

Isadora Gonçalves Borges Barbosa

**CONSERVAÇÃO DA ÁGUA E QUALIDADE DO SOLO
EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

**Montes Claros - MG
2020**

Isadora Gonçalves Borges Barbosa

**CONSERVAÇÃO DA ÁGUA E QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS
AGROFLORESTAIS**

Monografia de especialização apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Leidivan Almeida Frazão

Montes Claros - MG

2020

Barbosa, Isadora Gonçalves Borges

B238c
2020

Conservação da água e qualidade do solo em sistemas agroflorestais [manuscrito] /
Isadora Gonçalves Borges Barbosa. Montes Claros, 2020..
28 f.

Monografia (especialização) - Área de concentração em Recursos Hídricos e
Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientadora: Leidivan Almeida Frazão

Banca examinadora: Demerson Luiz de Almeida Barbosa, Nilza de Lima Pereira
Sales.

Inclui referências: f. 22-28.

1. Agrossilvicultura -- Teses. 2. Solos -- Conservação -- Teses. I. Frazão, Leidivan
Almeida. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III.
Título.

CDU: 631.4



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

CONSERVAÇÃO DA ÁGUA E QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

ISADORA GONÇALVES BORGES BARBOSA

Trabalho Final de Curso de Especialização (TFCE) submetido à Comissão de Avaliação designada pela Comissão de Coordenação do curso de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais, como requisito para obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

TFCE aprovado em 03 de novembro de 2020 pela comissão de avaliação constituída pelos membros:

Leidivan Almeida Frazão - Orientadora
ICA/UFMG

Nilza de Lima Pereira Sales - Avaliadora
ICA/UFMG

Demerson Luiz de Almeida Barbosa - Avaliador
ICA/UFMG

Montes Claros, 10 de novembro de 2020

Dalton Rocha Pereira
Coordenador de Pós-graduação *Lato Sensu*



Documento assinado eletronicamente por **Dalton Rocha Pereira, Professor Ensino Básico Técnico Tecnológico**, em 10/11/2020, às 10:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0357076** e o código CRC **6763EF5F**.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Dra. Leidivan meu agradecimento especial pela ajuda e atenção durante todo o período de produção do trabalho, que aceitou o convite, mesmo com uma intensa rotina em sua vida acadêmica e pessoal;

Aos professores que compuseram a banca examinadora meu agradecimento pelo olhar criterioso sobre o trabalho;

A todos os meus amigos do curso de especialização minha gratidão por todos os momentos de convívio e ajuda mútua, a caminhada foi mais agradável com vocês ao meu lado;

Aos meus pais e à minha irmã meu agradecimento por sempre me apoiarem e acreditarem em mim;

Por último, quero agradecer à Universidade Federal de Minas Gerais - Campus Montes Claros e todo o seu corpo docente.

RESUMO

A maior parte dos sistemas de produção agropecuários adotados mundialmente trazem consequências negativas ao ambiente, e as principais causas estão relacionadas ao manejo inadequado dos recursos naturais. O solo é um componente essencial para as atividades agrícolas, e sua conservação é muito importante para garantir a manutenção de níveis adequados de produtividade. Dessa forma, os sistemas de produção conservacionistas surgem como uma alternativa para uma agricultura mais sustentável, como é o caso dos sistemas agroflorestais (SAFs). Os SAFs são sistemas de produção integrados que abrangem atividades agrícolas, pecuárias e florestais, que acontecem na mesma área em consórcio, sucessão ou rotação. O objetivo principal deste trabalho foi caracterizar, por meio de revisão de literatura, de que forma os sistemas agroflorestais podem ser empregados como uma estratégia de manejo para a conservação da água e a qualidade do solo. Nos diversos estudos analisados, compostos por sistemas agroflorestais com arranjos, tempo de implantação, clima, abordagem e espécies diferentes, avaliaram-se a eficiência do uso da água, formas de amenizar a competição de água entre as espécies do sistema e a evaporação da água do solo, além dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, indicando sua qualidade. Os dados avaliados permitiram concluir que os SAFs podem ser usados como uma prática de manejo para auxiliar na manutenção da água e da qualidade do solo, porém recomendam-se estudos adicionais comparativos a plantios convencionais. Os atributos físicos, químicos e biológicos do solo melhoraram após a implantação dos SAFs, além de promoverem maior eficiência no uso da água. Também foi constatado que a utilização dos sistemas agroflorestais é capaz de minimizar a competição por água e diminuir a evaporação da água na superfície do solo.

Palavras-chave: Agrossilvicultura. Solo. Conservação.

ABSTRACT

Most of the agricultural production systems adopted worldwide have negative consequences for the environment, and the main causes are related to the inadequate management of natural resources. The soil is an essential component for agricultural activities, and its conservation is very important to ensure the maintenance of adequate levels of productivity. In this way, the conservationist production systems emerge as an alternative to more sustainable agriculture, as is the case with agroforestry systems (AFs). AFs are integrated production systems that include agricultural, livestock and forestry activities, which take place in the same area in consortium, succession or rotation. The main objective of this study was to characterize, through a literature review, how agroforestry systems can be used as a management strategy for water conservation and soil quality. In the various studies analyzed, composed of agroforestry systems with different arrangements, implantation time, climate, approach and species, the efficiency of water use was evaluated, as well as ways of reduce water competition between the species of the system and the evaporation of water from the soil, in addition to the physical, chemical and biological aspects of the soil, indicating its quality. The evaluated data allowed us to conclude that AFs can be used as a management practice to help maintain water and soil quality, however additional studies comparing conventional plantations are recommended. The physical, chemical and biological attributes of the soil improved after the implementation of AFs, in addition to promoting greater efficiency in the use of water. It was also found that the use of agroforestry systems is able to minimize competition for water and decrease water evaporation on the soil surface.

Keywords: Agroforestry. Soil. Conservation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 METODOLOGIA	9
3 REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1 Eficiência do uso da água.....	10
3.2 Competição por água em sistemas agroflorestais	12
3.3 Evaporação de água na superfície do solo.....	15
3.4 Atributos físicos, químicos e biológicos do solo.....	17
4 CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção agropecuários adotados mundialmente são, em sua maioria, baseados em pressão aos recursos hídricos e ambientais. A produção agrícola em larga escala, que exige uso contínuo e ascendente de agrotóxicos, herbicidas e pesticidas, muitas vezes culminam na contaminação do solo, da água e do ar. Os sistemas convencionais de cultivo (irrigado ou sequeiro), muitas vezes utilizam a água de forma ineficiente devido às técnicas de manejo utilizadas (STEENBOCK *et al.*, 2013).

