

# SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

---

ORGANIZAÇÃO  
DANIEL PENA PEREIRA  
JOSÉ LUIZ RODRIGUES TORRES



# SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

---

ORGANIZAÇÃO  
DANIEL PENA PEREIRA  
JOSÉ LUIZ RODRIGUES TORRES





**2023 - Editora Amplia**  
**Copyright da Edição** © Editora Amplia  
**Copyright do Texto** © Os autores  
**Editor Chefe:** Leonardo Pereira Tavares  
**Design da Capa:** Editora Amplia  
**Fotografias da Capa:** Equipe Fazenda Santa Brígida  
**Diagramação:** Higor Brito  
**Revisão:** Os autores

**Sistemas Integrados de Produção** está licenciado sob CC BY 4.0.



Esta licença exige que as reutilizações deem crédito aos criadores. Ele permite que os reutilizadores distribuam, remixem, adaptem e construam o material em qualquer meio ou formato, mesmo para fins comerciais. O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, não representando a posição oficial da Editora Amplia. É permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores. Todos os direitos para esta edição foram cedidos à Editora Amplia.

**ISBN:** 978-65-5381-109-6  
**DOI:** 10.51859/amplia.sip096.1123-0

**Editora Amplia**

Campina Grande – PB – Brasil  
[contato@ampliaeditora.com.br](mailto:contato@ampliaeditora.com.br)  
[www.ampliaeditora.com.br](http://www.ampliaeditora.com.br)



2023

# CONSELHO EDITORIAL

Andréa Cátia Leal Badaró – Tecnológica Federal do Paraná

Andréia Monique Lermen – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Antoniele Silvana de Melo Souza – Universidade Estadual do Ceará

Aryane de Azevedo Pinheiro – Universidade Federal do Ceará

Bergson Rodrigo Siqueira de Melo – Universidade Estadual do Ceará

Bruna Beatriz da Rocha – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Bruno Ferreira – Universidade Federal da Bahia

Caio César Costa Santos – Universidade Federal de Sergipe

Carina Alexandra Rondini – Universidade Estadual Paulista

Carla Caroline Alves Carvalho – Universidade Federal de Campina Grande

Carlos Augusto Trojaner – Prefeitura de Venâncio Aires

Carolina Carbonell Demori – Universidade Federal de Pelotas

Cícero Batista do Nascimento Filho – Universidade Federal do Ceará

Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dandara Scarlet Sousa Gomes Bacelar – Universidade Federal do Piauí

Daniela de Freitas Lima – Universidade Federal de Campina Grande

Darlei Gutierrez Dantas Bernardo Oliveira – Universidade Estadual da Paraíba

Denise Barguil Nepomuceno – Universidade Federal de Minas Gerais

Dylan Ávila Alves – Instituto Federal Goiano

Edson Lourenço da Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

Elane da Silva Barbosa – Universidade Estadual do Ceará

Érica Rios de Carvalho – Universidade Católica do Salvador

Fernanda Beatriz Pereira Cavalcanti – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Gabriel Gomes de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas

Gilberto de Melo Junior – Instituto Federal do Pará

Givanildo de Oliveira Santos – Instituto Brasileiro de Educação e Cultura

Higor Costa de Brito – Universidade Federal de Campina Grande

Isabel Fontgalland – Universidade Federal de Campina Grande

Isane Vera Karsburg – Universidade do Estado de Mato Grosso

Israel Gondres Torné – Universidade do Estado do Amazonas

Italan Carneiro Bezerra – Instituto Federal da Paraíba

Ivo Batista Conde – Universidade Estadual do Ceará

Jaqueleine Rocha Borges dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Jessica Wanderley Souza do Nascimento – Instituto de Especialização do Amazonas

João Henriques de Sousa Júnior – Universidade Federal de Santa Catarina

João Manoel Da Silva – Universidade Federal de Alagoas

João Vitor Andrade – Universidade de São Paulo

Joilson Silva de Sousa – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

José Cândido Rodrigues Neto – Universidade Estadual da Paraíba

Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Josenita Luiz da Silva – Faculdade Frassinetti do Recife

Josiney Farias de Araújo – Universidade Federal do Pará

Karina de Araújo Dias – SME/Prefeitura Municipal de Florianópolis

Katia Fernanda Alves Moreira – Universidade Federal de Rondônia

Laís Portugal Rios da Costa Pereira – Universidade Federal de São Carlos

Laíze Lantyer Luz – Universidade Católica do Salvador

Lindon Johnson Pontes Portela – Universidade Federal do Oeste do Pará

Lucas Araújo Ferreira – Universidade Federal do Pará

- Lucas Capita Quarto – Universidade Federal do Oeste do Pará
- Lúcia Magnólia Albuquerque Soares de Camargo – Unifacisa Centro Universitário
- Luciana de Jesus Botelho Sodré dos Santos – Universidade Estadual do Maranhão
- Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
- Luiza Catarina Sobreira de Souza – Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central
- Manoel Mariano Neto da Silva – Universidade Federal de Campina Grande
- Marcelo Alves Pereira Eufrasio – Centro Universitário Unifacisa
- Marcelo Williams Oliveira de Souza – Universidade Federal do Pará
- Marcos Pereira dos Santos – Faculdade Rachel de Queiroz
- Marcus Vinicius Peralva Santos – Universidade Federal da Bahia
- Marina Magalhães de Moraes – Universidade Federal do Amazonas
- Mário Cézar de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia
- Michele Antunes – Universidade Feevale
- Milena Roberta Freire da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
- Nadja Maria Mourão – Universidade do Estado de Minas Gerais
- Natan Galves Santana – Universidade Paranaense
- Nathalia Bezerra da Silva Ferreira – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
- Neide Kazue Sakugawa Shinohara – Universidade Federal Rural de Pernambuco
- Neudson Johnson Martinho – Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso
- Patrícia Appelt – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
- Paula Milena Melo Casais – Universidade Federal da Bahia
- Paulo Henrique Matos de Jesus – Universidade Federal do Maranhão
- Rafael Rodrigues Gomides – Faculdade de Quatro Marcos
- Reângela Cíntia Rodrigues de Oliveira Lima – Universidade Federal do Ceará
- Rebeca Freitas Ivanicska – Universidade Federal de Lavras
- Renan Gustavo Pacheco Soares – Autarquia do Ensino Superior de Garanhuns
- Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
- Ricardo Leoni Gonçalves Bastos – Universidade Federal do Ceará
- Rodrigo da Rosa Pereira – Universidade Federal do Rio Grande
- Sabrynnna Brito Oliveira – Universidade Federal de Minas Gerais
- Samuel Miranda Mattos – Universidade Estadual do Ceará
- Shirley Santos Nascimento – Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia
- Silvana Carloto Andres – Universidade Federal de Santa Maria
- Silvio de Almeida Junior – Universidade de Franca
- Tatiana Paschoalette R. Bachur – Universidade Estadual do Ceará | Centro Universitário Christus
- Telma Regina Stroparo – Universidade Estadual do Centro-Oeste
- Thayla Amorim Santino – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
- Virgínia Maia de Araújo Oliveira – Instituto Federal da Paraíba
- Virginia Tomaz Machado – Faculdade Santa Maria de Cajazeiras
- Walmir Fernandes Pereira – Miami University of Science and Technology
- Wanessa Dunga de Assis – Universidade Federal de Campina Grande
- Wellington Alves Silva – Universidade Estadual de Roraima
- Yáscara Maia Araújo de Brito – Universidade Federal de Campina Grande
- Yasmin da Silva Santos – Fundação Oswaldo Cruz
- Yuciara Barbosa Costa Ferreira – Universidade Federal de Campina Grande

**2023 - Editora Amplia**  
**Copyright da Edição** © Editora Amplia  
**Copyright do Texto** © Os autores  
**Editor Chefe:** Leonardo Pereira Tavares  
**Design da Capa:** Editora Amplia  
**Fotografias da Capa:** Equipe Fazenda Santa Brígida  
**Diagramação:** Higor Brito  
**Revisão:** Os autores

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Pereira, Daniel Pena  
Sistemas integrados de produção [livro eletrônico] /  
Daniel Pena Pereira, José Luiz Rodrigues Torres. -- Campina  
Grande : Editora Amplia, 2023.  
286 p.

Formato: PDF  
ISBN: 978-65-5381-109-6

1. Produção agrícola integrada. 2. Produção agropecuária  
integrada. I. Torres, José Luiz Rodrigues. II. Título.

CDD-658.5

Sueli Costa - Bibliotecária - CRB-8/5213  
**(SC Assessoria Editorial, SP, Brasil)**

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Produção agrícola 658.5
2. Produção agropecuária 658.5

**Editora Amplia**  
Campina Grande - PB - Brasil  
 contato@ampliaeditora.com.br  
 www.ampliaeditora.com.br

# PRÉFACIO

Os sistemas integrados de produção, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), se referem a estratégias de produção que integram diferentes sistemas produtivos (agrícolas, pecuários e florestais) em uma mesma área. O objetivo principal é o benefício mutuo, otimizando o uso da terra, elevando a produtividade, diversificando a produção e gerando produtos de qualidade com sustentabilidade.

O livro Sistemas Integrados de Produção foi escrito e editado por profissionais de elevada experiência e dedicação, abordando temas ligados à área ambiental, planejamento, manejo dos sistemas e finaliza com exemplos de cases de sucesso na área.

O estudo e análise desses modelos de produção sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico é extremamente importante para a produção, comercialização e venda dos produtos com menor custo, menor uso de herbicidas, pesticidas, inseticidas e adubos químicos. Assim, contribui com diferentes modelos de produção com respeito ao meio ambiente, menor custo, maior conforto dos produtores, colaboradores de campo e dos animais.

Espero que essa importante obra contribua para o conhecimento e formação de profissionais nas áreas de ciências agrárias, ciências biológicas e meio ambiente, bem como todos aqueles que se dedicam a produção e proteção com sustentabilidade.

Parabenizo e agradeço imensamente ao trabalho dispensado e o compromisso dos autores e organizadores, o que serve de exemplo para toda a comunidade científica e acadêmica brasileira.

Prof. Dr. Nilton Cesar Fiedler

Universidade Federal do Espírito Santo  
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias  
Departamento de Ciências Florestais e da Madeira

# SUMÁRIO

CAPÍTULO I - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE FORNECIMENTO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS POR SISTEMAS AGROFLORESTAIS .....	8
CAPÍTULO II - SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE: LEGISLAÇÃO E ADOÇÃO .....	43
CAPÍTULO III - SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE: UM ESTUDO DE CASO EM UMA REGIÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO DOCE .....	63
CAPÍTULO IV - AVIFAUNA COMO BIOINDICADORA DE QUALIDADE AMBIENTAL EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) .....	97
CAPÍTULO V - DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA MICROBACIA DO SÃO FRANCISCO DO BORJA, PERDIZES-MG ....	109
CAPÍTULO VI - SISTEMAS AGROFLORESTAIS: ASPECTOS DA ASSOCIAÇÃO ENTRE CULTURAS.....	126
CAPÍTULO VII - AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS DE DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO E RELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DO MILHO EM PLANTIO DIRETO .....	145
CAPÍTULO VIII - ESPÉCIES ARBÓREAS COM POTENCIAL PARA SISTEMAS SILVIPASTORIS NO BRASIL.....	163
CAPÍTULO IX - FERTILIZAÇÃO DE COMPONENTES ARBÓREOS PARA FINS DE INTEGRAÇÃO COM PECUÁRIA E LAVOURAS .....	185
CAPÍTULO X - POSSIBILIDADE DE PRODUÇÃO DE PIAÇAVA ( <i>ATTALEA FUNIFERA</i> MART.) EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA BAHIA .....	202
CAPÍTULO XI - UTILIZAÇÃO DA PALMEIRA MACAÚBA EM SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS NO CERRADO .....	229
CAPÍTULO XII - PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS NORDESTINOS .....	240
CAPÍTULO XIII - USO DOS RESÍDUOS DO DESBASTE E DESRAMA DAS ÁRVORES NO ILPF PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA E FERTILIDADE DO SOLO .....	259
CAPÍTULO XIV - <i>CASES</i> DE SUCESSO – ENTREVISTA: DRA. MARIZE PORTO COSTA, FAZENDA SANTA BRÍGIDA, IPAMERI-GO ..	271
CAPÍTULO XV - <i>CASES</i> DE SUCESSO – ENTREVISTA: SR. LEODÔNIO COSTA FERREIRA, FAZENDA JASMIM BRANCO, MUCURI/BA.....	281

# CAPÍTULO I

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE FORNECIMENTO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS POR SISTEMAS AGROFLORESTAIS

DOI: 10.51859/AMPLLA.SIP096.1123-1

Alissa Albuquerque de Carvalho <sup>1</sup>  
Joyce Silvestre de Sousa <sup>2</sup>  
Otávio Camargo Campoe <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. aalbuquerque@carvalho@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil. joyce@iftm.edu.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. otavio.campoe@ufla.br

### 1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas, especialmente a partir da Revolução Industrial, vêm acentuando a velocidade das mudanças climáticas (TOMPKINS, 2014). A magnitude e velocidade de tais transformações tem se mostrado superior ao que grande parte dos seres vivos podem suportar, evidência disso é a elevada taxa de extinção de espécies em curto período de tempo (BARNOSKY et al., 2011). Atualmente, mais de 27.000 espécies estão sob ameaça de extinção (IUCN, 2019), e caso as taxas permaneçam constante, em cerca de 300 anos 75% de todas as espécies poderão ser extintas (BARNOSKY et al., 2011).

A *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) afirma que nos últimos 50 anos o homem modificou os ecossistemas de maneira muito mais acelerada do que em qualquer outro período da história humana, e isto se deve em grande parte ao crescimento populacional e à crescente demanda por alimento, água potável, fibra, biocombustíveis e produtos advindos da agricultura como um todo (BOMMARCO et al., 2013). Junto com este aumento, surge a necessidade de minimização dos impactos negativos advindos de padrões insustentáveis de consumo e desenvolvimento. Hertwich (2005) afirma que a classe consumidora está crescendo e que o desafio fundamental desta e das próximas gerações é conciliar o desenvolvimento econômico com a disponibilidade limitada dos recursos biológicos e minerais, assegurando a capacidade suporte do planeta.

Diante do cenário de mudanças climáticas, o ser humano se vê forçado a se adaptar e ajustar a maneira como maneja os recursos naturais, como é o caso da agricultura (TOMPKINS, 2014) e dos recursos florestais, adotando a abordagem da “intensificação ecológica” (UNCTAD, 2013).

Levando em consideração que o Brasil é o país com o maior potencial de suprir a demanda mundial por alimentos, que deve aumentar em 70% até 2050, e que além disso abriga uma biodiversidade que representa 20% das espécies catalogadas no mundo (VERENA, 2019), torna-se trivial desenvolver mecanismos para apoiar as atividades de desenvolvimento conservacionista.

Uma abordagem promissora para conciliar conservação e desenvolvimento rural é a dos sistemas agroflorestais (SAFs), caracterizados pelo manejo intencional de árvores associadas às culturas agrícolas (ASHLEY, 2006) e/ou animais de forma simultânea ou sequencial (MICCOLIS et al., 2016). Os SAFs são sistemas de produção milenares, desenvolvidos e praticados principalmente por populações tradicionais (MICCOLIS et al., 2016). Se assemelham em alguns aspectos ao movimento orgânico, no sentido de viabilizar sistemas mais autossustentáveis, baseados nos mecanismos naturais de controle de pragas e doenças e de recuperação da fertilidade (KHATOUNIAN, 2001). Além disso, em alguns casos, o abastecimento agrícola é destinado para a esfera local, preferindo as espécies de melhor adaptação à região e considerando sua alternância segundo o ritmo das estações, ou seja, respeitando os princípios da sazonalidade e da regionalidade, o que pode reduzir investimentos e poupar recursos naturais (KHATOUNIAN, 2001).

Neste trabalho trataremos por SAF toda prática de manejo do solo que combine vegetação de ciclo perene de porte arbóreo, com culturas agrícolas e/ou pastoris em variados arranjos espaciais e temporais, resultando em significativas interações ecológicas e benefícios econômicos.

A agricultura extensiva, que ganhou forças principalmente após a Segunda Guerra Mundial (KHATOUNIAN, 2001), se caracteriza pela simplificação de ecossistemas antes complexos, mediante a substituição de funções biológicas, originalmente fornecidas por comunidades diversas de organismos, por agroquímicos e quantidade significativa de energia proveniente de fontes externas ao sistema (BOMMARCO, 2013). Observa-se também à intensificação do uso dos recursos naturais, a aplicação elevada de defensivos químicos (TSCHARNTKE et al., 2005), a produtividade abundante, mas fugaz, a privatização dos benefícios e a socialização dos custos (KHATOUNIAN, 2001).

A intensificação agrícola se mostra bem-sucedida quanto ao crescente suprimento de alimento e matéria prima para diversos fins, sendo notável o aumento do rendimento produtivo por área cultivada (BOMMARCO, 2013). Skinner (2019) relata aumento de 1600 para 3030 kg/ha nas safras mundiais de grãos entre 1970 e 2010, o que significa um aumento de 189% entre esses dois períodos. Entretanto, ao olhar para o cenário de forma mais abrangente,

tornam-se evidentes os impactos negativos sobre a biodiversidade (TILMAN, 2001), como perda de habitats naturais, simplificação das paisagens agrícolas (TSCHARNTKE et al., 2005), desertificação, poluição generalizada do solo, das águas e do próprio homem e o esgotamento das reservas de recursos não renováveis (KHATOUNIAN, 2001).

Diante do cenário atual, o que se espera é o aumento da demanda por recursos naturais, o que tende a intensificar a degradação de muitos dos serviços ecossistêmicos (SEs) do qual o homem depende direta e indiretamente (MARON et al., 2017), acarretando assim na intensificação da crise ambiental (STANTON et al., 2014). De acordo com Patterson (2009), serviços ecossistêmicos diz respeito a “tudo que os ecossistemas fazem para as pessoas e que as pessoas geralmente não têm que pagar por elas”, ou seja, se referem aos bens e serviços ofertados pela natureza que, apesar de estarem fora do mercado e serem de difícil valoração, são essenciais em nosso dia a dia (BISHOP, 2010).

Os serviços ecossistêmicos são frequentemente divididos em quatro categorias: serviços de provisão (diretos), culturais (diretos), de regulação (indiretos) e de suporte (indiretos), este último atuando como fundação para os três primeiros (MEA, 2005; PATTERSON, COELHO 2009).

Existe um entendimento crescente acerca da importância dos serviços ecossistêmicos de provisão, que diz respeito aos produtos ou bens tangíveis que são obtidos dos ecossistemas, e que na maioria dos casos têm um mercado formal e bem estruturado (PERALTA, 2014), como por exemplo os alimentos, água, madeira, fibra, combustíveis e recursos genéticos. Não obstante, os serviços de regulação e suporte ainda permanecem severamente desvalorizados (BOMMARCO, 2013). A *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) define a qualidade do ar e do clima, a regulação de doenças infecciosas, o controle biológico, a regulação de desastres naturais (como enchentes e incêndios) e o processamento e desintoxicação de resíduos como serviços de regulação. Já os serviços de suporte são a formação dos solos, a fotossíntese, a produção primária, a ciclagem de nutrientes e a ciclagem da água, ou seja, serviços básicos que possibilitam a provisão de todos os demais. Mesmo os sistemas de agricultura extensiva são diretamente dependentes dos serviços ecossistêmicos de regulação e suporte (BOMMARCO, 2013). Apesar da relevância em garantir a manutenção da vida e o bem-estar econômico, social e ambiental, os serviços ecossistêmicos têm sido exauridos ou sensivelmente reduzidos em proporção jamais vista (MEA, 2005).

A partir do momento que um bem se torna escasso, seja apto a ser produzido e sua produção possa ser compensada de maneira justa, surge um produto. Para todo produtor ou provedor deve haver um usuário ou beneficiário, portanto se a sociedade necessita de um

serviço adicional para garantir ou recuperar a provisão de bens e serviços ecossistêmicos, então naturalmente deve haver uma negociação (JARDIM, 2010).

É neste cenário que surgem os instrumentos econômicos de incentivo ao desenvolvimento sustentável. Dentre estes instrumentos, destacam-se os Pagamentos pelos Serviços Ambientais (PSA), que por meio da utilização de tributos, preços públicos e subsídios, incentivam a adoção voluntária de práticas que recuperem, conservem ou melhorem a provisão dos serviços ecossistêmicos (GONÇALVES, 2017). Segundo Wunder (2015), PSA são “transações voluntárias entre utilizadores de serviços e prestadores de serviços que são condicionados a regras acordadas para a gestão dos recursos naturais para gerar um serviço externo”.

É válido mencionar ainda, o conceito de “externalidade ambiental”, que pode ser positiva ou negativa e têm origem nas falhas ou distorções do mercado. Sinteticamente, as externalidades podem ser entendidas como os efeitos causados pelos processos de produção ou de consumo que impactam positiva ou negativamente terceiros que não participam da transação. Em outras palavras:

Trata-se dos custos ou benefícios originados pelas diversas atividades econômicas que não sendo devidamente internalizados circulam externamente ao mercado. As externalidades representam um custo sempre que o agente econômico que produz os efeitos negativos ou recebe os positivos não compensa àquele que sofre o custo ou produz o benefício (PERALTA, 2014).

Neste sentido, o PSA atua como um instrumento que visa internalizar externalidades ambientais positivas (PERALTA, 2014) e diferentemente dos instrumentos de comando e controle que exigem uma profunda atuação do Estado, os instrumentos econômicos, como o PSA, induzem práticas desejadas e por isso tendem a operar de forma mais eficiente em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil (ENGEL; PAGIOLA; WUNDER, 2008).

O PSA está previsto na Lei Federal nº 12.651 de 2012, que instituiu a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, e atua adequando as atividades de produção florestal e agropecuária ao desenvolvimento sustentável. Pode ser monetário ou não monetário, possuindo como principal objetivo conceder incentivos econômicos para práticas de manejo que resultem na provisão e/ou manutenção dos serviços fornecidos pelos ecossistemas para a população em geral (STANTON et al., 2014).

Neste contexto, diante da importância dos serviços ecossistêmicos, das evidências de fornecimento dos mesmos pelos SAFs e de aparato legal para implementação de programas de pagamento por serviços ambientais para apoiar cadeias produtivas sustentáveis, este trabalho



avaliou as oportunidades de PSA para proprietários rurais que implementam SAFs. Objetivou-se responder às seguintes perguntas: I. Por que medir, modelar e avaliar os serviços ecossistêmicos? II. Os sistemas agroflorestais são potenciais ofertantes de serviços ecossistêmicos? III. Os proprietários rurais que implementam SAFs podem se tornar efetivos recebedores de incentivos econômicos como o PSA? IV. Existem ferramentas capazes de auxiliar neste processo?

Além disso, o presente estudo pretende aprofundar a compreensão acerca dos SEs oferecidos principalmente pelos ambientes florestais e os benefícios a eles associados. Por conseguinte, espera-se colaborar com os esforços em prol da valoração ambiental, de forma a favorecer o reconhecimento desses valores nos processos de elaboração de políticas públicas e de tomada de decisão. Ademais, busca-se evidenciar o papel dos instrumentos econômicos na gestão ambiental, como ferramenta para estimular e orientar condutas que respeitem os princípios da sustentabilidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho possui um perfil investigativo na área de gestão ambiental, sendo a revisão de literatura e a análise documental as metodologias adotadas para fundamentar o estudo no tema - SE ofertados pelos SAFs, ferramentas de valoração de SE e as perspectivas de uso do PSA no Brasil.

A revisão de literatura foi realizada por meio da consulta em teses, artigos, livros e outros, para compreender e identificar o que se conhece sobre os SEs, mais especificamente sobre os SEs prestados por sistemas agroflorestais. A análise documental resumiu na interpretação de leis, projetos de leis, resoluções e deliberações com o intuito de compreender a atual situação dos instrumentos econômicos de gestão ambiental no Brasil específicos ao objetivo de estudo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. SISTEMAS AGROFLORESTAIS E SERVIÇOS AMBIENTAIS

Existe um gradiente de SAFs que variam principalmente em relação à intensidade de manejo e à diversidade de espécies, sendo que as diferentes denominações atribuídas à cada sistema varia de acordo com os principais produtos por eles gerados (MICCOLIS et al., 2016). Os chamados “sistemas silvipastoris” focam na criação animal associada à pastagens e árvores, enquanto que os “agrossilvipastoris” por sua vez, se caracterizam pela presença de espécies

florestais e agrícolas simultânea ou sequencialmente à criação animal. Aos consórcios de culturas agrícolas anuais associadas a espécies florestais, dá-se o nome de “sistemas agrossilviculturais”. Já os sistemas com alta diversidade e similares aos ecossistemas florestais naturais da região são denominados “agroflorestas sucessionais” ou “biodiversas”, e, nesse caso, o manejo baseia-se na sucessão natural das espécies (MICCOLIS et al., 2016).

Guedes e Seehusen (2012) explicam que serviços ambientais referem-se às iniciativas antrópicas que favorecem a provisão dos SEs que, por sua vez, compreendem os benefícios gerados pelos ecossistemas, independentemente do envolvimento humano. Neste contexto, a implantação de SAFs pode ser considerada um serviço ambiental capaz de gerar SEs.

A relevância deste tema reside no fato de que praticamente todos os ecossistemas têm sofrido alterações significativas nos seus processos naturais, afetando a sua capacidade de prestar SEs (SACHS; SANTARIUS, 2007). Em contrapartida, evidências sugerem que os SAFs são uma atividade de uso da terra viável, capaz de reduzir a pobreza e oferecer uma série de SEs e benefícios ambientais (JOSE, 2009), tal como aumento da fertilidade do solo, redução dos processos de erosão, melhoria na qualidade da água, favorecimento da biodiversidade, fornecimento de benefícios estéticos e sequestro de carbono (GARRETT; MCGRAW, 2000; GARRITY, 2004; WILLIAMS-GUILLE'N et al., 2008; NAIR et al., 2009 apud JOSE, 2009). Deste modo, diferentemente do modelo hegemônico de agricultura, os SAFs são pautados na realização de uma agricultura de regeneração ambiental e social. (TSCHARNTKE et al., 2005).

Sharrow e Ismail (2004) evidenciam a notável taxa de sequestro de carbono em agroflorestas, demonstrando que esses sistemas podem aumentar a quantidade de carbono sequestrado em comparação com monoculturas. No experimento realizado, constatou-se que, ao longo de 11 anos, sistemas agroflorestais acumularam aproximadamente  $740 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  a mais do que monocultivos florestais e  $520 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  a mais do que pastagens manejadas.

Não somente os proprietários de terras e agricultores colhem os benefícios ambientais prestados pelos SAFs, mas também a sociedade como um todo, sendo notável o enriquecimento do solo, a conservação da biodiversidade, a redução da erosão e a melhoria na qualidade da água e do ar em regiões submetidas a esses sistemas de manejo (JOSE, 2009).

### **3.2. MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO DE ESTUFA (GEE) A PARTIR DO SEQUESTRO DE CARBONO ATMOSFÉRICO POR SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Árvores são consideradas drenos terrestres de carbono atmosférico (HOUGHTON et al., 1998 apud MONTAGNINI, 2004). Sendo assim, florestas manejadas podem, teoricamente, sequestrar carbono *in situ*, na biomassa vegetal e no solo, e *ex situ*, nos produtos madeireiros e

não-madeireiros exportados pelas florestas (MONTAGNINI, 2004). O fomento às práticas agroflorestais é uma oportunidade amplamente reconhecida para lidar com os problemas associados à ocupação do solo e às mudanças climáticas induzidas pela elevação das emissões de gases do efeito estufa, como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (ALBRECHT, 2003). Neste contexto, Dixon (1995) ressalta dois benefícios básicos provenientes de sistemas agroflorestais bem manejados: 1) o armazenamento de carbono direto e à curto prazo em árvores e solos, sendo este capaz de permanecer armazenado por décadas ou séculos e 2) o potencial em compensar as emissões imediatas de carbono atmosférico associadas ao desmatamento e subsequente alteração do uso do solo. Em regiões tropicais, estima-se que 1ha de agrossilvicultura sustentável seja capaz de fornecer bens e serviços que potencialmente compensam por 5-20 ha de desmatamento (DIXON, 1995).

Evidências sugerem que os solos agrícolas e florestais, quando submetidos às práticas adequadas de manejo, têm capacidade de operar como significativos drenos de CO<sub>2</sub> (PAUSTIAN et al., 2000). Entretanto, é importante ressaltar que esta capacidade de armazenamento é finita (PAUSTIAN et al., 2000; INGRAM; FERNANDES, 2001; ALBRECHT, 2003). Estudos estimam que o potencial de estoque de C nos solos poderia contribuir com o sequestro de aproximadamente 15% das emissões totais de GEE (DIXON, 1995), sendo assim, a adoção de práticas agroflorestais não pode, por si só, solucionar os problemas associados à alta taxa de emissão destes gases, é preciso que outras estratégias sejam adotadas de forma complementar.

Todavia, existem três motivos plausíveis que justificam a implementação de projetos agroflorestais visando o sequestro de carbono. Primeiramente, pois níveis mais elevados de carbono no solo beneficiam de maneira significativa a produtividade e a sustentabilidade agrícola (PAUSTIAN et al., 1997). Em segundo lugar, dada a improbabilidade da existência de uma única estratégia, a associação de diferentes artifícios parece ser uma maneira mais realista de alcançar as metas de redução de emissão de CO<sub>2</sub> (PAUSTIAN et al., 1997). E finalmente, o custo financeiro para alcançar o sequestro de C através de SAFs se mostra muito inferior em comparação às opções alternativas. Além disso, análises econômicas apontam que tais custos poderiam ser facilmente compensados pelos benefícios monetários adicionados à produtividade agrícola e pela comercialização de créditos de C, antes mesmo das operações de exploração florestal (ALBRECHT, 2003).

Uma pesquisa realizada em Kerala, na Índia, demonstra que o potencial de armazenamento de carbono no solo é tanto maior quanto mais elevada for a riqueza de espécies e a densidade arbórea (SAHA et al., 2009). Neste estudo, foram comparados teores de carbono orgânico no solo (COS) em quintais agroflorestais com baixa, média e alta riqueza de espécies.

Nos dois primeiros casos, observou-se respectivamente 14% e 7% menos COS do que em quintais com alta riqueza de espécies. Em relação à densidade arbórea, quintais com baixa e média densidade apresentaram respectivamente 20% e 10% menos COS em comparação aos quintais com alta densidade (SAHA et al., 2009). Todas estas pesquisas evidenciam que em comparação aos sistemas de manejo tradicionais de monocultivo, os sistemas agroflorestais apresentam um potencial superior de sequestro de carbono (JOSE, 2009).

### **3.3. ENRIQUECIMENTO DO SOLO**

Existem muitas referências na literatura acerca dos efeitos dos sistemas agroflorestais sobre o solo (JOSE, 2009). Tratando-se de enriquecimento do solo pelos SAFs, a utilização de espécies arbóreas e agrícolas fixadoras de nitrogênio é relativamente comum, e mesmo as espécies que não são capazes de fixar nitrogênio apresentam grande potencial de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, a partir da incorporação de matéria orgânica e da liberação e ciclagem de nutrientes (JOSE, 2009).

Apesar da contínua exportação de produtos em cultivos agroflorestais, a diminuição da fertilidade dos solos pode ser considerada mínima. Isto ocorre devido ao elevado aporte de C e nutrientes através de podas, capinas, biomassa radicular e deposição de serrapilheira. Tais práticas frequentemente reduzem a taxa de erosão, melhorando assim a dinâmica do C no solo (ALBRECHT, 2003).

