figura 2. Aspecto de uma pastagem degradada com erosão em sulcos. Cena relativamente comum às margens da BR 482 que corta a região central-sul capixaba.



São vários tipos de prejuízos causados pelas enchentes, como avarias ou perda de máquinas e implementos agrícolas; danos às estradas rurais e urbanas; desabamentos e inundação de moradias, comércios e indústrias, com perdas de pertences e de vidas humanas, morte de animais, e aumento da proliferação de doenças.

Outro problema grave verificado na região é a ausência de mata ciliar e o uso dos cursos d'água para o dessedentamento dos animais (Figura 3). Este descaso com o meio ambiente e com a sociedade contamina os lençóis freáticos, acelera a perda de solo e prejudica ainda mais o abastecimento de água e os problemas ambientais.

Figura 3. Dessedentamento dos animais nos cursos d'água, procedimento que agrava o assoreamento e os problemas ambientais.



NOÇÕES BÁSICAS SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS E MANEJO DO PASTEJO

Em ambientes de pastagens ocorrem múltiplas interações entre o solo, as plantas, e os animais, o que nos permiti classificá-las, num contexto ecológico, como ecossistema. As condições climáticas, especialmente água e temperatura, ditam a produção da pastagem e as produtividades obtidas, as quais também dependem da qualidade do solo. A qualidade do solo, por sua vez, está relacionada às suas propriedades biológica, física e química.

O solo constitui a base para a produção primária (as forrageiras) e é habitat da macro e da microfauna. Minhocas, formigas, cupins, dentre outros animais, além de fungos e bactérias constituem a biologia do solo que decompõem os resíduos vegetais (folhas, colmos, raízes, sementes etc...) e as excretas dos animais (fezes e urina). O produto da decomposição dos resíduos é a matéria orgânica do solo, que além de contribuir para manter a umidade no sistema, é fonte de alguns nutrientes. Por meio da ciclagem de nutrientes estes podem retornar às plantas, notadamente nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S).

A propriedade física do solo diz respeito à estabilidade dos agregados (argila, areia, silte), adequado espaço poroso para a movimentação de água e gases, e baixa resistência à penetração de raízes, condições que permitem a exploração de água e nutrientes em maiores profundidades, refletindo-se na produção da parte aérea (folhas + colmos). Esta vantagem se torna particularmente importante para as gramíneas forrageiras, principalmente no período da seca, pois estas plantas, quando comparadas às leguminosas, exploram camadas menos profundas do solo. Sistemas radiculares saudáveis ainda contribuem para rebrotas mais rápidas e vigorosas, aumentando a eficiência de uso do pasto (maiores ciclos de pastejo), independentemente do método utilizado (pastejo contínuo ou rotativo).

Além de depender da estrutura do solo e da atividade microbiológica, o nível de produtividade das plantas depende também da propriedade química do solo, determinada pelas concentrações de N, P, K, S, Ca e Mg, dentre outros nutrientes presentes na solução do solo.

Segundo Passos (2015) os solos sob pastagem na região sul do Estado do Espírito Santo apresentam baixos teores de matéria orgânica, o que somado ao tipo de solo da região, geralmente Latossolos de baixa fertilidade, resulta na deficiência de P para as plantas.

Pelo exposto, o manejo da pastagem deve ter como principal objetivo preservar as propriedades do solo e manter o vigor de rebrota das plantas forrageiras, de modo a manter ou aumentar a capacidade de produção da pastagem. Para tanto, deve-se adotar o manejo do pastejo de acordo com o tipo de planta forrageira; utilizar taxas de lotação animal compatíveis com a condição do pasto, evitando-se o superpastejo, e repor os nutrientes do solo, por meio da adubação química. O uso de leguminosas com alta capacidade de fixação de N-atmosférico também deve ser considerado como estratégia para melhorar a qualidade do solo e promover a sustentabilidade da pecuária bovina.

Entende-se por manejo do pastejo a forma pela qual a forragem é utilizada pelos animais, podendo ser de forma contínua, por meio do método de pastejo contínuo (lotação contínua) ou pelo método de pastejo rotativo, também conhecido como rotacionado ou lotação intermitente. Pelo método de pastejo contínuo, principalmente sob elevada taxa de lotação animal, uma mesma planta pode ser novamente consumida num curto intervalo de tempo, com risco de prejudicar o vigor de rebrota e levar a pastagem à degradação. Já pela lotação intermitente a pastagem é dividida em piquetes, os quais são pastejados a intervalos de tempo e por isso ocorre o descanso das plantas.

Para Da Silva *et al.* (1998) o manejo do pastejo é o ajuste fino do manejo da pastagem, e tem como meta conciliar quantidade com qualidade de forragem, de modo que o animal encontre teores mais elevados de proteína bruta e menores de fibra. Elevados teores de fibra na forragem limitam o consumo dos animais e deprimem o desempenho produtivo (leite e carne).

A escolha correta do método de pastejo e os ajustes das taxas de lotação animal são ferramentas extremamente úteis para se alcançar estas metas. Em última análise, o manejo do pastejo visa preservar as gemas de crescimento das plantas, as quais estão envolvidas com a recomposição dos tecidos da parte aérea (folhas+colmos) após sucessivos pastejos, processo também conhecido como rebrota.

O método da lotação contínua pode ser utilizado para forrageiras que mantêm as gemas de crescimento nas partes mais baixas das plantas (rente ao solo), as quais não são facilmente eliminadas durante o pastejo animal. Representam estas plantas os cultivares (cv) de *Urochloa brizantha* (Marandu, Piatã, Xaraês, Paiaguás), capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk); capim-humidicola (*U. humidicola* cvs. Comum e Tupi), capim-ruziensis; e cultivares de *Cynodon* spp. (Gramma-estrela, Coast-cross, Tifton-85, Jiggs entre

outas). Contudo, o uso ininterrupto de altas taxas de lotação animal ao longo do ano causará a eliminação das gemas basais destas plantas, resultando na degradação da pastagem.

Já o método da lotação intermitente deve ser adotado para plantas que apresentam a forma de crescimento cespitoso-ereto, as quais mantêm as gemas de crescimento no ápice das plantas (as gemas apicais), e por isso são facilmente eliminadas durante o pastejo animal. São exemplos deste grupo de plantas os cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e os cultivares de *Megathyrsus maximus*, vulgo panicum, tais como Mombaça, Tanzânia, Zuri, Massai, Quênia, Tamani, dentre outros.

O princípio básico da lotação intermitente é produzir mais com menos, isto é, produzir mais leite e mais carne em menores áreas, processo conhecido por intensificação do sistema de produção animal a pasto. A estratégia é aumentar a produção de forragem por unidade de área (kg de biomassa seca ha⁻¹), por meio do uso de fertilizantes e, eventualmente, irrigação. Com o aumento da produção de forragem por hectare consegue-se aumentar a taxa de lotação animal na pastagem, alcançando elevadas produtividades animal por unidade de área. Para Santos *et al.* (2013), as informações científicas geradas no campo mostram que sistemas intensivos de produção a pasto podem ser altamente rentáveis e sustentáveis.

O método da lotação intermitente consiste em dividir a pastagem em um determinado número de piquetes (NP), empregando-se a fórmula proposta por André Voisin: $NP = PD / PO + 1$, em que: PD corresponde ao período de descanso das plantas e PO corresponde ao período de ocupação dos animais em cada piquete. Dependendo da velocidade de rebrota dos diferentes grupos de plantas forrageiras, no período das águas o PD pode variar entre 19 a 30 dias, sendo menor valor para plantas com maior capacidade de recomposição da parte aérea (cultivares de *Pennisetum purpureum* Schum., *Megathyrsus maximus* e *Cynodon spp.*) e maior para plantas que apresentam menor velocidade de rebrota (*Urochloa sp.*). Já no período seco, em que as condições climáticas inviabilizam o acúmulo de forragem, o PD pode chegar a valores entre 60, 70, 90 ou mais dias, o que requer necessariamente volumosos oferecidos no cocho. Para se determinar o PO deve-se levar em consideração a localização das gemas de crescimento e a velocidade de rebrota das plantas, podendo-se adotar de 1 a 10 dias para *Urochloa spp.* e *Cynodon spp.*, e no máximo cinco dias para cultivares de *Pennisetum purpureum* Schum. e *Megathyrsus maximus*.

Aplicando-se na fórmula de Voisin o período de descanso de 30 dias e três dias de ocupação, encontra-se 11 piquetes. A depender das condições climáticas (luz, água, temperatura) e da qualidade do solo, com este intervalo entre os pastejos os animais encontrarão, a cada retorno aos piquetes, suficiente quantidade e qualidade de forragem. Porém, dada as diferenças climáticas e edáficas nos diferentes biomas brasileiros, 30 dias de descanso pode ser ideal para uma determinada região e para outra não, podendo resultar em desbalanços entre quantidade e qualidade da dieta ofertada e prejudicar as produtividades e a renda da atividade pecuária. De fato, Da Silva (2004) afirma que as recomendações de

intervalos entre pastejos baseados em dias do calendário incorrem em erros, porque não levam em consideração aspectos relacionados com a ecofisiologia das plantas forrageiras, ignorando as variações em clima, solo e microrregião, os quais interferem na produção dos pastos nas diversas regiões do país.