No Brasil, a partir da década de 1970, a transformação da agricultura se concretizou com a chamada “Revolução Verde”. Sua principal mudança foi a mecanização agrícola e a utilização de insumos químicos. Devido às consequências desse modelo, tornou-se necessário criar novas formas de cultivo, que conseguissem manter e expandir a produção, minimizando a pressão sobre recursos naturais (RODRIGUES *et al.*, 2008).

O solo é um componente muito importante para as atividades agrícolas, pois além funcionar como um suporte, é responsável pelo fornecimento de água e nutrientes para as plantas. Pode-se considerá-lo um recurso não renovável, principalmente em relação aos seus nutrientes, por isso a importância da sua conservação (ANDREOLI; ANDREOLI; JUSTI JUNIOR, 2014). Essa proteção pode ser feita com as práticas de conservação do solo e da água. De acordo com Lepsch (2010), é possível cultivar o solo sem degradá-lo de forma significativa, e terminar com o conflito ecológico entre a agricultura e o meio ambiente.

Os sistemas conservacionistas são responsáveis pela otimização do uso da água, conservação do solo, ganho de produtividade e diversos serviços ambientais. Além do plantio direto, alguns exemplos dessas práticas agrícolas são os sistemas agroflorestais (SAFs) em suas diversas modalidades, como iLP (integração lavoura-pecuária), iLF (integração lavoura-floresta), iLPF (integração lavoura-pecuária-floresta) e SAFs tradicionais utilizados em pequena escala (BALBINO *et al.*, 2012). Esses sistemas conservacionistas de uso do solo surgiram como alternativas viáveis para uma agricultura mais sustentável e com a possibilidade de incremento na produtividade por unidade de área (MARTINS *et al.*, 2013).

Balbino *et al.* (2012) definem os sistemas integrados como modelos de produção sustentável que abrangem atividades agrícolas, pecuárias e florestais, acontecendo na mesma área em consórcio, em sucessão ou em rotação. Essas formas de produção buscam a adequação ambiental, a valorização social e a viabilidade econômica, integrando os três pilares do desenvolvimento sustentável.

Dependendo do objetivo do produtor e de suas escolhas sobre os produtos finais, os SAFs podem ser introduzidos em diversas modalidades. O sistema agroflorestal ou silviagrícola pode envolver várias culturas agrícolas juntamente com culturas florestais. O sistema silvopastoril ou de integração lavoura-pecuária é a combinação de culturas florestais juntamente com a pastagem e a pecuária. O sistema agrossilvopastoril ou de integração lavoura-pecuária-floresta é o mais completo deles, que pode incluir todos os anteriores em um sistema único, visando o aumento da produtividade e do lucro (SOUZA *et al.*, 2007).

De acordo com Rodrigues *et al.* (2008), os SAFs apresentam um grande potencial como uma solução alternativa aos problemas vistos na agricultura convencional, pois esses sistemas constituem uma possibilidade para diminuir a degradação ambiental, visto que os recursos naturais (nutrientes, água e luz) são utilizados de forma otimizada. O componente arbóreo pode contribuir para a proteção e melhoria das condições do solo, diminuindo a erosão e aumentando a ciclagem de nutrientes. Além disso, esses sistemas integrados são conhecidos por promover baixo ou nenhum uso de insumos químicos (LOCATELLI *et al.*, 2013).

Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho foi caracterizar, por meio de revisão de literatura, de que forma os sistemas agroflorestais podem ser empregados como uma estratégia de manejo para a conservação da água e a qualidade do solo. Para isso, foram considerados os seguintes objetivos específicos: comparar a eficiência do uso da água entre os sistemas convencionais de plantio e os sistemas agroflorestais; apresentar as estratégias de planejamento para minimizar a competição por água entre os componentes dos sistemas agroflorestais; discutir estratégias de diminuição da evaporação de água na superfície do solo utilizando sistemas agroflorestais e; apresentar as alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo após a introdução de sistemas agroflorestais.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho foi produzido através de pesquisa bibliográfica sobre o tema proposto. A revisão bibliográfica é definida como um conjunto dos principais estudos já realizados sobre determinado assunto, que são capazes de fornecer dados importantes sobre o objeto de estudo, tornando a pesquisa uma ferramenta essencial para a resolução de problemas vividos em sociedade (MARCONI e LAKATOS, 2002).

É necessário um olhar analítico e um estudo minucioso das informações coletadas na revisão bibliográfica, a fim de evitar dados imprecisos. As respostas aos problemas apresentados mostram a real importância da pesquisa (MARCONI e LAKATOS, 2005). De acordo com esses autores, o tipo de pesquisa utilizada foi a pesquisa básica pura ou fundamental, pois busca a ampliação de conhecimentos teóricos sobre as práticas de manejo dos sistemas agroflorestais. Sobre a forma de abordagem, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa, pois é uma pesquisa descritiva, baseada na interpretação das informações e a atribuição de significados, e não requer o uso de métodos estatísticos.

O presente estudo foi realizado no período de maio a outubro de 2020. Para sua elaboração, foi realizada uma revisão de literatura, por meio da pesquisa bibliográfica nas bases de dados online e portais de pesquisa como o Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES e Repositórios Institucionais de universidades do Brasil. Foram priorizados trabalhos publicados em periódicos científicos nacionais e internacionais, mas também foram utilizados dissertações de mestrado, teses de doutorado e livros publicados sobre o assunto. Nas buscas, foram utilizados os termos “sistemas agroflorestais”, “uso da água em sistemas agroflorestais” e “propriedades do solo em sistemas agroflorestais”. A pesquisa foi aperfeiçoada ao longo da escrita dessa monografia, a fim de se obter trabalhos mais direcionados ao tema de interesse.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Eficiência do uso da água

O uso eficiente da água em um sistema produtivo pode ser conceituado como qualquer medida que diminua a quantidade de água que é utilizada por unidade de alguma atividade, favorecendo sua manutenção e sua qualidade. O manejo atual dos recursos ambientais, aliado ao desenvolvimento sustentável está diretamente relacionado com o uso eficiente da água, assegurando a produção de alimentos dentro dos limites do ambiente, evitando o esgotamento dos recursos disponíveis (PAZ *et al.*, 2000).

De acordo com Nicodemo (2011), um sistema de produção é considerado mais eficiente no uso da água quando diminui as perdas por drenagem, evaporação e escoamento superficial, elevando o volume de água disponível para as plantas. A eficiência do uso da água pela vegetação, geralmente é determinada como a relação de produção de biomassa pela quantidade de água utilizada e que sofreu evapotranspiração.