As propriedades do solo estão intimamente relacionadas à natureza perene de grande parte das espécies arbóreas, sendo o seu grau de vitalidade uma consequência da abundância, diversidade, interações e funcionamento da biota presente neste solo (BARRIOS et al., 2012). Um estudo realizado na floresta amazônica demonstra que a biomassa de macrofauna do solo possui forte correlação com fechamento de dossel, provavelmente devido à redução da variação da temperatura do solo e a prevenção de estresse hídrico (MARTIUS et al., 2004). De forma similar, uma pesquisa realizada no Sul do México evidencia os efeitos do sombreamento do solo sobre a redução de sua temperatura e sobre a diminuição da taxa de perda de água por evaporação, mantendo a umidade do solo em níveis adequados para a agricultura (LIN, 2010). Em outros trabalhos, analisou-se a abundância média da macro, meso e microfauna do solo em dois sistemas distintos: agroflorestal e monocultivo agrícola, sendo que no primeiro sistema observou-se uma superioridade substancial na abundância de todos os organismos. Por exemplo, diplópodes, quilópodes, minhocas e nematóides não-parasitários se mostraram respectivamente seis, cinco, três e duas vezes mais abundantes em sistemas agroflorestais do que em monocultivos (DANGERFIELD, 1993; KANG et al., 1999; SILESHI; MAFONGOYA, 2006).

Estes trabalhos enfatizam a contribuição do componente arbóreo à atividade biológica saudável do solo que, por sua vez, possui relação direta com a provisão de bens e SEs, como a transformação do carbono, a ciclagem de nutrientes, a manutenção da estrutura do solo e a regulação biológica (BARRIOS et al., 2012).

### **3.4. REDUÇÃO DA PERDA DE SOLOS**

As principais estratégias utilizadas na conservação do solo se baseiam em técnicas de cobertura superficial do solo, fornecendo proteção contra os impactos da chuva; de ampliação da capacidade de infiltração do solo, reduzindo assim as taxas de escoamento; de melhoria da estabilidade dos agregados do solo; e de aumento da rugosidade da superfície de forma a reduzir a velocidade de escoamento (MORGAN, 2005).

Estudos revelam que os SAFs promovem aumento da atividade de diversas espécies de organismos do solo, sendo estes responsáveis pela formação de poros e canais de diferentes tamanhos e formatos. Tal variação na porosidade exerce influência significativa na capacidade de armazenamento de água no solo, na taxa de infiltração, escoamento superficial e incidência de erosão (CASTRO et al., 2009 apud BARRIOS, 2012).

Além disso, fungos micorrízicos arbusculares contribuem para a formação e manutenção da estrutura do solo, promovendo agregação de seus constituintes e aumento da resistência à ação da água (RILLIG, 2004). A dinâmica dos processos de agregação e proteção da matéria orgânica contida no solo tem sido alvo de pesquisa científica devido à sua importância nos processos de sequestro e retenção de carbono no solo (BARRIOS, 2007). Quando os agregados do solo se rompem em frações de menor dimensão mediante a ação da água, a taxa de erosão cresce e a matéria orgânica do solo é imediatamente exposta à ação microbiana, o que resulta em perda de carbono para a atmosfera. Sendo assim, o potencial dos SAFs no controle da perda de solo e no sequestro de carbono residem nas interações biológicas entre as árvores e o solo. Tais interações aumentam a proporção de agregação do solo, aumentam sua estabilidade em períodos chuvosos, sua capacidade de drenagem interna e de retenção de água. Estes resultados evidenciam as oportunidades existentes na implementação de práticas agroflorestais que promovam a diversidade biológica do solo e a consequente provisão de água em quantidade e qualidade (BARRIOS, 2012).

As árvores ajudam a preservar a fertilidade do solo através do retorno da matéria orgânica e da fixação do nitrogênio. Eles não só melhoram a fertilidade do solo, como também a sua estrutura, aumentando as taxas de infiltração e a capacidade de retenção de água. Como resultado, gera-se menos escoamento e mais controle sobre o processo de erosão (MORGAN,

2005). Pesquisas realizadas em diversos países demonstram que sistemas agroflorestais podem reduzir as taxas de erosão em até dez vezes comparado à sistemas onde não há medidas de conservação de solo (YOUNG 1998).

Segundo Konig (1992), o controle de erosão hídrica pelos sistemas agroflorestais é obtido devido aos efeitos de: redução da erosão por salpico (tipo de erosão causada pela energia cinética das gotas da chuva) em decorrência da presença de uma vegetação multiestratificada e do acúmulos de serrapilheira; aumento da capacidade de infiltração devido ao constante suprimento de matéria orgânica, resultando em uma maior atividade biológica do solo (o que significa maior quantidade de macroporos e maior estabilidade estrutural); diminuição do escoamento devido à integração de faixas de infiltração (composto por gramíneas, vegetação arbustiva e arbórea) seguindo os contornos, bem como métodos culturais, como agricultura de faixas, cultivo em curva de nível e cobertura do solo; redução de declive através da formação de terraços induzida pela sedimentação de material erodido em cerca viva ou faixas de grama; redução da perda de solo pela interceptação do dossel, levando a uma redução no risco de movimentos de massa de solo.

Em estudos realizados para medir o efeito de diferentes sistemas de cobertura vegetal do solo no controle de erosão e escoamento superficial de água, em relação a florestas tropicais úmidas, constatou-se que a maior eficiência foi obtida em sistemas com mais de um estrato de cobertura vegetal (CHEN, 1993).

Segundo Young (1997), os efeitos do manejo agroflorestal na manutenção da fertilidade do solo podem ser considerados como um fator direto no controle da erosão, além da proteção devida à cobertura do solo fornecida pelas copas das árvores e da manta orgânica e do papel das árvores como barreira ao escoamento superficial.

Young (1997) fez uma revisão dos resultados de taxas de erosão em florestas tropicais, plantios florestais e sistemas agroflorestais, classificando-as quanto aos valores em: baixa (< 2 t/ha/ano): florestas naturais, fase de pousio florestal em sistemas de agricultura itinerante, sistemas agroflorestais multiestratificados (“*home garden*”), plantios de árvores com culturas anuais e, ou, cobertura morta; moderada (de 2 a 10 t/ha/ano): fase de cultivo agrícola em agricultura itinerante, fase de cultivo agrícola em sistema agroflorestal sequencial; alta (> 10 t/ha/ano): plantações florestais capinadas e manejadas com queima da manta orgânica.

Franco et al., (2002) conduziram um estudo na Zona da Mata comparando perdas de solos em sistemas de cultivo convencional e agroflorestal. Contatou-se que os SAFs apresentaram perda média de solo de 217,3 kg/ha/ano, inferior à dos sistemas convencionais,

que apresentaram perda média de 2.611,9 kg/ha/ano. Isto representa 91,7% menos perda em SAFs comparados aos sistemas convencionais.

Todas as pesquisas mencionadas evidenciam o potencial dos sistemas agroflorestais como estratégia para conservação dos solos, oferecendo vantagens significativas em relação aos sistemas convencionais. Além disto, os SAFs podem ajudar a diminuir a poluição dos recursos hídricos, causada pelo escoamento superficial de nutrientes e produtos químicos utilizados na agricultura (FRANCO et al., 2002; JOSE, 2009). As perdas totais de solo, carbono orgânico e nutrientes dos sistemas convencionais são significativamente maiores do que as dos sistemas agroflorestais (YOUNG 1997; PAUSTIAN et al., 2000; FRANCO et al., 2002; ALBRECHT, 2003; MORGAN, 2005; SAHA et al., 2009; JOSE, 2009), o que indica a maior resiliência e sustentabilidade ecológica dos últimos, evidenciando a necessidade da busca de sistemas produtivos pautados na conservação dos recursos naturais (FRANCO et al., 2002).

### **3.5. QUALIDADE DA ÁGUA**

Evidências sugerem que os SAFs cumprem um papel importante na mitigação de problemas associados à qualidade da água, resultantes das práticas de cultivo intensivo do solo. Nos sistemas convencionais, menos da metade de todo o nitrogênio e fósforo aplicado é de fato absorvido pelas plantas, e em casos como este, a eutrofização é uma consequência típica (CASSMAN, 1999). Por isto, a implantação de SAFs, como por exemplo em regiões ripárias, têm sido proposto como forma de criação de zonas de amortecimento à este tipo de poluição, amenizando os impactos sobre os cursos d'água. Devido à presença de sistemas radiculares profundos, os sistemas agroflorestais atuam como uma “rede de segurança”, absorvendo o excesso de nutrientes lixiviados nos campos de culturas agrícolas. Isto significa que tais nutrientes permanecem no sistema e serão reciclados, retornando à superfície em algum momento futuro, promovendo assim o uso mais eficiente dos nutrientes (ALLEN et al., 2004).

Lee et al., (2003) realizaram um estudo comparando a eficiência de remoção de nutrientes em dois tipos de zonas de amortecimento ao redor de campos agrícolas. A primeira zona composta apenas por gramíneas e a segunda composta pela combinação de gramíneas e espécies arbóreas. No segundo caso, constatou-se um aumento de 20% na eficiência de remoção de nutrientes. Isto ocorre devido à redução da velocidade de escoamento da água superficial, que por sua vez aumenta a taxa de infiltração, a deposição de sedimentos e a consequente retenção de nutrientes. Em um cultivo misto de *Carya illinoensis* (noz pecã) e *Gossypium hirsutum* (algodão) na Flórida, Allen et al., (2004) observaram uma redução de 72% na concentração de nitrogênio mineral em profundidade de 0.9m quando comparado à um

monocultivo de algodão. Em um sistema silvipastoril na Flórida, Nair et al., (2007) monitorou a concentração de fósforo em pastagens com e sem *Pinus elliottii* e demonstrou que a presença do componente arbóreo auxiliou na retenção de nutrientes no solo e reduziu o escoamento dos mesmos em água superficial e subsuperficial (JOSE, 2009).

### **3.6. INSTRUMENTOS DA GESTÃO AMBIENTAL**

O Estado pode utilizar três tipos de instrumentos para intervir nas atividades econômicas que incidem sobre o meio ambiente: I. os instrumentos diretos, II. os instrumentos de mercado e III. os instrumentos de comunicação (MAY, 2010). Os diretos, também conhecidos como medidas de comando e controle (C&C), são de caráter normativo e regulam as ações através da determinação de padrões, limites, proibições e sansões sobre atividades que impactam negativamente na qualidade ambiental (PERALTA, 2014). Por ser um instrumento coercivo, demanda níveis fortes de governança e aparato eficiente de monitoramento e fiscalização (ENGEL; PAGIOLA; WUNDER, 2008), e por esse motivo apresentam uma série de limitações, traduzidas na crescente degradação ambiental (ALTMANN et al., 2015).

Os instrumentos de mercado são também denominados instrumentos econômicos de gestão ambiental (IEGAs) e visam a internalização das externalidades ambientais que não seriam normalmente incorridos pelo poluidor ou usuário (MAY, 2010). Tais instrumentos geralmente operam incentivando condutas desejáveis pela coletividade, orientando o mercado de forma que as atividades econômicas sejam realizadas de maneira sustentável. Para tanto, os IEGAs muitas vezes adotam mecanismos de incentivo e desincentivo, financeiros ou fiscais, visando a educação ambiental, a adoção de práticas sustentáveis, o avanço de novos conhecimentos científicos e a utilização de tecnologias mais limpas. Além disso, os IEGAs devem oferecer e permitir um conjunto de alternativas possíveis, para que, dentro dos limites da sustentabilidade ambiental, os agentes econômicos possam escolher aquela que for mais compatível com a sua realidade (PERALTA, 2014). Exemplos de instrumentos econômicos incluem taxas e tarifas, subsídios, certificados de emissão transacionáveis e sistemas de devolução de depósitos (MAY, 2010).

Atualmente, a implementação exclusiva dos mecanismos de C&C é apontada como insuficiente, impedindo uma adequada proteção ambiental em todos os casos (PERALTA, 2014). Tal abordagem expõe uma visão limitada do problema, uma vez que propõe soluções que não previnem efetivamente os riscos e danos ambientais, mas considera unicamente as suas consequências. Ou seja, por si só, os instrumentos de comando e controle acabam tendo

pouca repercussão nos costumes de vida dos cidadãos e nas suas relações com o meio ambiente (PERALTA, 2014).

É neste contexto que o PSA surge como uma nova abordagem na gestão ambiental, sendo uma ferramenta de complemento e reforço aos instrumentos de C&C (ALTMANN et al., 2015), operando como um benefício em contrapartida à implementação de práticas desejáveis, em vez de uma punição decorrente do descumprimento da lei (STANTON et al., 2014).

Enquanto os instrumentos de C&C se pautam na lógica do poluidor-pagador, o PSA é pautado no princípio do provedor-recebedor. No primeiro caso subentende-se que o poluidor deve arcar com o custo decorrente da poluição, de modo a garantir a internalização das externalidades ambientais negativas. O princípio do provedor-recebedor, por sua vez, considera que aqueles que criam condições específicas de conservação ambiental e beneficiando toda a sociedade deverão receber um reconhecimento justo por suas condutas, internalizando-se assim as externalidades ambientais positivas. Pode-se dizer, então, que os IEGAs possuem um caráter preventivo, muito mais do que repressivo (STANTON, 2015). O PSA foi abordado pela primeira vez na legislação brasileira no artigo 41 da Lei Federal nº 12.651/2012, a Lei de Proteção da Vegetação Nativa. Entretanto, é importante esclarecer que este artigo não é uma norma legal geral sobre PSA, e sim uma autorização legal para que o Governo Federal crie programas de incentivo à proteção da vegetação nativa. Com isso, uma vez que não há ainda uma Lei Federal que determine regras gerais sobre PSA, os estados e municípios possuem competência plena para estabelecerem suas normas legais sobre esse tema. A Tabela 1 apresenta alguns exemplos de legislações estaduais que dispõem sobre a temática pagamento por serviço ambiental.

A primeira proposta de regulamentação do PSA estabelecido pelo Código Florestal foi uma iniciativa do Senado Federal. O Projeto de Lei 276/2013 instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), que trata de disciplinar a classificação, o inventário, o cadastramento, a avaliação e a valoração de bens e serviços ambientais e seus provedores. Entretanto, a Norma Geral nunca foi promulgada e encontra-se arquivada (Último estado: 21/12/2018 - arquivada ao final da legislatura) (SENADO FEDERAL, 2019).

Enquanto é aguardada a determinação de um instrumento nacional – por meio da regulamentação do artigo 41 da Lei de Proteção da Vegetação Nativa ou da instituição de uma Política Nacional de PSA – distintos entes federativos (estados, municípios ou um conjunto de regiões vinculadas através do Comitê de Bacias) seguem desenvolvendo e implementando suas políticas públicas de PSA, servindo de exemplo para outras regiões e contribuindo com a difusão desse instrumento (MMA, 2017).

Para permitir o pagamento pelos serviços ambientais, o Projeto de Lei do Senado nº 276/2013 (PNPSA) prevê a instituição, pelo Poder Público, de um Fundo Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, com possibilidades diversas de fontes de recursos. Propõe-se ainda uma alteração na Lei Federal nº 12.114/2009, que criou o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, para que seja mais incisiva a obrigatoriedade da aplicação dos recursos deste Fundo nas atividades a que se destina, incluindo o pagamento por serviços ambientais às pessoas físicas ou jurídicas fornecedoras de serviços ambientais que resultem na estocagem de carbono. Ademais, dentre as atividades às quais a aplicação destes recursos poderá ser destinada, cabe citar: projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa - GEE; apoio às cadeias produtivas sustentáveis; pagamentos por serviços ambientais às comunidades e aos indivíduos cujas atividades comprovadamente contribuam para a estocagem de carbono, atrelada a outros serviços ambientais; sistemas agroflorestais que contribuam para redução de desmatamento e absorção de carbono por sumidouros e para geração de renda; recuperação de áreas degradadas e restauração florestal, priorizando áreas de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente e as áreas prioritárias para a geração e garantia da qualidade dos serviços ambientais (BRASIL, 2013).

Para Wunder (2015), existem cinco critérios essenciais para que um PSA esteja devidamente caracterizado: I) a transação deve ser voluntária, partindo do princípio que potenciais provedores tem alternativas de escolha no uso da terra (WUNDER, 2015); II) o serviço ambiental, o uso da terra ou a atividade devem ser bem definidos, sendo que o estímulo ao início do desenvolvimento de um mercado de PSA é a demanda e não a oferta; III) deve haver um utilizador do serviço, ou seja, um “comprador” ou “beneficiário”, que podem ser usuários reais do serviço ambiental ou podem ser terceiros como governos, ONG's, instituições financeiras internacionais, bancos de investimento oficiais, dentre muitos outros (ENGEL; PAGIOLA; WUNDER, 2008); IV) deve haver um provedor de serviço, ou “vendedor”, que em geral são os proprietários de terras; V) acato ao princípio da condicionalidade, significando que o estabelecimento de um programa de PSA deve estar sujeito ao cumprimento de regras acordadas, sejam elas quanto ao fornecimento de determinado serviço ambiental ou quanto ao cumprimento dos contratos realizando os usos da terra neles especificados (ENGEL; PAGIOLA; WUNDER, 2008).

### **3.7. CASOS BEM-SUCEDIDOS DE PSA NO BRASIL E NO MUNDO**

Diversos projetos de PSA já foram executados em diferentes localidades do mundo, sendo o caso de Nova Iorque e da Costa Rica os que mais se destacam (ALTMANN et al., 2015).

Na América Latina, países como Colômbia, Honduras, Venezuela, Paraguai, Panamá, México, Nicarágua, República Dominicana e Costa Rica possuem projetos e programas de PSA instituídos por disposições normativas (PERALTA, 2014). No Brasil destaca-se o Programa Produtor de Água (PPA), implementado de forma pioneira em 2005 no Município de Extrema/MG, em parceria com a Prefeitura Municipal, o Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais (IEF-MG) e a The Nature Conservancy (TNC) (PME, 2016; ALTMANN, 2015).

Tabela 1 – Diplomas legais estaduais que dispõem sobre a temática pagamento por serviço ambiental.

<b>Estado</b>	<b>Espécie de Norma Geral</b>	<b>Nº</b>	<b>Ano</b>	<b>Ementa</b>
Acre	Lei	2.308	2001	Cria o Sistema Estadual de Incentivos a Serviços Ambientais (SISA), o Programa de Incentivos por Serviços Ambientais (ISA) Carbono e demais Programas de Serviços Ambientais e Produtos ecosistêmicos do Estado do Acre e dá outras providências.
Amapá	Lei	1.491	2010	Estabelece a política de redução e compensação de emissões de dióxido de carbono CO <sub>2</sub> , incentiva a utilização de biocombustíveis que contribuam para a amenização do aquecimento global e melhoria da qualidade do ar.
Bahia	Lei	13.223	2015	Institui a Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais, o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais e dá outras providências.
Minas Gerais	Lei	17.727	2008	Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, para os fins que especifica, e altera as leis nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado.
Minas Gerais	Decreto	45.113	2009	Estabelece normas para a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, de que trata a Lei nº 17.727, de 13 de agosto de 2008.

Estado	Espécie de Norma Geral	Nº	Ano	Ementa
Paraná	Lei	17.134	2012	Institui o Pagamento por Serviços Ambientais, em especial os prestados pela Conservação da Biodiversidade, integrante do Programa Bioclima Paraná, bem como dispõe sobre o Biocrédito.
Paraná	Resolução Secretaria Estadual do Meio Ambiente	80	2015	Institui diretrizes e normas para a execução de projetos de Pagamento por Serviços Ambientais destinados às Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) no Estado do Paraná.
Santa Catarina	Lei	15.133	2010	Institui a política estadual de Serviços Ambientais e regulamenta o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais no estado de Santa Catarina, instituído pela Lei nº 14.675, de 2009, e estabelece outras providências.

Fonte: Adaptado de MMA (2017).

### 3.8. O CASO DE NOVA IORQUE

A cidade de Nova Iorque, em 1997, optou por investir US\$ 2 bilhões em um programa de proteção de bacia hidrográfica, para evitar o custo de, aproximadamente, US\$ 8 bilhões na construção de um novo sistema de filtragem de água (ALTMANN et al., 2015). Denominado '*whole-farm planning*', o programa requer da cidade o pagamento dos custos de operação do programa e os custos de capital para o investimento em controle da poluição em cada fazenda, como forma de incentivar os proprietários rurais a aderirem ao programa. Foram criados conselhos agrícolas de bacia hidrográfica, cujo objetivo é fornecer assistência técnica acerca da escolha e implementação das melhores medidas de controle de poluição para cada propriedade (SCHERR; KHARE; WHITE, 2004). As bacias hidrográficas de interesse ocupam uma área de 830 hectares, e cinco anos após a implementação do projeto, 93% de todas as propriedades haviam aderido ao programa (SCHERR; KHARE; WHITE, 2004).

No caso de Nova Iorque, o serviço ecológico fornecido foi a purificação da água e os fundos para investimento no projeto provieram dos próprios usuários e de fundos suplementares dos governos locais, estadual e federal. Os impactos pretendidos compreenderam a adoção de práticas de colheita de impacto reduzido, regeneração florestal e retirada de terras ambientalmente sensíveis da produção agrícola (SCHERR; KHARE; WHITE, 2004).

Em termos financeiros, os produtores de leite e silvicultores que adotaram as melhores práticas de gestão foram compensados com US\$ 40 milhões, que cobriram todos os seus custos adicionais de uso alternativo do solo. Os silvicultores que melhoraram suas práticas de manejo (como exploração madeireira de baixo impacto) receberam permissões adicionais para exploração de novas áreas. Os proprietários de terras de 20 hectares ou mais, que concordaram em se comprometer com um plano de manejo florestal de dez anos foram contemplados com 80% de redução do imposto sobre a propriedade rural (SCHERR; KHARE; WHITE, 2004).

Embora o PSA tenha tido um papel pequeno frente às demais medidas, foi fundamental pois atuou como uma análise de custo benefício onde prevaleceu a opção por investimentos em infraestrutura natural, em detrimento de infraestrutura construída (ALTMANN et al., 2015).

### **3.9. O PROGRAMA DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS DA COSTA RICA**

Os primeiros incentivos florestais na América Latina foram registrados na Costa Rica, em 1979, e foram criados com o propósito de reverter a preocupante taxa de desmatamento verificada entre 1940 e 1980, responsável pela redução da sua cobertura vegetal de 75% em 1940, para 21% em 1987 (PERALTA, 2014; ALTMANN, 2015).

Em 1996 foi instituída a Lei Florestal 7.575 (de 13/02/1996), na qual o atual programa de PSA encontra fundamento. O programa foi criado com a finalidade de deter os altos índices de desmatamento, ampliar a cobertura florestal e ressaltar o valor dos serviços florestais, incentivando a cidadania ecológica. O programa da Costa Rica serviu de modelo para outros países e, embora sujeito à críticas, aliado a outras medidas de conservação atenuou o desmatamento e aumentou a cobertura florestal do país de 21% em 1987, para 52,38% em 2012 (PERALTA, 2014).

A Lei nº 7.575 considera o bosque - a floresta em pé - como um ecossistema protetor e regulador dos recursos hídricos, do solo, da biodiversidade e da atmosfera, e como uma fonte importante de recursos econômicos para o país – através do seu potencial ecoturístico e da venda de serviços ambientais. São reconhecidos em Lei 4 tipos de serviços ambientais: (1) Mitigação das emissões de gases de efeito estufa; (2) Proteção dos recursos hídricos, para uso urbano, rural ou de hidrelétricas; (3) Conservação da biodiversidade para o uso sustentável, pesquisa científica e farmacêutica, e para a proteção dos ecossistemas e das formas de vida; e (4) Subsistência da beleza natural para o turismo e para fins científicos. O objetivo principal do programa é prestar reconhecimento financeiro aos proprietários que implantam e manejam sistemas agroflorestais e silvipastoris, gerando produtos florestais madeireiros, desenvolvimento humano, proteção e conservação do meio ambiente. Através deste importante

instrumento econômico pretende-se internalizar as chamadas “externalidade ambientais positivas”, reconhecendo os custos derivados da preservação e ao mesmo tempo desincentivando práticas de degradação florestal e desmatamento (PERALTA, 2014).

De acordo com o manual de PSA da Costa Rica, para a modalidade de Sistema Agroflorestal, o valor monetário oferecido equivale à R\$13,39 por árvore (FONAFIFO, 2019). O pagamento é válido para plantios de 350 à 5.000 árvores, ou até 100.000 no caso de reserva indígena. O financiamento se dá para as atividades de implementação e manutenção durante os três primeiros anos da atividade. Desde 2003, mais de 1,2 milhões de hectares de Sistemas Agroflorestais foram contemplados pelo programa, sendo que em 2018, esse valor foi de 414,479 hectares (FONAFIFO, 2019).

### **3.10.0 PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA (PPA)**

No Brasil, a Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com instituições municipais, estaduais e privadas lançaram em 2001 o Programa Produtor de Água (PPA), fundamentado na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/1997) (LACERDA, 2017; ALTMANN, 2015; ANA, 2018).

O PPA é hoje a maior referência de PSA relacionados a recursos hídricos no país e vem exercendo papel fundamental na difusão deste tipo de instrumento (LACERDA, 2017). O programa foi implementado de forma pioneira e piloto em 2005 no Município de Extrema/MG, em parceria com a Prefeitura Municipal, o Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais (IEF-MG) e a The Nature Conservancy (TNC) (PME, 2016; ALTMANN, 2015). A região de atuação do projeto está situada na parte alta das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, responsáveis pelo abastecimento do Sistema Cantareira, que por sua vez abastece cerca de 10 milhões de habitantes da grande São Paulo (PME, 2016). A pequena bacia de Posses foi a primeira a ser contemplada pelo programa, em 2009 ele se expandiu para a bacia de Salto e em 2015 havia 53 proprietários envolvidos, o que resultou em um aumento de 60% da cobertura florestal nas áreas do programa (RICHARDS et al., 2015).

O projeto tem como objetivo manter a qualidade dos mananciais de Extrema a partir da adoção de práticas de atenuação da erosão e da sedimentação e fomentar a adequação ambiental das propriedades rurais (APP e RL). Sendo assim, o PPA foi concebido como um programa voluntário, flexível, de implantação descentralizada, que visa o controle da poluição difusa em mananciais estratégicos (ANA, 2003). Ele parte da premissa que a melhoria ambiental obtida fora da propriedade pelo produtor participante é proporcional ao abatimento

da erosão e, consequentemente da sedimentação, em função das modificações no uso e manejo do solo e dos custos de sua implantação por parte do participante (CHAVES et al., 2004a).

Uma vez atendidos os critérios técnicos e operacionais do Programa, os produtores participantes receberiam um certificado de conformidade (Selo Azul de Produtor de ÁGUA-ANA), o qual poderá ser usado para recebimento do respectivo bônus financeiro (CHAVE et al., 2004a). Os recursos do programa poderão vir dos recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos; das empresas de saneamento, geração de energia elétrica e usuários; dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos; do Fundo Nacional de Meio Ambiente; do Orçamento Geral da União; do orçamento de Estados, Municípios e Comitês de Bacias; de Compensação financeira por parte de usuários beneficiados; de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo / Protocolo de Kyoto; Organismos Internacionais; e Financiamento de bancos de investimento oficiais (ANA, 2012).

Os incentivos financeiros aos produtores, geralmente tomados como custos de projeto, geram benefícios importantes, tais como o aumento das produtividades agrícola e pecuária, através do melhor manejo do solo e da água; aumento da renda da atividade rural; diminuição das perdas de solo nas glebas, aumentando assim a sustentabilidade da produção; e melhoria da autoestima dos produtores rurais participantes, pelo reconhecimento de seu papel na gestão dos recursos hídricos regionais (CHAVES et al., 2004b).

Os gestores do programa produtor de água em Extrema priorizaram a adoção de instrumentos indutores de práticas conservacionistas, visto que existe uma compreensão crescente acerca da ineficiência da aplicação exclusiva dos instrumentos de comando e controle, uma vez que sozinhos, eles não garantem o aumento da cobertura florestal ou a preservação dos mananciais (PME, 2016).

O programa viabiliza recursos técnicos e financeiros aos proprietários rurais, promovendo plantios de vegetação arbórea, culturas perenes, proteção de nascentes e de margens de cursos d'água, construção de terraços em curva de nível, construção de barragens ou caixas de acúmulo e infiltração de água, plantio direto para culturas anuais, reforma e bom manejo de pastagens, implantação de sistemas agrosilvipastoris, dentre outras medidas específicas e adequadas para cada caso (ANA, 2018). O programa se baseia na adesão voluntária, havendo flexibilidade em relação às práticas de manejo adotadas, sendo o pagamento concedido mediante o cumprimento de metas pré-estabelecidas e realizados durante e após a implantação do projeto (PME, 2016). No ano de 2015 foram investidos 769.154 reais para a manutenção de 262 hectares, e atualmente o PPA opera em treze Estados brasileiros e no Distrito Federal (ANA, 2018). Sobre o PSA no município de Extrema, a principal

mensagem que fica para os gestores e técnicos é que havendo vontade política, é possível formular, implementar e dar continuidade a iniciativas de PSA. Para tanto, é preciso demonstrar que os serviços ecossistêmicos são importantes para a sociedade e que há necessidade de investimento público para tornar as cidades resilientes para o enfrentamento dos efeitos adversos das mudanças climáticas (MMA, 2017).

### **3.11. PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS PARA SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

As novas exigências feitas aos produtores rurais para recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e áreas de Reserva Legal (RL) abriram oportunidades para a instituição do artigo 41 no Novo Código Florestal, para autorizar o Poder Executivo Federal a instituir programas de apoio e incentivo à conservação do meio ambiente (BRASIL, 2013). Entre outras medidas, tal programa deverá proporcionar o “pagamento ou incentivo a serviços ambientais como retribuição, monetária ou não, às atividades de conservação e melhoria dos ecossistemas e que gerem serviços ambientais”, tais como: o sequestro, a conservação, a manutenção e o aumento do estoque e a diminuição do fluxo de carbono; a conservação da beleza cênica natural; a conservação da biodiversidade; a conservação das águas e dos serviços hídricos; a regulação do clima; a valorização cultural e do conhecimento tradicional ecossistêmico; a conservação e o melhoramento do solo; a manutenção de Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de uso restrito (BRASIL, 2012).

Como muitas pesquisas sugerem, sistemas agroflorestais tem o potencial de restaurar a fertilidade do solo, reduzir a erosão, melhorar a qualidade da água, conservar a biodiversidade, restaurar a paisagem e sequestrar carbono (GARRETT; MCGRAW, 2000; GARRITY, 2004; WILLIAMS-GUILLE'N et al., 2008; NAIR et al., 2009). Todos esses

serviços estão relacionados direta ou indiretamente com os serviços apontados pelo artigo 41 da Lei Federal nº 12.651/2012, como serviços importantes fornecidos por atividades de conservação e melhoria dos ecossistemas aptas a serem contempladas por programas de pagamento por serviços ambientais. Neste sentido, o PSA tem potencial de atuar como instrumento de incentivo à implementação de SAFs no Brasil, inclusive como fonte de renda para manutenção de Reserva Legal, uma vez que, mediante autorização do órgão competente, admite-se o manejo florestal sustentável da vegetação nessas áreas destinadas à conservação (BRASIL, 2012).

Ademais, a atual legislação brasileira de proteção da vegetação nativa abre possibilidades ao uso de sistemas e práticas que consigam conciliar a produção de alimentos com os bens e serviços ambientais por meio de sistemas agroflorestais. A nova Lei permite que

proprietários de imóveis rurais de até 4 módulos fiscais possam implantar em parte ou toda a sua RL os planos consorciados de nativas, exóticas, frutíferas, ornamentais ou madeireiras, cultivadas em sistemas agroflorestais. Donos de imóveis rurais acima de 4 módulos podem realizar a restauração da RL por meio dos SAFs, que poderá ser intercalando espécies exóticas com nativas de ocorrência regional. Nesses casos, a área a ser recuperada com exóticas não poderá exceder 50% da área total da RL. Além disso, admite a sua exploração por meio do manejo sustentável, tanto para consumo no interior da propriedade como também para utilização econômica, neste caso sendo necessário uma autorização do órgão ambiental e apresentação de um plano de manejo sustentável (MICCOLIS et al., 2016).