Esta realidade motivou o desenvolvimento de estudos de morfogênese com plantas forrageiras de clima tropical, assim como ocorreu para as forrageiras de clima temperado. Diferentemente do manejo baseado em dias fixos, como indicativo do intervalo entre os pastejos, os estudos de morfogênese se baseiam na interceptação luminosa (IL) pelo dossel forrageiro, mais precisamente na altura em que o dossel forrageiro estaria interceptando 95% da luz solar incidente, ou 95% IL, correspondente ao índice de área foliar (IAF) crítico. Os estudos revelaram, de forma consistente, que acima do IAF crítico as plantas acumularam maior quantidade de colmos em detrimento a folhas, além de acumularem maiores quantidades de material senescente (morto), resultando em queda do valor nutritivo da pastagem como resultado do acúmulo de fibras.

Com base nestes estudos surgiram recomendações de manejo do pastejo pela altura das plantas (Tabela 1), tanto para a entrada dos animais no pasto (altura pré-pastejo), como indicativo do momento em que a rebrota das plantas deveria ser interrompida, quanto para a saída dos animais (altura pós-pastejo), indicando o momento ideal para se retirar os animais do pasto, de modo a manter um IAF mínimo capaz de promover a rebrota das plantas.

É importante mencionar que a lotação intermitente também se aplica às plantas que do ponto de vista de crescimento morfofisiológico poderiam ser manejadas pela lotação contínua, como os cultivares de *Urochloa* sp. e *Cynodons* sp., porém a busca pelo aumento das produtividades animal por hectare tem motivado a adoção da lotação intermitente para estas plantas.

Tabela 1. Recomendações de manejo do pastejo pela lotação intermitente, baseado em altura de planta, para entrada (pré-pastejo) e para a saída (pós-pastejo) dos animais no piquete, para diferentes forrageiras tropicais.

Gramínea forrageira	Altura pré-pastejo, cm	Altura pós-pastejo, cm
Capim-cameroon	100	40 - 50
Capim-mombaça	90	30 - 50
Capim-tanzânia	70	30 - 50
Capim- andropógon	50	27 - 34
Capim-xaraês	30	15 - 20
Capim-marandu	25	10 - 15
Capim-braquiária	20	5 - 10

Fonte: Diversos autores.

Nota-se, na Tabela 1, que para as plantas de porte maior, como o capim-elefante e os cultivares de *Megathyrus maximus*, tanto a altura de entrada quanto a de saída são maiores, e o contrário se aplica às plantas de porte menor, as quais apresentam menores alturas pré e pós-pastejo. Nota-se, também, que de modo geral, a altura de saída recomendada corresponde a aproximadamente a metade da altura de entrada, indicando consumo animal, teórico, de aproximadamente 50% da forragem disponível.

No caso do manejo sob lotação contínua, Da Silva (2004) cita que alguns trabalhos realizados com o capim-marandu indicaram melhor amplitude de uso na condição de pastos mantidos com altura entre 20 a 40 cm do solo. Segundo o autor, os primeiros ensaios foram realizados mantendo a forrageira a 10, 20, 30 e 40 cm, por meio de ajustes frequentes da taxa de lotação animal, ao longo de 13 meses, sendo que a manutenção da pastagem a 10 cm resultou em aumento da população de plantas invasoras e diminuição das reservas orgânicas das plantas. Ressalta-se que para manter a altura do capim-marandu a 10 cm do solo foi necessário elevar a taxa de lotação animal, sendo que muito provavelmente este manejo levaria à perda de vigor de rebrota das plantas e à degradação da pastagem.

Independentemente do método de pastejo adotado (contínuo ou rotativo), a taxa de lotação animal (TLA) deve ser compatível com a disponibilidade momentânea de forragem. Na estação das águas invariavelmente são utilizadas maiores TLA, devendo-se reduzir a carga animal na estação da seca, sob pena de resultar na degradação da pastagem. Por outro lado, o uso de TLA muito abaixo da capacidade de suporte da pastagem, caracterizando o subpastejo, pode resultar em excesso de colmo e de material morto, acarretando em rebrotas de pior qualidade, principalmente em plantas que apresentam alta produção de colmos (crescimento cespitoso-ereto). De fato, Do Nascimento Júnior *et al.*, (2010) afirmam que ofertas de forragem demasiadamente altas, principalmente em forrageiras de clima tropical, elevam a participação de colmos e material morto na forragem, comprometendo a estrutura dos pastos e seu valor nutritivo.

Por se tratar de áreas menores (piquetes), o controle da TLA em pastagens manejadas pela lotação intermitente é mais simples, podendo-se ajustar a carga animal de acordo com as metas de altura do resíduo pós-pastejo (Tabela 1). Já para pastagens manejadas pela lotação contínua, tratando-se de extensas áreas de pastagem, o controle da TLA é mais complexo, dificultando a observação da condição da pastagem.

A adubação tem por objetivo repor os nutrientes do solo que são convertidos em leite, carne e subprodutos, e ou que são perdidos pelos processos naturais de erosão. Quando os teores de P e K no solo estiverem em concentrações adequadas, o N passa a ser o principal nutriente regulador da produção de forragem. O P e o K devem ser aplicados na fase de formação da pastagem, o P preferencialmente no sulco de planto, de forma localizada,

e o K em cobertura, quando aproximadamente 70% do solo estiver coberto pelas forrageiras. Já o N deverá ser aplicado logo após a saída dos animais do pasto, desde que haja suficiente área foliar residual (resíduo pós-pastejo), tendo como referências as alturas recomendadas na Tabela 1.

O N traz efeito positivo sobre a produção de massa seca das plantas forrageiras (Fagundes *et al.*, 2006; Magalhães *et al.*, 2007), permitindo aumentar a taxa de lotação animal no pasto. De acordo com Nabinger (1996), o efeito positivo do N no perfilhamento é atribuído à maior rapidez de formação das gemas axilares e à iniciação dos perfilhos correspondentes.

Na fase de uso da pastagem (manutenção), tanto P quanto K deverão ser aplicados em cobertura, valendo lembrar da necessidade de correção do pH do solo para aumentar a assimilação destes nutrientes pelas plantas, de modo a otimizar a adubação nitrogenada.

Já as quantidades de N a serem aplicadas na pastagem depende do nível de exigência das plantas forrageiras e do nível tecnológico do sistema de produção (Cantarutti *et al.*, 1999), sendo recomendados pelo menos 50 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N para pastagens manejadas de forma extensiva (baixo nível tecnológico), aplicados no início da estação chuvosa; de 100 a 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N para pastagens manejadas sob nível médio de tecnologia, e de 200 a 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N para pastagens manejadas sob alto nível tecnológico, sendo o maior valor indicado para pastagens manejadas pela lotação intermitente, e irrigadas.

Segundo Cantarutti *et al.*, (1999), enquadram-se como de alta exigência nutricional os cultivares representantes de *Pennisetum purpurem* Schum., *Cynodon* spp. e *Megathyrus maximus*, exceto o cultivar Mombaça, que segundo a 5ª Aproximação da UFV, está classificado tanto como de média quanto de alta exigência em fertilidade do solo, apesar de ser amplamente utilizado em sistemas de alto nível tecnológico. Ainda, segundo os autores, as braquiárias, o capim-gordura, capim-jaraguá, e capim-andropogon, são classificados como de média-baixa exigência em fertilidade do solo.

É importante mencionar também as práticas de manejo que visam conservar o solo e a água em áreas de pastagens, como as mecânicas (terraços, curvas de nível, barraginhas) e as vegetativas, como os sistemas silvipastoris, especialmente em áreas de topografia acentuada.

■ PARTICULARIDADES DE SISTEMAS SILVIPASTORIS

Sistemas silvipastoris refere-se à técnica de uso do solo na qual árvores e ou arbustos, pasto, e animais, ocupam simultaneamente uma mesma unidade de manejo (NAIR, 2014). São vários objetivos a serem alcançados com este consórcio, com destaque para: maior conservação da água e do solo, aumento do conforto térmico e bem-estar animal e melhoria da qualidade do pasto.