Nos sistemas convencionais de cultivo, especialmente na agricultura irrigada, o uso eficiente da água é fundamental para que o sistema se mantenha sustentável. A eficiência da irrigação pode ser calculada como a razão entre a quantidade de água de fato utilizada pela cultura e a quantidade retirada da origem. Em amplitude mundial, essa eficiência ainda é muito baixa, estando em média, em torno de 37%. Em nível nacional essa eficiência é estimada em 60%, o que ainda indica uma perda considerável de água no processo, pois será necessária uma maior quantidade de água na irrigação para que a planta tenha a disponibilidade de hídrica que precisa para o seu desenvolvimento (COELHO; COELHO; MACHADO FILHO; OLIVEIRA, 2005).

Existem diversas formas de manejo em um sistema de irrigação. Coelho e Silva (2013) citam que um manejo adequado deve considerar o consumo diário de água de cada cultura, que depende de diversos fatores, como o estágio de desenvolvimento que ela se encontra e as condições meteorológicas do local. Deste modo, o manejo de irrigação não pode ser fixo, e sim, de natureza flexível.

Diante do exposto, pode-se perceber que em sistemas de cultivo convencionais não existe um método de irrigação que seja totalmente eficiente, o que ocasiona em uma necessidade maior de irrigação, utilizando uma maior quantidade de água. Por isso, se faz

necessário a criação de novas formas de cultivo para minimizar as perdas de água do solo, garantido assim a manutenção da sua qualidade (CHRISTOFIDIS, 2013).

Os sistemas agroflorestais, constituem uma alternativa para minimizar os efeitos negativos aos recursos naturais. A associação de diferentes espécies dentro de uma área procura imitar o equilíbrio do ambiente natural, com alta biodiversidade e interações propícias entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções. Essa complexidade cria estados que promovem a eficiência hídrica, gerando um microclima apto a manter a temperatura e umidade do ar e do solo apropriados ao crescimento e desenvolvimento das plantas (VOLTOLINI *et al.*, 2018).

Voltolini *et al.* (2018) analisaram diversos estudos feitos em todo mundo, em diferentes climas e culturas em SAFs. Alguns resultados obtidos e analisados em relação ao uso da água foram sobre a importância do componente arbóreo, onde ele permite o aumento de produção de água em SAFs, pois a sombra das árvores aumenta a umidade da vegetação e reduz a evapotranspiração devido ao sombreamento induzido pelas árvores de camadas altas. Além disso, o componente arbóreo possui raízes mais profundas e utiliza a água de camadas inferiores do solo, permitindo que as outras espécies tenham acesso à água de camadas superficiais.

Balbino *et al.* (2012) também estudaram a eficiência hídrica dos SAFs. Os autores relataram que essa eficiência é potencializada principalmente pela inserção do componente florestal, pois ele contribui na disposição de vapor de água, estabilizando a temperatura e aumentando a umidade relativa do ar e proteção da camada superficial do solo. Além disso, os resíduos vegetais dos componentes arbóreos sobre o solo, atuam como armazenadores da água da chuva (KLEIN; KLEIN, 2015).

Por outro lado, o componente arbóreo pode reduzir a produtividade em casos onde o manejo não é adequado, a escolha correta dessas espécies é fundamental. As árvores devem possuir troncos altos e copas pouco densas, ou é necessário a realização de podas em épocas adequadas para não atrapalhar a disponibilidade de luz para espécies forrageiras (SILVA *et al.*, 2013).

Em relação aos componentes forrageiros e anuais do sistema, é importante ressaltar que a escolha correta das espécies influencia diretamente na eficiência do uso da água. É necessário que os componentes florestais e da cultura sejam complementares entre si na forma como exploram os recursos naturais (JACKSON; WALLACE; ONG, 2000).

WU, LIU e CHEN (2016) verificaram em estudo sobre sistemas agroflorestais, que a vegetação de sub-bosque pode exigir mais água do sistema quando necessário para o seu desenvolvimento, ou pode minimizar as perdas do sistema, pois pode ser mais tolerante a seca.

Além disso, espécies que exigem menor quantidade de água podem diminuir a possibilidade de competição interespecífica por água entre os outros componentes do SAF.

A escolha das espécies em um SAF é muito importante, pois vários fatores devem ser considerados para um uso mais eficiente da água, como a profundidade das raízes, o espaçamento disposto, verificação das condições hídricas já existentes no local, assim como o regime de chuvas (GOULART, 2019).

3.2 Competição por água em sistemas agroflorestais

A habilidade de reprodução e desenvolvimento de cada indivíduo dentro de um ecossistema depende da sua habilidade na absorção de água e nutrientes dos recursos disponíveis. Em um ecossistema onde diversas espécies coexistem, a competição por esses recursos é inevitável, tanto em camadas mais superficiais do solo quanto em camadas mais profundas (DUBOC, 2008).

A competição por água entre os componentes dos SAFs ocorre como em qualquer ambiente ecossistêmico, e pode acarretar em déficits produtivos quando não são feitos estudos que indicam as espécies apropriadas (MÔNICO, 2018). Além disso, fatores como o clima do local, a disponibilidade de água da região, regime de chuvas, disponibilidade de luz, diferentes períodos de desenvolvimento de cada espécie e implantação do SAF são extremamente relevantes nos resultados sobre a competitividade por água (GOULART, 2019).

Diante do exposto, Nicodemo (2011) avaliou diversos estudos feitos em sistemas agroflorestais pelo mundo, relacionados a competição de água, e os resultados são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Competição de água em SAFs

Clima	Árido (até 350mm chuva/ano) ou Semiárido (500 a 700mm chuva/ano)	Subúmido (500 a 1500mm chuva/ano)
Competição	Alta ◦O uso de sistemas agroflorestais com alta densidade de árvores não é recomendado.	Moderada ou não existe ◦O uso de sistemas agroflorestais diversificados é recomendado.
Recomendações	◦Caso seja empregado o SAF com espécies arbóreas, intervenções como raleamento de árvores, podas, uso de forrageiras mais agressivas e de árvores tolerantes à seca é recomendado. ◦Embora exista melhoria em aspectos físicos do solo, a dominância de espécies lenhosas pode diminuir a produção agrícola.	◦ É importante cautela na escolha da região e nas espécies arbóreas escolhidas. ◦Há estudos que mostram menor quantidade de água no solo próximo às árvores e estudos que não mostram nenhuma diferença.
Observações	◦Nas estações chuvosas, a competição é amenizada e as espécies conseguem ter um equilíbrio, mas nos períodos de seca a competição se reestabelece. ◦A menor disponibilidade de água nos sistemas arborizados pode advir também da perda por interceptação de água pela copa das árvores.	◦Muitas vezes, o principal limitante na produtividade (em estações secas) é a redução de luz incidente (devido ao sombreamento das espécies arbóreas) e não a competição por água em si.