O fomento à implementação de práticas produtivas conservacionistas em pequenas propriedades surge como uma necessidade ainda maior após a promulgação do Novo Código Florestal, que consolidou o uso antrópico e a permissão de atividades de baixo impacto em áreas que deveriam, por lei, ser mantidas intocadas (LAUDARES et al., 2017).

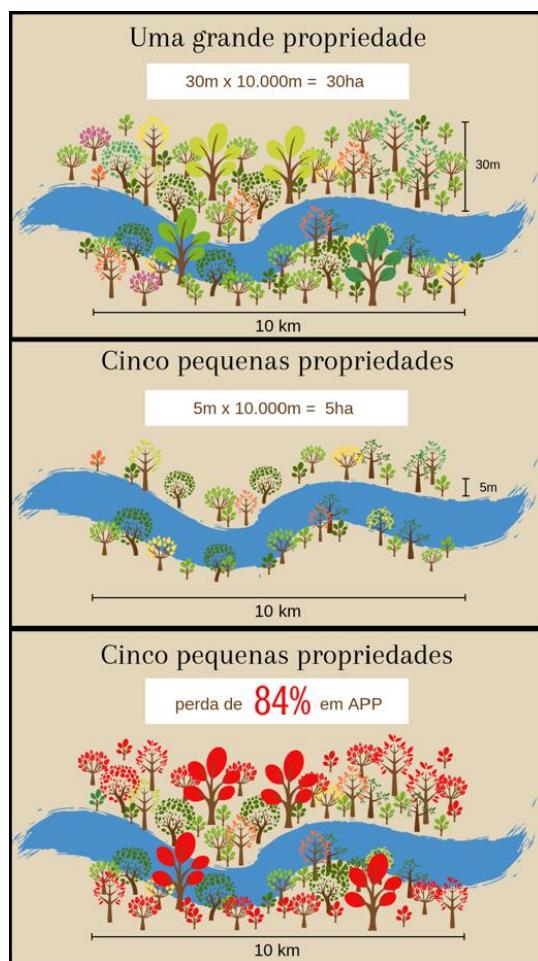
As bacias hidrográficas mais afetadas pela flexibilização da legislação são aquelas onde predominam as pequenas propriedades. O artigo 61 da Lei Federal nº 12.651/2012, que dispõe sobre a recomposição de APP em torno de curso d'água em áreas rurais consolidadas, esclarece que a APP independe da largura do curso d'água, mas apenas do número de módulos fiscais da propriedade (BRASIL, 2012). Isto pode ser melhor ilustrado considerando um trecho de curso d'água com 10 km de extensão. Caso a propriedade ao redor deste curso seja uma grande propriedade, então ela deverá recompor 30 ha de APP, respeitando a faixa marginal de 30m, ao passo que se forem 5 pequenas propriedades de até um módulo fiscal, então a APP corresponderá à 5 ha, respeitando a faixa marginal de 5m. Comparando os dois valores, isto representa uma perda de 84% em APP em torno de curso d'água (FIGURA 1).

Muito estudos têm demonstrado que pequenos proprietários podem adotar os Sistemas Agroflorestais como forma de conciliar a produção agrossilvicultural à conservação ambiental (LAUDARES et al., 2017). Amador e Viana (1998) acreditam que os SAFs podem funcionar como um método de recuperação de fragmentos florestais simultâneo ao retorno econômico nos primeiros anos da implementação, tornando o projeto viável economicamente. Neste sentido, em adição à recuperação e à promoção da conservação da água, do solo e da biodiversidade, redução da utilização de pesticidas e adequação de pequenas propriedades, os SAFs podem oferecer suporte econômico, cumprindo um importante papel de desenvolvimento social (AMADOR; VIANA, 1998).

No Programa Produtor de Água a estimativa do abatimento da erosão no campo é feita mediante a consulta de valores tabelados de uso, manejo e práticas das situações inicial e

proposta. O estudo de FRANCO et al. (2002) demonstrou que os SAFs apresentam 91,7% menos perda de solo quando comparados aos sistemas convencionais. Chaves et al. (2004) afirmam que nem todos os valores de uso, manejo e práticas indicados por esta tabela são cobertos pelas possíveis situações de uso e manejo do solo do país. Neste sentido, analisando as boas experiências de implantação do PSA Produtor de Água no Brasil e acreditando-se na possibilidade de sua expansão, sugestiona-se que os SAFs sejam mais uma situação de uso e manejo do solo na tabela que serve de consulta para estimativa do abatimento da erosão no campo pelo programa.

Figura 1 – Diferença nas áreas de recomposição de APP de acordo com tamanho de propriedade, segundo o artigo 61 de Lei Federal nº 12.651/2012.



Fonte: Dos autores, 2019

### 3.12. POR QUE AVALIAR OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS?

A capacidade de valorar SEs, em termos monetário e não monetários, vem aumentando em alguns países, mas ainda necessita ser fortalecida em outros (FAO, 2019). De forma geral,

os indicadores de desempenho ambiental focam majoritariamente nos insumos diretos, também denominados serviços ecossistêmicos de provisão (ex.: água, energia ou materiais) e nos resultados das atividades (ex.: emissões de poluentes, resíduos sólidos). Neste sentido, a relação de dependência entre o setor produtivo e os processos biológicos intangíveis (ex. controle de pragas e doenças naturais, ciclagem de nutrientes, decomposição, produção primária) ainda permanecem pouco explorados (BISHOP, 2010). Segundo Neugarten et al. (2018), aprofundar a compreensão acerca dos serviços ecossistêmicos é um caminho para guiar a tomada de decisão e apoiar medidas de manejo conservacionista de forma a garantir o fluxo contínuo de benefícios providos pelos serviços ecossistêmicos às gerações atuais e futuras. Quantificar e mapear estes benefícios permite que gestores e tomadores de decisão justifiquem a relevância das práticas de manejo conservacionista, atraindo novas fontes de investimento, contribuindo para o manejo efetivo dessas áreas e para a alocação eficiente de recursos humanos e financeiros (NEUGARTEN et al., 2018).

Para além disso, os estudos e pesquisas a respeito dos SE podem garantir equidade no uso dos recursos e a distribuição justa dos benefícios entre os grupos interessados. Podem também subsidiar o desenvolvimento de novos mecanismos de compensação ambiental e fortalecer os já existentes (como o PSA), expondo fontes alternativas de financiamento e beneficiando produtores que implementam práticas de manejo acordantes com os princípios da agricultura de regeneração (NEUGARTEN et al., 2018).

Informações sobre SE podem ainda demonstrar seu papel no cumprimento das metas e acordos internacionais em conservação, salientando a contribuição das práticas de manejo conservacionista para o cumprimento dos objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (NEUGARTEN et al., 2018).

Conclui-se que os principais intuições da avaliação de SE são o planejamento espacial e financeiro, a salvaguarda dos esforços direcionados ao desenvolvimento sustentável e o estabelecimento de planos de pagamento por serviços ambientais (NEUGARTEN et al., 2018). Para um entendimento mais holístico dos SE, sugere-se a combinação de métodos quantitativos e qualitativos. Análises qualitativas podem ser especialmente úteis na etapa de identificação dos serviços mais relevantes e dos principais grupos ou indivíduos beneficiários. Análises quantitativas podem ser conduzidas para medir ou modelar espacialmente o conjunto de serviços identificados em termos biofísicos ou monetários (NEUGARTEN et al., 2018).

Quando existe interesse no estabelecimento de planos de PSA, a quantificação dos benefícios ambientais se faz necessária, para que seja possível determinar precisamente quanto de um determinado serviço está sendo produzido por uma determinada área e como o

fornecimento deste serviço se relaciona às práticas de manejo adotadas. Dessa forma, torna-se possível o estabelecimento de um sistema igualitário de pagamento entre beneficiários e provedores do serviço (NEUGARTEN et al., 2018).

### **3.13. O CASO DA CHINA: A PERDA DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS FLORESTAIS**

Entre 1949 e 1981 a China explorou madeira de cerca de 69 milhões de hectares de florestas nativas, com a finalidade de suprir a demanda por madeira principalmente para o setor da construção civil. Em consequência, muitos serviços ecossistêmicos florestais associados à proteção de bacias hidrográficas e à conservação de solos foram perdidos. Em 1997, o rio Amarelo, ao norte da China, permaneceu seco por 267 dias, o que afetou os usos industriais, agrícolas e residenciais da região. Em 1998, uma forte enchente atingiu o Yangtze e outras grandes bacias hidrográficas, ocasionando 4.150 mortes e deixando milhões de desabrigados. Estima-se que os danos econômicos foram em torno de US\$30 bilhões (BISHOP, 2010).

Em 1998 a extração de madeira foi proibida pelo governo, e como consequência, o preço da madeira no mercado de Pequim aumentou 30% entre 1998 e 2003 (BISHOP, 2010). Serviços ecossistêmicos florestais tais como a ciclagem de nutrientes, prevenção de enchentes, conservação do solo, fornecimento de madeira e combustíveis, a regulação da água e do clima e a produtividade agrícola foram sensivelmente afetados devido ao desmatamento ao longo do período de 1950 a 1998, as perdas foram estimadas em cerca de US\$12 bilhões por ano (BISHOP, 2010).

O valor da perda de serviços florestais ecossistêmicos devido à exploração de madeira pode ser expresso em termos do preço de mercado da madeira ( $\text{US\$/m}^3$ ). Isto sugere que o ‘verdadeiro’ custo marginal da produção madeireira na China tem sido quase três vezes maior do que o preço de mercado prevalecente, e muito maior do que o modesto aumento no preço resultante da proibição da extração. Além disso, a proibição da extração da madeira resultou no aumento da importação da madeira de outros países, o que sugere que os custos ambientais do consumo deste recurso devem ter se deslocado pelo menos em parte para florestas fora da China (BISHOP, 2010).

O estudo realizado por Trevitt (2010) sugere que diante de uma situação em que se deseja realizar uma comparação de viabilidade econômica entre cenários distintos de uso do solo, tal comparação será preciso somente quando forem ponderadas as externalidades ambientais negativas associadas aos respectivos processos de cada cenário. Caso contrário, os custos associados às perdas de serviços ecossistêmicos permanecerão mascarados, e

ulteriormente representarão um prejuízo à toda a sociedade, como foi o caso da seca no Rio Amarelo em 1997 e da enchente que atingiu o Yangtze em 1998 na China.

Não obstante, a valoração dos serviços ecossistêmicos ainda representa um desafio, visto que não existem ferramentas suficientemente difundidas e acessíveis capazes de atender à esta necessidade (NATURAL CAPITAL PROJECT). Neste sentido, um dos entraves ao desenvolvimento efetivamente sustentável reside na tomada de decisão baseada em informações incompletas acerca do papel indispensável que os ecossistemas cumprem em assegurar a viabilidade dos sistemas produtivos.

### 3.14. FERRAMENTA DE VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Dentre as ferramentas disponíveis para a avaliação de serviços ecossistêmicos, pode-se destacar o inVEST, um software de modelagem, desenvolvido pelo projeto Natural Capital, na universidade de Stanford, capaz de modelar e quantificar SE em termos biofísicos e econômicos sob diferentes cenários de manejo (NATURAL CAPITAL PROJECT, 2019).

Os modelos do inVEST seguem a abordagem de uma função de produção, expressando a relação entre as entradas e saídas de um sistema, descrevendo de forma gráfica ou matemática os outputs obtidos da combinação de diferentes inputs. Neste contexto, busca- se explorar a maneira como determinadas ações podem conduzir a mudanças ambientais, como estas mudanças podem alterar o suprimento de serviços ecossistêmicos e como estes em última instância afetam o bem-estar humano (FIGURA 2).

Figura 2 – Fluxo da relação entre as ações, alterações e o bem-estar humano.



Fonte: Dos autores, adaptado de Natural Capital Project (2019).

Candiani et al. (2013), investigaram os impactos socioambientais decorrentes da implantação de uma pequena Central Hidrelétrica (PCH) no município de Queluz, estado de São Paulo, na bacia do rio Paraíba do Sul. A partir da análise do trabalho de Candiani et al. (2013), criou-se um esquema para exemplificar a relação entre as ações e o bem-estar humano propostos pelo Natural Capital Project (2019) (FIGURA 3).

Figura 3 – Fluxograma das relações entre “ação, alteração ambiental, alteração dos serviços ecossistêmicos e bem-estar humano” para o estudo de caso da PCH de Queluz-SP.



Fonte: Dos autores (2019).

O inVEST utiliza uma estrutura simples para delinear “função, serviço e valor” e associar as funções de produção aos benefícios prestados às pessoas (FIGURA 4). A função ecossistêmica diz respeito à capacidade que um ecossistema ou paisagem possui em fornecer determinada quantidade de serviço potencialmente útil ao ser humano, variando de acordo com localização, manejo, demanda e infraestrutura. Como resposta à junção das potencialidades às circunstâncias reais, obtém-se o valor, sendo este baseado em valores e preferências sociais (NATURAL CAPITAL PROJECT, 2019).

Figura 4 – Descrição dos modelos de retenção de sedimento, produção de água e sequestro de carbono em termos de fornecimento, serviço e valor (benefícios diretos).

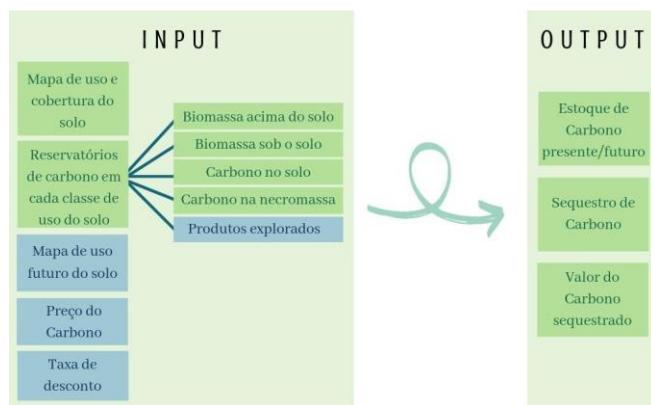


Fonte: Dos autores (2019)

Os modelos do inVEST requerem dados de entrada geralmente disponíveis, tipicamente espaciais e que descrevem a estrutura dos ecossistemas, como por exemplo mapa de cobertura do solo, modelo digital de elevação, mapa de hidrografia, informações edafoclimáticas, demanda de determinado recurso, informações econômicas, dentre outros. A ferramenta exige um SIG para processar os inputs e outputs do modelo, mas não habilidades em modelagem e

nem coleta de dados primários, como por exemplo pesquisa acerca da vegetação, amostragem de água e solo ou consulta pública (NEUGARTEN et al., 2018). Os outputs gerados pelos modelos são de natureza igualmente espacial, e podem portanto ser visualizados em um SIG ou manipulados e analisados a partir de uma tabela de atributos. Exemplos de outputs são abundância de organismos polinizadores, produção de água e valor de carbono sequestrado. A figura 5 exemplifica os inputs e outputs no modelo de Carbono. No esquema, as variáveis de entrada obrigatórias estão simbolizadas em verde e as opcionais em azul. As saídas são estoque de carbono presente e futuro, sequestro de carbono (que é a diferença entre o estoque futuro e o estoque presente), e o valor do carbono sequestrado.

Figura 5 – Variáveis de entrada e de saída necessárias e opcionais para o modelo de Carbono



Fonte: Dos autores (2019)

Alguns dos serviços ecossistêmicos passíveis de serem medidos e avaliados pelo inVEST e considerados relevantes do ponto de vista deste trabalho incluem: fornecimento, produção, purificação e qualidade da água, sequestro e armazenamento de carbono, retenção de nutriente, polinização, retenção e regulação de sedimento.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maneira como o homem maneja os recursos naturais está atrelada à crise ambiental vivida pela sociedade. Isto é evidente nos sistemas modernos agroindustriais e florestais, que se caracterizam pelo cultivo de uma ou poucas variedades, em vastas extensões de terra, em arranjos uniformes, o que conduz à vulnerabilidade da produção e dos ecossistemas.

Neste cenário, na tentativa de garantir a produtividade e suprir a crescente demanda por recursos biológicos, torna-se comum o aumento progressivo da aplicação de fertilizantes (SKINNER et al., 2019) e agrotóxicos e da propagação de organismos geneticamente modificados (GONÇALVES, 2017).

A agricultura moderna trouxe problemas ambientais e sociais complexos que estão cada vez mais evidentes, além de suscitar questionamentos até mesmo em termos de viabilidade econômica. Exemplo disso é o estudo de Skinner et al. (2019) que relata que enquanto o rendimento médio global de grãos por unidade de área aumentou em 189,3% entre os anos de 1970 e 2010, o uso de fertilizantes cresceu em 331% no mesmo período.

É nesse contexto que a agricultura sustentável e regenerativa surge como uma alternativa ao sistema hegemônico de agricultura moderna. O modelo agroecológico proposto se caracteriza pela aplicação da ciência ecológica nos sistemas agrícolas, resultando em sistemas, mais resilientes, altamente produtivos e sustentáveis (UNCTAD, 2013).

Um ponto fundamental nessa transformação é o desenvolvimento dos pequenos e médios produtores, reconhecendo que o agricultor não é um mero produtor de bens agrícolas, mas um importante gestor de sistemas agroecológicos que fornecem incontáveis serviços públicos, como ar, água, solo, paisagem, energia, biodiversidade, recreação e espiritualidade. Além disso, se faz necessário uma compreensão holística da inter-relação e interdependência entre sistemas que aparentemente concorrem entre si, como é o caso da produção e da conservação (UNCTAD, 2013).

Um dos pontos de partida para a construção desta nova racionalidade, que leva em conta a sustentabilidade ambiental, deverá ser o investimento em uma educação que vise a cidadania ecológica, de forma que as motivações para proteger o meio ambiente não sejam meramente econômicas e jurídicas, mas que estejam alicerçadas em vínculos afetivos, espirituais e de responsabilidade para com o outro – as futuras gerações, as outras espécies e a natureza (PERALTA, 2014). Outro ponto importante é promover uma reforma nos instrumentos de incentivo à conservação, orientando a sociedade a tomar decisões e desenvolver estilos de vida que respeitem a capacidade de resiliência do meio ambiente. Neste âmbito, o Direito, como modelo articulador de condutas terá um papel fundamental na construção de um novo senso de utilização dos bens e serviços naturais. A complexidade dos ecossistemas exige uma abordagem interdisciplinar e a adoção de estratégias preventivas mais do que repressivas, o que será possível a partir da implementação de normas indutoras que incentivem boas práticas ambientais. Neste cenário, um dos instrumentos que se destacam é o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), que demonstra ser uma abordagem promissora, apresentando vantagens frente a outros instrumentos regulatórios e econômicos (PERALTA, 2014).

Medir, modelar e avaliar os serviços ecossistêmicos demonstram ser etapas importantes na compreensão da multifuncionalidade dos sistemas agrossilviculturais. Sua quantificação e mapeamento são meios de justificar a relevância das práticas de manejo conservacionista,

atrair novas fontes de investimento, auxiliar no cumprimento das metas e acordos internacionais em conservação e colaborar para a implementação de planos de pagamento por serviços ambientais, promovendo assim o justo reconhecimento dos benefícios gerados por aqueles que conservam.

Devido ao crescente entendimento da conservação como elemento indispensável à viabilidade dos sistemas produtivos, os sistemas agroflorestais começam a receber mais atenção e reconhecimento. O que se observa até o momento é que os sistemas agroflorestais sob manejo adequado são potenciais ofertantes de serviços ambientais, cumprindo um papel fundamental na regulação climática, no enriquecimento do solo, na conservação da biodiversidade, na melhoria da qualidade da água e do ar, dentre outros benefícios que fluem para a sociedade como um todo.

Os proprietários rurais que implementam SAFs podem se tornar efetivos recebedores de incentivos econômicos como o PSA, visto que este tipo de instrumento se destina justamente às atividades que gerem serviços ambientais. O artigo 41 da Lei de Proteção da Vegetação Nativa deixa claro que programas de remuneração, monetária ou não, podem ser instituídos pelo Poder Executivo Federal, a fim de fomentar práticas que promovam o sequestro de carbono, a conservação da biodiversidade, a conservação das águas e dos serviços hídricos, a regulação do clima, a conservação e o melhoramento do solo e a manutenção de APP e RL.

A ferramenta InVEST pode auxiliar no processo de modelagem, quantificação e valoração dos serviços ecossistêmicos em termos biofísicos e econômicos, auxiliando assim nos processos de tomada decisão quanto à gestão dos recursos naturais. O inVEST é uma ferramenta acessível, visto que é um software gratuito, não requer habilidades em modelagem, requer dados de entrada geralmente disponíveis e exige um SIG somente para processamento dos inputs e outputs. Por demonstrar a dependência de qualquer negócio aos serviços ecossistêmicos providos por um meio ambiente saudável, o seu uso acaba por incentivar proprietários ou empresas a se engajarem em práticas conservacionistas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual Operativo do Programa “Produtor de Água”**. Brasília, 2012. 84 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Nota informativa - Programa Produtor de Água**, 2018. Disponível em:<<https://www.ana.gov.br/programas-e-projetos/programa-produtor-de-agua>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 99, n.1-3, p. 15-27, 2003.

ALLEN S. et al. Safety net role of tree roots: experimental evidence from an alley cropping system. **Forest Ecology and Management**, v. 192, p. 395–407, 2004.

ALTMANN, A.; SOUZA, L. F. de; STANTON, M. S. **Manual de Apoio à Atuação do Ministério Público**: Pagamento por Serviços Ambientais, 1 ed. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/gestao/3554-manual-de-apoio-a-atuacao-do-ministerio-publico-pagamento-por-servicos-ambientais>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

AMADOR, D. B.; VIANA, V. M. Sistemas Agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. **Série técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 105-110, 1998.

ASHLEY, R. et al. The policy terrain in protected area landscapes: challenges for agroforestry in integrated landscape conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 15, p. 663–689, 2006. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10531-005-2100-x.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

BARNOSKY, A. D. et al. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? **Nature**, v. 471, n. 7336, p. 51–57, 2011.

BARRIOS, E. et al. Agroforestry and Soil Health: Linking Trees, Soil Biota, and Ecosystem Services. In: WALL, D. H. et al., **Soil Ecology**. 1 ed. Oxford: Oxford University Press, 2012. cap. 5.2, p. 315-330.

BARRIOS, E. Soil biota, ecosystem services and land productivity. **Ecological Economics**, v. 64, p.269–285, 2007.

BISHOP, J. et al. **TEEB – A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade**. Relatório para o Setor de Negócios – Sumário Executivo, 2010.

BOMMARCO, R.; KLEIJN, D.; POTTS, S. G. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 4, p. 230– 238, 2013.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 de mai. 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 19 mai. 2019.

BRASIL. Projeto de Lei do Senado nº 276, de 2013. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA). Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/113566>>. Acesso em: 19 mai. 2019.49

CANDIANI, G. et al. Estudo de caso: aspectos socioambientais da pequena central hidrelétrica (PCH)-Queluz-SP, na bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 25, p. 98-119, 2013. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/75176>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

CASSMAN, K. G. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 11, p. 5952–5959, 1999.

CHAVES, H. M. L. et al. Quantificação dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do “Programa do Produtor de Água” (ANA): I. Teoria. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 3, p. 05-14, 2004a.

CHAVES, H. M. L. et al. Quantificação dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do “Programa do Produtor de Água” (ANA): II. Aplicação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 3, p. 15-21, 2004b.

DANGERFIELD, J. M. (1993) Characterization of soil fauna communities. In: RAO, M.R.; SCHOLES, R. J. **Report on characterization of an experimental field at KARI farm, Muguga, Kenya**, p. 51-67. ICRAF, Nairobi.

DIXON, R. K. Agroforestry Systems: sources or sinks of greenhouse gases? **Agroforestry Systems**, v. 31, p. 99 - 116, 1995.

ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. **Ecological Economics**, v, 65, n. 4, p. 663-674, 2008.

FONDO NACIONAL DE FINANCIAMIENTO FORESTAL. **FONAFIFO**. Costa Rica, 2018. Disponível em: <<https://www.fonafifo.go.cr/es/>>. Acesso em: 13 de maio de 2019.

FRANCO, F. S. et al. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na zona da mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 751-760, 2002.

GARRETT, H. E.; MCGRAW, R. L. Alley cropping practices. In: GARRETT, H. E.; RIETVELD, W. J.; FISHER, R. F. **North American Agroforestry: na integrated Science and practice**. ASA, Madison, 2000. p. 149-188.

GARRITY, D.P. Agroforestry and the achievement of the millennium development goals. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 5-17, 2004.

GERBENS-LEENES, P. W.; NONHEBEL, S.; KROL, M. S. Food consumption patterns and economic growth. Increasing affluence and the use of natural resources. **Appetite**, v. 55, n. 3, p. 597-608, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195666310005118?via%3Dihub>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

GONÇALVES, A. P. R. **Perspectivas para o pagamento por serviços ambientais para promover a agroecologia**. 2017. 212 p. Tese (Mestrado em Direito)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. (Org.). **Pagamento Por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. 2 ed. Brasília: MMA, 2012.

HERTWICH E. G. Consumption and Industrial Ecology. **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, n. 1-2, p. 1-6, 2005. IUCN - International Union for Conservation of Nature. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 2 jun. 2019.

JARDIM, M. H. **Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: O caso do Município de Extrema-MG**. 2010. 195 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, v. 76, n. 1, p. 1-10, 2009.

KANG, B. T.; CAVENESS, F. E.; TIAN, G.; KOLAWOLE, G.O. Long-term alley cropping with four species on an Alfisol in southwest Nigeria—effect on crop performance, soil chemical properties and nematode population. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, v. 54, p. 145–55, 1999.

KHATOUNIAN, C. A. **A Reconstrução Ecológica da Agricultura**. Botucatu: Ed. Agroecológica, 2001.

KLEMZ, C. et al. **Guia para a formulação de políticas públicas Estaduais e Municipais de Pagamento por Serviços Ambientais**. 1 ed. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, The Nature Conservancy do Brasil, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Agência de Comunicação Candyshop, 2017.

KONIG, D. The potential of agroforestry methods for erosion control in Rwanda. **Soil Technology**, v. 5, n. 2, p. 167–176, 1992.

LACERDA, R. C. A. O uso do PSA como Instrumento Econômico na Recuperação Ambiental da bacia do Rio Doce. 2017. 178 p. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017.

LAUDARES, S. S. A. et al. Agroforestry as a sustainable alternative for environmental regularization of rural consolidated occupations. **Cerne**, v. 23, n. 2, p. 161-174, 2017.

LEE K. H.; ISENHART, T. M.; SCHULTZ, R. C. Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 58, p. 1–8, 2003.

LIN, B.B. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 150, p. 510–18, 2010.

MARON, M. et al. Towards a Threat Assessment Framework for Ecosystem Services. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 32, n. 4, p. 240–248, 2017.

MARTIUS, C. et al. Microclimate in agroforestry systems in central Amazonia: does canopy closure matter to soil organisms? **Agroforestry Systems**, v. 60, n. 3, p. 291-304, 2004.

MASIERO, M. et al. **Valuing forest ecosystem services**: a training manual for planners and project developers. Forestry Working Paper No. 11. Rome: FAO, 2019.

MAY, P. H. et al. **Economia do Meio Ambiente**: Teoria e Prática. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2010.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-Being**. Island Press, 2005.

MICCOLIS, A. et al. **Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais**: Como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília, Instituto Sociedade, População e Natureza – ISP/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal - ICRAF, 2016.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. K. R. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 61, n. 1-3, p. 281– 295, 2004.

MORGAN, R. C. P. **Soil Erosion & Conservation**. 3 ed. Oxford: Blackwell publishing Ltd, 2005.

NAIR V. D.; NAIR P. K. R.; KALMBACHER R. S.; EZENWA I. V. Reducing nutrient loss from farms through silvopastoral practices in coarse-textured soils of Florida, USA. **Ecological Engineering**, v. 29, p. 192–199, 2007.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, p. 10-23, 2009.

NATURAL CAPITAL PROJECT. **InVEST User Guide**. University of Stanford. Disponível em: <<https://naturalcapitalproject.stanford.edu>>. Acesso em: 01 mai. 2019.

NEUGARTEN, R.A. et al. **Tools for measuring, modelling, and valuing ecosystem services: Guidance for Key Biodiversity Areas, natural World Heritage Sites, and protected areas**. Gland, Switzerland: IUCN, 2018. Disponível em: <<https://www.iucn.org/resources/publications>>. Acesso em: 04 mai. 2019.

PATTERSON, T. M.; COELHO D. L. Ecosystem services: Foundations, opportunities, and challenges for the forest products sector. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 8, p. 1637–1646, 2009.

PAUSTIAN, K. et al. Agricultural soils as a sink to mitigate CO<sub>2</sub> emissions. **Soil Use and Management**, v. 13, n. 4, p. 230–244, 1997.

PAUSTIAN, K. et al. Management options for reducing CO<sub>2</sub> emissions from agricultural soils. **Biogeochemistry**, v. 48, n. 1, p. 147–163, 2000.

PERALTA, C. E. O pagamento por serviços ambientais como instrumento para orientar a sustentabilidade ambiental. A experiência da Costa Rica. In: LAVRATTI, P.; TEJEIRO, S. **Direito e Mudanças Climáticas**: Pagamento por Serviços Ambientais: experiências locais e latino-americanas. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2014. v. 7, cap. 1, p. 8-53.

PME - PREFEITURA MUNICIPAL DE EXTREMA. **Conservador das Águas**. 2016. Disponível em: <<http://www.extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

PROJETO VERA - **Valorização Econômica do Reflorestamento com Espécies Nativas**. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/our-work/projects/projeto-verena>>. Acesso em: 15 abr. 2019

RICHARDS, R. C. et al. Considering farmer land use decisions in efforts to 'scale up' payments for watershed services. **Ecosystem Services**, v. 23, p. 238–247, 2017.

RICHARDS, R. C. et al. Governing a pioneer program on payment for watershed services: Stakeholder involvement, legal frameworks and early lesson from the Atlantic forest of Brazil. **Ecosystem Services**, v. 16, p. 23–32, 2015.

RILLIG, M. C. Arbuscular mycorrhizae and terrestrial ecosystem processes. **Ecology Letters**, v. 7, p.740–754, 2004.

SACHS, W.; SANTARIUS, T. **Un futuro justo.** Recursos limitados y justicia global. Barcelona: Icaria editorial S.A. 2005.

SAHA, S. K. et al. Soil carbon stock in relation to plant diversity of homegardens in Kerala, India. **Agroforestry Systems**, v. 76, p. 53-65, 2009.

SCHERR, S.; WHITE, A.; KHARE, A. **The current status and future potential of markets for the ecosystem services provided by tropical forests.** ITTO Technical Series n. 21.

International Tropical Timber Organization, 2004. Disponível em: <<https://www.forest-trends.org/publications/for-services-rendered/>>. Acesso em: 05 mai. 2019.

SENADO FEDERAL. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/113566>> . Acesso em: 20 mai. 2019.

SHARROW, S. H.; ISMAIL, S. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. **Agroforestry Systems**, v. 60, n. 2, p. 123–130, 2004.

SILESHI, G.; MAFONGOYA, P. L. Variation in macrofaunal communities under contrasting land-use systems in eastern Zambia. **Applied Soil Ecology**, v. 33, p. 49–60, 2006.