A presença de árvores em pastagens aumenta a biodiversidade da área, acima e abaixo do solo, podendo aumentar o equilíbrio ecológico e promover maior sustentabilidade aos sistemas de produção animal. Para McGregor *et al.*, (1999) os sistemas silvipastoris contribuem para a proteção da biodiversidade local, melhoram a qualidade da água e do solo e sequestram maiores quantidades de carbono (C). Corroboram com esta informação Torres *et al.*, (2014), ao reportarem maior sequestro de C em áreas de pastagens com a presença de árvores. Já Vetter *et al.*, (2017) afirmam que a presença das árvores no pasto aumenta o sequestro dos gases de efeito estufa oriundas dos animais, principalmente o metano.

A deterioração do solo e os processos de erosão podem ser evitados com a presença das árvores na pastagem (WICKE *et al.*, 2013), uma vez que suas copas atuam reduzindo o impacto direto da chuva sobre o solo e a velocidade dos ventos. As folhas, frutos, galhos, cascas, entre outros componentes vegetais das árvores, incorporados ao solo, constituem proteção adicional contra a erosão, contribuindo também para o aumento da ciclagem de nutrientes, manutenção da umidade, e melhoria da qualidade do solo.

A sombra proporcionada pelas árvores é capaz de reduzir as temperaturas ambiente e do solo, aumentar a umidade do ar e reduzir a taxa de evapotranspiração, resultando no aumento da umidade do solo (WILSON, 1988). Teores mais elevados de água no solo e temperaturas mais amenas, por sua vez, pode resultar na maior taxa de mineralização do N no solo, na maior decomposição da serapilheira, e no aumento da ciclagem de N e de outros nutrientes, com benefícios para as plantas. Segundo Wilson (1988), a sombra das árvores pode reduzir a temperatura do solo entre 5 e 10 °C, o que tem efeito positivo sobre as atividades microbiológicas do solo.

Outras vantagens de sistemas silvipastoris dizem respeito à melhoria do conforto térmico animal e da qualidade da dieta (PEZZOPANE *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2019; CÁRDENAS *et al.*, 2016; PACIULLO *et al.*, 2010).

Contudo, em idade adulta as árvores podem sombrear excessivamente as áreas de pasto e prejudicar a produção da forragem, devido à menor transmissão da radiação solar fotossinteticamente ativa que chega ao sub-bosque. A copa das árvores absorve parte da radiação na faixa do vermelho, o que diminui a relação vermelho:vermelho extremo que chega à região meristemática, reduzindo a atividade das gemas axilares e basais e o perfilhamento da forrageira sombreada (BAHMANI *et al.*, 2000).

Em diversos trabalhos foi demonstrado a redução da densidade populacional de perfilhos de gramíneas tropicais (Gobbi *et al.* 2009; Paciullo *et al.*, 2008; Pezzopane *et al.*, 2020) e temperadas (Garcez Neto, 2006; Peri *et al.*, 2007), sob níveis crescentes de sombreamento.

Apesar de algumas plantas forrageiras serem mais tolerantes à sombra do que outras, de modo geral, a diminuição da intensidade luminosa provoca redução na produtividade

das plantas (Ericksen & Whitney, 1981), uma vez que a produção de forragem é produto da densidade populacional de perfilhos e peso do perfilho (VALENTINE & MATTHEW, 2000).

Lima *et al.* (2019) reportam redução de 20% da densidade populacional de perfilhos de *Urochloa decumbens* cv. Basilsik crescendo em sub-bosque com 51% de sombra. Já Machado *et al.* (2020), trabalhando com a mesma forrageira, verificaram que o perfilhamento reduziu em 50%, com nível de sombra entre 40 a 45%.

Além da radiação solar, árvores e forragens competem pelos nutrientes do solo e pela água disponível, sendo que o nível de competição por estes recursos de crescimento varia no tempo e no espaço, assim como depende da espécie arbórea consorciada, especificamente da arquitetura da planta como fuste (tronco) e copa. Árvores com copa rala e fuste alto, e preferencialmente sem excesso de ramos laterais, permitem maior transmissão de luz para o sub-bosque, favorecendo a produção da pastagem. Por outro lado, a transmissão de luz para o sob-bosque será menor quando são utilizadas árvores com fuste baixo e copa densa e enfolhada.

No caso do *Eucalyptus sp.*, a competição por luz nos dois primeiros anos de implantação é menor, ocorrendo maior competição por água e nutrientes do solo, mas à medida que as árvores se desenvolvem e passam a ocupar maior espaço aéreo, aumenta a competição pela luz solar e a tendência é de redução da competição com as forrageiras por água e nutrientes. A dinâmica de competição pelos recursos de crescimento vai depender da espécie arbórea utilizada, mais precisamente da velocidade de crescimento e arquitetura da parte aérea das árvores, além do arranjo arbóreo (espaçamentos, número de fileiras), assunto que será discutido mais adiante. Até o momento há pouco conhecimento acumulado sobre a competição pelos recursos de crescimento entre eucalipto e pastos, porém com as leguminosas são praticamente inexistentes.

A produtividade da pastagem sombreada por árvores também é influenciada pela face de exposição do terreno e época do ano. Em regiões tropicais, na estação outono-inverno, faces voltadas para o norte normalmente recebem mais horas de radiação solar, o que pode comprometer a produtividade da forragem devido às maiores taxas de evapotranspiração. Na região central-sul capixaba, Firmino (2019) estudou um Sistema Silvipastoril constituído pelo eucalipto e capim-marandu plantados em terrenos declivosos e voltados para diferentes faces de exposição. A autora verificou, no período da seca, maior radiação solar global nos terrenos voltados para as faces norte e nordeste, resultando em maior evapotranspiração e menor teor de umidade no solo, quando comparado à umidade do solo dos tratamentos localizados em terrenos voltados para as faces sudoeste e sudeste, resultados semelhantes aos encontrados por Bosi *et al.* (2020).

PLANEJAMENTO DE SISTEMAS SILVIPASTORIS E O PASSO A PASSO PARA A IMPLANTAÇÃO DE ÁRVORES EM PASTAGENS

O sucesso de sistemas silvipastoris depende, dentre outros fatores, do planejamento e diagnóstico prévio da área. O conhecimento do solo (fertilidade, textura, topografia, nível de compactação); controle de formigas e cupins; controle de plantas invasoras; escolha das espécies vegetais; definição do arranjo arbóreo, com relação aos espaçamentos e orientação de plantio; plantio das espécies arbóreas e forrageiras; calagem e adubação, e manejo de condução dos componentes, são pontos importantes que devem ser levados em consideração e devidamente executados.

Amostragem de solo

O solo deverá ser coletado em zigue-zague, de modo a abranger toda a área que se pretende implantar o sistema silvipastoril, retirando-se, no mínimo, dez amostras de solo por hectare, nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Não se recomenda retirar amostras sob a copa de árvores, próximas às placas de fezes e de cupins de montículos e formigueiros. A amostragem deverá ser realizada preferencialmente até o mês de março, de modo que haja tempo suficiente para a liberação dos resultados da análise do solo, cálculo das quantidades de fertilizantes e corretivos a serem utilizados, e aquisição destes insumos, viabilizando, se for o caso, a aplicação deste último ainda no período da seca.

Controle de formigas e cupins

As formigas cortadeiras e mastigadoras pertencem a dois gêneros, *Atta* e *Acromyrmex*, popularmente conhecidas como saúvas e quenquéns, respectivamente. O ataque às árvores pode ocorrer logo nos primeiros dias após o plantio, ou em idades avançadas. Dependendo do nível de ataque e da severidade da desfolha, os danos podem comprometer o estabelecimento das espécies arbóreas, causar a perda parcial e, no pior cenário, causar a perda total da floresta.

O levantamento da população de cupins e de formigas deve ser iniciado com antecedência de pelo menos dois meses que antecede ao plantio, visitando, preferencialmente no período noturno, áreas num raio de no mínimo 300 m de distância do local de plantio das árvores. Recomenda-se distribuir bagaços de laranja que liberam odor atraente às formigas, e na noite do dia seguinte retornar às áreas e verificar o corrimão das formigas, aplicando-se, se for necessário, isca formicida à base de sulfloramida ou fipronil.

O eucalipto, e especialmente as leguminosas, são plantas bastante atacadas pelas formigas e cupins em qualquer estágio de crescimento das plantas.

Para o controle das saúvas e quenquéns, Perez Filho *et al.* (2012) recomendam medir a área de terra revolvida pelos formigueiros multiplicando-se o comprimento da área revolvida pela largura, aplicando-se 10 g de isca formicida para cada metro quadrado encontrado. O produto deverá ser colocado dentro do olheiro, de modo que ao carregarem as folhas cortadas as formigas carreguem a isca para o interior do ninho, atentando-se para tapar o olheiro com uma bucha de capim para evitar que o produto seja colocado para fora do ninho. É recomendado que se procure todos os montículos, inclusive nas áreas vizinhas.