Fonte: Nicodemo, 2011 (adaptado).

Guerra (2014) cita que é importante considerar a necessidade de água de cada cultura para facilitar o estabelecimento do plano de manejo de irrigação, além da fase de implantação do SAF. Na fase inicial é percebida uma maior competição por água, na segunda fase ou fase de transição, as espécies não disputam tanto pela disponibilidade hídrica. Na terceira fase ou fase final, as espécies florestais conseguem minimizar os problemas de déficit hídrico iniciais, diminuindo a competição pelo uso da água. Desse modo, o comportamento e determinação de cada fase na produção depende da composição de espécies em cada sistema agroflorestal (FILHO e SILVA, 2012).

De acordo com Caramori *et al.* (2004), um balanço hídrico desfavorável pode causar uma forte competição por água. As características de cada espécie, como sistema radicular, hábito de crescimento, uso da água e densidade de plantio tem forte influência nesse processo. A competição por água será grande quando espécies com alto consumo de água tiverem raízes localizadas na mesma faixa de absorção da outra espécie integrante. Por esse motivo, espécies com raízes pivotantes e profundas, com boa eficiência do uso da água,

contribuem para atenuar o microclima da agrofloresta, reduzindo a demanda e a competição por água da espécie associada (CARVALHO, 2011).

Um fator a se considerar em relação à competição de água é o sombreamento. Em condições com muito sombreamento, a camada superficial do solo geralmente é coberta por restos vegetais e encontra-se mais úmida. Nessa perspectiva, espécies que perdem as folhas durante o período de seca, são interessantes para reduzir a competição hídrica (BOTERO, 2007).

YANG *et al.* (2020), em estudo realizado na China, avaliaram a competição por água entre o componente florestal e de cultivo do sistema sob três práticas agroflorestais e uma monocultura de seringueira em um ano (2017/2018). Os SAFs foram compostos pela seringueira (*Hevea brasiliensis*) em interações com galanga (*Alpinia officinarum*), chá (*Camellia sinensis*), e cacau (*Theobroma cacao*). Na estação seca (novembro a abril) houve forte competição interespecífica por recursos hídricos em camadas superficiais do solo onde o consórcio era praticado. No entanto, o consórcio aumentou a disponibilidade de água no solo, permitindo que as seringueiras adquirissem mais água em camadas profundas do solo. Já na estação chuvosa (maio a outubro), a competição de água foi menos pronunciada.

BROADHEAD; ONG; BLACK (2003) em estudo no Quênia, analisaram as diferenças nos padrões de cobertura foliar de quatro espécies florestais para identificar a utilização de água e as interações árvore-cultura. Os resultados obtidos mostram a importância da escolha correta de espécies que interagem entre si, pois árvores que perdem as folhas pelo menos uma vez ao ano promoveram competição, aumentando a extração de água do solo e a interceptação da chuva pela copa das árvores. Por outro lado, durante a estação seca, foi verificado um grau de complementaridade temporal pelo qual o crescimento da árvore aumentou sem acréscimo expressivo da competição pela água com as culturas associadas.

Outro estudo realizado na China, avaliou a utilização de água de macieiras e milho, em três combinações diferentes: monocultura de maçã, monocultura de milho e em sistema agroflorestal com ambas as culturas. Os resultados mostraram a diferença de captação de água em variadas camadas do solo e em diferentes estágios de crescimento de cada cultura. O estudo ainda indicou que a eficiência do uso da água pelas culturas sob sistema agroflorestal foi maior, comparadas a monocultura. Durante a fase de crescimento foi verificado uma competição por água entre as culturas na camada de solo 40-80cm, e os autores indicaram como alternativa o uso de irrigação (LIU; GUODONG; XINXIAO, 2020).

A competição por água em sistemas agroflorestais pode existir, e por meio de planejamentos e manejos adequados é possível minimizá-la. Os SAFs são sistemas complexos e dinâmicos, que precisam de intervenções para a manutenção da sua produtividade. Para isso, é de suma importância a análise de estudos que relacionam regiões, climas, espécies e outros fatores que farão com que os SAFs tenham diferentes necessidades, prevenindo o estresse hídrico por competição entre as espécies (BERNARDES *et al.*, 2009).

3.3 Evaporação de água na superfície do solo

A evapotranspiração é um componente importante no balanço de água em um sistema produtivo, seja ele irrigado ou sequeiro. Em alguns casos estudados, a evaporação da água do solo em cultivos representa a maior parcela de perda de água no sistema, podendo ser superior à transpiração pela planta. (FREITAS *et al.*, 2004). O conhecimento da evaporação da água do solo é fundamental para um manejo apropriado, auxiliando na determinação do balanço de água no solo e a necessidade de água de cada cultura (MOTA, 2010).

Duboc (2008) ressalta que o sombreamento e a presença de resíduos vegetais diminuem as altas temperaturas alcançadas na superfície do solo, além de diminuir a radiação solar incidente no mesmo. Essas condições possuem influência sobre a taxa de evaporação da água do solo e sobre o balanço hídrico de forma geral, auxiliando o aumento da umidade disponível para as plantas (RIBASKI; MONTOYA; RODIGHERI, 2001).

Segundo Chabat (2010), os fatores que influenciam a evaporação da água do solo são: a demanda de evaporação da atmosfera, que inclui a radiação solar, umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento; a disponibilidade e transporte de água no solo; e o tipo e quantidade de cobertura na camada superficial do solo.

A redução da evaporação de água no solo pode aumentar a eficiência do uso da água nos sistemas de cultivo e é um fator significativo em regiões com baixo índice de chuvas (STRECK e ALBERTO, 2006).

Nicodemo (2011) analisou diversos estudos sobre a evaporação de água do solo em sistemas agroflorestais e obteve os seguintes resultados: a evaporação varia de acordo com a cobertura do solo, sendo que em solos descobertos a taxa de evaporação é alta; quanto maior o sombreamento, maior é a redução da taxa de evaporação da água do solo; a eficácia do sombreamento é maior em solos com melhor capacidade de retenção de água, indicando que a evaporação é menor em solos com maior teor de silte do que em solos arenosos.

Watanabe e Abreu (2011) citam que em um sistema silvopastoril, além dos efeitos positivos em relação ao sombreamento das árvores, que dificulta a evaporação da água do solo, o componente florestal pode funcionar como quebra-vento e o microclima é benéfico aos animais.