SKINNER, C. et al. The impact of long-term organic farming on soil-derived greenhouse gas emissions. **Nature: Scientific Reports**, v. 9, n. 1702, p. 1-10, 2019. Disponível em: <[sci-hub.tw/10.1038/s41598-018-38207-w](https://doi.org/10.1038/s41598-018-38207-w)>. Acesso em: 07 abr. 2019.

STANTON, M. Pagamento por Serviços Ambientais. In: ALTMANN, A.; SOUZA, L. F. de; STANTON, M. **Manual de apoio à atuação do Ministério Público:** Pagamento por Serviços Ambientais. 1 ed. Porto Alegre: Andrefc.com Assessoria e Consultoria em Projetos, 2015. v. 1, cap. 3, p. 50-106. Disponível em: <<http://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/gestao/3554-manual-de-apoio-a-atuacao-do-ministerio-publico-pagamento-por-servicos-ambientais>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

STANTON, M.; TEJEIRO, G.; LAVRATTI, P. **Sistemas Estaduais de Pagamento por Serviços Ambientais:** Diagnóstico, lições aprendidas e desafios para a futura legislação. 1 ed. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2014.

TILMAN, D. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. **Science**, v. 292, n. 5515, p. 281–284, 2001.

TOMPKINS, E. L.; ADGER, W. N. Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change? **Ecology and Society**, v. 9, n. 2, 2014. Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art10/>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

TREVITT, M. **Case study for TEEB**, 2010. Disponível em: <[www.trucost.com](http://www.trucost.com)>. Acesso em: 3 jun. 2019.

TSCHARNTKE, T. et al. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. **Ecology Letters**, v. 8, n. 8, p. 857–874, 2005.

UNCTAD **“Trade and Environment Review - Make agriculture Truly Sustainable now for food security in a changing climate”**, 2013. Disponível em:

<<https://unctad.org/en/pages/PublicationWebflyer.aspx?publicationid=666>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

WILLIAMS-GUILLE'N, K.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Bats limit insects in a neotropical agroforestry system. **Science**, v. 320, p. 70, 2008.

WUNDER, S. Revisiting the concept of payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 117, p. 234-243, 2015. Disponível em: <[sci-hub.tw/10.1016/j.ecolecon.2014.08.016](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.016)>. Acesso em: 29 abr. 2019.

WUNDER, S.; WERTZ-KANOUNNIKOFF, S. Payments for Ecosystem Services: A New Way of Conserving Biodiversity in Forests. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 28, n. 3- 5, p. 576-596, 2009.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. 2 ed. Wallingford: ICRAF e CAB International, 1997.

YOUNG, A. **Land resources: now and for the future**. Cambridge University Press, Cambridge, 1998.

# CAPÍTULO II

## SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE: LEGISLAÇÃO E ADOÇÃO

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-2

Mário Luis Areas <sup>1</sup>  
Fábio Luiz de Oliveira <sup>2</sup>  
Daniel Pena Pereira <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia, UFES, mario.areas@edu.ufes.br

<sup>2</sup> Professor Departamento de Agronomia, CCAE/UFES, fabio.oliveira.2@ufes.br

<sup>3</sup> Docente, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba/MG, danielpena@iftm.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

A utilização de Sistemas Agroflorestais (SAFs) vem se expandindo nos últimos anos e possuem inúmeras vantagens ambientais, econômicas e sociais, pois ao mesmo tempo que auxiliam na recuperação de áreas degradadas, contribuem para a atividade econômica de pequenos produtores. Desta forma, os agricultores são estimulados a cumprir as exigências legais de recomposição e preservação ambiental.

Os SAFs são sistemas de produção que conciliam práticas agrícolas e a conservação dos recursos naturais. Estes sistemas combinam simultaneamente espécies arbóreas com cultivos agrícolas, e até mesmo animais, sendo esse denominado sistema agrossilvipastoril.

O Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2009), através da instrução normativa nº 5 de 2009, apresenta o conceito de Sistema Agroflorestal:

“Sistemas de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras em uma mesma unidade de manejo, de acordo com o arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações entre estes componentes”.

Segundo Vaz da Silva (2002), diversos estudos apontam os SAFs como formas de manejo que melhoram os atributos biológicos e estruturais dos solos e não impedem o crescimento de árvores nativas destinadas à recuperação das matas ciliares. Portanto, os SAFs apresentam-se como uma ótima alternativa para a manutenção e restauração das Áreas de Preservação Permanente (APPs), minimizando os conflitos entre produção agrícola e o respeito à legislação ambiental, reunindo em um único sistema vantagens econômicas e ambientais.

Os SAFs ganham força no cenário brasileiro e mundial como forma de produzir sem degradar, de preservar utilizando a área, de lembrar que o ser humano não é senhor do meio ambiente e sim, mais uma espécie que o compõe (LEITE, 2014).

## 2. LEGISLAÇÃO VIGENTE

Antes de falar do potencial dos SAFs como alternativa para a manutenção e restauração das APPs, é preciso falar da legislação vigente. O Brasil possui um conjunto de leis e normas que regem e servem de referência para a implantação de SAFs em áreas protegidas. Dentre elas, daremos ênfase a algumas vigentes que consideramos e imprescindíveis a este trabalho.

### 2.1. LEI DA AGRICULTURA FAMILIAR

Sancionada a lei nº 11.326, Lei da Agricultura Familiar (BRASIL, 2006), conforme descrito em seu Artigo 1º, estabelece os conceitos, princípios e instrumentos destinados à formulação das políticas públicas direcionadas à Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.

O Art. 3º considera agricultor familiar como aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente os seguintes requisitos:

- I - não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;
- II - utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;
- III - tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo poder executivo;
- IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

O módulo fiscal leva em consideração dois fatores principais, que são o tipo de exploração predominante no município e a renda obtida com a exploração predominante, sendo elaborado pelo INCRA (KLEIN, ROSA; 2011). Segundo Moraes (2009), o tamanho do módulo fiscal é o tamanho mínimo necessário à obtenção de sua sustentabilidade, considerando índices viáveis de produtividade e de grau de utilização.

### 2.2. LEI DE PROTEÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA: LEI N° 12.651/12 (NOVO CÓDIGO FLORESTAL).

Aprovada em 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), após muita discussão e divergência entre os diferentes interesses das chamadas "bancada ruralista" e "bancada ambientalista", a

lei dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, e estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, Áreas de Preservação Permanente e as Áreas de Reserva Legal.

A lei, conforme Art. 54, combinado com o Art 3º, inciso V, prevê a implantação de sistemas agroflorestais para aquelas propriedades consideradas com da agricultura familiar, nos termos da lei nº 11.326, citada no item 4.1, conforme abaixo:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

...

V - pequena propriedade ou posse rural familiar: aquela explorada mediante o trabalho pessoal do agricultor familiar e empreendedor familiar rural, incluindo os assentamentos e projetos de reforma agrária, e que atenda ao disposto no art. 3º da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006;

...

Art. 54. Para cumprimento da manutenção da área de reserva legal nos imóveis a que se refere o inciso V do art. 3º , poderão ser computados os plantios de árvores frutíferas, ornamentais ou industriais, compostos por espécies exóticas, cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas da região em sistemas agroflorestais.

### **2.3. LEI N° 12.854, DE 26 DE AGOSTO DE 2013**

Em agosto de 2013 foi sancionada pelo Congresso Nacional a Lei nº 12.854, (BRASIL, 2013). Esta lei foi criada com a intenção de fomentar e incentivar através dos programas e de políticas públicas ambientais, ações que promovam a recuperação florestal e a implantação de SAFs, tanto em áreas desapropriadas quanto em áreas degradadas em posse de agricultores familiares assentados, quilombolas e de indígenas. Nesta lei, os agricultores familiares são incentivados a buscar alternativas econômicas e de segurança alimentar, complementando assim a renda e a subsistência dessas comunidades. Conforme a lei, os projetos de recuperação e de implantação de SAFs poderão ser financiados com recursos públicos de esfera federal, estadual, municipal ou privado.

De acordo com Artigo 1º da referida lei, esta, fomenta e incentiva ações que promovam a recuperação florestal e a implantação de sistemas agroflorestais em áreas rurais desapropriadas pelo Poder Público e em áreas degradadas em posse de agricultores familiares assentados, de quilombolas e de indígenas.

## **3. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE**

O conceito de áreas especialmente protegidas foi criado pelo Código Florestal com a finalidade de proteger a biodiversidade, os recursos hídricos, o solo, a variabilidade genética e

o bem estar das populações humanas. Dentre elas estão as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e as Reservas Legais (RLs). Estas áreas possuem limitações de uso, intervindo na ação antrópica sobre a natureza. As APPs, a princípio tinham o objetivo de serem áreas intocáveis, já as RLs sempre permitiram formas de manejo sustentável.

O Código Florestal Brasileiro, (Lei nº 12.651) de 25 de Maio de 2012, modificado pela Lei 12.727, de Outubro de 2012, defini área de preservação permanente como:

“Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”

A mesma lei, em seu capítulo II, artigo 4º, define claramente o que deve ser considerado área de preservação permanente, conforme segue:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento.

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45º, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

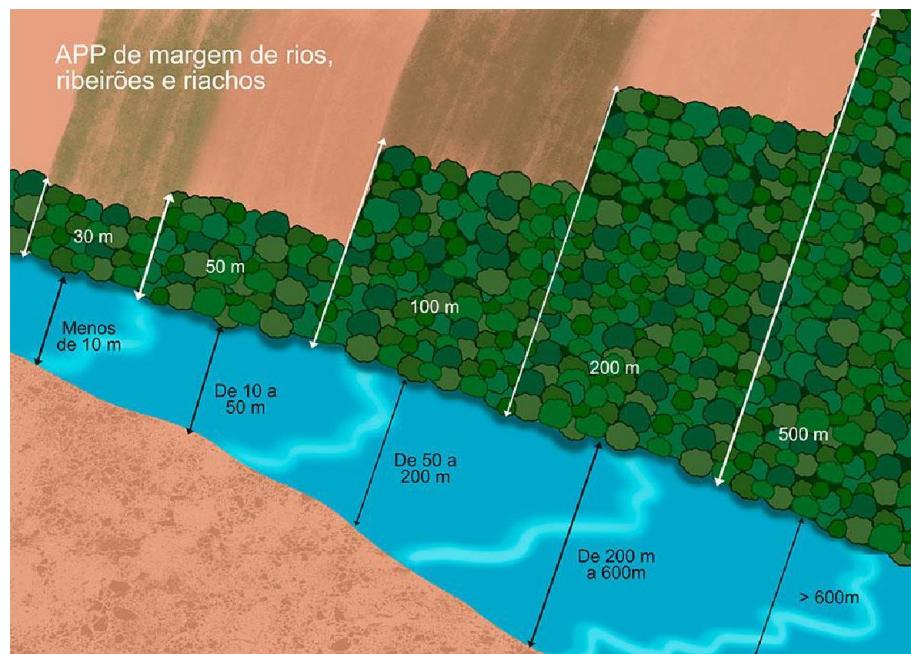
IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25º, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

As figuras que serão apresentadas a seguir, na sequência de 1 a 7, ilustram com clareza os aspectos ambientais previstos pelo artigo 4º como áreas de Preservação.

Figura 1 – Delimitação das APPs nas faixas marginais de curso d'água natural, estabelecido pelo item I do artigo 4º do capítulo II do Código Florestal Brasileiro (Lei 12.727, de Outubro de 2012).



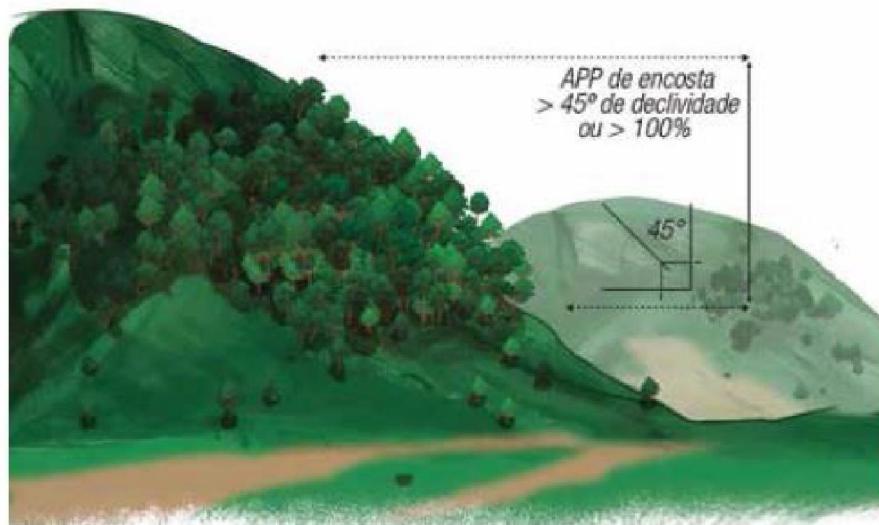
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro, CI Florestas, 2019.

Figura 2 – Delimitação de APPs no entorno de nascentes e olhos d’água perenes, estabelecido pelo item IV do artigo 4º do capítulo II do Código Florestal Brasileiro (Lei 12.727, de Outubro de 2012).



Fonte: Bedê, 2013.

Figura 3 –Delimitação das APPs em áreas declivosas, estabelecido pelo item V do artigo 4º do capítulo II do Código Florestal Brasileiro (Lei 12.727, de Outubro de 2012).



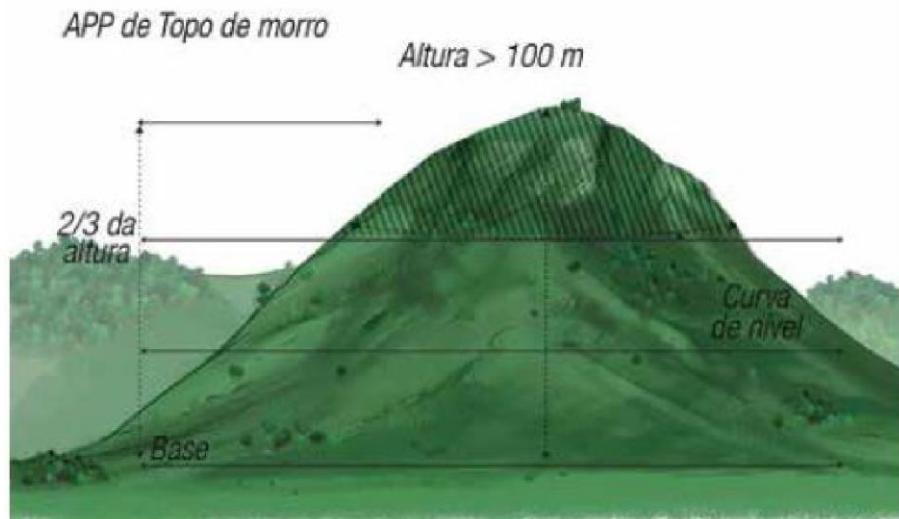
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro, CI Florestas, 2019.

Figura 4 –Delimitação das APPs na borda de tabuleiros, estabelecido pelo item VIII do artigo 4º do capítulo II do Código Florestal Brasileiro (Lei 12.727, de Outubro de 2012).



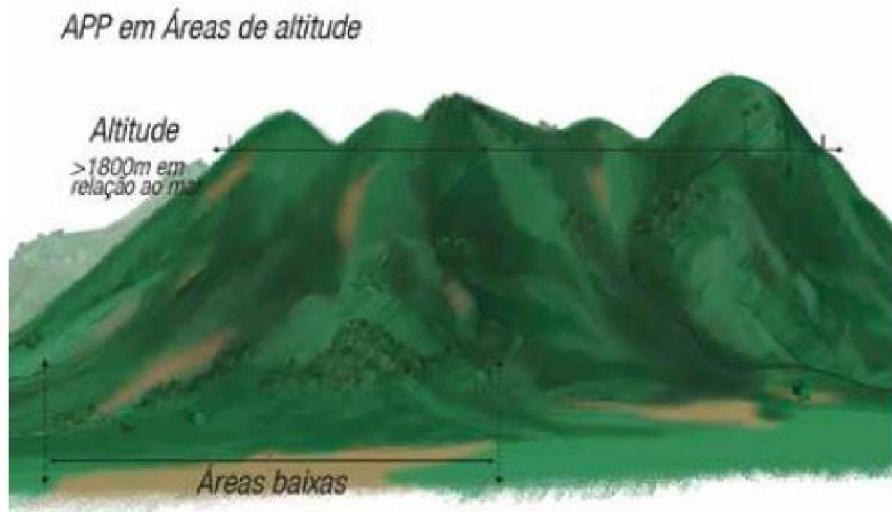
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro, CI Florestas, 2019.

Figura 5 –Delimitação das APPs no topo de morros, estabelecido pelo item IX do artigo 4º do capítulo II do Código Florestal Brasileiro (Lei 12.727, de Outubro de 2012).



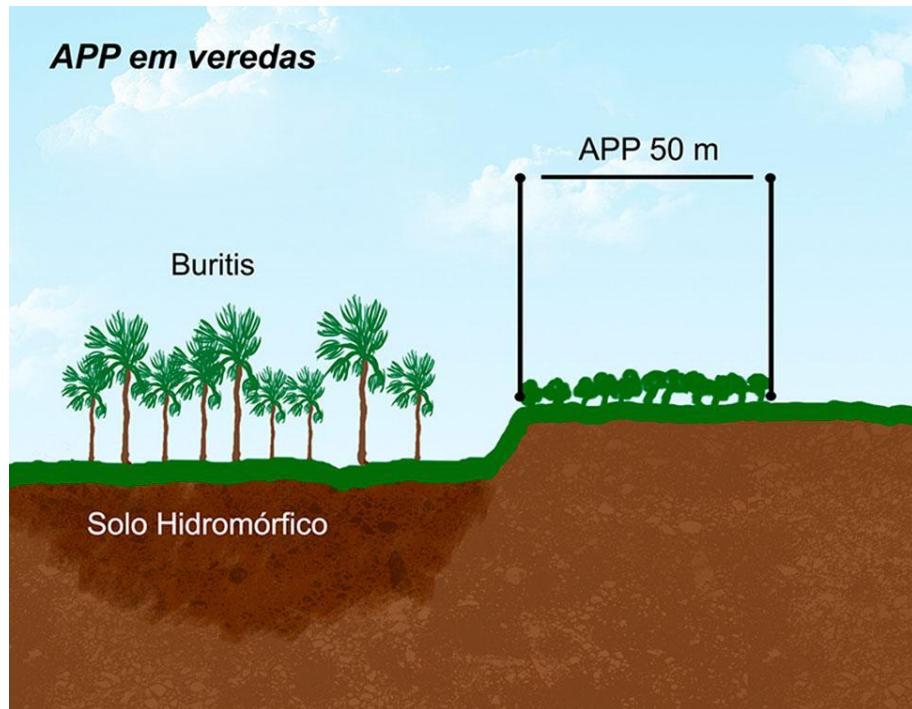
Fonte: Bedê, 2013.

Figura 6 –Delimitação das APPs em altitudes superiores a 1.800 m, estabelecido pelo item X do artigo 4º do capítulo II do Código Florestal Brasileiro (Lei 12.727, de Outubro de 2012).



Fonte: Bedê, 2013.

Figura 7 – Delimitação das APPs no entorno de veredas, estabelecido pelo item XI do artigo 4º do capítulo II do Código Florestal Brasileiro (Lei 12.727, de Outubro de 2012).



Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro, CI Florestas, 2019.

Segundo Terres e Muller (2008), APPs às margens dos cursos d'água vêm sofrendo degradações, principalmente nas áreas urbanas, com a retirada parcial ou total da vegetação da mata, a qual, por lei, deveria ser mantida intacta por garantir a preservação dos recursos

hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade. Isso graças às práticas industriais, imobiliárias e falta de planejamento urbano, quase sempre, motivado pela oferta de empregos e pelo progresso econômico. Além, disso as áreas ocupadas antes do surgimento de algumas leis que tratam desses fins, levam os moradores dessas áreas a terem direitos constituídos o que dificulta os processos de desocupação das áreas que deveriam ser preservadas.

A sessão II da Lei nº 12.651 versa sobre as áreas consolidadas em APPs. O art. 61º-A foi incluído pela nova lei e permite a continuidade de atividades agrossilvipastoris em APP de áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008, assim como as atividades de ecoturismo e turismo rural. Desta forma, estas atividades poderão continuar sendo desenvolvidas em trechos que, de acordo com o art. 4º, não seria possível (MESQUITA, 2012). Nos §§ 1º, 2º, 3º, 5º, 6º e 7º está disposto a área, que obrigatoriamente deverá ser recomposta de acordo com o tamanho da propriedade rural em módulo fiscal, para pequenos produtores rurais, como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1. Obrigatoriedade de recomposição de áreas consolidadas em APP para pequeno agricultor, conforme Art. 61.A da Lei nº 12.651/12.

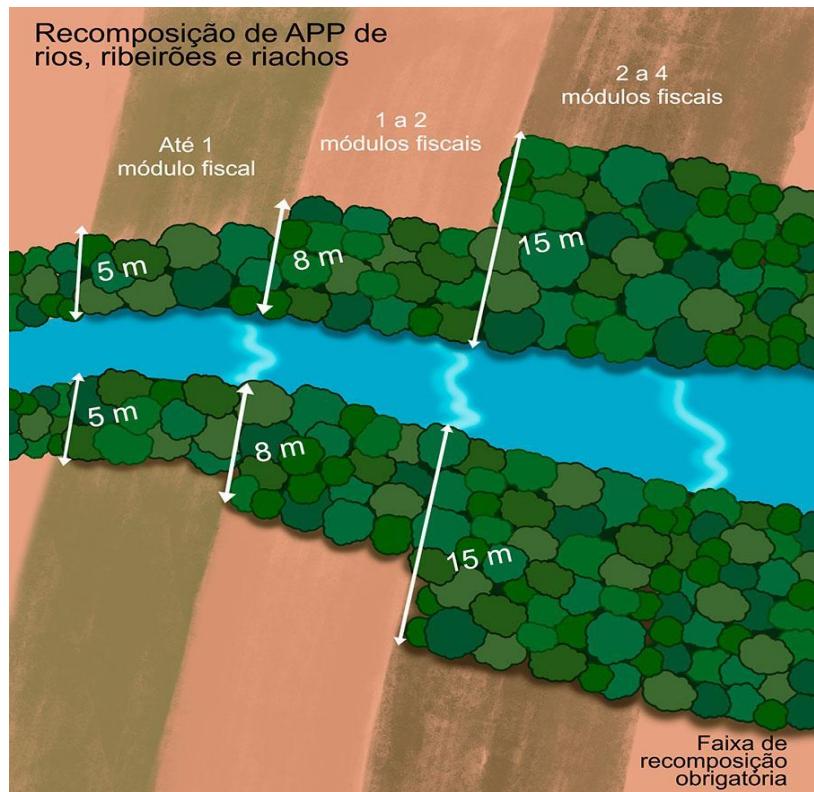
Tipo de APP	Tamanho do imóvel rural	Faixas marginais ou raio mínimo a ser recomposto
Ao longo de cursos d'água naturais	Até 1 MF*	5 m
	> 1 até 2 MF	8 m
	> 2 até 4 MF	15 m
Entorno de nascentes e olhos d'água perenes	TODOS	Raio de 15 m
Entorno de lagos e lagoas naturais	Até 1 MF	5 m
	> 1 até 2 MF	8 m
	> 2 até 4 MF	15 m
Em veredas	Até 4 MF	30 m

\* MF - módulo fiscal. Fonte: Lima, 2014.

As áreas que possuem obrigatoriedade de recomposição estão relacionadas aos recursos hídricos naturais (nascentes, cursos d'água, veredas e lagos e lagoas naturais). Já APPs de reservatórios, encostas, topo de morros e montanhas, chapadas, mangues, restingas e altitudes acima de 1800m, não tem exigência de uma faixa mínima de recomposição (ZAKIA, PINTO; 2013).

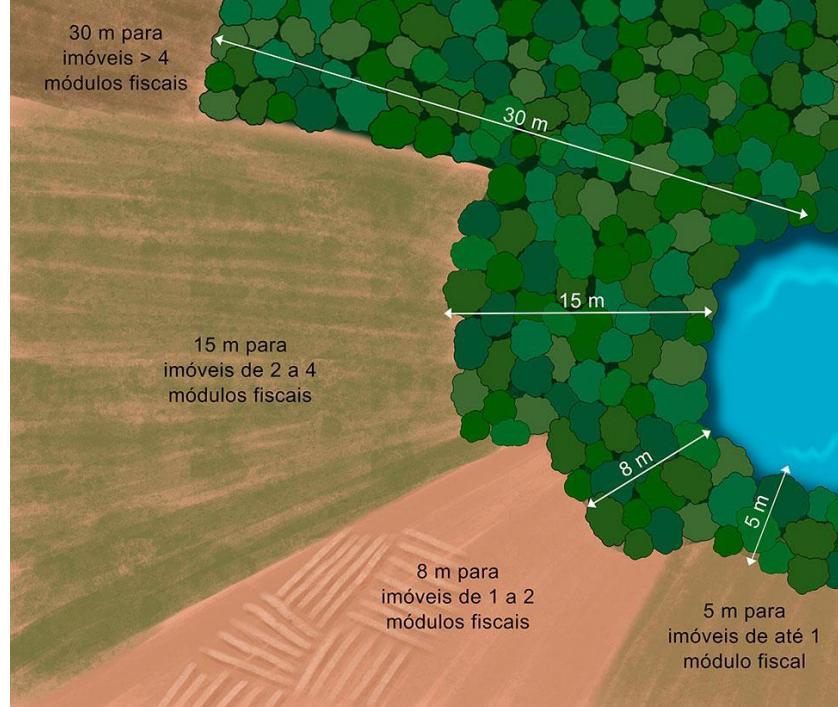
As figuras a seguir, na sequência de 8 a 11, ilustram as regras de recomposição previstas na legislação vigente.

Figura 8 – Regra de recomposição em APPs de cursos d’água degradadas em área rural consolidada, com ocupações antrópicas preexistentes a 22/7/2008.



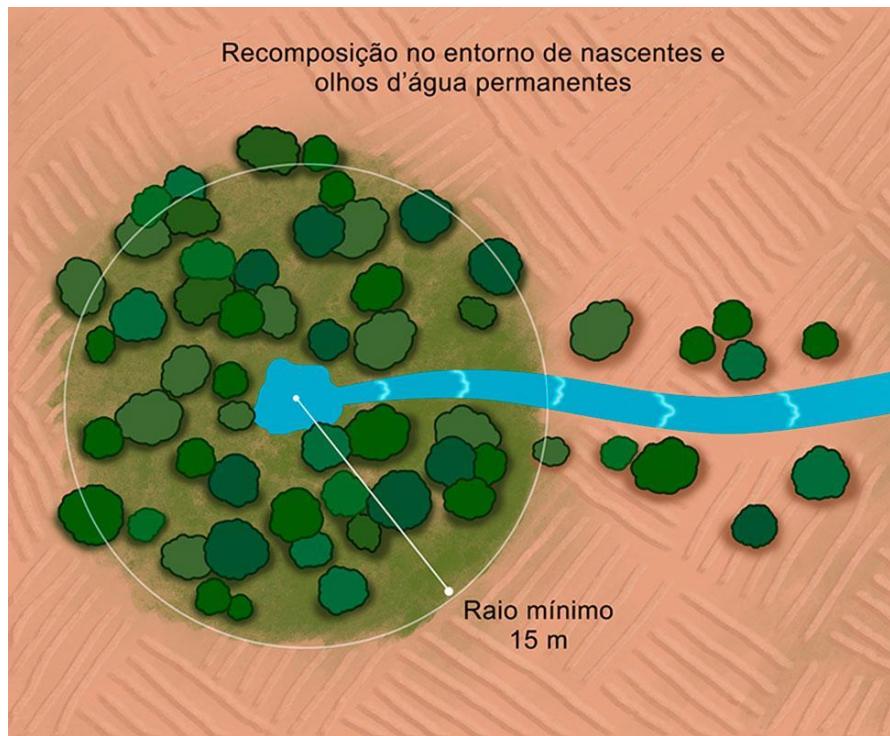
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro, CI Florestas, 2019.

Figura 9 - Regra de recomposição em APPs no entorno de lagos e lagoas naturais em área rural consolidada, com ocupações antrópicas preexistentes a 22/7/2008.



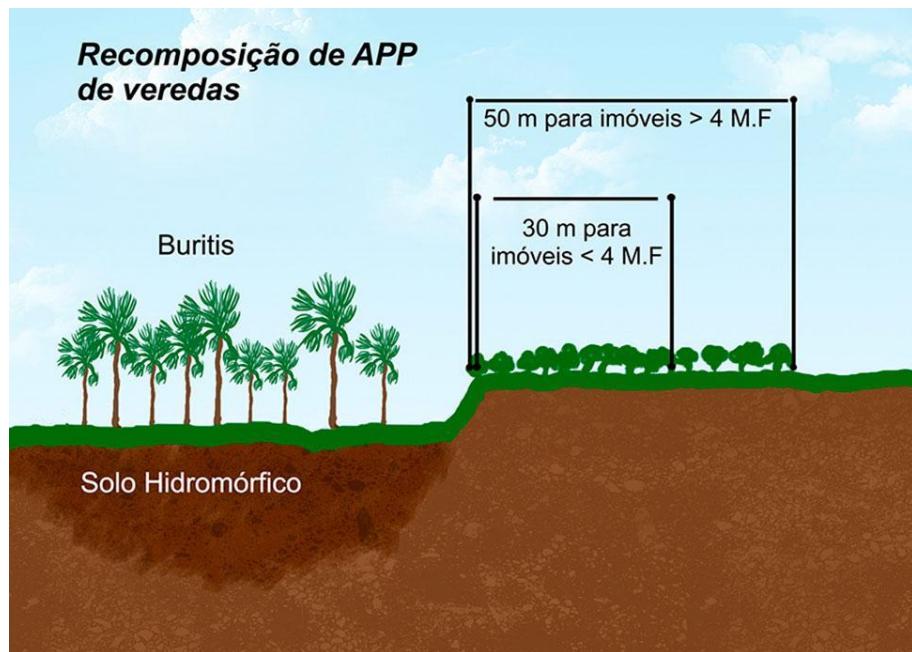
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro, CI Florestas, 2019.

Figura 10 – Regra de recomposição em APPs no entorno de nascentes e olhos d’água perenes em área rural consolidada, com ocupações antrópicas preexistentes a 22/7/2008.



Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro, CI Florestas, 2019.

Figura 11 – Regra de recomposição em APPs no entorno de veredas em área rural consolidada, com ocupações antrópicas preexistentes a 22/7/2008.



Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro, CI Florestas, 2019.

## 4. A UTILIZAÇÃO DOS SAFS EM RECUPERAÇÃO DAS ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

O Novo Código Florestal permite a recomposição das APPs, utilizando até 50% de espécies exóticas, frutíferas, ornamentais e industriais em consórcio com espécies nativas da região, em sistemas agroflorestais. Essa possibilidade tem intensificado o uso dos SAF's nesses espaço. Santos et al. (2010) demonstra o Papel dos SAF's para usos Sustentáveis da Terra através de indicadores de funcionalidade econômica e ecológica de SAFs em redes sociais nas regiões amazônicas e da Mata Atlântica.

Na pequena propriedade rural ou posse rural familiar, o agricultor familiar poderá também estabelecer sua Agrofloresta, mediante aprovação do órgão ambiental competente, nas APPs degradadas; na RL, para recomposição e manejo; e em áreas cobertas por vegetação secundária de Mata Atlântica em estágio médio de regeneração (CALDEIRA; CHAVES, 2011). O manejo agroflorestal, nesses casos, deve:

- 1) Ser ambientalmente sustentável;
- 2) Não descharacterizar ou impedir a recuperação da cobertura vegetal nativa;
- 3) Não prejudicar a função ambiental e ecológica da área;
- 4) Limitar o acesso de animais domésticos e exóticos.