Nos primeiros 10 dias após as aplicações deve-se fazer o monitoramento diário da área, repetindo o procedimento caso sejam encontrados formigueiros ativos. Havendo a disponibilidade de polvilhadeiras, o mesmo procedimento poderá ser feito com formicida em pó a base de deltametrina (produto comercial K-Otrine 2P), na mesma dosagem, com reaplicação em 45 dias.

A aquisição de mudas de árvores e de sementes de forrageiras tratadas com cupinidas pode prevenir ataques severos destas pragas, mas isso não é garantia de que as plantas não sofrerão danos futuros. Para o controle de cupins, recomenda-se percorrer a área e identificar os ninhos, perfurando-os com uma vara de aço de aproximadamente 25 mm, de modo que seja rompida a camada mais resistente para atingir a câmara do ninho. Em seguida, aplica-se o cupinicida com o auxílio de um funil ou utensílio similar, atentando-se para que sejam utilizadas as dosagens corretas. As opções de cupinidas são do grupo químico Fipronil Pirazol (inseticida de contato e ingestão), utilizando-se 5g do pó para cada ninho, não havendo a necessidade do fechamento do orifício aberto após a aplicação. Este produto é classificado na categoria de perigo 5 (produto improvável de causar dano agudo). Outra opção é do grupo químico Neonicotinoide (Imidacloprido), inseticida sistêmico, classificado na categoria 4 (produto pouco tóxico), devendo ser preparado a calda por meio da mistura de 30 g do produto para cada 100 L de água, aplicando-se 1 L de calda/ninho.

Controle de plantas invasoras

As plantas daninhas competem com as árvores e forrageiras pelos recursos de crescimento (água, luz, espaço físico e nutrientes do solo), e por isso devem ser controladas sob pena de afetarem o desenvolvimento e estabelecimento das espécies de interesse.

A área próxima das árvores recém-plantadas deve permanecer livre de plantas daninhas durante os dois primeiros anos, principalmente no primeiro ano, de modo a reduzir a competição pelos recursos de crescimento. Recomenda-se a limpeza entre 1 a 2 metros abaixo e acima da fileira de árvores.

Existem vários métodos de controle de invasoras, devendo-se preferir aqueles que causam menores impactos negativos ao ambiente, como a capina manual (enxada) ou mecânica

(roçadeira costal). Contudo, dependendo do tamanho da área e do nível de infestação de plantas invasoras estes métodos tornam-se inviáveis, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, devendo-se lançar mão do controle químico.

O controle químico é realizado por meio da aplicação de herbicidas, em pré-emergência ou pós-emergência, sendo que a escolha do produto e a forma e época de aplicação vai depender das espécies invasoras predominantes e do nível de infestação destas na área.

É comum o aparecimento de plantas daninhas de folhas estreitas, monocotiledôneas, majoritariamente da família Poaceae (gramíneas) e de folhas largas, dicotiledôneas, nas proximidades das leiras limpas e das covas recém-abertas para o plantio das árvores. As poaceas constituem o principal grupo de plantas daninhas em áreas de implantação de eucalipto, devido ao fato de estas áreas terem sido ocupadas previamente por pastagem (PEREIRA e ALVES, 2015). Para o controle destas plantas, recomenda-se a aplicação de herbicidas de ação total ou dessecantes, pré-emergentes seletivos de ação não sistêmica ou de herbicidas pós-emergentes. Há 23 princípios ativos registrados no MAPA para o controle de plantas daninhas em eucalipto (AGROFIT, 2021). Os herbicidas de ação total ou dessecantes mais utilizados são glufosinato de amônio, carfentrazone-etil e glifosato.

Os herbicidas pendimethalin e trifluralin podem ser aplicados antes ou depois do plantio das mudas em pré-emergência. Por outro lado, oxifluorfem, isoxaflutole, sulfentrazone podem ser aplicados tanto em pré quanto em pós-emergência precoce das plantas daninhas. Os herbicidas aplicados na pós emergência das plantas daninhas apresentam limitação quanto as espécies presentes na área e o estágio de desenvolvimento destas espécies. Estes herbicidas podem ser seletivos ou não ao eucalipto e, para os não seletivos, a aplicação deve ser direcionada para as plantas daninhas observando aspectos de deriva da calda. Exemplos de herbicidas deste grupo são: glufosinate-ammonium, carfentrazone-ethyl, fluazifop-p-butyl, flumioxazin, glyphosate, isoxaflutole, oxyfluorfen, sulfentrazone. Do grupo químico éter difenílico (Oxifluorfem), o GOAL-BR tem sido bastante utilizado pela alta eficiência de controle. Porém, este produto é classificado como altamente tóxico, para o homem e para o meio ambiente, devendo-se atentar para o uso de equipamentos de proteção individual e aplicação realizada por pessoas com treinamento adequado. O produto pode ser aplicado sobre o solo logo após o plantio das mudas e, para o eucalipto, a aplicação pode ser feita sobre as plantas transplantadas, preferencialmente com o solo úmido, isento de restos de culturas, brotações, coberturas mortas e tocos. Para níveis leves de infestação de plantas daninhas recomenda-se 3 litros/hectare do produto, sendo que a efetividade de ação se prolonga por 90 dias, ao passo que 4 litros/hectare é a recomendação para áreas com alta infestação de plantas daninhas e, neste caso, a efetividade de ação ocorre por aproximadamente 120 dias. Dentre as invasoras de folhas largas mais comuns, e que são controladas pelo GOAL-BR,

destacam-se: Beldroega (*Portulaca oleracea*); caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*); carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*); carrapicho-rasteiro (*Acanthospermum australe*); corda-de-viola (*Ipomoea aristolochiaefolia*); Guanxuma (*Sida rhombifolia*); mostarda (*Brassica rapa*); picão-preto (*Bidens pilosa*); poaia-branca (*Richardia brasiliensis*); trapoeraba (*Commelina benghalensis*). Dentre as gramíneas mais comumente verificadas nas áreas recém preparadas para o plantio de árvores, destacam-se: arroz-vermelho (*Oryza sativa*); capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*); capim-braquiária (*Urochloa decumbens*); capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*); capim-colchão (*Digitaria horizontalis*); capim-colonião (*Megathyrsus maximus*); capim-gordura (*Melinis minutiflora*); capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*); capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), e junquinho ou capim-de-cheiro (*Cyperus ferax*).

O uso de herbicidas dessecantes, do tipo Glifosato, é opção de controle químico mais barata para controlar as invasoras de folhas estreitas, já em franco desenvolvimento vegetativo. A recomendação da quantidade do produto a ser aplicada varia de acordo com a marca e nível de infestação das plantas invasoras, mas normalmente 5 l ha⁻¹ de herbicida dessecante são suficientes. As mesmas precauções devem acontecer antes, durante, e após a aplicação dos dessecantes, devendo-se atentar-se para o descarte das embalagens em locais apropriados ou mesmo a devolução das mesmas aos estabelecimentos comerciais.

Escolhas das espécies vegetais

Adaptação a solo, clima e manejo, e facilidade de aquisição de sementes e mudas, são pontos que devem nortear a escolha das espécies vegetais que irão compor um sistema silvipastoril. Outros fatores importantes são: ausência de efeitos alelopáticos, que podem prejudicar a convivência entre as plantas companheiras, e ausência de fatores anti-nutricionais, os quais podem causar distúrbios metabólicos aos animais.

Com relação às forrageiras, as braquiárias (*Urochloa* sp.) e alguns cultivares de *Megathyrsus maximus* (Mombaça, Tanzânia, entre outras) apresentam boa tolerância a ambientes sombreados (CARVALHO *et al.* 2007; CASTRO *et al.*, 1999; CARVALHO *et al.* 1997). Por proporcionar maior cobertura do solo e maior adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade natural as braquiárias são mais indicadas para a região central-sul capixaba, marcadas pela elevada declividade e solos pobres.

O eucalipto é a espécie arbórea mais utilizada em sistemas silvipastoris no Brasil. A arquitetura de planta, caracterizada pelo fuste alto e copas ralas; a facilidade de aquisição de mudas e comercialização dos produtos gerados; a velocidade de crescimento, permitindo a entrada dos animais para pastejo entre 12 e 15 meses de idade; a alta tolerância ao ataque de pragas e doenças; além da adaptação a vários tipos de solo, clima, e manejo, explicam a preferência pelo eucalipto para consórcios com pastagens e animais.

Contudo, os resíduos vegetais depositados no solo pelo eucalipto apresentam baixos teores de nutrientes, principalmente N, P e K, o que eleva as relações C:N, e carbono:fósforo (C:P) da serapilheira (GARCIA *et al.*, 2010). Nestas condições, a biomassa microbiana passa a competir com as plantas pelo N mineral disponível, imobilizando-o temporariamente na forma orgânica (MONTEIRO *et al.*, 2002; BODDEY *et al.*, 2004). Os microorganismos do solo apresentam importante papel na decomposição dos vários componentes da serapilheira, podendo aumentar a atividade microbiológica quando plantas que produzem resíduos vegetais com alto teor de N estão presentes.