Em um estudo realizado no Quênia, os autores avaliaram a evaporação de água do solo a partir da rotação de milho e feijão-caupi consorciados entre árvores de *Senna siamea* podadas. Houve cinco tratamentos a fim de verificar os efeitos da cobertura morta do componente arbóreo. Concluiu-se que, para as três estações estudadas, as podas de árvores como cobertura morta reduziram a evaporação do solo em até 9%, em comparação com o controle de milho e feijão-caupi com solo descoberto. As parcelas sem cobertura morta tinham a evaporação do solo reduzida apenas entre 1% e 4% em comparação com o plantio controle (KINAMA *et al.*, 2005).

ZHANG *et al.* (2018), comparou a evapotranspiração real de três sistemas agroflorestais entre 2015 e 2016 na China. Os sistemas foram divididos em: ecossistema misto floresta-gramínea, com espécies florestais de *Zenia insignis* Chun e gramínea *Pennisetum purpureum*; ecossistema de cultivo com rotação de milho, soja e batata doce; e ecossistema de grama com a mesma gramínea *Pennisetum purpureum*. Os resultados mostraram que a evapotranspiração do ecossistema misto floresta-gramínea foi significativamente maior que da cultura e do ecossistema de gramíneas. O índice de área foliar influenciou fortemente a evaporação de água do solo, por meio da mudança na demanda de água.

Um estudo realizado no Quênia identificou medidas de evaporação de um solo nu e de um solo sombreado sob copa de árvores em sistema agroflorestal, para construir um modelo de previsão de evaporação da água do solo com e sem sombra de árvores. Os autores encontraram que em copas esparsas de árvores, a economia média de água é menor, dependendo do índice de área foliar da árvore. O modelo também demonstrou que a economia anual na evaporação de água do solo devido à copa das árvores variou em função da estação chuvosa (WALLACE; JACKSON; ONG, 1999).

Os sistemas agroflorestais são cada vez mais usados como uma alternativa para o cumprimento de diversos serviços ambientais, como minimização das variações de temperatura do solo e diminuição da erosão, aumento da retenção de água e elevação dos rendimentos agrícolas, amenização do escoamento superficial ao elevar a taxa de infiltração e diminuir a evaporação de água, principalmente pelos restos culturais na superfície do solo (KITAMURA e RODRIGUES, 2001; LOPES *et al.*, 2013; PADOVAN *et al.*, 2017).

3.4 Atributos físicos, químicos e biológicos do solo

A avaliação da qualidade de um solo, pode ser realizada pelo acompanhamento de suas características físicas, químicas e biológicas (LIMA; PILLON; LIMA, 2007). Os atributos que podem sofrer mudanças a médio e curto prazo são os melhores recomendados para uma avaliação mais precisa, como a densidade e porosidade, estado de agregação e compactação, composição da matéria orgânica e a atividade biológica (CARVALHO *et al.*, 2004).

Balbino *et al.* (2012) citam que os sistemas agroflorestais estão relacionados com o aumento da produtividade, devido a interação de vários fatores correlacionados, dentre eles a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos.

Carvalho *et al.* (2004) avaliaram as propriedades físicas de dois solos, um deles cultivado em sistema agroflorestal, implantado em 1999 e composto por espécies arbóreas e culturas anuais, e o segundo em plantio convencional de milho. Os resultados mostraram que o solo sob sistema agroflorestal apresentou menor densidade aparente, maior porosidade, maior estabilidade de agregados e menor resistência à penetração, em relação ao solo em plantio convencional.

Barbosa *et al.* (2017) realizaram um estudo em Santa Catarina, avaliando a viabilidade de 3 parcelas de solo sob sistema agroflorestal a partir de atributos físicos e hídricos do solo ao longo do tempo, comparando-os a uma área de vegetação nativa como testemunha. As parcelas foram organizadas com espécies de interesse e foram divididas em SAF-Erva Mate (*Ilex paraguariensis*), SAF-Frutíferas, composto por pitangueira (*Eugenia uniflora L.*), goiaba serrana (*Acca sellowiana*), araçá (*Psidium cattleianum*), ingá (*Inga spp*), cerejeira (*Eugenia involucrata*) e guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*), e SAF-Agrícola, com rotações de culturas de milho (*Zea Maiz*) e mandioca (*Manihot esculenta*) no verão e espécies de cobertura como azevém, aveia e trevo durante o inverno. A pesquisa identificou alterações benéficas em todas as parcelas na densidade e microporosidade do solo, além de melhorias na capacidade do solo em armazenar e disponibilizar a água, tornando esse sistema viável e sustentável, além de promover a qualidade estrutural do solo.

Outro estudo avaliando a qualidade física de um solo submetido ao sistema agroflorestal no Estado do Rio de Janeiro observou que, após 5 anos da implantação desse sistema, a cobertura vegetal atuou como protetora do solo e a matéria orgânica contribuiu para a formação de agregados mais estáveis, conservando os macroporos, que são importantes na

infiltração, aeração e desenvolvimento de raízes (GOMES *et al.*, 2012). O sistema agroflorestal em questão foi formado por mais de 30 espécies, composto em sua maioria por espécies frutíferas. Constatou-se que há uma contribuição dos sistemas integrados de produção para a manutenção da estrutura física do solo (BONETTI *et al.*, 2015).

Aguiar (2008) avaliou a qualidade física do solo em áreas sob sistemas agroflorestais, comparando-os com cultivos a pleno sol. Os resultados tomaram como referência amostras de mata secundária da mesma região. Foram analisados solos em regiões da zona da mata mineira e no semiárido cearense. A implantação dos SAFs promoveu melhoria na qualidade física do solo, especialmente no aumento da retenção de água dentro da faixa disponível para as plantas e no intervalo hídrico ótimo. De forma geral, a porosidade total foi maior sob as áreas em sistema agroflorestal.

SILVA *et al.* (2020), em estudo com três diferentes sistemas agroflorestais no Pará, avaliaram as propriedades físicas dos solos de três SAFs no período seco e chuvoso. O SAF 1 (composto por 7 espécies frutíferas) apresentou maior teor de umidade do solo e maior fração de argila, o SAF 2 (composto por 2 espécies) mostrou valores próximos de umidade, provavelmente devido à deposição de serapilheira, pois obteve menores concentrações de argila no solo. Já o SAF 3 (composto por 5 espécies frutíferas) apresentou menores teores de umidade, pelo fato de ser cultivado em um solo extremamente arenoso. De forma geral, maiores quantidades de argila no solo favoreceram a retenção de água no período chuvoso e mantiveram a umidade no período seco.