Todavia, os proprietários de terras que não se enquadram nas categorias permitidas pela lei, ou seja, aqueles que não são caracterizados como pequenos produtores e/ou empreendedores familiares, e nem estão entre os povos tradicionais e outros grupos especificados na lei, estão, em tese, impedidos de utilizar os SAF's, seja como indutores de recuperação de áreas de proteção permanente, seja como técnica permanente para restabelecimento e manutenção dessas áreas sensíveis e protegidas, causando um grande descompasso na legislação ambiental, deixando de incentivar uma grande mudança de paradigma na agricultura unida à conservação, restando apenas a ideia ambientalista de separar o indivíduo do meio ambiente, ou seja, áreas intocadas e “abandonadas”, com espécies nativas plantadas descontextualizadas, para um lado, e o ser humano, para o outro.

Segundo Macedo et al. (2000), os SAFs são classificados de formas distintas, conforme sua estrutura no espaço, seu desenho através do tempo, a importância relativa e a função dos diferentes componentes, assim como os objetivos da produção e suas características sociais e econômicas. Portanto, não é qualquer SAF que poderá ser utilizado em APP, estes deverão ter densidade e diversidade suficiente semelhante à funcionalidade do ambiente (DEITENBACH, 2008).

#### 4.1. EXEMPLO DE APLICAÇÃO – SÍTIO JAQUEIRA – PROJETO PLANTADORES DE ÁGUA - ALEGRE/ES

As nascentes d'água são de extrema importância para os demais corpos d'água e são locais estratégicos para o suprimento hídrico voltado ao atendimento das necessidades humanas, no entanto, para que forneça água em quantidade e qualidade satisfatória é necessário à sua devida proteção (OLIVEIRA, 2018). Conceitualmente, “nascente” é o termo que define um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente de modo temporário ou perene, integrando a rede de drenagem. Este processo é responsável, em parte, pela a entrada de energia no sistema e dependente da interceptação do nível freático pela topografia local (FELIPPE, 2009). A água da nascente forma um pequeno córrego que contribui com aumento do volume de água em outros cursos d'água (SILVA JÚNIOR, 2015), e a conservação dessas nascentes está na dependência vital da manutenção da cobertura vegetal no seu entorno.

São raras as ações voltadas à conservação e preservação dos recursos hídricos, sendo que, apesar de sua grande importância, tem-se observado que este valioso recurso vem sendo ameaçado devido às ações indevidas do homem. Apesar desta realidade, o projeto “Plantadores de Água”, aprovado no edital 2012 do Programa Petrobras Sócio-Ambiental e implantado na zona rural do município de Alegre/ES, vem mudando a percepção da necessidade de cuidar melhor dos recursos hídricos, onde eles mesmos possam buscar novos conhecimentos e ações capazes de proporcionar a solução para os seus problemas (SENNA et al., 2013; FAILLA et al., 2021).

Uma das propriedades alcançadas pelo projeto Plantadores de Água é o sítio Jaqueira, localizado ao sul do estado do Espírito Santo, na cidade de Alegre - ES, em coordenadas E= 236992 e N= 7702486 (24k-Sirgas 2000), que é uma propriedade particular onde todo o cultivo é baseado na agroecologia.

De acordo com as palavras do proprietário, *“Nosso sistema de produção segue os princípios da agroecologia. Por isso buscamos formas sustentáveis de uso dos recursos naturais (água, solo e vegetação) e a adequação à legislação florestal.”* (Comunicação pessoal Sr. Newton Barboza Campos, 2020).

A propriedade hoje é um referencial, amplamente conhecida na região do Caparaó Capixaba, devido aos seus anos de experiência na gestão da propriedade no enfoque da produção sustentável, mas principalmente na gestão e preservação das águas. A prioridade tem sido usada como uma vitrine para promoção de conhecimentos e práticas de uso racional de

recursos hídricos em comunidades rurais de agricultores familiares do Município de Alegre, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim-ES.

Um pouco dessa história é contada no depoimento do proprietário (Comunicação pessoal Sr. Newton Barboza Campos, 2020): *"Quando cheguei com minha família no Sítio Jaqueira, em 1983, a área era utilizada como pasto onde meu pai criava muares. A nascente desprotegida e pisoteada pelos animais. Não demorou e fiquei sem água. Decidi recuperar os mananciais do sítio "plantando água". Há 32 anos me dedico a essa prática. Cerquei a área, retirei os animais e protegi a nascente. No brejo cultivei arroz consorciado com peixes e marrecos, cercando a água com taludes. Ao mesmo tempo fui plantando árvores (pioneeras e frutíferas), através de Sistemas Agroflorestais (SAF), para recuperara mata ciliar. Percebendo que a água aumentava, decidi fazer caixas secas retendo mais água das chuvas, abastecendo os lençóis freáticos. Também desenvolvemos atividades de educação ambiental não formal com estudantes do Ensino Fundamental, Médio e Superior. A importância desse Projeto e de plantar água nas cabeceiras, é saber que as cidades de Jerônimo Monteiro, Cachoeiro de Itapemirim, Itapemirim e Marataízes, abastecidas pela Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, serão beneficiadas. A experiência com o plantio de água me fez perceber que, se todos não fizerem o trabalho de recuperação das nascentes, não será possível aumentar a quantidade e a qualidade das águas. As pessoas de vivem nas cabeceiras estão se sensibilizando, se conscientizando. Nós trabalhamos em prol destas pessoas, na certeza de melhores momentos. Minha esperança é que com as ações do Projeto Plantadores de Água estaremos melhores preparados para os períodos de seca que já se iniciaram com as mudanças climáticas".*

Na propriedade são desenvolvidas diversas práticas conservacionistas, de cunho ambiental e cultivo sustentável, baseado em técnicas de agroecologia, como os policultivos e o cultivo de terraços (Figura 12). No entanto, os SAF's são os mais empregados e estão sempre envolvidos nas áreas de produção do agricultor, por isso diversos arranjos de SAFs podem ser encontrados no terreno, inclusive nas áreas de APP's.

Figura 12: Policultivo de hortaliças em áreas declivosas, em sistema conservacionista de terraços, no sítio Jaqueira (Alegre/ES).



Foto: Mário Luis Areas

Segundo proprietário, os SAF's presentes na área APPs são usados para a geração de renda, com exceção dos que estão em torno das nascentes, apesar de ser possível a sua exploração. Newton tem um carinho especial com esses e prefere não realizar a exploração para geração de renda nessas áreas. Assim, por enquanto, eles tem apenas a função de proteção. Essa área representa cerca de 3 hectares, sendo parte na nascente e parte no início curso d'água. No interior da área cercada, a recomposição da mata ciliar ocorreu por meio de implantação de SAF com plantas nativas, em aproximadamente 0,78 hectares e condução da regeneração natural em 1,22 hectares. Newton relata que nessa área, no máximo houve a implantação de algumas plantas de bananeiras, no sentido de ser um atrativo a pássaros que fazem o papel de disseminadores das espécies nativas (Figura 13).

As áreas ciliares ao redor do curso d'água são cultivadas com SAFs, assim como ao redor dos lagos. Aí se encontram diversos tipos de SAF's, desde os já bem estabelecidos, assim como os em construção, representando um tipo de policultivos iniciais e até alguns já em estágios sucessoriais. Nesses últimos, é muito comum se encontrar consórcios de espécies florestais, bananeiras e palmito Jussara, com cultivos anuais, como arroz, feijão, milho e hortaliças (Figura 14).

Figura 13 SAF presente na área APP no em torno da nascente do córrego Jaqueira, no sítio Jaqueira (Alegre/ES).



Foto: Mário Luis Areas

Figura 14: SAF com hortaliças em áreas de APP no sítio Jaqueira (Alegre/ES).



Foto: Mário Luis Areas

Além da produção vegetal, como uma boa propriedade integrada, o sítio Jaqueira também possui criação animal. A propriedade conta com a criação de galinhas em uma modalidade que o proprietário chama de ‘galinheiro trator’, um tipo de ambiente móvel e sem piso. Desta forma, os animais podem ser criados em diversos locais da propriedade, produzindo o adubo orgânico para a fertilização da terra (Figura 15).

Figura 15: Produção animal integrada, nas áreas do SAF das APP's no sítio Jaqueira (Alegre/ES).



Foto: Mário Luis Areas

Outras práticas visitando o uso sustentável das áreas, também são implantas, principalmente no tocante ao uso do recurso natural Água. Newton deixa bem claro a sua preocupação com esse recurso que está cada vez mais escasso. Práticas agrícolas que preconizam o acúmulo de água nos sistemas, são muito usadas, como o uso de caixas secas e os próprios terraços, formando microbacias que servem de captação de água das chuvas, permitindo que essas se infiltram no solo (Figura 16).

Figura 16: Caixas secas e terraços nas áreas do SAF no sítio Jaqueira (Alegre/ES).



Foto: Mário Luis Areas

O sítio Jaqueira é pioneiro na aplicação da prática chamada de “caça-chuva”. Na sua dedicação pelo objetivo de prender água no sistema, em algumas áreas abertas, Newton montou lona, esticada cobrindo o solo, disposta em uma angulosidade que permite que toda a água de cai sobre essa lona, seja direcionada para um dreno, que é ligada a um tubo, de forma canalizando água das chuvas a um reservatório (caixa d’água), que permite o seu uso posteriormente. No caso do Jaqueira, essa água é usada para irrigar áreas mais secas e os SAFs em desenvolvimento (Figura 17). Cabe ressaltar que a área do sítio Jaqueira foi atingida por um incêndio em 2020 que alcançou a área do “caça-chuva”, conforme relatado por Couzemenco (2020), que precisou ser reconstruído.

Figura 17. Sistema de captação de água (“caça-chuva”) nas áreas abertas no sítio Jaqueira (Alegre/ES).



Foto: Mário Luis Areas

A experiência do sítio Jaqueira demonstra a possibilidade real de exploração sustentável das Áreas de Preservação Permanente através do SAF. Atendendo a legislação e gerando renda ao agricultor. Os SAFs estão plenamente amparados pela legislação brasileira no sentido de se usar as APP's adequadamente. É necessário que se incentive sua utilização, uma vez que os sistemas são complexos, porém, de um grande retorno ecológico e financeiro às pequenas propriedades rurais.

## REFERÊNCIAS

BEDÊ, J. C. Cartilha sobre a nova lei florestal de Minas Gerais: orientações aos produtores rurais. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2013, 53 p.

BRASIL. Lei nº 11.326, de 24 de Julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Diário Oficial da União, dia 25/07/2006. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm)>. Acesso em: 18 out. 2020.

BRASIL. Instrução normativa nº 5, de 08 de setembro de 2009. Disponível em: <<https://idaf.es.gov.br/Media/idaf/Documentos/Legislação/DRNRE-INSTRUÇÃO%20NORMATIVA%20MMA%20No%205,%20de%2008%20de%20setembro%20de%202009>>. Acesso em: 18 out. 2020.

BRASIL. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm)>. Acesso em: 18 out. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.854, de 26 de agosto de 2013. Fomenta e incentiva ações que promovam a recuperação florestal e a implantação de sistemas agroflorestais em áreas rurais desapropriadas e em áreas degradadas, nos casos que especifica. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Lei/L12854.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12854.htm)>. Acesso em: 18 out. 2020.

CALDEIRA, P. Y. C.; CHAVES, R. B. Sistemas agroflorestais em espaços protegidos. 1. ed. São Paulo: Secretaria de estado do Meio Ambiente, 2011

CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS (CIFORESTAS). Cartilha do Código Florestal Brasileiro, 2019. Disponível em: <<http://www.ciforestas.com.br/cartilha/>>. Acesso em: 18/10/2020.

COUZEMENCO, F. Em pleno funcionamento, os 'caça-chuva' viabilizam reflorestamento do Sítio Jaqueira. Jornal Século Diário. Vitória, ES. 20/10/2020. Disponível em: [https://www.seculodiarario.com.br/meio-ambiente/em-pleno-funcionamento-os-caca-chuva-viabilizam-reflorestamento-do-sitio-jaqueira#:~:text=Consiste%20em%20uma%20lona%20que,do%20terreno%20\(caixa%20coletora\)](https://www.seculodiarario.com.br/meio-ambiente/em-pleno-funcionamento-os-caca-chuva-viabilizam-reflorestamento-do-sitio-jaqueira#:~:text=Consiste%20em%20uma%20lona%20que,do%20terreno%20(caixa%20coletora)). Acesso em: 11/04/2022.

DEITENBACH, A. Políticas públicas sobre sistemas agroflorestais na Mata Atlântica. "In" Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica. Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Agricultura Familiar. Brasília, Brasil. 2008. p.127-135.

FAILLA, S.C.; SENNA, D. S. DE; OLIVEIRA, F.L.; MACHADO, L.C.A.; KOBI, H. DE B.; OLIVEIRA, L. DOS S.G. Spring protection and watercourse and its relationship with environmental quality in family property, in the Caparaó region of Espírito Santo, Brazil. REVISTA VERDE DE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. v.16, p.174 - 181, 2021

FELIPPE, M.F. Caracterização e tipologia de nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais. Minas Gerais, 2009. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais.

KLEIN, M. A.; ROSA, M B. Adequação de propriedades de agricultores familiares à legislação ambiental: a educação ambiental como mitigadora do processo. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 4, n. 4, p. 453-468, 2011.

LEITE, T.V.P. Sistemas Agroflorestais na recuperação de espaços protegidos por lei (AAP e Reserva Legal): estudo de caso do Sítio Geranium, DF. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação PPGENE.TD -044/2014, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014. 120p.

LIMA, G. D.S. Utilização de sistemas agroflorestais em áreas de preservação permanente: o que mudou com a nova legislação. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Instituto de Florestas, Seropédica-RJ, 2014. 40 p.

MACEDO, R. L. G, et al., Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais. Lavras: UFLA/FAEPE. 2000. 157p.

MESQUITA, R. A. Legislação Ambiental Brasileira: uma abordagem descomplicada, Rio de Janeiro: Quileitora, 2012. 428p.

MORAES, L. C. S. Código florestal comentado. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 593p.

OLIVEIRA, L.R. Caracterização das nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio Gaviãozinho-Bahia. Dissertação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018,139p.

SANTOS, A. C. O Papel dos Sistemas Agroflorestais para usos Sustentáveis da Terra e Políticas Públicas Relacionadas Parte II: Indicadores de Funcionalidade Econômica e Ecológica de SAFs em Redes Sociais da Amazônia e Mata Atlântica, Brasil. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2010. 66 p.

SENNA, D.S.; KOBI, H.B.; SANTOS, R.A.B.; SOUZA, D.S.; MARTINS, K. G. G.; MEIRA, A.C.H. "Plantadores de Água": uma experiência de construção coletiva de saberes agroecológicos. In: VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia, p.5, Resumos. São Paulo: Cadernos de Agroecologia, 2013.

SILVA JÚNIOR, L.G. Ação antrópica em torno das nascentes da Microrregião do Rio Bitury, Município de Belo Jardim (Região Agreste de Pernambuco). Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v.2, n. 3, p. 105-119,2015.

TERRES, C. D.; MULLER, M. L. Proposta de recuperação de área degradada às margens do Arroio do Engenho na Vila Concórdia. Revista eletrônica Lato Sensu, 2008.

VAZ DA SILVA, P. P. Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares em Piracicaba. 2002. 98f. Dissertação (Mestrado em: Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queirós", Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP.

ZAKIA, M. J., PINTO, L. F. G. Guia para aplicação da nova lei em propriedades rurais. Piracicaba, SP: Imaflora, 2013. 32p.

# CAPÍTULO III

## SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE: UM ESTUDO DE CASO EM UMA REGIÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO DOCE

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-3

Gustavo Luiz Godoi de Faria Fernandes <sup>1</sup>

Eliane Maria Vieira <sup>2</sup>

Gláucio Marcelino Marques <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geógrafo, M. Sc em Gestão de Recursos Hídricos, Doutorando em Geografia e Análise Espacial. Gestor Ambiental da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (Semad). gustavo.fernandes@meioambiente.mg.gov.br

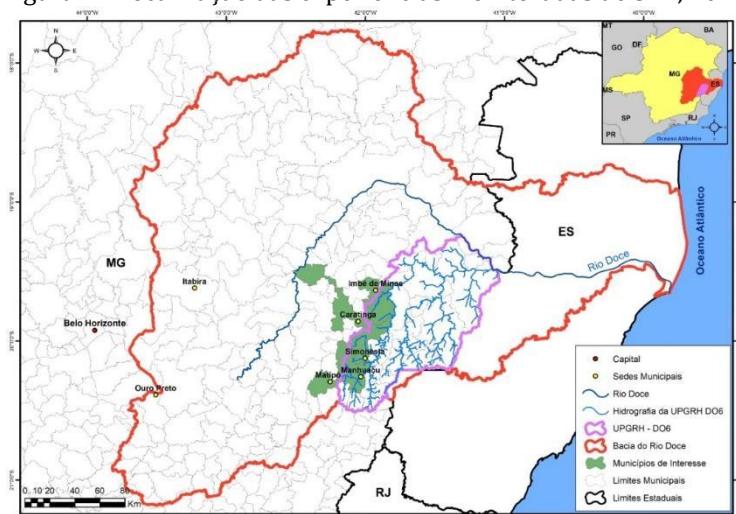
<sup>2</sup> Engenheira Agrimensora, M. Sc. e PhD em Engenharia Civil, na área de concentração Geotecnica Ambiental. Professora Doutora na Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Campus Itabira - Minas Gerais. elianevieira@unifei.edu.br

<sup>3</sup> Engenheiro Florestal, M. Sc. e PhD em Ciências Florestais. Professor Doutor na Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Campus Itabira - Minas Gerais. glauciomarques@unifei.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo é demonstrar a busca por alternativas de conservação dos recursos hídricos por meio de técnicas de manejo do uso da terra, em particular os sistemas agroflorestais, para a restauração ecológica das áreas de preservação permanente - APPs às margens de cursos d'água e encostas declivosas, associadas à produção sustentável, fundamentada em experiências existentes na bacia hidrográfica do rio Manhuaçu, afluente do Rio Doce região leste do estado de Minas Gerais (Figura 1).

Figura 1 - Localização das experiências Monitoradas de SAF, 2019.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir da coleta e análise de dados quantitativos e qualitativos das experiências de Sistemas Agroflorestais (SAF) localizadas nos municípios de Caratinga, Imbé de Minas, Simonésia e Manhuaçu, foram identificadas e sistematizadas as técnicas e demais aspectos positivos que levaram ao seu sucesso e/ou também as dificultadas na sua adoção e manejo. Os resultados apontaram para a eficiência dos SAFs na conservação e preservação dos recursos hídricos associados a produtividades, praticidade, baixo custo e funcionalidade da sua execução, podendo assim ser utilizado então como ferramenta auxiliar na tomada de decisão pelo poder público, agricultores e demais atores que compõem esse cenário. Para isto, são apresentados princípios de manejo e exemplos de sistemas específicos para alguns ambientes representativos da região, que são importantes e devem ser recuperados e conservados (FERNANDES, 2019).

A pesquisa foi motivada segundo o entendimento de que, conhecer as relações existentes entre os processos hidrológicos e os ecossistemas florestais é fundamental para a conservação das bacias hidrográficas e dos recursos hídricos. E um dos principais instrumentos legais a viabilizar essa proteção dos recursos hídricos, se não o mais importante, são as áreas de preservação permanente (DIAS, 2015).

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Os municípios de Caratinga, Imbé de Minas e Matipó, embora sua sede administrativa pertença e esteja localizada em outra subdivisão administrativa que não a sub-bacia do rio Manhuaçu, os projetos de SAFs abordados encontram-se dentro da área estudada, com as mesmas características socioeconômicas e principalmente físicas, sob os aspectos edafoclimáticos, florestal, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, botânicos, dentre outros.

A ocupação antrópica nessa porção da bacia é presente nas grandes extensões de pastagens, em diversos níveis de degradação, cultivo de cana-de-açúcar e usinas de processamento, a silvicultura, suinocultura e a bovinocultura são também identificadas e de grande relevância na região. Em suma, as atividades ligadas à agropecuária e à prestação de serviços são os principais responsáveis pela economia local e a sua continuidade está diretamente associada ao uso do solo e utilização dos recursos hídricos da bacia (ZAP, 2018). Diante dessa realidade, as significativas porções de território antropizados por essas atividades têm impacto negativo, significativo e direto na qualidade e quantidade de água disponível, potencializadas pelo alto grau de degradação na região das áreas de proteção ambiental, principalmente as de cuidado especial como as Áreas de Preservação Permanente - APPs, que

contribuem positivamente na recarga hídrica e na disponibilidade qualquantitativa da água (NOLASCO, 2010).

### **3. METODOLOGIAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EMPREGADOS**

#### **3.1. DESENVOLVIMENTO**

O desenvolvimento da pesquisa se deu pelas etapas de identificação de experiências de restauração florestal (dados secundários); verificação das experiências de restauração (dados primários); análise dos dados adquirido; e consolidação dos resultados.

##### **3.1.1. LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS**

Consistiu no levantamento de informações já existentes das experiências de restauração florestal por meio de sistemas agroflorestais na bacia do rio Manhuaçu para elaboração de um banco de dados dessas iniciativas. Nessas instituições foram procurados projetos ou ações que incluíssem em seu escopo a efetiva atuação em práticas e fomento à restauração. Fundamentado nos critérios estabelecidos foram identificadas 9 (nove) experiências de SAFs descritas e identificadas adiante.

##### **3.1.2. LEVANTAMENTO DE DADOS PRIMÁRIOS**

As informações primárias foram obtidas a partir do levantamento em campo em 3 (três) etapas distintas: autorização de acesso, mapeamento e coleta de dados em campo e por meio do preenchimento de questionários por parte dos responsáveis pelas experiências. (Figura 2).

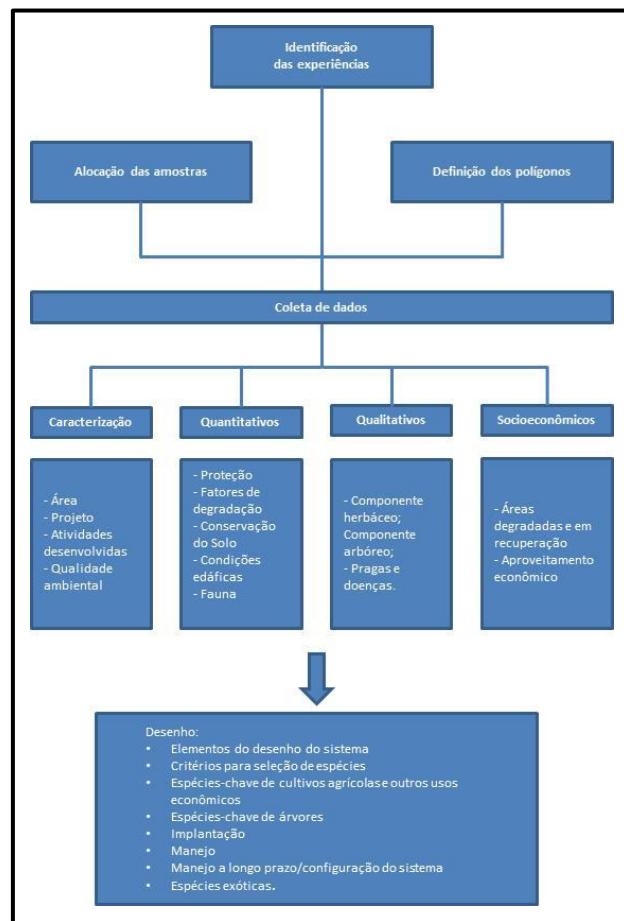
##### **3.1.3. ACESSO E MAPEAMENTO**

Depois de identificado o proprietário da área foram delimitados os seus polígonos a serem monitoradas alocados sobre um Grid de 40 m x 50 m. Nas áreas onde este grid não permitia a alocação de, ao menos, cinco amostras, o mesmo fora definido com dimensões diferenciadas. Aquelas que não estavam incluídas em sua integridade dentro do polígono foram excluídas. O cálculo do número de amostras a medir fora determinado a partir da métrica:

- Áreas até 1 hectare: 5 amostras;
- Áreas com mais de 1 hectare: 5 amostras + 1 por hectare.

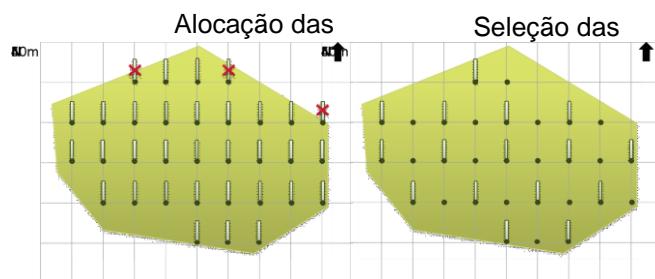
O critério de seleção das amostras a medir foi sistemático, conforme intensidade amostral requerida (Figura 3).

Figura 2 - Etapas do Levantamento de Informações Primárias.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 3 - Alocação das parcelas



Fonte: IEF, 2018.

Acessado os imóveis foi iniciada a coleta de dados, considerando os seguintes aspectos:

**a) Caracterização da iniciativa:** Contemplou o detalhamento das informações acerca da área e da metodologia de restauração/recuperação empregada. A caracterização foi realizada de modo visual e com contribuição do proprietário ou responsável pela área, etapa na qual foram levantados os dados:

- Dados da Propriedade: proprietário, área e localização;
- Caracterização da Área: características gerais da área e da paisagem onde o projeto está instalado:
  - ✓ Local na paisagem e classificação da área (APP, RL, área produtiva etc.);
  - ✓ Tipologia da vegetação: atual e anterior à recuperação;
  - ✓ Vegetação e uso do solo nos arredores;
  - ✓ Presença de espécies exóticas;
  - ✓ Histórico de queimadas ou erosão;
  - ✓ Estágio sucessional e estado de conservação;
  - ✓ Distância de fragmentos vegetais.
- Caracterização do Projeto de Recuperação: dados do projeto de recuperação, tais como: ano de implantação, área, modalidade, atividades, custos e fonte de recursos utilizados, e metodologia de monitoramento.

**b) Coleta de dados Qualitativos:** A coleta de dados qualitativos foi realizada percorrendo-se a área, seguindo a métrica adotada para a instalação e medição de amostras, onde foram levantadas informações qualitativas da área (amostra e entorno) de modo a cobrir toda a extensão da propriedade monitorada. As informações foram compiladas apresentando uma informação global da área, sendo:

**b1) Proteção:** Neste item foi observado o status de proteção da área: nível de isolamento: presença/ausência de cercamento e aceiros.

**b2) Fatores de Degradação:**

- Presença de formigueiros: foi avaliada qualitativamente apontando a existência ou não de formigueiros e, em caso positivo, classificando-os em ativos ou inativos;
- Presença de formigas: foi avaliada qualitativamente, verificando os indivíduos plantados e/ou os regenerantes que apresentaram sinais de ataque por formigas, além do monitoramento no entorno do plantio, localizando os ninhos;
- Presença de Gado: foi avaliada qualitativamente por meio da presença ou de indícios de danos causados pela ação de gado;

- Ocorrência visível de fogo: a ocorrência de fogo foi registrada em casos onde existem vestígios e foi possível sua constatação;
- Cobertura de Solo por Gramíneas e Herbáceas Agressivas: avaliada visualmente, considerando três categorias: área limpa (quando a cobertura do solo estiver entre 0-25%), área de média infestação (entre 25-50% de cobertura do solo) e área de alta infestação (superior a 50% de cobertura do solo).

**b3) Aspectos de Solo e Relevo:**

- Declividade: classificada em 4 classes: amostra localizada em grota, relevo fortemente inclinado, levemente inclinado ou plano;
- Erosão: a presença de erosão foi observada e classificada como: ausente, laminar, sulco ou voçoroca;
- Práticas Conservacionistas: neste item foram consideradas práticas e técnicas de conservação do solo adotadas na área em recuperação.

**b4) Condições Edáficas:**

- Áreas úmidas: ocorrência de áreas úmidas ou alagadas e classificação em total ou parcial;
- Afloramento Rochoso: ocorrência de afloramentos rochosos na área e se de forma parcial ou total na área;
- Cascalho: ocorrência de cascalho na área e se de forma parcial ou total na área.

**b5) Fauna (polinizadores / dispersores):** Identificação de vestígios de polinizadores e dispersores de sementes.

**c) Coleta de dados qualitativos**

A coleta de dados quantitativos foi realizada a partir da instalação de amostras com dimensão de 100 m<sup>2</sup> cujas coordenadas geográficas haviam sido definidas na etapa de mapeamento e alocação de amostras.

**c1) Instalação da Amostra**

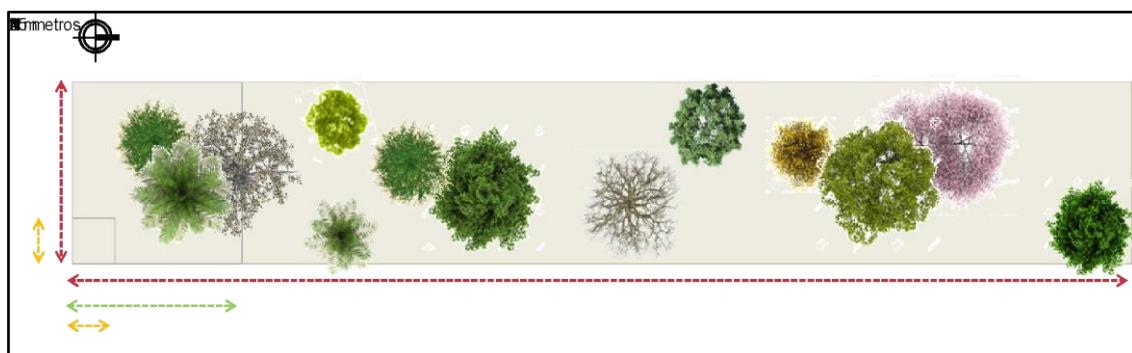
A partir das coordenadas definidas, iniciou-se a instalação da amostra em sentido sul-norte com a colocação de uma estaca, que marca seu início, e definição da linha central de 25 metros com auxílio de trena e bússola.

Da linha central foi lançada a trena, com comprimento de 2 metros para cada um dos lados, perfazendo desta forma, a amostra de dimensões: 25 m x 4 m. (Figura 3.4)

Com o intuito de incluir indivíduos de pequeno porte ao levantamento, foram demarcadas 2 subamostras, uma com 1 m<sup>2</sup> e a segunda com 16 m<sup>2</sup>, ambas determinadas com a

mesma metodologia adotada para a instalação da amostra principal e marcadas com estacas e fita zebraada (Figura 4).

Figura 4 - Layout parcela de 100m<sup>2</sup>



Fonte: IEF, 2018.

Como mencionado anteriormente, para medição dos indivíduos de menor porte, a parcela foi dividida em subamostras conforme tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Critérios de Inclusão por Sub-parcela.

TAMANHO DA SUB-PARCELA	CRITÉRIO DE INCLUSÃO	DADOS COLETADOS
1 x 1 m (1 m <sup>2</sup> )	$0,5 \text{ m} \leq \text{HT} < 1,5 \text{ m}$	Herbáceas: cobertura do solo, altura média e espécie; Regenerantes: N° de indivíduos e espécie
4 x 4 m (16 m <sup>2</sup> )	CAP < 15 cm e HT > 1,5 m	CAP; Espécie; N° de indivíduos
4 x 25 m (100 m <sup>2</sup> )	CAP ≥ 15 cm	CAP; Altura; Espécie; Cobertura copa e n.º de indivíduos

Fonte: IEF, 2018.