A associação entre o eucalipto e gramíneas forrageiras, plantas que também depositam no solo resíduos com elevada relação C:N, requer, necessariamente, a fertilização nitrogenada para manter as produtividades da pastagem ao longo do tempo (ANDRADE *et al.* 2001; BERNADINO, *et al.* 2011, WENDLING, 2012).

Para Menezes *et al.*, (2002), o estabelecimento de sistemas silvipastoris com a inclusão de leguminosas arbóreas fixadoras de N atmosférico, as quais apresentam resíduos de baixa relação C:N, pode incrementar a atividade microbiana no solo e a ciclagem de nutrientes, minimizando o problema relacionado à imobilização de N que ocorre em pastagens exclusivas de gramíneas. Por sua vez, serapilheiras mais ricas em N a ciclagem deste nutriente é aumentada, promovendo a manutenção ou mesmo aumento da matéria orgânica do solo (KELTY & CAMERON, 1995).

Para regiões marcadas por topografia acidentada e pecuaristas descapitalizados, características que restringe e dificulta a aplicação de fertilizantes, as leguminosas podem se tornar alternativas interessantes. Estas plantas, especialmente as de porte arbóreo, oferecem múltiplos benefícios ao sistema, com destaque para o controle da erosão, o aumento do aporte de N no solo, e a melhoria do bem-estar e conforto térmico dos animais, com possibilidade de melhorar os índices produtivos e reprodutivos. Vale mencionar que os preços dos fertilizantes vêm acumulando aumentos crescentes nos últimos anos, o que inviabiliza cada vez mais o seu uso, principalmente por parte dos pequenos pecuaristas.

Contudo, ainda é restrito o conhecimento sobre as leguminosas arbóreas e o Brasil ainda carece de estudos que possam recomendar o uso sistemático destas plantas em consórcio com pastagens. Adicionalmente, a velocidade de crescimento das leguminosas, principalmente as nativas, é consideravelmente menor quando comparado às espécies de eucalipto, sobretudo aos clones, o que aumenta o tempo de retorno dos animais ao pasto e desmotiva o seu uso, especialmente por parte do pequeno pecuarista que não dispõem de maiores áreas de pastagens. Estas particularidades podem explicar, em parte, a baixa adoção das espécies arbóreas nativas em sistemas silvipastoris no Brasil.

Arranjos arbóreos e orientação de plantio

O arranjo arbóreo mais comum é a fileira simples (apenas 01 linha de árvores), podendo também ser utilizadas fileiras duplas, triplas ou mais. Arranjo arbóreo é sinônimo de renque, compreendendo a área onde se localiza as árvores. Já a pastagem localiza-se entre os renques, área denominada sub-bosque, ou faixas de pasto. A depender da espécie arbórea e do espaçamento utilizado, o nível de transmissão de luz que chega imediatamente abaixo das árvores (dentro do renque) pode permitir o desenvolvimento da pastagem.

Para regiões montanhosas as faixas de árvores devem ser plantadas em nível, isto é, no sentido contrário ao declive, visando ao controle mais efetivo da erosão e maior conservação de água no sistema.

A orientação de plantio e o espaçamento entre as árvores são fatores que influenciam a transmissão de luz para o sub-bosque, determinando a produtividade da pastagem. Quando a(s) fileira(s) de árvores são plantadas no sentido leste-oeste, correspondente ao nascer e pôr do sol, condição em que o caminhar do sol, na maior parte do ano, é paralelo às fileiras de árvores, maior incidência de luz solar ocorrerá no sub-bosque. Contudo, quando as fileiras de árvores são plantadas no sentido norte-sul, a projeção de sombra para o sub-bosque será maior, uma vez que na maior parte do ano, o sol passa perpendicularmente às fileiras de árvores. A orientação de plantio leste-oeste se aplica facilmente aos terrenos planos, porém em áreas montanhosas dificilmente se consegue implantar as árvores nesta orientação.

Para o eucalipto, os espaçamentos mais adequados devem resultar em densidades de plantio variando de 222 a 450 árvores por hectare, conforme propostas de Müller *et al.* (2010) contidas na Tabela 2.

Tabela 2. Tipos de arranjos, em fileiras simples ou duplas, área útil por planta, e densidade de árvores.

Arranjo	Área útil/planta, m ²	Densidade, n. árvores/ha
12 x 2 m	24	416
21 x (3 x 2) m	24	416
18 x 1,5 m	27	360
15 x (3 x 3)	27	360
24 x (3 x 2) m	27	360
15 x 2 m	30	333
20 x 1,5 m	30	333
27 x (3 x 2) m	30	333
10 x 4	40	250
20 x 2	40	250
18 x 2,5 m	45	222
15 x 3 m	45	222

Fonte: Müller et al. (2010).

A densidade, dada em número de árvores ha^{-1} , é obtida tomando-se a área de 1 hectare (10.000 m^2) dividida pela área ocupada por cada árvore, assim, quanto menor o espaçamento, maior a densidade de árvores ha^{-1} , podendo aumentar o nível de sombra no pasto.

Para o caso de fileiras duplas, Müller *et al.* (2010) recomendam que o espaçamento entre as fileiras seja, no mínimo, de três metros, e dois a três metros entre as árvores na fileira. Já em fileiras simples, as árvores devem ser plantadas a cada 1,5 a 4,0 m. Em ambos os casos o menor espaçamento entre árvores na fileira resulta em maior competição intraespecífica por luz, condição em que o povoamento florestal teoricamente alcançará maiores alturas em menor período de tempo, permitindo colheitas precoces que se prestam à venda de estacas (2 a 3 anos), lenha (3 a 4 anos) ou celulose (6 a 7 anos). Neste quesito, há diferenças marcantes entre variedades e clones de *Eucalyptus* sp.

Já em espaçamentos mais amplos ocorre maior entrada de luz solar nos renques, menor competição intraespecífica por luz e maior crescimento em diâmetro, resultando em maior engrossamento das árvores, as quais se prestam à comercialização de madeira para serraria. Quanto ao tempo de colheita para este fim, tem variado entre 15 e 20 anos de idade do povoamento florestal, para o caso de variedades, ou menor tempo para os híbridos.

O espaçamento entre os renques de árvores, compreendendo as faixas de pasto, deve ser tal que promova suficiente transmissão de luz solar para as forrageiras, podendo-se adotar de 10 a 27 m conforme recomendação de Müller *et al.* (2010). O critério de escolha do espaçamento entre os renques de árvores está atrelado à orientação de plantio e distância entre as árvores na fileira. Para plantios no sentido leste-oeste e maior distância entre as árvores na fileira (ex. 4 m), pode-se adotar espaçamentos menores entre os renques (ex. 10 m), resultando em $250 \text{ plantas ha}^{-1}$. No entanto, em áreas montanhosas, onde dificilmente as faixas de pasto receberão luz solar na mesma intensidade daquela recebida na orientação de plantio leste-oeste, o espaçamento entre os renques deverá ser maior, sob pena de queda da produtividade da pastagem no sub-bosque.

No estudo em andamento - Produtividade e qualidade do capim-marandu recuperado por diferentes modelos de sistemas silvipastoris, na região sul do Estado do Espírito Santo, o clone *urograndis* (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) e a leguminosa nativa araribá (*Centrolobium tomentosum* Guillemim ex. Benth) foram estabelecidos em fileiras triplas, no espaçamento (3x2) m + 17 m, correspondendo a 3 m entre as fileiras triplas; 2 m entre árvores na fileira; a cada 17 m de faixa destinada ao capim-marandu (sub-bosque). Este arranjo arbóreo resultou numa densidade de 653 plantas de eucalipto e de araribá hectare^{-1} , e aos 3 anos de idade do sistema o nível de sombra projetada pelo eucalipto era visivelmente superior quando comparado ao araribá (Figura 4).

Figura 4. a) s. silvipastoril com araribá e b) s. silvipastoril com o híbrido urograndis.



Nota-se que o araribá apresenta fuste alto, ausência de brotações laterais e copa rala, características que favorecem a transmissão de luz para o sub-bosque. No estudo, Wendling *et al.* (2021) apontou maior ($P>0,05$) produção de biomassa seca do capim-marandu no sub-bosque da leguminosa araribá, em relação à produção desta forrageira consorciada com o clone urograndis. Segundo os autores, a maior produção de biomassa seca do capim-marandu consorciado com o araribá, em relação ao eucalipto, deveu-se à maior transmissão de luz para o sub-bosque com a leguminosa. A qualidade superior da serrapilheira com leguminosas, as quais depositam no solo resíduos mais ricos em P, K e principalmente N, pode também explicar a maior produção de biomassa seca do capim-marandu, em relação ao consórcio com o eucalipto.