Loss *et al.* (2009) avaliaram as propriedades químicas do solo em uma área de pastagem, coberta por *Brachiaria brizantha*, e em um sistema agroflorestal, composto por guandu (*Cajanus cajan*), girassol (*Helianthus annuus*), abóbora (*Cucurbita* sp), banana (*Musa* sp), cana (*Saccharum officinarum*), abacaxi (*Ananas comosus*), mandioca (*Manihot esculenta*) e leucena (*Leucaena leucocephala*). O SAF foi considerado mais fértil do que a pastagem, uma vez que apresentou maiores teores de carbono orgânico total e de bases trocáveis.

Outro estudo realizado por Cidin *et al.* (2009) no Estado de Rondônia, avaliando um sistema de cultivo intercalado com diferentes arranjos de variedades híbridas de cacauzeiros e coqueiros de variedade anã, não encontrou diferença significativa na ciclagem de nutrientes e nos teores de matéria orgânica em relação a mata nativa da região. Os SAFs apresentaram resultados semelhantes à mata nativa, o que é um indicativo de sustentabilidade desse sistema.

Iwata *et al.* (2012), em estudo quantificando os efeitos de adoção de SAFs sobre os atributos químicos do solo no cerrado piauiense, encontraram aumento do pH, redução da

saturação por alumínio, aumento no teor de nutrientes e maior estabilidade da qualidade química do solo, que variou conforme a sazonalidade da região. Os teores de carbono e nitrogênio aumentaram, proporcionando melhor distribuição dos nutrientes ao longo do perfil do solo.

Outro estudo realizado em Minas Gerais, analisou os atributos químicos e os teores e estoques de carbono e nitrogênio no solo após um ano de implantação de um SAF, que antes era composto por pastagem degradada. O SAF analisado foi composto por disposições de eucalipto, milho, capim-marandu e java (*Macrotyloma axillare*). Foi verificado uma melhoria nas condições do solo, comprovada por maiores valores de matéria orgânica, fósforo, potencial de trocas de cátions e saturação por bases. Além disso, a concentração de carbono orgânico total encontrada nessa área foi semelhante à vegetação nativa da região (FREITAS *et al.*, 2020).

Por se tratar da parte mais viva e mais ativa da matéria orgânica do solo, estudos mostram que as propriedades biológicas em um solo são mais sensíveis que as propriedades físicas e químicas, sendo capaz de detectar com antecedência, alterações que ocorrem devido ao seu uso e manejo (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007). Assim, o estudo de Bueno *et al.* (2018) avaliaram a qualidade do solo em três áreas sob sistema agroflorestal, a primeira dominada por gramíneas em fase de recuperação inicial, a segunda composta por frutíferas e algumas culturas temporárias com implantação de um ano, e a última que abrange uma área de preservação permanente, em recuperação avançada, implantada há dois anos. O resultado obtido mostrou que a área com o SAF mais antigo (2 anos), apresentou maiores quantidades de microrganismos, e evidenciou uma correlação direta da qualidade do solo com o tempo de implantação dos SAFs.

Charnobay (2019) realizou um estudo comparando solos em sistema agroflorestal e em mata nativa. O sistema agroflorestal, implantado há quatro anos, foi composto por uma grande variedade de árvores frutíferas e lenhosas. A condição do sistema em mata nativa foi considerada como referência quanto a qualidade do solo. O autor concluiu que o SAF não diferiu da mata nativa quanto aos atributos microbiológicos, carbono da biomassa microbiana, quociente metabólico e respiração basal do solo.

Outro estudo avaliando a diversidade de macrofauna em dois solos sob sistema agroflorestal (composto por grande diversidade de espécies arbóreas) e agricultura convencional (monocultura de macaxeira - *Manihot esculenta* Crantz) em Pernambuco, Araujo *et al.* (2018) identificaram que a macrofauna no solo foi mais abundante no sistema agroflorestal, além da maior diversidade de plantas em interação. O estudo sugere que os

invertebrados no solo podem ser utilizados como bioindicadores, podendo ser empregados para avaliar a qualidade do ambiente.

Villatoro (2004) avaliou oito sistemas agroflorestais no sudeste da Guatemala e três no vale da Paraíba no Brasil. Foi observado que o manejo agroflorestal introduziu grande quantidade de resíduos orgânicos e nutrientes no solo, o que favoreceu a atividade biológica. Os indicadores microbiológicos da qualidade do solo variaram de acordo com sua textura e a sazonalidade da amostra e do manejo, indicando de forma geral, intensa atividade microbiana que sugere rápida ciclagem de nutrientes.

Ainda que o efeito de um sistema agroflorestal possa variar de acordo com os diversos fatores descritos nesse trabalho, a análise de Muchane *et al.* (2020) demonstrou que o efeito geral desses sistemas integrados é atuar na melhoria da qualidade do solo e dos serviços ecossistêmicos obtidos a partir deles.

4 CONCLUSÃO

Os estudos consultados indicam que os sistemas agroflorestais podem ser usados como uma estratégia de manejo para auxiliar na manutenção da água e qualidade do solo. Porém, recomenda-se estudos adicionais sobre a retenção da água do solo em sistemas agroflorestais comparativamente aos plantios convencionais.

Os atributos físicos, químicos e biológicos do solo melhoraram após a implantação de sistemas agroflorestais em várias regiões de estudo, além de promover maior eficiência no uso da água. Também foi possível constatar que os manejos conservacionistas são capazes de minimizar a competição por água e diminuir a evaporação de água na superfície do solo por meio da utilização dos sistemas agroflorestais.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 79 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/5396>. Acesso em: 5 ago. 2020.
- ANDREOLI, C. V.; ANDREOLI, F. de N.; JUSTI JUNIOR, J. Formação e características dos solos para o entendimento de sua importância agrícola e ambiental. *In*: ANDREOLI, C. V.; TORRES, P. L. (org.). **Complexidade: redes e conexões do ser sustentável**. Curitiba: Kairós, 2014. p. 511-529. Disponível em: https://www.agrinho.com.br/site/wp-content/uploads/2014/09/31_Formacao-de-caracteristicas.pdf. Acesso em: 5 ago. 2020.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, jul./set. 2007. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684>. Acesso em: 10 mai. 2020.
- ARAUJO, E. C. G. *et al.* Macrofauna como bioindicadora de qualidade do solo para agricultura convencional e agroflorestal. **ACSA**, Patos-PB, v. 14, n. 2, p. 108-116, 2018. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/975>. Acesso em: 12 ago. 2020.
- BALBINO, L. C. *et al.* Agricultura Sustentável por meio da integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). **Informações Agronômicas**, Piracicaba, jun./2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1111139/agricultura-sustentavel-por-meio-da-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf>. Acesso em: 4 jun. 2020.
- BARBOSA, J. dos S. *et al.* Atributos físico-hídricos de um cambissolo húmico sob sistema agroflorestal no planalto catarinense. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Curitiba/SC, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/floram/v24/2179-8087-floram-24-e20160251.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2020.
- BERNARDES, M. S. *et al.* Interações biofísicas em sistemas agroflorestais. *In*: PORRO, R. (ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa, 2009. p. 453-475. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257940659_Interacoes_biofisicas_em_sistemas_agroflorestais. Acesso em: 8 set. 2020.
- BONETTI, J. de A. *et al.* Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 104-112, jan./mar. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pat/v45n1/1983-4063-pat-45-01-0104.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2020.