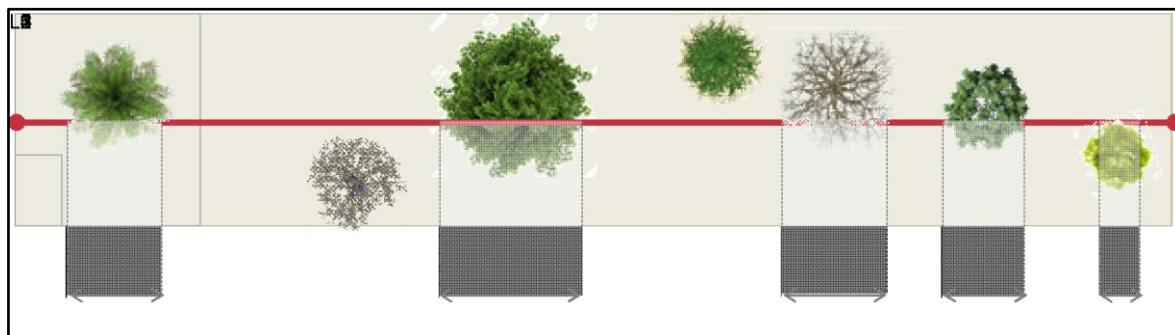
### c1.1) Levantamento de espécies herbáceas

Realizada em amostra de 1 m<sup>2</sup>, na qual foram identificadas as espécies existentes, assim como sua altura média (em centímetros) e seu percentual de cobertura do solo.

### c1.2) Cobertura de copa

Para a determinação da cobertura de copa foi feita a medição da projeção da copa do indivíduo sobre transecto de 25 m que coincide com a linha central da amostra. A cobertura de copa é dada pela relação entre a soma das projeções de copa identificadas e o comprimento total do transecto (Figura 5).

Figura 5 - Esquema de Determinação de Cobertura de Copa



Fonte: IEF, 2018.

### **c1.3) Indivíduos arbóreos**

A medição de indivíduos arbóreos foi realizada nos níveis 1 ( $100\text{ m}^2$ ) e 2 ( $16\text{ m}^2$ ) da amostra. As principais variáveis coletadas, além do número de árvores, foram: espécie, circunferência à altura do peito (CAP), altura total e classificação do indivíduo.

### **c2) Espécie**

A identificação das espécies foi realizada por Engenheiros Florestais com experiência em identificação botânica, os quais forneceram o nome regional das espécies assim como seu respectivo nome científico.

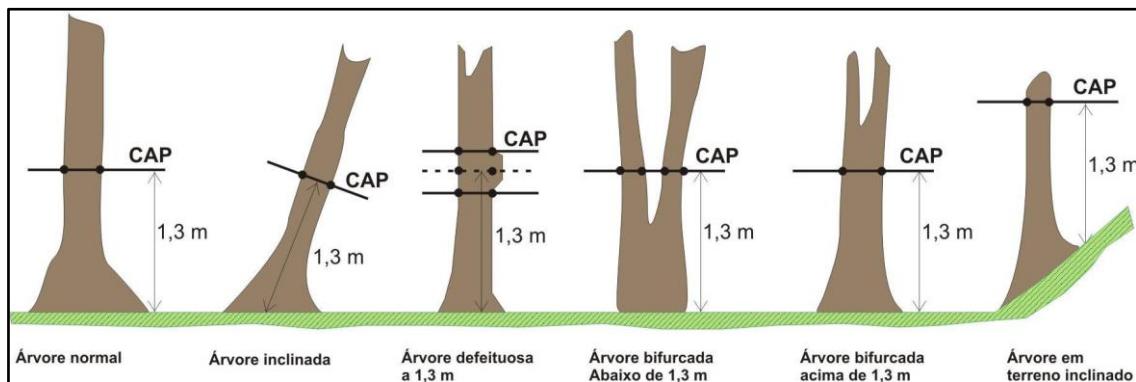
### **c3) Contagem e classificação dos Indivíduos**

A fim de determinar a densidade e avaliar as formas de vida presentes nas florestas, as árvores foram contadas e classificadas segundo sua forma de vida (Tabela 2) tipo (natural, plantado ou regenerante), assim como anotadas informações sobre à presença de epífitas e coleta de material botânico.

### **c4) Circunferência à Altura do Peito (CAP)**

A mensuração foi realizada no fuste a 1,30 m do solo, em local livre de defeitos e protuberâncias. Havendo tais anormalidades, a medida foi tomada acima das mesmas, sendo a anotação realizada em centímetros (Figura 6).

Figura 6 - Procedimentos para Medição de CAP.



Fonte: IEF, 2018.

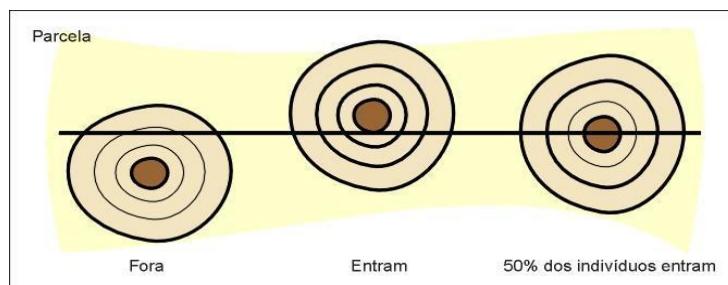
Tabela 2 - Classificação das Formas de Vida.

CLASSIFICAÇÃO DAS FORMAS DE VIDA	
CÓDIGO	FORMA DE VIDA
1	Arbórea
2	Arbustiva
3	Palmeira
4	Epífita
5	Cipó
6	Outros

Fonte: IEF, 2018.

Para os casos de dúvida na inclusão de determinada árvore na amostra, a verificação de inclusão ou exclusão foi realizada com o auxílio de trena de acordo com os critérios expostos na figura 7 abaixo.

Figura 7 - Critério para Inclusão de Árvores na Parcela.



Fonte: IEF, 2018.

### **c5) Altura Total (Ht)**

A medição da Altura Total (Ht) foi realizada por meio de estimativa visual dos indivíduos.

### **c6) Contabilização de Espécies Exóticas Invasoras**

### **c7) Pragas e Doenças**

Quando observada a presença de pragas e/ou doenças, estas foram identificadas, e classificadas conforme o nível de ataque:

- Sinal de ataque: são encontradas algumas evidências de ocorrência de doença/praga/deficiência;
- Ataque visível: o ataque por doença/praga/deficiência é evidente;
- Ataque severo: o ataque por doença/praga/deficiência compromete o desenvolvimento do indivíduo. Caso identificado à mortalidade de indivíduos especificou-se a causa: Deficiência nutricional; Ataque por insetos; Déficit hídrico; Fogo e Outros.

#### **3.1.4. LEVANTAMENTO DE DADOS SOCIOECONÔMICOS**

O levantamento socioeconômico abordou questões que caracterizam o perfil de empreendimentos, propriedades e projetos de recuperação, assim como os aspectos de geração de emprego e renda a partir deles e sua relação com a sociedade, sendo:

- Caracterização do entrevistado;
- Renda nas propriedades;
- Estabelecimentos rurais;
- Áreas degradadas e em recuperação;
- Aproveitamento econômico das áreas de restauração;
- Envolvimento nos programas de restauração;
- Áreas de recuperação em sistemas agroflorestais;
- Renda e aproveitamento econômico.

Este levantamento foi realizado a partir de aplicação de questionário ao proprietário ou responsável pelo projeto.

## **4. RESULTADOS**

Empregados os dados primários e secundários coletados são apresentados todos os resultados obtidos de acordo com a metodologia de pesquisa e desenvolvimento apresentados no tópico 3.

## 4.1. RESULTADOS ANALÍTICOS

Conforme metodologia estabelecida no Capítulo III deste trabalho foram selecionados os 9 (nove) projetos apresentados na tabela 3 adiante e conforme apontado previamente, por princípios inerentes à privacidade e as regras para elaboração dessa dissertação serão divulgados somente município onde se localizam.

Tabela 3 - Experiências Monitoradas de SAF.

MUNICÍPIO	LOCAL NA PAISAGEM
Simonésia	Encosta
Manhuaçu	Encosta
Matipó	Área produtiva
Caratinga	Área produtiva
Imbé de Minas	Encosta
Caratinga	Área produtiva
Imbé de Minas	Área produtiva
Imbé de Minas	Área produtiva
Caratinga	Área produtiva

Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma vez definidos os projetos de SAF foram selecionadas e medidas 52 amostras totalizando uma área de 10,24 hectares levantados nos imóveis supracitados conforme tabela 4.

Tabela 4 - Número de Amostras Realizadas e Área Monitorada.

IDADE	MUNICÍPIO	LOCAL NA PAISAGEM	Nº AMOSTRAS	ÁREA (HA)
13 - 36 MESES	Caratinga	Área produtiva	5	0,55
	Imbé de Minas	Área produtiva	5	0,22
	Imbé de Minas	Área produtiva	5	0,75
<b>Subtotal</b>			15	1,52
> 36 MESES	Simonésia	Encosta	7	1,53
	Manhuaçu	Encosta	5	0,59
	Matipó	Área produtiva	6	0,51
	Caratinga	Área produtiva	6	1,92
	Imbé de Minas	Encosta	8	3,27
	Caratinga	Área produtiva	5	0,9
<b>Subtotal</b>			37	8,72
<b>Total</b>			52	10,24

Fonte: Elaborado pelos autores.

Sobre os projetos de SAFs acima selecionados é fundamental e imperativo ressaltar que para os municípios de Caratinga, Imbé de Minas e Matipó, embora sua sede administrativa pertença e estejam localizadas em outra subdivisão administrativa que não a sub-bacia do rio Manhuaçu, os projetos de SAFs aqui estudados encontram-se dentro da área estudada, com as mesmas características socioeconômicas e principalmente físicas, sob os aspectos edafoclimáticos, florestal, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, botânicos, dentre outros. Uma vez definidos os projetos de SAFs a serem trabalhados, os dados obtidos (informações primárias e secundárias) foram trabalhados e consolidados da seguinte forma:

- Caracterização das Experiências;
- Análise Quantitativa;
- Análise Qualitativa;
- Levantamento Socioeconômico;
- Desenho.

#### **4.1.1. CARACTERIZAÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS**

A caracterização das experiências de SAFs foi dividida em quatro análises distintas, sendo elas:

- Caracterização da Área;
- Caracterização do Projeto;
- Atividades Desenvolvidas;
- Qualidade ambiental.

A caracterização da área buscou apresentar as características gerais dos locais onde estão inseridos os projetos SAF, incluindo análises acerca do local na paisagem, da declividade, tipologia vegetal, fatores de degradação e da conservação da área, onde foram determinados também:

- Declividade;
- Tipologia da vegetação;
- Fatores de degradação;
- Conservação da área;
- Apoio Técnico;
- Monitoramento;
- Atividades Desenvolvidas; e
- Espécies.

Nos diversos projetos identificados na bacia do rio Manhuaçu, em diferentes municípios, o local na paisagem onde as experiências estavam instaladas por vezes variava em uma mesma iniciativa, ou seja, projetos que foram estabelecidos em áreas que iam desde baixios até encostas. Os SAFS, em sua maioria estão alocados em áreas produtivas, demonstrando o uso desta modalidade como opção de subsistência e produção de renda, mas também foram encontradas áreas declivosas e de proteção.

#### **4.1.2. ANÁLISE QUANTITATIVA**

Neste item estão detalhados os resultados obtidos para a Análise Quantitativa realizada, destacando os seguintes componentes:

- Componente Herbáceo;
- Componente Arbóreo;
- Pragas e Doenças.

##### **a) Componente Herbáceo**

- a1) Resultado de Frequência, Cobertura e Altura Média
- a2) Cobertura da Copa
- a3) Infestação por Herbáceas e Cobertura de Copa por Modalidade

##### **b) Componente Arbóreo**

- b1) Lista de Espécies do Inventário
- b2) Estrutura Vertical
- b3) Estrutura Vertical por Classe de Altura
- b4) Pragas e Doenças
- b5) Mortalidade por Estrato

#### **4.1.3. ANÁLISE QUALITATIVA**

O resultado da Análise Qualitativa, apresentada a seguir, contempla os seguintes resultados:

- Proteção;
- Fatores de Degradação;
- Conservação do Solo;
- Condições Edáficas;
- Fauna.

#### **4.1.4. LEVANTAMENTO SOCIOECONÔMICO**

O levantamento socioeconômico é o componente final da análise dos SAFs aqui estudados. Ele é fundamental para se estabelecer a relação do arcabouço técnico, de

implantação e manutenção dos sistemas agroflorestais aliado aos seus objetivos principais, são eles:

- Primeiramente a sua eficiência técnica e como resultado a preservação e conservação dos recursos hídricos;
- Em continuidade, como aqui proposto, que as áreas sejam recuperadas, mas em contrapartida o seu detentor possa ter o retorno financeiro adequado que garanta a manutenção dessas atividades conservacionistas.

Assim, o levantamento socioeconômico demonstra o grau de envolvimento dos detentores das áreas com o projeto, desde o seu entendimento, implantação, manutenção, resultados finais e a sua continuidade. São elementos do levantamento:

- a) Áreas Degradadas e em Recuperação;
- b) Aproveitamento econômico das áreas.

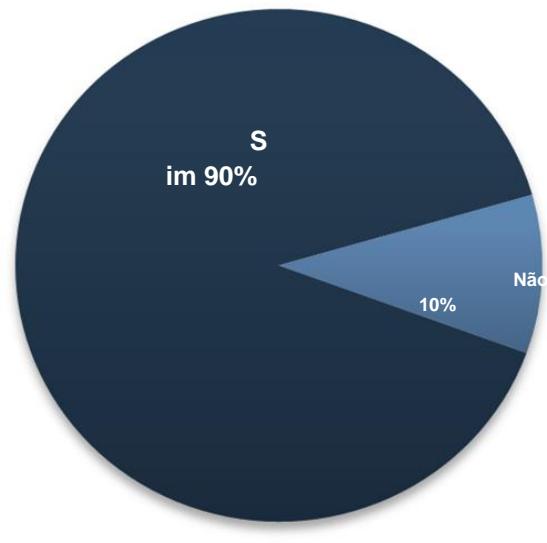
#### **4.1.5. QUALIDADE AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS E FLORESTAL**

##### **a) Qualidade da água**

Os dados de qualidade da água aqui abordados tratam-se de um levantamento empírico realizado a partir da percepção apurada de cada proprietários e/ou detentores dos imóveis onde estão localizados os SAFs.

Segundo esses relatos (Figura 8), um montante de 90% deles respondeu que o escoamento superficial nesses locais dá-se com a água mais limpa e em maior quantidade, o que pode evidenciar uma capacidade de disponibilização dos recursos hídricos de boa condição e em maior afluência, além de um solo menos desagregado, evitando assim o carreamento de sedimentos e com maior teor de serapilheira composta de material orgânico ou em decomposição natural das espécies locais presente na superfície do solo de florestas, sendo formada por uma infinidade de materiais como folhas, galhos, flores, frutos, sementes e dejetos de animais.

Figura 8 – Qualidade da água após implantação do SAF.



Fonte: Elaborado pelos autores.

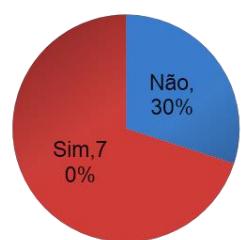
### b) Qualidade florestal

A recuperação das áreas também gerou uma percepção de aumento na biodiversidade do local a partir da identificação de novas espécies vegetais pós implantação dos sistemas agroflorestais como pode ser visto na figura 9, em sete das nove propriedades estudadas foram observadas novas espécies.

Ainda foi averiguada a percepção quanto ao surgimento dessas espécies e as suas relações com o ambiente: 50% responderam que isso evidencia a recuperação da área; 20% especificou que este surgimento de espécies indica aumento na biodiversidade. Os 30% aos quais não se aplicam tal questionamento devem-se aos entrevistados que não observaram aparecimento de diferentes espécies após o SAF ser implantado.

Figura 9 – Aparecimento de Novas Espécies após Implantação do SAF.

Aparecimento de plantas de espécies diferentes, que não existiam ainda no local?



Fonte: Elaborado pelos autores.

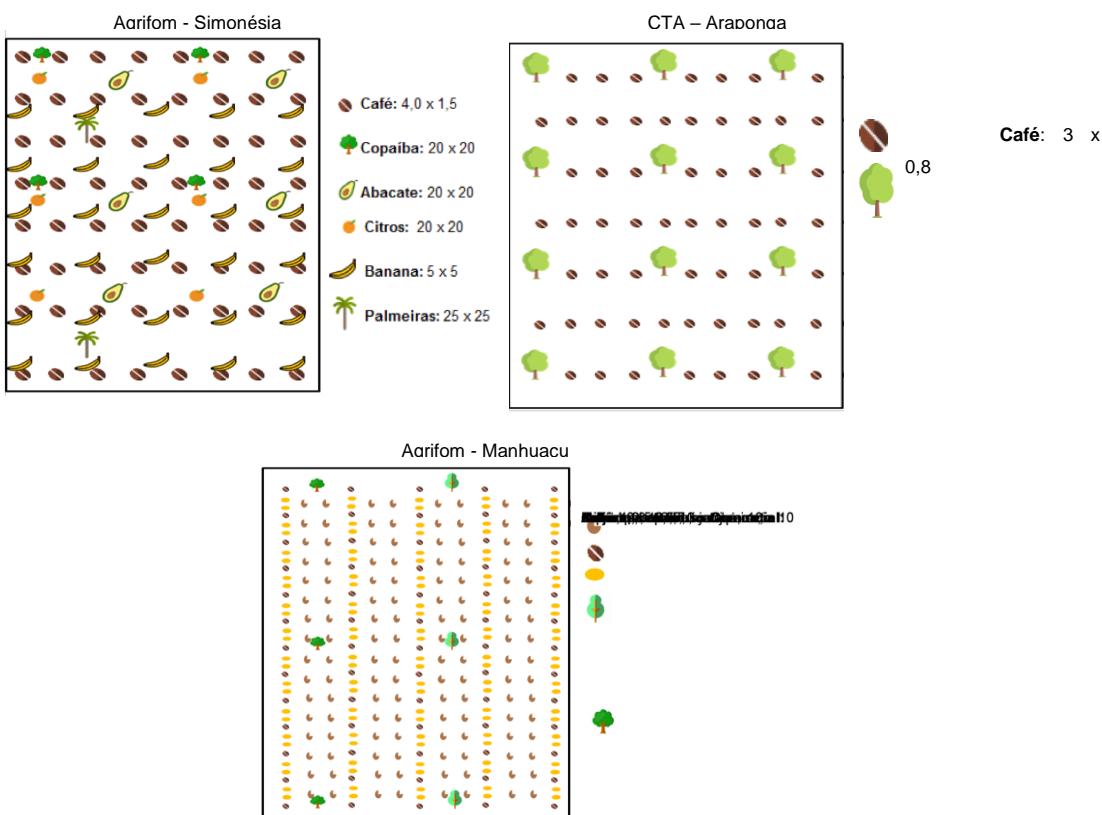
#### 4.1.6. DESENHO

E ao fim, para a melhor compreensão das características técnicas dos SAF e a adiante construção do modelo para a restauração das zonas de recarga hídrica e de proteção especial, fez-se necessário a elaboração do desenho de cada sistema, assim como a identificação da sua classificação, conforme estrutura e espaçamento, condições essas determinantes à sua compreensão e sua análise por tipo de uso e localização, sendo esse desenho divido entre as áreas ripárias e produtivas.

##### 4.1.6.1. SAFS EM ÁREAS DE APPS RIPÁRIAS OU ENCOSTAS

Os SAFs aqui analisados encontram-se localizados em áreas ripárias ou encostas localizadas respectivamente nos municípios de Simonésia e Araponga. A partir da caracterização dessas experiências e das análises quantitativa, qualitativa e socioeconômica verificou-se que todos eles tiveram por objetivo principal a conservação dos corpos hídricos ali existentes a partir da restauração de vegetação presente nesses locais, composta de parcelas florestais associados a cultivos agrícolas e pequena atividade pecuária. Assente, seguem os croquis técnicos de cada projeto (Figura 10):

Figura 10 - SAFs em áreas ripárias ou de encostas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Anterior à análise técnica é importante salientar que nestas áreas não houve o emprego de maquinário pesado no manejo do solo nem a utilização de adubação química, agrotóxicos ou quaisquer outros produtos agroquímicos.

Observa-se no CTA – Araponga uma linha de árvores para madeira (Cedro) e produção de biomassa seguida de linhas de plantio de cultivos agrícolas, configurando assim um SAF no sistema *Alley cropping*.

Já que nos demais, Agrifom/Simonésia e Manhuaçu tem-se o sistema multiestrato com policultivos multiestratificados cujas as diversas destas espécies têm a importante função de ocupar o estrato inferior, manter um microclima úmido e substituir gramíneas, o que é de fundamental relevância para evitar eventos adversos, principalmente incêndios florestais.

**a) Elementos do desenho do sistema:** em todos eles verificam-se as linhas de árvores espaçadas entre si em distâncias variáveis:

- Agrifom (Simonésia): Cedro 6 x 6 e Palmeira 25 x 25 (sistema multiestrato);

- Agrifom (Manhuaçu): Arbórea comercial e não comercial 10 x 10 (sistema multiestrato);

- CTA (Araponga): Cedro 6 x 6 (sistema *Alley Cropping*).

As árvores foram introduzidas por mudas ou sementes, dispostas na linha em espaçamento e selecionadas de acordo com seu desenvolvimento. Nas entrelinhas das árvores são plantadas as espécies alimentícias (milho, feijão, café), dispostas de maneira alternada (cada entrelinha com uma determinada espécie) para facilitar o manejo e o desenvolvimento das plantas, todas elas introduzidas no primeiro ano.

**b) Critérios para seleção de espécies:** a escolha das espécies presentes nos sub-bosques (feijão e café) foi feita associando às condições de sombreamento após os primeiros anos, por permitirem um manejo menos intensivo e frequente e pela sua aptidão comercial.

**c) Espécies-chave de cultivos agrícolas e outros usos econômicos:** Foram adotadas espécies de fácil adaptação, também associadas a condições de sombreamento e de aptidão comercial: feijão, café, milho, banana, abacate e citros.

**d) Espécies-chave de árvores:** na linha de árvores foram introduzidas espécies de múltiplas funções, com ênfase para os serviços ambientais, sendo o principal deles a conservação dos recursos hídricos por meio da estabilização do solo. A seleção das árvores foi feita a partir da sua função ambiental conhecida, em especial o Cedro e a Copaíba que, por meio da evapotranspiração reduzem a saturação de água do solo, além de minimizar a erosão e o carreamento e transporte de sedimentos, protegendo assim os cursos d'água e subsuperficiais através das áreas de recarga.

**e) Implantação:** presente em todos os SAFs as áreas onde prevalecem gramíneas de touceiras grandes são roçadas e a biomassa separada para depois capinar, retirando todo rizoma (caules restantes da capina) que, em geral, são enterrados no fundo dos berços das bananeiras ou batidos para retirar a terra e deixados virados secando ao sol. Quando as gramíneas não são grandes realiza-se somente capina conforme explicado. Na linha das árvores, as espécies arbóreas foram plantadas praticamente por mudas e sementes, intercaladas com as espécies chave. A biomassa do capim é disposta próxima às linhas dos plantios cobrindo todo o solo.

**f) Manejo:** O manejo dos projetos consiste na capina seletiva e podas periódicas. Após a colheita, as plantas das espécies chave (feijão, café, milho, banana, abacate e citros) são cortadas e seu material utilizado para cobrir o solo. Toda a biomassa produzida pela poda periódica das árvores é utilizada na cobertura do solo com matéria orgânica, organizada de maneira a permitir que se caminhe bem pela área (madeira em contato com o solo e folhas por cima). As árvores que não tem necessariamente essa finalidade são manejadas com podas de raleamento, formação e estratificação conforme a necessidade e os objetivos.

**g) Manejo a longo prazo/configuração do sistema:** devido a pouca idade dos projetos o manejo de longo prazo ainda não se iniciou e consiste, após cerca de 7 (sete) anos na poda seletiva que deve favorecer o estabelecimento da regeneração natural, deixando-se as plântulas das árvores nativas que permitirão o avanço da sucessão ecológica.

**h) Espécies exóticas:** todas elas são podadas seletivamente já no início da germinação, selecionando assim os indivíduos que produzirão frutos e outros para produção de biomassa, que sairão do sistema a médio e longo prazo. A área ocupada pelas espécies exóticas não pode ultrapassar 50%.

#### 4.1.6.2. SAFS EM ÁREAS PRODUTIVAS

A seguir, prossegue a análise técnica dos projetos de SAFs realizados em áreas produtivas, entretanto, somente para os projetos de Caratinga e Imbé de Minas. Eles não tiveram com objetivo principal a recuperação das áreas de APP ripárias e/ou encostas, e sim aquelas voltadas à produção, mas dentre os sistemas estudados foram os que apresentaram maiores índices de produtividade.

Nesse sentido, seu desenho e planejamento são de grande importância aqui uma vez que esses modelos estabelecem os componentes de porte arbóreo mais rapidamente, acelerando o processo de restauração, muito útil nessa pesquisa e que será utilizado quando da composição de um modelo de SAF para região, além da sua produtividade que é também um dos pilares

dessa pesquisa, visto que o responsável necessita gerar renda a partir da recuperação das áreas. Seguem os croquis técnicos desses projetos (Figura 11):

Figura 11 - SAFs em áreas produtivas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Sendo ambos configurados no sistema *Alley cropping*, uma vez traçado o desenho dos projetos foi feito a sua especificação técnica:

**a) Elementos do desenho do sistema:** em geral os SAFs produtivos estudados foram definidos pela repetição de parcelas de tamanho 6x6 a 20x20, dispostas em canteiros, sempre apresentando uma linha de árvores e frutas juntamente em consórcio com culturas anuais. As parcelas vão sendo repetidas sequencialmente ao longo da área, podendo ser escolhidas espécies diferentes para compor cada parcela. Espécies com ciclo curto desenvolveram condições para o estabelecimento das árvores nativas e frutíferas, introduzidas por meio de muda e/ou sementes. Após um período de, em média 3 a 4 anos, as leguminosas e outras espécies que necessitam de muito sol sairão e as árvores e arbustos ficam. Nos canteiros onde só há culturas anuais são introduzidas árvores de sub-bosque como, por exemplo, banana, café e milho. Foram plantados frutas, café e eucalipto entre a linha das arvores formando, geral, a base dos sistemas.

**b) Critérios para seleção de espécies:** Sempre variedades e espécies com grande produtividade, bom valor econômico de mercado e outras voltadas para conservação, com alto potencial de produção de biomassa.

**c) Espécies-chave:** eucalipto, cedro, palmeiras, arbóreas nativas, café, banana e outras frutíferas.

**d) Implantação:** a maioria dos preparamos foi manual ou com a utilização de motocultivador simples, sempre levantando os canteiros e misturando ao adubo o adubo. Por serem solos de boa fertilidade e quase todos os projetos, a primeira adubação foi feita a fertilizantes simples como pó de rocha, esterco curtido, cinza e de farinha de osso, diminuindo as quantidades à medida que o próprio sistema vai se alimentando com a biomassa produzida pelas podas.

**e) Manejo:** essencial da produção de biomassa através das podas das árvores esse procedimento acontece em todos os projetos com as espécies ali encontradas. O mesmo procedimento acontece com a capina, manual ou mecanizada, mas seletiva e de quatro a seis meses, dependendo da condição do sistema. Praticamente em todos há também a realização de aceiros contra fogo feito no mesmo momento da capina. Para o manejo se utilizam alguns equipamentos como: roçadeira costal (para roçar as bordas do sistema e fazer aceiros); motosserra (para fazer podas e cortar madeiras); triturador (para triturar madeira para otimizar e alimentar o próprio sistema).

**g) Manejo a longo prazo/configuração do sistema:** ainda não iniciado, mas a partir do segundo ou terceiro ano de implantação, além das espécies de árvores nativas e exóticas estabelecidas na área pretende-se que se estabeleçam também espécies nativas trazidas por dispersores e a se continuar essa dinâmica, muitas outras espécies estarão presentes no local favorecendo sempre o estabelecimento de árvores nativas trazidas pelos dispersores.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 5.1. ÉXITO E EFETIVIDADE DAS EXPERIÊNCIAS DE SAF MONITORADAS E MELHORIAS

Os resultados obtidos para as experiências monitoradas evidenciam o grande potencial dos sistemas agroflorestais como uma estratégia para a conservação dos solos e consequente preservação dos recursos hídricos.

Os SAFs podem ser explorados ainda como ferramenta de restauração uma vez que incorporaram a ela os componentes social e econômico, contribuindo para manutenção da área restaurada, permanência das famílias na propriedade, geração de renda e segurança alimentar. As melhorias nas características químicas e físicas do solo são evidentes, assim como na qualidade e disponibilidade de água. Elas ajudam a diminuir a poluição e o assoreamento dos corpos hídricos recursos hídricos ocasionados pelo escoamento superficial de sedimentos proveniente de processos erosivos de solos expostos e de nutrientes e produtos químicos utilizados na agricultura.

O sucesso dos projetos está diretamente vinculado também às ações de educação ambiental e fomento. A educação ambiental mostrou-se como ferramenta importante e efetiva de conscientização da importância da restauração e de adesão e continuidade aos projetos. As famílias tem papel importante na sua implementação devendo ser incorporadas nas ações de educação ambiental, comumente direcionadas aos proprietários.

Outro aspecto fundamental no êxito dos SAFs é o monitoramento, importante subsídio técnico para os agricultores tomem conhecimento de alguns problemas existentes com a adoção de sistemas agroflorestais. Entretanto, essa é uma ação posterior à implantação dos SAFs e não levantada por essa pesquisa. Após a sua consolidação o monitoramento é necessário para o controle da sustentabilidade nas suas diferentes fases ao longo dos anos. Tem por finalidade ainda comprovar a continuidade dos objetivos propostos uma vez que estes sistemas apresentam caráter dinâmico e complexo, com as condições ambientais mudando ao longo do tempo.

Através do monitoramento será possível estabelecer indicadores de desempenho do sistema em relação aos critérios de sustentabilidade (Conservação e preservação dos recursos hídricos, solos e outros) e produtividade (MONTAGNINI, 1992). Para a implantação de sistema de monitoramento sugere-se a adoção de procedimentos e indicadores diferenciados para projetos, tais como:

- **Estrutura da vegetação:** densidade, diversidade, estratificação e regeneração natural;
- **Função ecológica:** processos erosivos, isolamento de fatores de degradação, presença de espécies indesejáveis (arbóreas ou herbáceas exóticas e/ou agressivas);
- **Função socioeconômica:** renda, segurança alimentar, satisfação do agricultor, acesso ao mercado, quantidade e diversidade de produtos.
- **Outros fatores:** - cumprimento das obrigações legais ou contratuais (fomento, financiamento etc.);
- **Indicadores:** Os indicadores a serem monitorados devem ser coerentes com a fase de implantação dos projetos.

## 5.2. CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DE SAF PARA A REGIÃO

A construção dos sistemas de produção sustentáveis aqui propostos parte do conhecimento da realidade local, envolvendo os interesses de todos os atores participantes. Existem inúmeras dificuldades em se estabelecer modelos gerais para recuperação de Áreas de Preservação Permanente e de recarga hídrica e sendo assim as propostas aqui apresentadas

foram desenhadas a partir do acúmulo de conhecimentos da realidade ao longo da pesquisa com respaldou-se na literatura atualizada relacionada com o tema.