O desbaste das 2 fileiras externas de eucalipto está previsto para quando o sistema completar 5 anos de idade, e permanecendo apenas a fileira do meio a densidade reduzirá para 294 árvores hectare⁻¹. Este manejo de condução do sistema tem como objetivos amortizar custos com a implantação, por meio da venda antecipada de lenha e ou carvão, e aumentar o nível de transmissão de luz para a pastagem.

Outro arranjo arbóreo interessante é o sistema silvipastoril multiestrato (SSP mult.), caracterizado pelo uso de plantas de diferentes portes e com funções complementares no sistema. No projeto supracitado optou-se pela inclusão da leguminosa leucena (*Leucaena leucochepala* cv. Cunnighan), com o objetivo de aumentar a diversidade e a sustentabilidade do consórcio. Neste caso, as plantas de leucena ocuparam o estrato intermediário do sistema com funções de fixação simbiótica de N-atmosférico e melhoria da qualidade da dieta, principalmente na estação da seca. Já o eucalipto ocupou o estrato alto (arbóreo), com função de sombra e renda; e o estrato inferior, herbáceo, foi ocupado pelo capim-marandu, gramínea com alta capacidade de cobertura do solo que representa a principal fonte de nutrientes para os bovinos, especialmente na estação de primavera-verão.

As plantas de leucena foram implantadas na faixa de 17 m de pasto, compreendida entre os renques de eucalipto. Optou-se pelas fileiras duplas no espaçamento (1 x 0,75 m) + 3 m, correspondente a 1 m entre fileiras; 0,75 m entre plantas de leucena na fileira, a

cada 3,0 m de pasto de capim-marandu (Figura 5). Com este arranjo de plantio couberam 4 fileiras duplas de leucena, totalizando 6.666 plantas ha⁻¹.

Figura 5. Sistema silvipastoril multiestrato em fase de implantação.



Nota-se que foram mantidas limpas tanto a faixa de 3,0 m entre as fileiras duplas de leucena (Figura 5 a) quanto a faixa de 2,0 m que separa o eucalipto das leguminosas, em b). Este procedimento de manejo foi adotado para reduzir a competição entre as espécies e favorecer o pleno desenvolvimento do eucalipto e da leucena. Somente aos 12 meses de idade, quando as espécies arbóreas e arbustivas estavam suficientemente desenvolvidas, é que o capim-marandu foi cultivado na área experimental.

A leucena é uma leguminosa exótica, de porte arbóreo, originária da América central. Segundo Barcellos *et al.* (2001) as folhas e os talos finos das plantas de leucena contêm teores de proteína bruta variando entre 18 a 26% na matéria seca. A leucena apresenta elevada capacidade de fixação biológica de N-atmosférico, podendo favorecer as plantas companheiras. Segundo os autores, a leucena tolera ambientes secos, porém exigem solos férteis e corrigidos, com saturação de bases de até 45%.

Apesar de apresentar porte arbóreo, quando submetidas a regimes de podas a leucena assume a forma de crescimento arbustivo. Para tanto, recomenda-se que a primeira poda ocorra no momento em que o diâmetro médio das plantas alcance entre 3 e 4 cm, o que ocorrerá, dependendo das condições edáficas e climáticas, numa altura entre 1,3 a 1,5 m. A altura de poda depende da gramínea forrageira companheira, sendo recomendado 0,6 m de altura do solo para consórcios com forrageiras de porte menor (e.x.: Grama-estrela, Tiftons, Coast-cross), e 1,0 m de distância do solo para plantas de maior porte (capim-marandu e outras cultivares de braquiária). Assim, as podas foram realizadas na altura de 1,0 m do solo utilizando-se facão devidamente afiado e cortes em bisel. Podas subsequentes foram necessárias nos dois primeiros anos, principalmente no primeiro ano, a partir do qual o próprio pastejo animal conduz a planta para a forma de crescimento desejada. Assumindo o porte arbustivo os animais encontram maior facilidade para o pastejo e plantas com maior

produção de ramos laterais, os quais apresentam maior quantidade de folíolos e maior qualidade de forragem.

Com o manejo de podas a lecuena passa a constituir um importante banco de proteína no sistema (Figura 6), com potencial para aumentar a sustentabilidade da pecuária bovina.

Figura 6. Sistema silvipastoril multiestrato, com plantas de lecuena ocupando posição intermediária entre o eucalipto e o capim-marandu.



Apesar dos resultados iniciais promissores, as plantas de lecuena foram severamente atacadas por formigas e cupins, e atualmente encontram-se sentidas e com baixa produção de biomassa. Adicionalmente, a elevada densidade de plantas de leucena por ha^{-1} muito provavelmente esteja causando alta competição intraespecífica e interespecífica, esta última confirmada pela menor ($P > 0,05\%$) produção de biomassa seca do capim-marandu em relação ao tratamento com o araribá (WENDLING *et al.* 2021).

Para reduzir a competição entre as plantas e melhorar a produção da pastagem será retirada uma linha de cada fileira dupla de leucena, resultando em 3.333 plantas por ha^{-1} , ou seja, a metade da densidade original. Estudos mais conclusivos serão necessários para recomendar a utilização da leucena em sistema silvipastoril com o eucalipto e o capim-marandu.

Plantio das espécies arbóreas e forrageiras

O plantio das mudas arbóreas deve ocorrer com boa disponibilidade hídrica no solo, devendo-se evitar períodos de estiagem e temperaturas demasiadamente altas. Como nem sempre estas condições climáticas estão vigentes, recomenda-se, principalmente para regiões com maiores riscos de veranicos, o uso de condicionador hídrico (polímeros hidroretentores na forma de gel). O produto deverá ser misturado na quantidade de $1,0$ kg para cada 400 litros de água, aplicando-se $0,5$ litro desta mistura por cova.

Em áreas planas, dependendo do estágio de degradação da pastagem, mais precisamente do nível de compactação do solo, a aração seguida de gradagem constitui a melhor

opção de preparo do solo para o plantio das mudas. Além de descompactar as camadas superficiais do solo, o preparo com aração e gradagem promove a incorporação da vegetação presente na área, procedimento que disponibiliza matéria orgânica ao solo e facilita o controle posterior da vegetação infestante.

Já em áreas montanhosas, de alta declividade, o preparo total do solo não é recomendado. A vegetação infestante presente na área deverá ser controlada conforme já discutido no item anterior “controle de plantas invasoras”. Pelo menos até o primeiro ano de plantio recomenda-se manter 1 a 2 m de distância da fileira de árvores totalmente limpo.

As mudas devem ser plantadas em covas com dimensão 40 x 40 x 40 cm, e dependendo das condições do solo a profundidade da cova pode ser ainda maior. A adubação deverá ser realizada de acordo com os resultados de análise de solo, devendo-se procurar assistência técnica para o cálculo das quantidades de fertilizantes necessários. Para solos de baixa fertilidade natural, Oliveira Neto e Paiva (2010) recomendam, para o eucalipto, 200 a 300 g/planta de fosfato reativo (no fundo da cova); 150 g de superfosfato simples, aplicados no momento do plantio, ou 10 dias após o plantio, em covetas; 150 g/planta de 20-05-20 enriquecido com micronutrientes (0,5% de Boro e 0,5% de Zinco), 40 a 60 dias após o plantio, e 150 g/planta de cloreto de potássio, aplicados nas duas estações chuvosas subsequentes ao plantio. As covetas devem ser preparadas com aproximadamente 5 cm de profundidade, abertas a 15 cm de distância das covas, ocupando a metade da circunferência das mesmas. O replantio de mudas deve ocorrer entre 30 a 40 dias após o plantio, já que mortalidades entre 2 a 10% são esperadas.

O capim-marandu foi cultivado aos 12 meses de idade das árvores e arbustos. A quantidade de sementes varia entre 4 a 6 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, seguindo as orientações técnicas das empresas. Recomenda-se utilizar sementes com alto valor cultural, adquiridas de fornecedores e empresas idôneas. Outro ponto importante é com relação à aquisição de sementes tratadas para a quebra de dormência e com cupinícidas. Em áreas planas, ou levemente declivosas, o plantio pode ser realizado por meio de plantadeira mecânica, devendo-se preferir plantios a lanço ou por meio de matracas para áreas com maior declividade.

A correção da acidez do solo e a adubação de plantio e de manutenção da pastagem deve seguir as orientações dos manuais de recomendação disponíveis, como a 5ª Aproximação da UFV (Cantarutti *et al.* 1999), considerando o nível de exigência nutricional dos diferentes grupos de plantas forrageiras, ou 5ª Aproximação do Incaper (Prezotti *et al.*, 2015). O calcário deve ser aplicado, preferencialmente, ainda no período da seca e no momento do plantio é recomendado a aplicação de P no sulco de plantio (para plantios mecanizados), ou misturado às sementes em plantios a lanço ou por matracas. Já o N e

o K devem ser aplicados em cobertura, quando aproximadamente 70% do solo estiver coberto pelas forrageiras.