BOTERO, C. J. **Resposta de cafeeiros ao sombreamento e à dinâmica de serapilheira em condições de sistema agroflorestal**. 72 f. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós Graduação em Fitotecnia Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/1268>. Acesso em: 5 ago. 2020.

BROADHEAD, J. S.; ONG, C. K.; BLACK, C. R. Tree phenology and water availability in semi-arid agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, v. 180, n. 1-3, p. 61-73, Jul. 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112702006023?via%3Dihub>. Acesso em: 10 ago. 2020.

BUENO, P. A. A. *et al.* Indicadores microbiológicos de qualidade do solo em recuperação de um sistema agroflorestal. **Acta Brasiliensis**, Paraná, v. 2, n. 2, p. 40-44, 2018. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/268610448.pdf>. Acesso em: 17 out. 2020.

CARAMORI, P. H. *et al.* Indicadores biofísicos de sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Colombo: Embrapa Florestas, 2004. Tema: SAFs: desenvolvimento com proteção ambiental (Embrapa Florestas. Documentos, 98). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/41082/1/palestra-06.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

CARVALHO, R. *et al.* Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, nov. 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-204X2004001100015&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 5 jul. 2020.

CARVALHO, A. F. de. **Água e radiação em sistemas agroflorestais com café no território da Serra do Brigadeiro - MG**. 118 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/1614>. Acesso em: 17 jul. 2020.

CHABAT, M. M. **Influência dos resíduos vegetais na superfície do solo na dinâmica de evaporação da água e temperatura do solo**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5517>. Acesso em: 10 ago. 2020.

CHARNOBAY, A. R. C. **Atributos do solo em sistema agroflorestal**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2929>. Acesso em: 14 jun. 2020.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 115-127, fev. 2013. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/286>. Acesso em: 5 out. 2020.

CIDIN, A. C. M. *et al.* Avaliação da fertilidade do solo em sistema agroflorestal com cacauzeiros e coqueiros em Ji-Paraná, Rondônia, Brasil. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 21, n. 1, p. 65-72, jan./abr. 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista-agrotropica/revista/agrotropica-2009v21n1.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2020.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. de. Agricultura Irrigada: eficiência de irrigação e de uso da água. Cruz das Almas-BA. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 57-60, set. 2005. Disponível em: http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/socioeconomia4_v7n1.pdf. Acesso em: 20 ago. 2020.

COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P. da. **Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 28 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/967585/manejo-eficiencia-e-uso-da-agua-em-sistemas-de-irrigacao>. Acesso em: 13 set. 2020

DUBOC, E. Sistemas agroflorestais e o cerrado. *In*: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 964-985.

MACHADO FILHO, G. C.; SILVA, F. R. da. Benefícios sociais, econômicos e ambientais dos sistemas agroflorestais (SAFs) em pequenas propriedades rurais. **Inclusão Social**, Brasília, DF, v. 6 n. 1, p.219-225, jul./dez. 2012. Disponível em: <http://revista.ibict.br/inclusao/article/view/1704>. Acesso em: 7 set. 2020.

FREITAS, I. C. de *et al.* Agrosilvopastoral Systems and Well-Managed Pastures Increase Soil Carbon Stocks in the Brazilian Cerrado. **Rangeland Ecology & Management**, v.76, n. 6, p. 737-890. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S155074242030083X>. Acesso em: 5 ago. 2020.

FREITAS, Paulo S. L. de *et al.* Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação da água do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 8, n.1 p. 85-91, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n1/v8n1a13.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2020.

GOMES, I. S. L. *et al.* Análises do solo em sistema agroflorestal – Lumiar, Nova Friburgo - RJ. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá, MT. **Anais [...]**. Cuiabá: SBCS: UFMT, 2002. p. 4471-4482. 1 CD-ROM. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1935>. Acesso em: 10 set. 2020.

GOULART, A. G. **Modelo de sistema agroflorestal como alternativa de uso do solo em áreas em processo de arenização em São Francisco de Assis - RS**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/206818>. Acesso em: 5 ago. 2020.

GUERRA, S. C. S. **Subsídio ao Aprimoramento do Manejo da Irrigação de Consórcios Agroflorestais em Situação de Escassez Hídrica**. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Viçosa, 2014. Disponível em: <http://200.137.65.30/handle/10/1516>. Acesso em: 20 out. 2020.

IWATA, B. de F. *et al.* Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 7, p. 730-738, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000700005>. Acesso em: 5 out. 2020.

JACKSON, N. A.; WALLACE, J. S.; ONG, C. K. Tree pruning as a means of controlling water use in an agroforestry system in Kenya. **Forest Ecology and Management**, v. 126, n. 2, p. 133-14, Feb. 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00096-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00096-1). Acesso em: 14 ago. 2020.

KINAMA, J. M. *et al.* Evaporation from soils below sparse crops in contour hedgerow agroforestry in semi-arid Kenya. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 130, n. 3-4, p. 149–162, Jun. 2005. Disponível em: [10.1016/j.agrformet.2005.03.007](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2005.03.007). Acesso em: 9 ago. 2020.

KITAMURA, P. C.; RODRIGUES, G. S. Valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais: métodos, problemas e perspectivas. *In*: MACÊDO, J. L. V. de; WANDELLI, E. V.; SILVA JÚNIOR, J. P. da. **Paletas do III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**. Manaus: Embrapa: 2001. p. 55-59. (Documentos, 17). Trabalho apresentado no 13º Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, Manaus, 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/46452/1/Doc-17.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

KLEIN, C.; KLEIN V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Passo Fundo - RS, v. 19, n. 1, p. 21-29, abr. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/14990/pdf>. Acesso em: 26 out. 2020.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos. 2 ed. 2010. 216 p.