Embora contenham orientações muito específicas em relação às práticas de manejo como um todo, que num primeiro momento podem ser consideradas como uma instrução técnica detalhada ou até engessada, o objetivo foi apresentar princípios e ideias que possam ser extrapolados para diferentes situações na sub-bacia do rio Manhuaçu e possivelmente até outras regiões.

### **5.3. VISÃO GERAL**

De maneira geral as APP e outras áreas de recarga hídrica localizam-se em declives, valas em curva de nível e pequenos terraços muito importantes para controlar erosão, acumular nutrientes e aumentar infiltração de água no solo. O manejo dessas áreas deve conciliar a proteção do recurso hídrico com a produção sustentável de alimentos. A revegetação deverá ser feita, preferencialmente com espécies nativas da região, visando recompor a floresta antes existente, associada à inclusão de espécies que produzam frutos, sementes e outros bens que possam ser explorados de forma sustentável pelos agricultores.

Por se tratar de áreas muito utilizadas pelos agricultores devido à proximidade de cursos d'água e sua consequente fertilidade, são indicadas etapas gradativas de manejo, permitindo aos produtores evoluir de um uso mais intensivo, tipicamente agrícola, para um nível intermediário, no qual a cultura agrícola ainda continue a ser o componente principal, porém havendo a presença de elementos arbóreos, até, finalmente, ser atingido um sistema mais conservacionista, onde as árvores passariam a ser os elementos principais.

Está estratégia contribui para que a recuperação das APPs e áreas de recarga seja realizada mediante um procedimento agroflorestal sequencial, comportando as seguintes fases:

#### **A) FASE INICIAL – USO AGRÍCOLA INTENSIVO**

Nesta fase é proposto a organização de um ciclo de produção agrícola temporária, utilizando-se feijão, milho ou arroz, produtos mais cultivados nessas áreas. Também, recomenda-se a introdução de espécies semi-perenes, como a bananeira, o que contribuiria para a proteção e fixação do solo nas áreas próximas aos cursos d'água, além de gerar grande quantidade de matéria-orgânica a ser depositada e produzir frutos para alimentação familiar e para a comercialização. Ainda nessa fase, principalmente nas áreas mais degradadas, propõe-se a introdução de espécies arbóreas típicas deste ecossistema, observando-se os estádios

sucessionais das espécies e a capacidade do ambiente específico em comportar o sistema implantado.

**A1) Elementos do desenho do sistema:** O desenho é variável entre os sistemas *Alley Cropping* ou *Multiestrato*, conforme especificação da implantação a seguir, mas sempre pequenos terraços ou valas de infiltração em curva de nível para controle da erosão e estabelecimento das árvores.

**A2) Critérios para seleção de espécies:** Culturas anuais resistentes e árvores frutíferas e nativas, especialmente as mais rústicas que pegam facilmente de estaca ou semente. Deverão ser consideradas as espécies já estabelecidas no local e manejadas por meio de podas, visando fornecer matéria orgânica para o sistema e luminosidade e rejuvenescimento do sistema, no caso de indivíduos muito velhos. Para a escolha das espécies, além do grupo ecológico (pioneira, secundárias ou clímax), deverá também ser observado o tipo de terreno mais adequado para cada espécie.

**A3) Espécies-chave:** **Com uso comercial** - Abacate, Araticum, Banana, Café, Canela, Canjarana, Cedro Pororoca, Cedro, Citros, Copaíba, Copaíba, Eucalipto, Feijão, Goiaba, Ingá, Jatobá, Licurana, Milho, Sete Cascas e Só Brasil. **Sem uso comercial** - Canela, Goiaba Ingá e Palmeiras.

**OBSERVAÇÃO:** Por se tratar de produção consorciada, as espécies podem ser manejadas conforme a comercialização. Segue abaixo na tabela 5, a variedade dos produtos gerados por estas iniciativas e que podem ser alternadas quando da implantação do SAF, variando desde frutas, legumes até hortaliças nos mais diferentes arranjos produtivos.

Tabela 5 - Variedade dos produtos a serem combinados e gerados.

LISTAGEM DE ESPÉCIES PARA PRODUÇÃO – NOME POPULAR E CIENTÍFICO					
<b>Abacate</b>	<i>Persea americana</i> Mill.	<b>Cupuaçu</b>	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.	<b>Mamão</b>	<i>Carica papaya</i> L.
<b>Abacaxi</b>	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	<b>Embaúba</b>	<i>Cecropia</i> sp.	<b>Mandioca</b>	<i>Manihot esculenta</i> Crantz
<b>Abóbora</b>	<i>Cucurbita</i> sp.	<b>Eritrina</b>	<i>Erythrina</i> sp.	<b>Manga</b>	<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal, 1814
<b>Açaí</b>	<i>Euterpe oleracea</i> Mart., 1824	<b>Eucalipto</b>	<i>Eucalyptus</i> sp.	<b>Manueira</b>	<i>Mangifera indica</i> L.

LISTAGEM DE ESPÉCIES PARA PRODUÇÃO – NOME POPULAR E CIENTÍFICO					
<b>Acerola</b>	<i>Malpighia emarginata</i> DC.	<b>Feijão</b>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	<b>Melancia</b>	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai
<b>Ameixa</b>	<i>Prunus</i> sp.	<b>Feijão Guandu</b>	<i>Cajanus cajan</i> (L. Millsp.)	<b>Milho</b>	<i>Zea mays</i> L.
<b>Amendoim</b>	<i>Arachis hypogaea</i>	<b>Fruta do conde</b>	<i>Annona squamosa</i> L.	<b>Milho de Pipoca</b>	<i>Zea mays</i> everta
<b>Amora</b>	<i>Morus alba</i> L.	<b>Fruta pão</b>	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg		
<b>Araticum</b>	<i>Anona montana</i> Macfad.	<b>Gergelim</b>	<i>Sesamum indicum</i> L.	<b>Pau Brasil</b>	<i>Paubrasilia echinata</i> Lam. — Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewi
<b>Banana</b>	<i>Musa</i> sp.	<b>Girassol</b>	<i>Helianthus annuus</i> L.	<b>Pau ferro</b>	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz
<b>Batata doce</b>	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	<b>Goiaba</b>	<i>Psidium guajava</i> L. 1753	<b>Pêssego</b>	<i>Prunus persica</i> L.
<b>Braúna</b>	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	<b>Graviola</b>	<i>Annona muricata</i> L.	<b>Pimenta</b>	<i>Capsicum</i> sp.
<b>Café</b>	<i>Coffea</i> sp.	<b>Grumixama</b>	<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	<b>Pororoca</b>	<i>Rapanea ferruginea</i> Ruiz & Pav.
<b>Cambuci</b>	<i>Campomanesia phaea</i>	<b>Guapuruvú</b>	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake 1919	<b>Pupunha</b>	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth
<b>Canela</b>	<i>Cinnamomum verum</i> J.Presl	<b>Hortaliças</b>	<i>Oleracea</i> sp.	<b>Sapucaia</b>	<i>Lecythis pisonis</i> Camb
<b>Canjarana</b>	<i>Cabralea canjerana</i> Vellozo	<b>Ingá</b>	<i>Inga edulis</i> Mart.	<b>Sete cascas</b>	<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby & J.W.Grimes
<b>Capoeira branca</b>	<i>Eschweilera ovata</i> Miers	<b>Inhame</b>	<i>Dioscorea</i> L., 1753		
<b>Carambola</b>	<i>Averrhoa carambola</i> L.	<b>Jaca</b>	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	<b>Soja</b>	<i>Glycine max</i> L. Merrill

LISTAGEM DE ESPÉCIES PARA PRODUÇÃO – NOME POPULAR E CIENTÍFICO					
<b>Cedro</b>	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	<b>Jatobá</b>	<i>Hymenaea courbaril</i> L., 1753	<b>Urucum</b>	<i>Bixa orellana</i> L.
<b>Copaíba</b>	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	<b>Licuarana</b>	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão		

Fonte: Elaborado pelos autores.

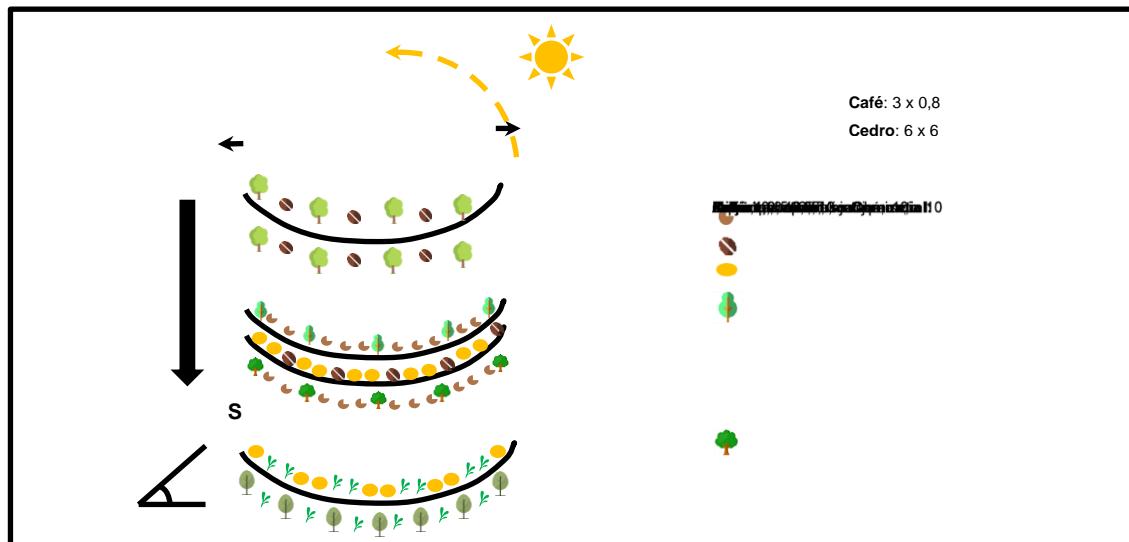
**A4) Implantação:** A implantação ocorrerá sempre na configuração de pequenas bacias no formato de meia lua ou pequenos terraços acompanhando a curva de nível, preferencialmente com inclinação de 45° no sentido do declive e se possível ainda observar o efeito do morro com relação à incidência da luz solar e sua direção. No Brasil e hemisfério sul, faces de morro voltadas para o norte recebem mais sol no inverno e morros voltados para o sul recebem mais luz no verão. Os desenhos devem estar localizados ainda em pontos estratégicos do terreno onde ocorre o maior acúmulo e o solo é mais profundo para facilitar a construção dos terraços e aumentar a infiltração de água e acúmulo de matéria orgânica e solo. Eles devem ser cobertos com matéria orgânica, principalmente nas valas.

No sistema porcelana Alley Cropping o espaçamento entre as linhas de árvores não deve ser inferior a 3 metros, impedindo assim a erosão superficial e aumentam a infiltração e retenção de água no solo, enquanto as herbáceas leguminosas fixam nitrogênio do ar e contribuem com a estrutura química do solo, além de reduzir a evaporação na superfície do solo, controlar plantas invasoras e aumentar a matéria orgânica (Figura V.1). Essa opção é indicada para áreas com maiores taxas de erosão ou solo exposto uma vez que aumentam a infiltração e retenção de água no solo.

Na opção pelo sistema multiestrato, aplicável a áreas de APP degradadas por pastagens, esse com espaçamento entre as linhas de árvores em geral inferior a 3 metros, as espécies arbóreas não serão destinadas somente a comercialização de madeira, podendo permanecerem por um longo período para produção de frutos e sementes que são comercializados, além de estabelecer, por meio de um consórcio de espécies, a ciclagem de nutrientes.

As espécies arbóreas, além de desenvolver um papel de planta sombreadora dos cultivos, faz da agroflorestal um ambiente mais próximo ao natural, com um maior equilíbrio biológico, reduzindo os problemas de erosão e carreamento de sedimentos ao longo das vertentes e posteriores cursos d’água, mas também enriquecendo a camada superficial do solo contribuindo ao mesmo tempo para o aumento da produtividade, principalmente em sistemas consorciados. (Figura V.2).

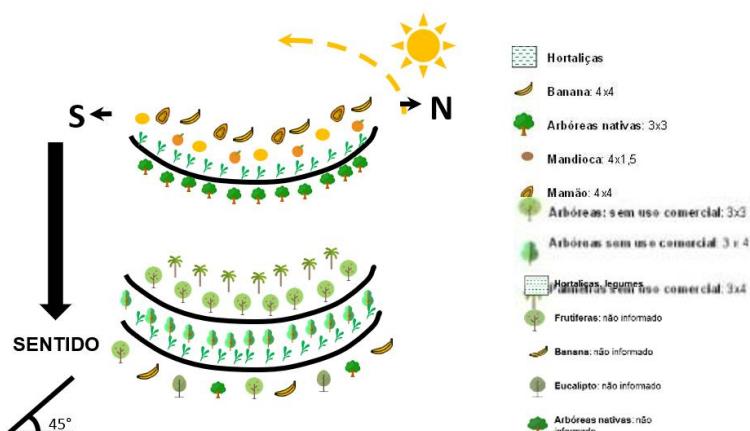
Figura 12 – Proposta de SAF sistema Alley Cropping.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em ambos, árvores, arbustos, leguminosas e gramíneas de rápido crescimento deve ser plantadas diretamente por sementes ou por estacas na parte de baixo dos terraços. Estruturas maiores também são eficazes para concentrar água e nutrientes, além de controlar erosão, porém exigem maior mão de obra e até maquinário. O material roçado e a poda das árvores nativas também deve ser concentrado nestes pequenos terraços após plantar sementes de árvores e cobrir com adubo disponível na propriedade ou vizinhança, como esterco, cinza ou composto. Junto com as árvores planta-se, em pequenos berços com esterco, milho e até com algumas hortaliças. Ao final realiza-se a poda das árvores presentes na área.

Figura 13 - Proposta de SAF sistema multiestrato.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O material é devidamente organizado de modo que a madeira possa reforçar os terraços e servir como contenção em outros locais do terreno. As folhas são picadas e acumuladas nos berços de plantio e onde o solo está exposto.

**A5) Manejo imediato:** realizar somente a capina seletiva e poda com no máximo 3 anos, acumulando a biomassa nos terraços e ao redor das árvores introduzidas, principalmente aquelas consideradas de maior valor ecossistêmico.

#### **B) FASE SECUNDÁRIA/TRANSIÇÃO**

Na fase de transição entre as etapas de uso agrícola mais intensivo seguindo para um incremento florestal é feita a introdução de espécies perenes e/ou semi-perenes, tais como: laranja, manga, banana, café, mamão, abacate, dentre outros que por suas características ecológicas tem melhor adaptação aos sistemas agroflorestais nas áreas ciliares, numa fase de reconstituição de um ambiente mais típico de sub-bosque.

**B1) Manejo a longo prazo/configuração do sistema:** O manejo de longo prazo deve ser feito por meio dos desbastes de árvores que estiverem em grande densidade e poda seletiva das árvores remanescentes para manter a produção das espécies frutíferas implantadas.

#### **C) FASE FLORESTAL**

Uma vez consolidado o SAF o manejo passa a ter uma proposta mais conservacionista com o objetivo é restaurar as funções da vegetação nativa realizando enriquecimento complementar com espécies típicas do ecossistema, considerando aquelas de uso múltiplo, como também as madeireiras, seguindo-se o modelo da sucessão ecológica.

**C1) Manejo florestal:** Espera-se a partir dessa fase níveis de produção mais elevados, porém com o povoamento resultante não mais objeto de corte raso para o cultivo de culturas anuais, sendo manejado a partir dessa fase em regime de produção sustentada, em bases permanentes, algo como um “pomar floresta ciliar”, com suas funções produtivas e de conservação e proteção.

### **5.4. MONITORAMENTO DOS SISTEMAS E INDICADORES**

Consecutivo à implantação e de fundamental importância à continuidade dos SAFs e por efeito à melhora qualquantitativa dos recursos hídricos será o seu monitoramento, necessário ao controle da sustentabilidade nas suas diferentes fases e medido por meio de indicadores.

A finalidade do monitoramento da sustentabilidade é a comprovação de que os objetivos propostos estão sendo alcançados, nesse caso a restauração das APPS e áreas de proteção especial e, com efeito, a melhora qualquantitativa dos recursos hídricos, uma vez que estes

objetivos apresentam caráter dinâmico e complexo, com as condições ambientais mudando no tempo.

Dado o público alvo dessa pesquisa, pequenos agricultores rurais, tais indicadores, de preferência, devem apresentar características mais acessíveis, a saber:

- Ser de fácil medição;
- Palpáveis ou tangíveis;
- A coleta de dados não deve ser difícil nem onerosa;
- Os responsáveis pelos SAFs devem realizar e/ou participar das medições;
- As medições devem permitir a repetição ao longo do tempo; e
- Devem ser significantes à sustentabilidade dos sistemas analisados.

A sustentabilidade nesse caso é avaliada segundo a conservação dos recursos naturais (recurso hídricos, flora e fauna) e os impactos ambientais (DE CAMINO e MULLER, 1996). Diante do exposto e pela inexistência de referências ao tema apresenta-se a seguir na tabela V.2 uma proposta de monitoramento e indicadores escolhidos de acordo com os objetivos dessa pesquisa, bem como método de aferição.

Tabela 6 - Proposta de monitoramento e indicadores.

OBJETIVO	INDICADOR	MÉTODO
Conservação dos recursos hídricos	Persistência do fluxo da nascente	Observação de campo ou vertedouros
	Vazão do fluxo	Obser. de campo (cor)
	Turbidez	Análises de laboratório
	Características físico-químicas da água	Análises de laboratório
Conservação Recuperação do solo	Porosidade, densidade e umidade	Análise de laboratório
	Compactação	Verificação de campo
	Erosão	Coletores metálicos
	Cobertura do solo	Gabaritos
	Teor de nutrientes no solo	Análise de laboratório
	Teor de matéria orgânica no solo	
	Ciclagem de nutrientes	
Sucessão da floresta	Sobrevivência, DAP, altura, idade, diâmetro de copa, altura comercial, volume e biomassa	Medições de campo
	Sombreamento das árvores	
	Incremento, crescimento e mortalidade	
Custos	Custos na implantação e manutenção do sistema	Matriz de avaliação

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 5.5. ANÁLISE GERAL DA PESQUISA

Inferindo o conhecimento empírico dos SAFs aqui estudados foi possível se admitir as seguintes constatações:

- Em praticamente metade dos projetos onde são adotadas prática conservacionista não são observadas qualquer indício de erosão, ao passo que, nas áreas onde elas não são adotadas a erosão laminar está presente em 90% das iniciativas;
- Esta relação é fundamental na conservação dos recursos hídricos uma vez que evita o escoamento superficial de sedimentos para o leito das vertentes e deixa clara a importância destas ações na prevenção da erosão;
- Os sistemas do tipo Alley Cropping identificados, com espaçamentos menores e as linhas de árvores, associadas à agricultura, impediram a erosão supercola, reconstituiu a paisagem natural e facilitou a infiltração e retenção de água no solo, sendo os mais utilizados em áreas de declivosas;
- Já nos policultivos multiestratificados, ou sistemas multiestrato, embora as espécies arbóreas sejam utilizadas, além da preservação também para a comercialização ele também teve suas funções ambientais, principalmente aquelas associadas à preservação dos recursos hídricos dentre elas a utilização mais eficiente da radiação solar por parte das plantas, enriquecimento da camada superficial do solo e sistemas radiculares mais profundos, todos eles contribuindo para diminuição dos processos erosivos e seus impactos.
- Aproximadamente 70% das experiências têm espécies frutíferas na área em recuperação, o que pode ser considerado como um atrativo natural de fauna e 13% delas possuem poleiros artificiais. Este resultado se reflete na presença de fauna, identificada em 90% das propriedades;
- Cerca de 30% dos projetos aproveitam economicamente recursos advindos das áreas em restauração e contribuindo para a continuidade das ações;
- Com a divulgação dos projetos de restauração, muitas pessoas se sentiram motivadas a fazer mesmo e afirmaram conhecer outras pessoas que aderiram a algum projeto após sua experiência;

E dentre os principais pontos positivos destacados pelos proprietários dos projetos de SAFs destacam-se:

- Melhoria dos aspectos de conservação do solo e manutenção das suas características (25%);
- Não uso de agrotóxicos (8%);
- Acessibilidade ao programa de recuperação (8%);
- E, principalmente, melhoria na qualidade e quantidade da água após a implantação (70%).

E é exatamente esse último aspecto abordado que se faz uma observação importante. Dependendo do sistema adotado o aumento da biomassa, num primeiro momento pode diminuir a água utilizável, o que não aconteceu aqui uma vez que houve melhoria na qualidade e quantidade da água após a implantação configurando assim o seu êxito. Esta constatação é de extrema importância para o planejamento das ações de restauração. Se o objetivo da restauração em relação à produção de água é restabelecer o regime de fluxo histórico da micro bacia a restauração nunca deve resultar em vegetação com biomassa diferente do ecossistema natural pré-existente que foi degradado, também

Das outras observações técnicas pertinentes, seguem aquelas mais relevantes e utilizadas quando da construção do modelo de SAFs para restauração de APPs, são elas:

- Quando relacionada está com a cobertura de copa observa-se, mesmo tênue, uma correlação negativa entre a cobertura de copa e a presença de espécies herbáceas e gramíneas, pressupondo que com um aumento da cobertura de copa há a diminuição na presença de gramíneas;
- Foram observados altos índices de diversidade, mesmo quando comparados com valores de referência do inventário florestal de Minas Gerais.
- Nos plantios mais jovens, com idade de até 12 meses, praticamente 50% dos indivíduos tem altura de até 2 metros, em contrapartida, em áreas com mais de 36 meses este número passa a ser de apenas 25% apontando que, mesmo com as particularidades de cada projeto, o incremento em altura nesta modalidade é bastante expressivo;
- Nos projetos com idade superior a 36 meses o estrato superior da floresta (acima de 12 metros) torna-se mais proeminente. Isto demonstra a evolução na formação de estratos das áreas em recuperação;
- Mesmo com a presença de formigueiros em mais de 60% das iniciativas, nenhuma delas apresentam vestígios de ataque (90%), podendo se atribuir isso às ações de controle realizadas pelos proprietários;

- Outras doenças foram observadas em número inferior a 1%, sendo, portanto, irrelevantes;
- A instalação das cercas se mostrou fundamental para o isolamento da área por danos decorrentes da presença de gado;
- A ocorrência de fogo é rara nas iniciativas monitoradas dada a presença de aceiros.

## 6. CONCLUSÃO

Num prelúdio de conclusão da pesquisa pode-se afirmar que os estudos realizados apontam a eficiência dos SAFs para a conservação e preservação dos recursos hídricos associados a produtividades, praticidade, baixo custo e funcionalidade da sua execução, podendo assim ser utilizado então como ferramenta auxiliar na tomada de decisão pelo poder público, agricultores e demais atores que compõem esse cenário.

A metodologia utilizada para analisar as experiências dos SAFs aqui estudados oferecem visões em diferentes níveis trabalhados nessa conclusão, são eles:

- Êxito, desafios e efetividade das experiências monitoradas;
- Construção de um modelo flexível, porém assertivo;
- E, por fim, a elaboração da cartilha com os dois componentes acima voltados a à restauração de áreas na região, mas em linguagem lúdica de forma a convidar os atores que ocupam aquele território a colocar em prática suas ações.

Conforme apontado aqui, a sub-bacia do rio Manhuaçu apresenta um quadro de escassez e degradação hídrica, florestal, pouco menos de 7% de sua vegetação original, mas ainda uma população altamente dependente desses recursos. E diante desse cenário, para o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis que aliem a restauração das áreas de APPs hídricas e proteção especial, que em geral são os locais de maior produtividade e por efeito mais degradados, partiu-se do conhecimento da realidade local, envolvendo todos os atores interessados, sendo eles os produtores da região, poder público e os centros de excelência e pesquisa.

Isto posto, diante da dificuldade de se estabelecer um modelo geral único é que foram desenvolvidas estas propostas de SAF's para recuperação de Área de Preservação Permanente. Cabe destacar que todos os elementos utilizados para o estabelecimento das propostas aqui apresentadas foram obtidos a partir do acúmulo de conhecimentos da realidade ao longo de um processo que foi apresentado, e discutido antes e durante a pesquisa, além do respaldo na literatura correlata atualizada relacionada com o tema.

Embora a pesquisa contenha alguns detalhes e aspectos muito específicos em relação às práticas de manejo como um todo, que num primeiro momento podem ser entendidas como um conjunto de instruções fechado, o objetivo foi apresentar princípios e ideias que podem ser aplicadas em diferentes situações na bacia do rio Manhuaçu e possivelmente até extrapoladas para outras regiões da bacia do rio Doce. A literatura pertinente mostra que não há um padrão definido para implantar uma agroflorestal, muito menos em área de APPs, sejam elas úmidas ou não, uma vez que nossa legislação, inclusive, não permitia.

Fica claro que, diante de todo o cenário visto aqui, o mais importante é iniciar o processo de restauração dessas áreas por meio dos SAFs e então começar a observar e aprender com as falhas e acertos. Dificuldades serão encontradas e erros acontecerão, mas eles devem ser encarados como sinais daquele ambiente indicando que algo deve ser mudado e que algumas espécies ainda não estão no seu devido lugar, fazendo assim da experimentação uma das condições necessárias para se ter uma agroflorestal com a finalidade de restauração.

Em relação aos aspectos legais, há que se valer desse momento único até então trazido pelo novo código florestal, com a possibilidade de recomposição de APPs por meio dos SAFs e encará-lo como uma oportunidade de debruçar e avançar sobre um tema pouco conhecido e estudado, dando a ele o equilíbrio necessário entre as diferentes visões conservacionistas e produtivas, no caso presente somando-se ainda a gestão e conservação dos recursos hídricos.

Ainda nesse enfoque, por ser de um tema importante é fato que os SAFs carecem de vasta regulamentação, principalmente aquelas direcionadas ao ordenamento dos critérios técnicos que devem orientar a sua implantação. Deles devem constar orientações gerais, dentre as várias necessárias, referentes aos tipos de manejo, poda, funções ecológicas de cada área e regras de regeneração natural e de aproveitamento econômico, de espécies agrícolas e florestais, com geração de produtos madeireiros ou não. Hoje já é permitido, por meio de um termo de compromisso assinado com os órgãos ambientais o corte raso de floresta plantada em APP até o segundo corte. Após, é imposto a condução do sub-bosque à regeneração natural. No entanto, além de todo esse processo depender de análise e autorização prévia, sua concepção se deu a partir de argumentos produtivos e também carece de adequação ao espírito da nova lei.

Todavia, outros aspectos técnicos mais específicos também já podem ser trabalhados como forma de evolução dos SAF, diversidade mínima de espécies nativas da região, divisão entre espécies agrícolas e florestais exóticas, presença de espécies invasoras e estágios sucessionais, dentre outros.

E por fim, como se trata de SAFs associados aos recursos hídricos é fundamental definir parâmetros de monitoramento adequados a esse tipo de processo. Constando padrões de

qualidade ambiental mínima a serem alcançados e a sua área de abrangência, critérios para locação de pontos de monitoramento e os indicadores de manejo e ecológicos que possam evidenciar a evolução do processo de recomposição não só das áreas degradadas, mas também dos cursos d'água monitorados com controles, antes de depois, de vazão, IQA, turbidez, batimetria e outros parâmetros e que venha a ser necessários.

Portanto, está claro que sendo a recomposição de APPs e áreas de proteção especial com a utilização de SAFs um tema novo, além de aprofundamento dos estudos carece também de aperfeiçoamento do arcabouço legal sendo essa relação entre ambos quase simbióticos, já que um depende do outro. E tudo isto deve ser feito com planejamento, envolvendo o máximo possível dos atores necessários e interessados, principalmente as populações diretamente dependentes dos recursos hídricos, naturais e a agricultura, não só na bacia do rio Manhuaçu, mas em todo o estado de Minas Gerais.

Conforme evidenciado aqui será fundamental nesse processo de construção, além de práticas de educação ambiental participativas, despertar neles a importância da conservação dos recursos naturais de uma forma holística quebrando um eterno paradigma limitado à velha prática de chegar até os agricultores somente com a distribuição de sementes, mudas e outros insumos. Tudo isso sem deixar de lado, claro, alternativas para que os agricultores possam melhorar sua renda a partir da utilização destes sistemas. Frente a essa teia complexa de relações, uma articulação assim só será possível se envolver, além das universidades e seus centros de pesquisa os demais seguimentos do poder público como SEMAD, IGAM, IEF, FEAM, EMATER, EPAMIG, FAPEMIG, dentre outros.

Desta maneira essa pesquisa concluiu assim que é viável a restauração de APPs e proteção especial por meio da utilização de SAFs e o decorrente aumento da disponibilidade hídrica, garantindo a continuidade da sua utilização, tendo como diferencial o desenvolvimento e o emprego de modelos e técnicas sustentáveis que combinem a preservação ao uso simultâneo do solo, estabelecendo a conexão cíclica entre a preservação dos recursos hídricos através do manejo e conservação florestal, que contribui para os processos de integração entre floresta e água, sua infiltração no solo e a recarga subterrânea, além de evitar os processos erosivos e a contaminação das nascentes, rios e lagos favorecendo o ciclo hidrológico. Reafirmando a importância da água como um recurso natural indispensável à vida, em especial numa bacia rural, sendo de fundamental importância a adoção de boas práticas de uso do solo e conservação da quantidade e qualidade das coleções hídricas, de forma que a relação entre a utilização desses recursos e o desenvolvimento da sociedade possa ser sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIAS H. **Restauração Florestal e a Bacia do Rio Guandu**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Rio de Janeiro/RJ, 2011.

FERNANDES, Gustavo Luiz Godoi de Faria. **Restauração ecológica de zonas de recarga hídrica e de proteção especial por meio de sistemas agroflorestais – SAFs**. 2020. 145 f. Dissertação. Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, *Campus de Itabira*, Minas Gerais, 2020.

IEF. **Restauração Florestal na Bacia do Rio Doce**: lições aprendidas. Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais – IEF. Belo Horizonte/MG. 2018.

MONTAGNINI, F. **Sistemas Agroflorestales: Principios y Aplicaciones en los Tropicos**, San José, Costa Rica, 1992.

NOLASCO S. (Org.). **Sistemas Agrossilvipastoril Integração Lavoura, Pecuária e Floresta**. Sociedade de Investigações Florestais. Universidade Federal de Viçosa - UFV. Viçosa/MG, 2010.

ZAP – **Zoneamento ambiental e produtivo do conjunto de sub-bacias hidrográficas do baixo rio piranga**. EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado Minas Gerais. Belo Horizonte/MG. 2018.

# CAPÍTULO IV

## AVIFAUNA COMO BIOINDICADORA DE QUALIDADE AMBIENTAL EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-4

Daniela Beatriz Lima Silva Viana <sup>1</sup>

Sérgio Hayato Seike <sup>1</sup>

Héber Marcos Carneiro Júnior <sup>2</sup>

Geraldo José Carneiro Neto <sup>2</sup>

Gabriel Carvalho de Almeida <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) – *Campus Uberaba*.

<sup>2</sup> Alunos do curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, no período de estudo; posteriormente alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, IFTM – *Campus Uberaba*.

<sup>3</sup> Aluno do curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, no período de estudo, IFTM – *Campus Uberaba*.