Não dispondo de análise de solo, e dada a baixa disponibilidade de P na maioria dos solos brasileiros, assim como na região sul capixaba, recomenda-se aplicar no plantio pelo menos 50 a 100 kg ha⁻¹ de P205, respectivamente, para os cultivares de *Urochloa* sp e *Megathyrsus maximus*.

Manejo de condução do componente arbóreo e forrageiro

Além do monitoramento de plantas invasoras e de pragas e doenças, da necessidade da adubação de manutenção das plantas, da poda das leguminosas arbustivas para pastejo, quando for o caso, outros procedimentos de manejo se tornam importantes para manter a estabilidade do consórcio e obter renda satisfatória.

A adubação de manutenção das plantas deve seguir as mesmas recomendações para os plantios solteiros, atentando-se para a necessidade de reposição de P e K, dentre outros nutrientes, para sistemas silvipastoris com a presença de leguminosas para pastejo.

Desrama e desbaste são práticas de manejo importantes das árvores para aumentar a entrada de luz na pastagem e melhorar a qualidade da madeira. A desrama ou poda consiste na eliminação dos ramos laterais do tronco das árvores, com o objetivo de se produzir madeira livre de nós. Esta prática é recomendada para aumentar o valor comercial da madeira para serraria e aumentar o nível de transmissão de luz para a pastagem (OLIVEIRA NETO e PAIVA, 2010). Segundo os autores, para plantios bem estabelecidos de *Eucalyptus* spp. a primeira desrama deve ser realizada entre 15 a 18 meses de idade, quando a altura do povoamento florestal estiver próxima aos 10 m. A altura da primeira desrama varia entre 2,5 a 3,0 m, retirando-se todos os galhos verdes e secos, observando-se o limite máximo de retirada de até 40% da copa viva da árvore.

O desbaste consiste em cortes parciais, retirando-se árvores defeituosas (tortas) e ou em excesso, com o objetivo de fazer renda antecipada, por meio da comercialização de lenha, carvão, madeira para celulose, entre outros produtos. O desbaste normalmente é realizado em plantios em fileiras múltiplas, retirando-se as fileiras externas para promover maior transmissão de luz para o pasto e para as próprias árvores remanescentes, as quais aumentam o crescimento em diâmetro, viabilizando a venda de madeira para serraria. Para Oliveira Neto e Paiva (2010), uma maneira prática de verificar o momento do desbaste é através do acompanhamento da circunferência das árvores, a 1,3 m do tronco. Segundo os autores, quando a circunferência começar a diminuir é sinal de que o desbaste deve ser iniciado.

O manejo do pastejo em ambientes sombreados ainda é muito pouco conhecido. O que se sabe até o momento é que o vigor de rebrota das forrageias sob o efeito de sombra é prejudicado, devido à menor transmissão de luz que chega ao sub-bosque.

Além da redução das taxas fotossintéticas, sob efeito de sombra também ocorrem algumas alterações morfológicas nas plantas forrageiras, como alongamento de folhas e colmos em busca de maior ambiente luminoso (BALDISSERA *et al.*, 2016). Normalmente é verificado aumento do peso dos perfilhos em detrimento à densidade de perfilhos (n. de perfilhos/m²). Este efeito é conhecido por compensação tamanho:densidade de perfilhos, no qual as plantas produzem menos perfilhos, porém perfilhos maiores e mais pesados. Apesar de manter uma produção de massa seca de forragem muito próxima daquela obtida a pleno solo, esta alteração pode reduzir a cobertura do solo.

Machado *et al.* (2020) relataram que plantas de capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) em consórcio com eucalipto interceptaram 95% da luz solar na altura de 40 cm, isto é, o dobro da altura recomendada em condições de sol pleno, que é de 20 cm. Segundo os autores, pastagens sob o efeito de sombra devem ser manejadas com intervalos mais longos entre os pastejos. Trabalhando com a mesma forrageira, em lotação contínua, Paciullo *et al.* (2021) mantiveram altura média da pastagem variando entre 30 ± 10 cm, por meio de ajustes das taxas de lotação animal.

No estudo em andamento - Produtividade e qualidade do capim-marandu recuperado por diferentes modelos de sistemas silvipastoris na região sul do Estado do Espírito Santo, optou-se pela lotação intermitente, adotando-se altura pré-pastejo de 40 cm e pós-pastejo de 20 cm.

Portanto, os poucos trabalhos realizados até o momento indicam que o manejo do pastejo de plantas sombreadas não deve ser o mesmo daquele utilizado a pleno sol, empregando-se maiores alturas pré e pós-pastejo, para o caso da lotação intermitente. Para plantas manejadas pela lotação contínua recomenda-se manter a pastagem a maiores alturas, atentando-se para o monitoramento frequente das taxas de lotação animal ao longo do ano.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo correto das pastagens propicia aumento da renda da pecuária e reduz os impactos negativos ao meio ambiente.

O manejo incorreto e o avanço da degradação de pastagens na região central-sul capixaba constituem um entrave ao desenvolvimento econômico da região, além de causar danos ao meio ambiente e à sociedade de modo geral.

Os sistemas silvipastoris se apresentam como opções viáveis, tanto para recuperar áreas de pastagens degradadas quanto para manter a sustentabilidade da pecuária bovina.

As particularidades da região central-sul capixaba indicam que o uso de leguminosas arbóreas e ou arbustivas podem promover maior sustentabilidade à atividade pecuária.

Contudo, ainda são escassos os estudos com espécies de leguminosas (nativas e exóticas) em sistemas silvipastoris, o que restringe o uso destas plantas nestes sistemas.

■ AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo financiamento do projeto aprovado por meio do EDITAL FAPES/SEAG Nº 06/2015 – PPE AGROPECUÁRIA.

■ REFERÊNCIAS

1. AGROFIT, MAPA <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>, consultado em 30/08/2021.
2. ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1178-1185, 2001.
3. BAHMANI, I.; HARZARD, L.; VARLET-GRANCHER, C. et al. Differences in tillering of long- and short-leaved Perennial Ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. **Crop Science**, v. 40, p.1095-1102, 2000.
4. BALDISSERA, T. C., PONTES, L. D. S., GIOSTRI, A. F., BARRO, R. S., LUSOSA, S. B. C., MORAES, A., & CARVALHO, P. C. D. F. (2016). Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C4 grasses growing under trees. **Crop and Pasture Science**, 67, 1199–1207. <https://doi.org/10.1071/CP1606>.
5. BARCELLOS, A.O.; ZOBY, J.L.F. Estabelecimento de leucena associada com cultivos anuais. Brasília: **Embrapa Cerrados**, 4 p. (Comunicado Técnico, 64), 2001.
6. BERNARDINO, F. S. et al. Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1412-1419, 2011.
7. BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R. M. et al. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 389-403, 2004.
8. BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SENTELHAS, P.C. Soil water availability in a full sun pasture and in a silvopastoral system with eucalyptus. **AGROFORESTRY SYSTEMS**, v. 94, p. 429-440, 2020.
9. CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M.; FONSECA, D. M.; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. Pastagens. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. Viçosa, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p.332-341.

10. CÁRDENAS, M. D.; ARMAS, O.; MATA, C.; SOTO, F. Performance and pollutant emissions from transient operation of a common rail diesel engine fueled with diferente biodiesel fuels. **Fuel**, v. 185, p. 743-762, 2016.
11. CARVALHO, M.M.; PACIULLO, D. S. P.; CASTRO, C. R. de.; WENDLING, I. J., RESENDE, A. S. de.; PIRES, M. F de. Experiências com sistemas silvipastoris no Bioma Mata Atlântica na Região Sudeste. In: FERNANDES, E. M.; PACIULLO, D. S. P.; CASTRO, C. R. de.; MULLER, M. D.;
12. ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. C. da. **Sistemas silvipastoris na América do Sul: Desafios e Potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 105-136.
13. CARVALHO, M.M.; SILVA, J.L.O.; CAMPOS JUNIOR, B.A. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico- vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 213-218, 1997.
14. CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.
15. DA SILVA, S. C., BUENO, A. A. O., CARNEVALLI, R. A., UEBELE, M. C., BUENO, F. O., HODGON, J.; MORAIS, J. P. G. (2009). Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. **Scientia Agricola**, 66, 8–19. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000100002>.
16. DA SILVA, S. C.; PASSANEZI, M. M. Planejamento do sistema de produção a pasto. In: Aristeu Mendes Peixoto; Vidal Pedroso de Faria; José Carlos de Moura. (Org.). Anais do 10 Simpósio sobre Produção Animal. Piracicaba - SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1998, v. 10, p. 121-142.
17. DA SILVA, S. C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, II, 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO/UFV, 2004. p. 347-382.
18. DO NASCIMENTO JÚNIOR, D.; ROZALINO, M. E.; DA SILVEIRA, M. C. T.; et al. Atualidades sobre manejo do pastejo nos trópicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, V, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO/UFV, 2010. p. 01-40.
19. ERICKSEN, F.I.; WHITNEY, A.S. Effect of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. **Agronomy Journal**, v. 73, p. 427-433, 1981.
20. FAGUNDES, L.R.; FONSECA, D.M da. MORAIS, R.V. de; MISTURA, C.; et al. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 30-37, 2006.
21. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food and Agriculture. Livestock in the balance. Roma: FAO, 2009. 166 p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf> Acesso em: 03 junho 2021.
22. FERREIRA JR. L. G.; SANTOS, C. O.; MESQUITA, V.V.; PARENTE, L.L. **Dinâmica das pastagens brasileiras: Ocupação de áreas e indícios de degradação – 2010 a 2018**. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, UFG, 2020. 18 p.