LIMA, C. L. R.; PILLON, C. N.; LIMA, A. C. R. de. **Qualidade física do solo**: indicadores quantitativos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27 p. (Documentos, 196).

LIU, Z.; GUODONG, J; XINXIAO, Y. Water uptake and WUE of Apple tree-Corn Agroforestry in the Loess hilly region of China. **Agricultural Water Management**, v. 234, May, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106138>. Acesso em: 8 set. 2020.

- LOCATELLI, M. *et al.* Sistemas agroflorestais agroecológicos em Rondônia- espécies, idade dos plantios e origem dos agricultores. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 5 p., 2013. Trabalho apresentado durante no 8º Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2013, Porto Alegre, RS. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/14753>. Acesso em: 5 jun. 2020.
- LOPES, D. V. *et al.* Monitoramento da temperatura do solo em unidade agroflorestal de sequeiro. *In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO*, 13., 2013, Recife. **Anais [...]**. Recife: JEPEX: UFRPE, 2013. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R1501-2.pdf>. Acesso em: 10 out. 2020.
- LOSS, A. *et al.* Atributos químicos do solo e ocorrência de fundos micorrízicos sob áreas de pastagem e sistema agroflorestal, Brasil. **Acta Agronômica**, Seropédica-RJ, v. 58, n. 2, p. 91-95, 2009. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122009000200005&script=sci_abstract&tlng=es. Acesso em: 10 mai. 2020.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005. 315 p.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 282 p.
- MARTINS, J. C. R. *et al.* Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 17, n. 6, jun. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013000600002. Acesso em: 8 set. 2020.
- MÔNICO, A. C. Sistemas agroflorestais com cacau (*Theobroma cacao* L.) e outras espécies florestais. *In: RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. (ed.). Cadernos da disciplina sistemas agroflorestais*. Piracicaba, SP, 2018. p. 63-88. (Série Difusão, v. 2). Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ciro_Righi/publication/277890812_Cadernos_da_Disciplina_Sistemas_Agroflorestais/links/5b5b8c33a6fdccf0b2fc9feb/Cadernos-da-Disciplina-Sistemas-Agroflorestais.pdf. Acesso em: 26 out. 2020.
- MOTA, J. C. A. **Componentes do balanço de água em um Cambissolo cultivado com meloeiro irrigado por gotejamento, com e sem cobertura da superfície**. 122 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-16032010-160217/pt-br.php>. Acesso em: 2 out. 2020.
- MUCHANE, M. N. *et al.* Agroforestry boosts soil health in the humid and sub-humid tropics: A meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 295, Jun. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880920300840>. Acesso em: 2 nov. 2020.

NICODEMO, M. L. F. **Dinâmica da água em sistemas agroflorestais**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2011. 36 p. (Documentos, 102). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/909003/dinamica-da-agua-em-sistemas-agroflorestais>. Acesso em: 6 ago. 2020.

PADOVAN, M. P. *et al.* Serviços ambientais prestados por sistemas agroflorestais biodiversos na recuperação de áreas degradadas e algumas possibilidades de compensações aos agricultores. *In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS*, 9., 2017, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: SOBRADE, 2017. p. 252-266, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1078389/1/SINADP.252.pdf>. Acesso em: 17 set. 2020.

PAZ, V. P. da S. *et al.* Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662000000300025&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 5 ago. 2020.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHERI, H. R. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 61-67, out. 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38379/1/Sistemas-agroflorestais.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.

RODRIGUES, E. R. *et al.* O uso do sistema agroflorestal Taungya na restauração de reservas legais: indicadores econômicos. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 3, set. 2008. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/12420>. Acesso em: 12 jun. 2020.

SILVA, G. R. *et al.* Dinâmica sazonal de nutrientes e atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais. **Revista Ciências Agrárias**, v. 63, jan. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/3198>. Acesso em: 5 jul. 2020.

SILVA, R. N. da *et al.* Diversidade vegetal em sistemas agroflorestais na mesorregião do Agreste Meridional de Pernambuco. **Anais Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, Poços de Caldas**, v. 5, n. 1, p. 31, 2013. Trabalho apresentado ao 12º Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 2013, Poços de Caldas. Disponível em: <http://meioambientepocos.com.br/portal/anais/2014/edicao2013.php>. Acesso em: 5 ago. 2020.

SOUZA, A. N. *et al.* Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 96-106, jan./mar. 2007. Disponível em: <http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/298/245>. Acesso em: 29 mai. 2020.

STEENBOCK, W. *et al.* **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Curitiba: Kairós, 2013. 422 p.

STRECK, N. A.; ALBERTO C. M.; Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS.

Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 424-433, mar./abr. 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782006000200011&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 27 ago. 2020.

VILLATORO, M. A. A. **Matéria orgânica e indicadores biológicos da qualidade do solo na cultura do café sob manejo agroflorestal e orgânico**. 166 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2004. Disponível em: <http://tot.dti.ufv.br/handle/123456789/504?show=full>. Acesso em: 22 set. 2020.

VOLTOLINI, L. C. *et al.* Uso da água em sistemas agroflorestais: uma breve revisão da literatura. **Cadernos de Agroecologia**, Jaguariúna-SP, v. 13, n. 2, dez. 2018. 10 p. Trabalho apresentado ao AGROGEL, 2018, Campo Grande, MS. Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/2374>. Acesso em: 17 jun. 2020.

ZHANG, R. *et al.* Comparing evapotranspiration characteristics and environmental controls for three agroforestry ecosystems in a subtropical humid karst área. **Journal of Hydrology**, v. 583, Aug. 2013, p. 1042-1050. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169418304736>. Acesso em: 8 ago. 2020.

WALLACE, J. S.; JACKSON, J. A.; ONG, C. K. Modelling soil evaporation in an agroforestry system in Kenya. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 94, n. 3-4, p. 189-202, May 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016819239900009X>. Acesso em: 4 out. 2020.

WATANABE, M. A.; ABREU, L. S. de. Transição agroecológica para um uso mais sustentável do solo em Ouro Preto do Oeste, RO. **Cadernos de Agroecologia**, v. 5, n. 1, jun. 2011. Trabalho apresentado no 3º Seminário de Agroecologia do Mato Grosso do Sul. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/10135>. Acesso em: 2 set. 2020.

WU, J.; LIU, W.; CHEN, C. How do plants share water sources in a rubber-tea agroforestry system during the pronounced dry season? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 236, p. 69-77, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880916305710>. Acesso em: 1 nov. 2020.

YANG, B. *et al.* Intercrops improve surface water availability in rubber-based agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 298, 9 p., Aug. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880920301225>. Acesso em: 25 out. 2020.