23. FIRMINO, C.T. **Microclima de sistema silvipastoril em diferentes orientações de encostas:** Jerônimo Monteiro: UFES, 2029. 65p. (Dissertação de Mestrado).
24. GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; REGAZZI, A.J.; et al. Respostas morfo-gênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, 2002.
25. GARCIA, R.; TONUCCI, R.G; GOBBI, K. F. Sistemas Silvopastoris: uma integração Pasto, Árvore e Animal. Ed. OLIVEIRA NETO, S.N.de; et al. SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL – Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 189 p, 2010.
26. GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, O. G.; VENTRELLA, M.C.; ROCHA, G.C. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1645- 1654, 2009.
27. GOMIDE, J. A.; WENDLING. I.J.; BRAS. S. P.; QUADROS, H. B. Consumo e produção de leite de vacas mestiças em pastagem de *Brachiaria decumbens* manejada sob duas ofertas diárias de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1194-1199, 2001.
28. KELTY, M.J., CAMERON, I.R., 1995. Plot designs for the analysis of species interactions in mixe stands. **Common Wealth For. Rev.** 74, 322–332.
29. LIMA, M.A. Agropecuária Brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.19, n. 3, p.451-472, set./dez. 2002.
30. LIMA, M. A. et al. Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 1, p. 160-170, 2019.
31. MACHADO, V. D.; DILERMANDO, D. F.; LIMA, M. A.; MARTUSCELLO, J. A.; PACIULLO, D.S.Q.; CHIZZOTTI, F.H.M. Grazing management strategies for *Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster in a silvopastoral system under rotational stocking. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 3, p. 266-278, 2020.
32. MAGALHÃES, A.F.; PIRES, A.J.V.; et al. Influência do nitrogênio e do fósforo na produção do capim- braquiária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1240-1246, 2007.
33. MCGREGOR, E.; MACKAY, A.; DODD, M. et al. Silvopastoral is using tended poplars on New Zealand hill country: The opportunities. In: PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND GRASSLAND ASSOCIATION, 61., 1999. p. 85.
34. MONTEIRO, H.C.F.; CANTARUTTI, R.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Dinâmica de Decomposição e Mineralização de Nitrogênio em Função da Qualidade de Resíduos de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1092-1102, 2002.
35. MÜLLER, M.D.; SANTOS, A.M.B do.; PACIULLO, D.S.C.; MARTINS, C.E.; CASTRO, C.R.T de. Cuidados para o estabelecimento de árvores em sistema de integração-lavoura-pecuária-floresta. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, 8 p. (Circular Técnica, 101), 2010.
36. NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13., Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: ESALQ, p. 59-121.1996.

37. NAIR, P. K. R. Carbon sequestration studies in agroforestry systems: a reality-check. **Agroforestry Systems**, September, 2011.
38. OLIVEIRA, P. P. A.; BERNDT, A.; PEDROSO, A. F.; ALVES, T. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SAKAMOTO, L. S.; HENRIQUE, F. L.; RODRIGUES, P. H. M. Greenhouse gas balance and carbon footprint of pasture-based beef cattle production systems in the tropical region (Atlantic Forest biome). *Animal*, v. 1, p. 1-11, 2020.
39. OLIVEIRA NETO, S. N.; PAIVA, H. N. Implantação e manejo do componente arbóreo em Sistema Agrossilvipastoril. In: OLIVEIRA NETO, S. N. et al. (Org.). **Sistema Agrossilvipastoril: Integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, p.16-68. 2010.
40. PACIULLO D.S.C., et. al. Pasture and animal production in silvopastoral and open pasture systems managed with crossbred dairy heifers. **Livestock Science**, 245, 1-9. 2021.
41. PACIULLO D.S.C., CASTRO, C.R.T., GOMIDE, C.A.M., FERNANDES, P.B., ROCHA, W.S.D., MÜLLER, M.D., ROSSIELLO, R.O.P. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 401-407, 2010.
42. PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.G.; CASTRO, C.R.T.; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43. n. 7, p. 917-923, 2008.
43. PASSOS, R. R.; COSTA, L. M.; BURAK, D. L.; SANTOS, D. A. Quality indices in degraded pasture in hilly relief. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.4, p.2465-2482, 2015.
44. PEREIRA, F.C.M.; ALVES, P. L. da C.A..Herbicides for weed control in eucalypt. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.14, n.4, p.333-347. 2015.
45. PERI, P.L.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**, v. 70, p. 63-79, 2007.
46. PEREZ FILHO, O.; DORVAL, A.; BERTI FILHO, E. Preferência de saúva limão, *Atta sexdens rubropilosa* forel, 1908 (hymenoptera,formicidae) a diferentes espécies florestais, em condições de laboratório. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 1-7. 2012.
47. PEZZOPANE, J. R M.; NICODEMO, M. L. F.; BOSI, C.; GARCIA, A. R.; LULU, J. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. **JOURNAL OF THERMAL BIOLOGY**, v. 79, p. 103-111, 2019.
48. PEZZOPANE, J. R M.; BERNARDI, A. C. C.; AZENHA, M. V.; OLIVEIRA, P.E.A.; BOSI, C.; PEDROSO, A.DE FARIA.; ESTEVES, S.N. Production and nutritive value of pastures in integrated livestock production systems: shading and management effects. **SCIENTIA AGRICOLA**, v. 77, p. 1-10, 2020.
49. PINHEIRO, P. L. **Estimulação do crescimento de gramíneas forrageiras com ácido húmico e bactérias diazotróficas endofíticas**. Alegre: Universidade Federal de do Espírito Santo, 2014. 71f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2014.

50. PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª Aproximação. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, p. 305. 2007.
51. SANTOS, F. A. P. et al. Aspectos econômicos, sociais e ambientais da produção de leite a pasto. **In: Alternativas para produção sustentável de leite na Amazônia**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 277-292.
52. TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; BRIANEZI, D.; ALVES, E. B. B. M. Sistemas Agroflorestais no Brasil: Uma abordagem sobre a estocagem de carbono. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 235-244, 2014.
53. VETTER, S. H.; SAPKOTA, T. B.; HILLER, J.; STIRLING, C. M.; MACDIARMID, G. L.; ALEXANDROWICZ, L.; GREEN, R.; JOY, E. J. M.; DANGOUR, A. D.; SMITH, P. Greenhouse gas emissions from agricultural food production to supply Indian diets: Implications for climate change mitigation. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 237, p. 234-241, 2017.
54. VALENTINE, I.; MATTHEW, C. Plant growth, development and yield. **In: WHITE, J., HODGSON, J. (Eds) New Zealand Pasture and Crop Science**. Auckland: Oxford University Press, 2000. p.11- 27.
55. WENDLING, I. J. **Produtividade e valor nutritivo do capim-braquiária em sistema silvipastoril com eucalipto e acácia mangium adubados com nitrogênio**: Viçosa: UFV, 2012. 75p. (Tese de Doutorado).
56. WENDLING, I. J. et al. Produtividade do capim-marandu em pastagem recuperada por diferentes modelos de sistemas silvipastoris. **In: Congresso Capixaba de Pesquisa Agropecuária**, I, 17 a 19 de novembro, 2021, Vitória. (NO PRELO).
57. WICKE, B.; SMEETS, E. M. W.; AKANDA, R.; STILLE, L.; SINGH, R. K.; AWAN, A. R.; MAHMOOD, K.; FAAIJ, A. P. C. Biomass production in agroforestry and forestry systems on salt-affected soils in South Asia: Exploration of the GHG balance and economic performance of three case studies. **Journal of Environmental Management**, v. 127, p. 324-334, 2013.
58. WILSON, J.R. Influence of planting four tree species on the yield and soil water status of green panic pasture in subhumid south-east Queensland. **Tropical Grasslands**, v. 32, p. 209-220, 1998.