### 1. A FRAGMENTAÇÃO DOS AMBIENTES NATURAIS E SUA CONECTIVIDADE

O Triângulo Mineiro situa-se, em sua maioria territorial, no Cerrado, compreendendo também pequenas áreas de Mata Atlântica nas bordas dessa região (IBGE, MAPAS CONTINENTAIS, 2004). Nas últimas décadas, essa região tem se constituído em uma das principais áreas de desenvolvimento do Estado de Minas Gerais, com intensa atividade no setor de agronegócios. Esse modelo, no entanto, vem colocando em risco a conservação dos ambientes naturais da região. A fragmentação decorrente do uso intensivo do solo tem feito com que os remanescentes desse bioma se restrinjam a pequenas manchas dispersas (ARAÚJO *et al.*, 1997). Desse modo, a região do Triângulo Mineiro é considerada de extrema importância biológica e área prioritária para a conservação (HORTA, 2002). Recentemente, este bioma começou a receber a mesma atenção conservacionista dispensada às florestas tropicais úmidas, uma vez que o grande crescimento das atividades econômicas já modificou cerca de 67% de suas áreas (MYERS *et al.*, 2000).

Fragmentos de vegetação nativa isolados degeneram ao longo do tempo pela perda de animais polinizadores, dispersores e predadores, ocasionando um desequilíbrio na biodiversidade, que afeta em maior grau as espécies endêmicas e de baixa densidade populacional (ANDRADE, 2003). Até mesmo as aves que, por sua capacidade de voo supostamente poderiam se deslocar com maior facilidade entre os diferentes fragmentos, são afetadas (BEIER *et al.*, 2002). A vegetação é uma das características mais importantes do meio

para a manutenção de espécies animais, visto que mudanças na estrutura e composição da vegetação interferem diretamente na organização populacional da fauna na medida em que alteram a altura da vegetação, proporcionando uma redução na quantidade de nichos que abrigam uma diversidade de habitantes nos diferentes níveis da estratificação (horizontal e vertical), o que pode resultar em um ambiente natural remanescente pequeno demais para abrigar espécies que necessitam de grandes áreas para sua sobrevivência (DÁRIO, 1999).

A subsistência de espécies nativas em fragmentos de ambientes naturais é regida por variados e complexos fatores que, em última instância, remetem às teorias da biogeografia de ilhas e da dinâmica de metapopulações na ecologia da paisagem (HAILA, 2002). Quando há um conjunto de fragmentos, uma população pode ser constituída por subpopulações presentes nos fragmentos naturais conectadas por fluxos migratórios, formando o que é chamado de “metapopulação”, que persiste ao longo do tempo em um processo dinâmico de extinções locais e recolonizações (MARINI-FILHO; MARTINS, 2000). Um elemento central na persistência das metapopulações, portanto, é a permeabilidade (ou conectividade) da matriz, que é o meio no qual estão inseridos os fragmentos (TAYLOR *et al.*, 1993). Quanto maior a facilidade com que um organismo pode atravessar uma matriz em sua migração de um fragmento a outro, maior é a permeabilidade dessa matriz (SUTER *et al.*, 2007) e ela depende da espécie considerada, bem como das características da matriz (GOBEIL; VILLARD, 2002).

## 2. A IMPORTÂNCIA DAS AVES

As aves desempenham funções ecológicas muito importantes e úteis, tanto no meio rural, quanto no urbano, atuando como regeneradoras de florestas pelos seus serviços ambientais de polinização e dispersão de sementes - cerca de 20 a 50% das espécies de aves tropicais consomem frutos ao menos uma parte do ano (FLEMING, 1987), desempenhando um papel importante entre os vertebrados dispersores (PIZO, 1997; FRANCISCO e GALETTI, 2001). Além disso, diversos estudos revisados por Boesing *et al.* (2017) apresentam as aves como importantes agentes no controle de pragas, na medida em que atuam também como predadoras, e esse serviço ecológico está diretamente relacionado à proximidade da plantação com a vegetação nativa e à heterogeneidade da cultura. Kross *et al.* (2016) observaram que a existência de vegetação nativa ao entorno da plantação pode aumentar a abundância de aves, entre outros predadores naturais igualmente importantes, reduzindo a quantidade de pragas agrícolas.

Impactos ambientais causados pela antropização, especialmente a perda de habitat, afetam diretamente a composição local de aves, causando extinções de algumas espécies ou

aumentos populacionais de outras (STOTZ *et al.*, 1996; FRISCH e FRISCH, 2005). Consideradas como bioindicadores, as aves ocupam variados ambientes e são em geral facilmente detectáveis pelos pesquisadores, permitindo que o uso de listagens desse grupo seja utilizado como uma das ferramentas para avaliação ambiental (FURNESS e GREENWOOD, 1993).

A diversidade de aves está mais relacionada à estrutura da floresta do que à riqueza de espécies vegetais existentes neste ambiente natural (LEBRETON e CHOISY, 1991). Ao longo de uma sucessão florestal secundária, a fauna de aves responde com a mudança da composição de espécies e aumento da riqueza (JOHNSTON e ODUM, 1956). Segundo Gimenes e Anjos (2003), os principais fatores ambientais que influenciam a riqueza e a composição de espécies de aves são (1) a área da vegetação, (2) o grau de isolamento, (3) a diversidade de habitats e heterogeneidade da vegetação e (4) o efeito de borda, habitat matriz e formato da mancha de vegetação. A análise das respostas das comunidades de aves à fragmentação de florestas proporciona uma forma de avaliar as condições desse ambiente e sua capacidade em manter a biodiversidade do local, assim como de avaliar a recuperação de áreas degradadas ao longo do tempo.

O levantamento da avifauna em um sistema de iLPF traz, portanto, informações importantes sobre o efeito desse sistema no ambiente, especialmente como atenuante da degradação causada pelos sistemas convencionais agropecuários, com consequente aumento da permeabilidade da matriz. Espera-se que, com a heterogeneidade vegetal trazida pela iLPF, a longo prazo, tenhamos como consequência maior diversidade de espécies de aves visitando a área, em comparação à situação anterior de área homogênea constituída predominantemente por gramíneas.

### **3. A AVIFAUNA EM UMA ILPF INSTALADA NO TRIÂNGULO MINEIRO**

Os sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) consistem na produção de diferentes culturas agrícolas ou pecuária integradas a áreas arborizadas. Dentre os diversos benefícios proporcionados está a atenuação dos impactos ambientais na produção agropecuária, contrapondo-se aos sistemas convencionais de monocultura que degradam o solo esgotando seus nutrientes (MACEDO *et al.*, 2000).

O *campus* Uberaba do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro consiste em uma fazenda localizada no bioma Cerrado. Em uma área de pasto abandonado da fazenda, foi implantada uma iLPF tendo como componente arbóreo a palmeira nativa macaúba - *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex R.Keith. Com o objetivo de averiguar o

efeito da iLPF sobre a avifauna, foi realizado entre abril e dezembro de 2015 um levantamento das espécies de aves na área da iLPF em seus estágios iniciais de desenvolvimento.

Para o levantamento foram demarcados quatro pontos equidistantes com o uso de um GPS (200 metros de distância entre eles), sendo dois pontos dentro do sistema de iLPF e dois fora dele, em área que o circundava parcialmente e se caracterizava como relativamente homogênea com grande predominância de gramíneas. As sessões de observação se deram pelo método de “ponto fixo” ou “ponto de escuta” (BIBBY *et al.*, 1993), com sessões de observação de 15 minutos, alternadas entre manhã (entre 6h e 8h) e tarde (entre 16h e 18h). Os dados foram coletados quinzenalmente, perfazendo um total de 18 horas de observações. Registros complementares feitos na área fora das sessões também foram consideradas. A identificação das aves foi feita com base em cantos, comportamentos e registros fotográficos; o guia para identificação utilizado foi Sigrist (2014).

Durante o período do projeto foram observadas 13 espécies de aves: tiziú (*Volatinia jacarina* Linnaeus, 1766), bico-de-lacre (*Estrilda astrild* Linnaeus, 1758), curicaca (*Theristicus caudatus* Boddaert, 1783), anu-preto (*Crotophaga ani* Linnaeus, 1758), quero-quero (*Vanellus chilensis* Molina, 1782), tucano (*Ramphastos toco* P. L. S. Müller, 1776), rolinha-roxa (*Columbina talpacoti* Temminck, 1810), periquito-de-encontro-amarelo (*Brotogeris chiriri* Vieillot, 1818), pássaro-preto (*Gnorimopsar chopi* Vieillot, 1819), patativa (*Sporophila plumbea* zu Wied-Neuwied, 1830), anu-branco (*Guira guiar* Gmelin, 1788), gavião-carrapateiro (*Milvago chimachima* Vieillot, 1816) e canário-da-terra-verdadeiro (*Sicalis flaveola* Linnaeus, 1766). As nove primeiras espécies citadas (tabela 1, prancha 1) foram registradas durante as sessões de observação, sendo *V. jacarina* e *E. astrild* as com maior número de registros (tabela 1). As quatro últimas espécies (prancha 2) foram registradas na área de iLPF esporadicamente e fora das sessões de observação.

Tiziú e bico-de-lacre são espécies que apresentam similaridades na dieta alimentar, constituída por sementes de gramíneas. Isso somado às culturas de grãos que foram cultivadas nessa área de iLPF nos meses de fevereiro a abril de 2015 (sorgo) e de dezembro de 2015 a março de 2016 (soja) e à utilização de grãos de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) como alimento na área controle externa ao sistema de iLPF, explicam tais dados. As demais espécies de aves foram registradas em períodos específicos, a exemplo da espécie *B. chiriri* (prancha 1) que esteve presente na área interna ao sistema de iLPF durante o plantio de sorgo, na qual ela foi observada consumindo inflorescências e grãos.

A diversidade de aves entre as áreas interna e externa ao sistema de iLPF apresentou pouca variação, contudo a abundância dentro do iLPF (707) foi três vezes maior do que fora (228) (tabela 1), principalmente nos meses de junho e outubro (figura 1).

A área externa ao sistema de iLPF permaneceu homogênea por quase todo o período de observação, coberta predominantemente por capim-colonião, sem ação de gado, tendo sofrido influências somente sazonais. Essa constância pode ter sido determinante para a menor diversidade e abundância de aves observadas nos pontos 3 e 4.

O quero-quero (*V. chilensis*) é uma ave que ocorre principalmente em regiões campestres, inclusive sendo favorecida pelo desmatamento de áreas florestais, possivelmente devendo-se a isso sua ocorrência somente fora do sistema de iLPF (DEL HOYO *et al.*, 1996; RIDGELY e GREENFIELD, 2001; SANTOS, 2010). As espécies *C. talpacoti* e *G. chopi* foram registradas apenas dentro do sistema de iLPF, provavelmente devido à oferta de grãos ocasionada pela cultura.

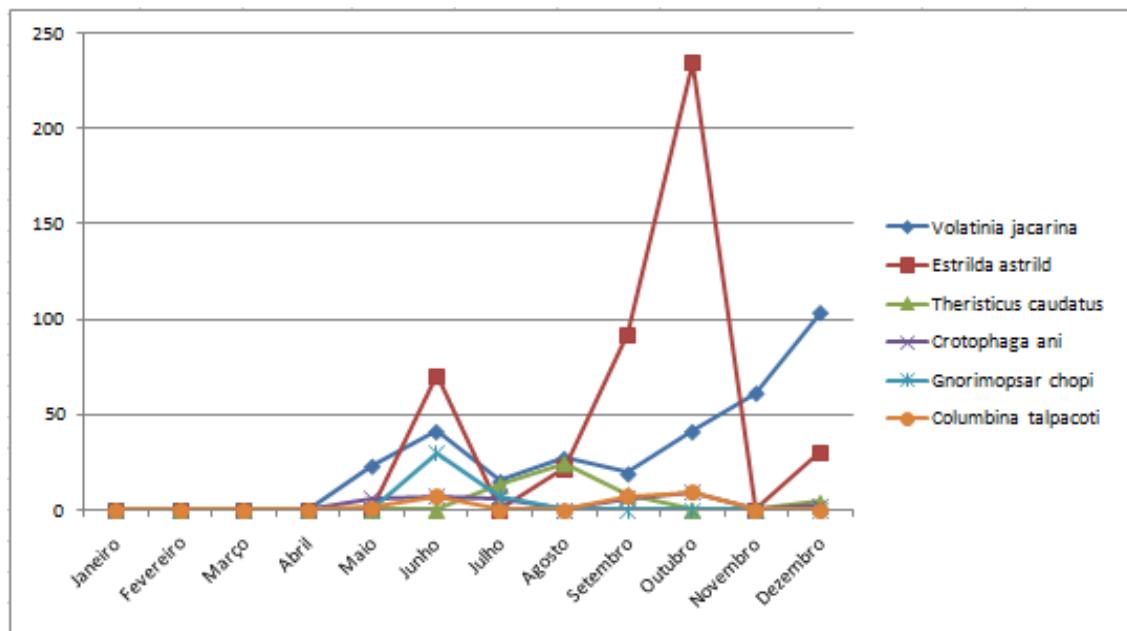
Os resultados obtidos revelam a influência da presença/ausência/tipo de cultura implantada no sistema de iLPF na composição avifaunística da área ao longo dos meses de observação, quando comparados com a área externa.

Tabela 1. Número de registros por espécie de ave, dentro e fora do sistema de iLPF, realizados nas sessões de observação (aqui não foram incluídos dados de observações eventuais).

Espécies	Nº de registros internos ao iLPF	Nº de registros externas ao iLPF	Total de registros por espécie
<i>Volatinia jacarina</i>	156	161	317
<i>Estrilda astrild</i>	419	29	448
<i>Theristicus caudatus</i>	32	17	49
<i>Crotophaga ani</i>	29	7	36
<i>Vanellus chilensis</i>	-	8	8
<i>Ramphastos toco</i>	4	4	8
<i>Columbina talpacoti</i>	24	-	24
<i>Brotogeris chiriri</i>	6	2	8
<i>Gnorimopsar chopi</i>	37	-	37
<b>TOTAL</b>	<b>707</b>	<b>228</b>	<b>935</b>
<b>RIQUEZA DE ESPÉCIES</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	

Fonte: Dos Autores.

Figura 1. Gráfico comparativo com número de registros ao longo dos meses de observação, das seis espécies de aves mais registradas.



Fonte: Dos Autores.

A maior visitação por aves ao iLPF corrobora a expectativa de que a sua maior complexidade ambiental favorece a avifauna. Embora a diferença da riqueza de espécies tenha sido numericamente pequena, é importante notar que *C. talpacoti* e *G. chopi* só ocorreram na área da iLPF, ao mesmo tempo em que espécies como *E. astrild* e *C. ani* foram relevantemente mais abundantes nesse ambiente. Em experimento de marcação e recaptura realizada em área de floresta boreal do Canadá, *Seiurus aurocapillus* (Linnaeus, 1766), uma ave especializada em ambiente de floresta densa, atravessou mais facilmente paisagens naturalmente fragmentadas ou fragmentadas por exploração de madeira do que áreas fragmentadas pela agricultura, que eram as mais alteradas, enquanto *Zonotrichia albicollis* (J. F. Gmelin, 1789), uma ave que ocorre mais em ambientes abertos, apresentou resposta inversa (GOBEIL e VILLARD, 2002). Um sistema iLPF é, portanto, um método menos impactante de uso do solo no que se refere esse importante grupo animal, podendo tornar as áreas exploradas para a agropecuária mais permeável a diversas espécies de aves sensíveis à perturbação, aumentando as chances de sua preservação nos fragmentos de mata nativa.

## AGRADECIMENTOS

Somos gratos ao Prof. Dr. Daniel Pena Pereira, professor pesquisador do IFTM *campus* Uberaba, responsável pelo projeto de implantação e acompanhamento do iLPF e ao Programa

de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq e ao servidor do IFTM Valdomiro Bernardes Pinho pelos serviços de manutenção da área de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M. A. **Árvores zoocóricas como núcleos de atração de avifauna e dispersão de sementes.** Lavras: UFLA, (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal). 2003.
- ARAÚJO, G. M.; NUNES J. J.; ROSA, A. G.; RESENDE, E. J. Estrutura comunitária de vinte áreas de cerrado residuais no município de Uberlândia, MG. **Daphne**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 7-14, 1997.
- BEIER, P; DRIELEN, M. V; KANKAN, B. O. Avifaunal collapse in west African forest fragments. **Conservation Biology**, v. 16, n. 4, p. 1097-1111, 2002.
- BIBBY, C. J.; BURGESS, N. D.; HILL, D. A. **Birds Census Techniques.** British Trust for Ornithology and Royal Society for The Protection of Birds, 1993.
- BOESING, A. L.; NICHOLS, E.; METZGER, J. P. Effects of landscape structure on avian-mediated insect pest control services: a review. **Landscape Ecology**, v. 32, n. 5, p. 931-944. 2017.
- BROSSARD, M.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D. Des indicateurs d'évolution du milieu et des sols pour render durable l'usage des savanes d'Amérique du Sud. **Natures Sciences Sociétés**, v.13, p. 266-278, 2005.
- DÁRIO, F. R. **Influência de corredor florestal entre fragmentos da Mata Atlântica utilizando-se a avifauna como indicador ecológico.** Piracicaba, ESALQ (Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais). 1999.
- DEL HOYO, J.; ELLIOTT, A.; SARGATAL, J. 1996. **Handbook of the Birds of the World.** Barcelona, Lynx Edicions. 812p.
- DELFINO, H. C.; CARLOS, C. J. O guardião dos campos: um estudo sobre o comportamento do quero-quero *Vanellus chilensis* (Aves: Charadriiformes) no sul do Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, 110: e2020022, 2020.
- FLEMING, T. H. Patterns of tropical vertebrate frugivore diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 18, p. 91-109. 1987.
- FRANCISCO, M. R.; GALETTI, M. Frugivoria e dispersão de sementes em *Rapanea lancifolia* (Myrsinaceae) por aves numa área de cerrado do Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Ararajuba**, v. 9, p. 13-19. 2001.
- FRISCH, C. D.; FRISCH, J. D. **Aves brasileiras e plantas que as atraem.** São Paulo: Dalgas Ecoltec, 2005.
- GIMENES, M. R.; ANJOS, L. Efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades de aves. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 391-402, 2003.

GOBEIL, J.-F.; VILLARD, M.-A. Permeability of three boreal forest landscape types to bird movements as determined from experimental translocations. **Oikos**, v. 98, n. 3, p. 447-458, 2002.

HAILA, Y. A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. **Ecological Applications**, v. 12, n. 2, p 321-334, 2002.

HORTA, A.; DIAS, B.; SANTO, C. V. E.; COSTA, C. R.; FURLANI, C.; HERMANN, G.; FONSECA, G. A. B.; OLIVEIRA, H.; CORADIN, H.; PINTO, R. P.; FILHO, L. C. R.; PÁDUA, M. T. J.; PEREIRA, P. G. P., CAVALCANTI, R. B.; MAGALHÃES, R.; OLIVERI, S. (orgs). Cerrado e Pantanal. In: Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. MMA/SBF, Brasília, Brasil, 2002. p. 175-214. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/\\_arquivos/Bio5.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Bio5.pdf)>.

IBGE, MAPAS CONTINENTAIS, 2004. **Mapa dos biomas continentais do Brasil**. Disponível em:<[http://vamoscontar.ibge.gov.br/images/pdf/vamoscontar/mapa\\_biomass.pdf](http://vamoscontar.ibge.gov.br/images/pdf/vamoscontar/mapa_biomass.pdf)>. Acesso em: 04 jan. 2016.

JANTÁLIA, C. P.; RESCK, D. V. S.; ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region. **Soil Till. Res.**, v.95, p.97-109, 2007.

JOHNSTON, D. W; ODUM, E. P. Breeding bird populations in relation to plant succession on the Piedmont of Georgia. **Ecology**, v. 37, n. 1, p 50-62, 1956.

KROSS, S. M.; KELSEY; T. R., MCCOLL; C. J.; TOWNSEND, J. M. Field-scale habitat complexity enhances avian conservation and avian-mediated pest-control services in an intensive agricultural crop. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 225, p. 140-149. 2016.

LEBRETON, P.; CHOISY, J. P. Incidences avifaunistiques des aménagements forestiers: substitutions Quercus/Pinus en milieu subméditerranéen. **Bulletin d'Ecologie**, n.22, p.213-220. 1991.

LOPES, A. S. Soils under Cerrado: a success story in soil management. **Better Crops Int.**, v.10, p.9- 15, 1996.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo de café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n5/a14v27n5.pdf>>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite**. Disponível em: <[www.mma.org.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=201&idConteudo=844&idMenu=8982](http://www.mma.org.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=201&idConteudo=844&idMenu=8982)>. Acesso em: 04 jan. 2016.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p.853-845, 2000.

PIZO, M. A. Seed dispersal and predation in two populations of *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, p. 559-578. 1997.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V (Eds.). Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: UFV, **SOBRADE**, 1998. p. 163-176. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n5/a14v27n5.pdf>>.

RESENDE, T.M.; ROSOLEN, V. **Impactos da conversão de uso e manejo do solo do Cerrado utilizando dados de carbono total e isotópico**. GEOUSP – espaço e tempo, São Paulo, N°33, pp. 39- 52, 2013.

RIDGELEY, R. S. Y; GREENFIELD, P. J. **The birds of Ecuador**. Volume 1. Status, distribution and taxonomy. Ithaca, Cornell University Press, 2001. 880p.

SIGRIST, T. **Avifauna Brasileira**, Avis Brasilis, 2014.

SUTER, W.; BOLLMANN, K.; HOLDERECKER, R. Landscape permeability: from individual dispersal to population persistence. In: KIENAST, F.; WILDI, O.; GHOSH, S. (eds.). **A Changing World. Landscape Series**, v. 8. Dordrecht: Springer, 2007. p. 157-174.

TAYLOR, P. D.; FAHRIG, L.; HENEIN, K; MERRIAM, G. Connectivity is a vital element of landscape structure. **Oikos**, v. 68, n. 3, p. 571-573, 1993.

MARINI-FILHO, O. J.; MARTINS, R. P. Teoria de metapopulações – novos princípios na biologia da conservação. **Ciência Hoje**, v. 27, n. 160, p. 22-29, 2000.

WANIEZ, P. **Les Cerrados, un “espace frontière” brésilien**. G.I.P. RECLUSORSTOM, Montpellier, 1992, 344 p.

## ANEXOS

### PRANCHA 1. ESPÉCIES DE AVES REGISTRADAS DURANTE AS SESSÕES DE OBSERVAÇÃO, DENTRO E FORA DA ÁREA DO SISTEMA DE ILPF-MACAÚBA. AS IMAGENS NÃO OBEDECEM À PROPORÇÃO REAL.



- A: *Volatinia jacarina* (fonte: Félix Uribe, CC BY-SA 2.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>>, via Wikimedia Commons. Disponível em:  
<[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Volatinia\\_jacarina\\_Espiguer\\_saltar%C3%ADn\\_Blue-Black\\_Grassquit\\_\(male\)\\_\(6533721019\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Volatinia_jacarina_Espiguer_saltar%C3%ADn_Blue-Black_Grassquit_(male)_(6533721019).jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)
- B: *Vanellus chilensis* (fonte: Cláudio Timm, CC BY 2.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0>>, via Wikimedia Commons. Disponível em:  
<[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vanellus\\_chilensis\\_-Rio\\_Grande\\_do\\_Sul-8.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vanellus_chilensis_-Rio_Grande_do_Sul-8.jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)

- C: *Estrilda astrild* (fonte: Dario Sanches from São Paulo, Brazil, CC BY-SA 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>>, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Estrilda\\_astrild\\_-Mairipora,\\_Sao\\_Paulo,\\_Brazil\\_-adult-8.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Estrilda_astrild_-Mairipora,_Sao_Paulo,_Brazil_-adult-8.jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)
- D: *Crotophaga ani* (fonte: Dario Sanches, CC BY-SA 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>>, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ANU-PRETO\\_\(Crotophaga\\_ani\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ANU-PRETO_(Crotophaga_ani).jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)
- E: *Theristicus caudatus* (fonte: Bernard DUPONT from FRANCE, CC BY-SA 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>>, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buff-necked\\_Ibis\\_\(Theristicus\\_caudatus\)\\_ \(48368192091\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buff-necked_Ibis_(Theristicus_caudatus)_ (48368192091).jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)
- F: *Ramphastos toco* (fonte: Chris Parfitt from East Grinstead, West Sussex, England, CC BY 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0>>, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ramphastos\\_toco\\_-Birdworld,\\_Farnham,\\_Surrey,\\_England-8a.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ramphastos_toco_-Birdworld,_Farnham,_Surrey,_England-8a.jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)
- G: *Brotogeris chiriri* (fonte: Derivative work: Snowmanradio (talk) *Brotogeris chiriri* -3.jpg: Irene, CC BY 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0>>, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brotogeris\\_chiriri\\_-3-2cp.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brotogeris_chiriri_-3-2cp.jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.
- H: *Columbina talpacoti* (fonte: Thomas Junier, Public domain, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Columbina\\_talpacoti.jpeg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Columbina_talpacoti.jpeg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)
- I: *Gnorimopsar chopi* (fonte: Beatrice Murch from Buenos Aires, Argentina, CC BY 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0>>, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gnorimopsar\\_chopi\\_-Iguazu\\_National\\_Park\\_-Argentina-8.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gnorimopsar_chopi_-Iguazu_National_Park_-Argentina-8.jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)

**PRANCHA 2. ESPÉCIES DE AVES REGISTRADAS ESPORADICAMENTE, FORA DAS SESSÕES DE OBSERVAÇÃO, DENTRO DA ÁREA DO SISTEMA DE ILPF-MACAÚBA. AS IMAGENS NÃO OBEDECEM À PROPORÇÃO REAL.**



A: *Sporophila plumbea* (fonte: Alastair Rae from London, United Kingdom, CC BY-SA 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>>, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sporophila\\_plumbea\\_-Cerrado,\\_Brazil-8.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sporophila_plumbea_-Cerrado,_Brazil-8.jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)

B: *Guira Rea* (fonte: Aaron Siirila, CC BY-SA 2.5 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5>>, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guira\\_guira.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guira_guira.jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)

C: *Milvago chimachima* (fonte: DeVerm, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>>, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yellow-headed\\_Caracara.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yellow-headed_Caracara.jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)

D: *Sicalis flaveola* (fonte: Taken by Tom Fack of the US NPS., Public domain, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saffron Finch\\_\(Sicalis\\_flaveola\)\\_27.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saffron Finch_(Sicalis_flaveola)_27.jpg)>. Acesso em: 13 abr. 2022.)

# CAPÍTULO V

## DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA MICROBACIA DO SÃO FRANCISCO DO BORJA, PERDIZES-MG

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-5

Kaline Kaelle Santos <sup>1</sup>

Vera Lucia Abdala <sup>2</sup>

Cristiano Ferreira Alves <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aluna do curso de pós-graduação em Saneamento Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Uberaba, Minas Gerais, Brasil; kalinekaelle88@gmail.com

<sup>2</sup> Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Uberaba, Minas Gerais, Brasil; vlabdala@iftm.edu.br

<sup>3</sup> Professor do Centro Universitário do Planalto de Araxá – UNIARAXÁ, Araxá, Minas Gerais, Brasil; cristianoalves@uniaraxa.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

O mundo está passando por diversas modificações ao longo dos anos, algumas positivas e outras negativas. O homem está sempre focado em apenas obter lucro, desde a Revolução Industrial, é possível observar que o homem não se preocupa com qualidade do meio ambiente e muito menos pela saúde da população. São diversos os desastres ambientais: queimadas, rompimento de barragens, resíduos químicos despejados em rios, desmatamentos, poluição do ar, dentre outros (SOUZA, 2018).

Como principais consequências dos diferentes processos e influências na bacia hidrográfica sobre a água, pode-se citar a alteração na disponibilidade hídrica e, portanto, no ciclo hidrológico, através de usos consultivos para abastecimento doméstico e industrial e a utilização em serviços e na irrigação agropecuária, bem como alteração na qualidade da água por meio de retirada da mata ciliar, despejo de efluentes industriais e domésticos, contaminação difusa por uso de agrotóxicos e fertilizantes, criação de animais e proliferação de vetores de doenças de veiculação hídrica (GARCIA, 2018).

As alterações do uso da terra podem modificar os diferentes fluxos de água que fazem parte de uma bacia hidrográfica na escala local, e necessitam diretamente das características essenciais de cada ecossistema. Dessa forma, qualquer modificação que ocorra nas bacias hidrográficas sob diferentes práticas de manejo do solo, podem ter efeitos sobre esses fluxos associados ao corpo hídrico (CHICHARO et al., 2015).

O uso da água, quando utilizado de maneira imprópria, provoca alterações na qualidade da água, comprometendo os recursos hídricos e por consequência seus usos para as distintas

atividades. A qualidade da água é um fator imprescindível, quando relacionado aos seus usos, em especial, para fins como o abastecimento humano. Este uso tem sofrido impactos significativos em função de ações naturais e antrópicas, as quais alteram os aspectos de quantidade e qualidade de água disponível para o uso humano (SOUZA et al., 2014).

A preocupação com os recursos hídricos e sua importância para a qualidade de vida tem crescido em todo o mundo. Apesar de possuírem na natureza um ciclo equilibrado de renovação e sustentação, sem qualquer intervenção humana, as perspectivas atuais de uso e qualidade desse recurso para um futuro próximo são preocupantes, principalmente em razão da falta de equilíbrio entre a necessidade de consumo e a compreensão dos fenômenos naturais (COTRIM, 2006).

Por esse motivo é necessária uma avaliação no entorno para que posteriormente seja realizadas ações de melhoria na qualidade de água do córrego. Deste modo este trabalho tem como objetivo, realizar um diagnóstico das condições ambientais da microbacia do Córrego São Francisco do Borja, Perdizes – MG.

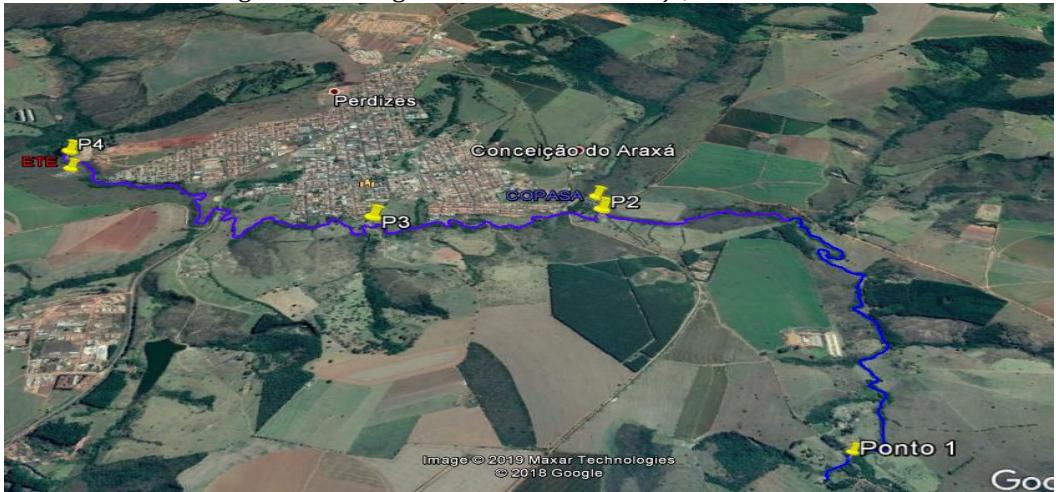
## 2. METODOLOGIA

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Perdizes-MG, que se encontra na microrregião do Alto Paranaíba (Minas Gerais), com área total de 2.451,112 km<sup>2</sup>, limitando-se com os municípios de Patrocínio, Serra do Salitre, Ibiá, Araxá, Sacramento, Santa Juliana, Pedrinópolis, Iraí de Minas e Araxá. Situado a 992 metros altitude, possui população de aproximadamente 16.168 habitantes (IBGE, 2017).

Perdizes apresenta o bioma Cerrado, no município pode ser observado presença de áreas de tensão ecológica, que tem contato entre tipos de vegetação diferentes, apresentando uma mistura florística ou uma transição edáfica e, no restante do território, a Savana. Quanto ao clima da região Perdizes classifica por uma climática *Köppen-Geiger*, é Tropical de Altitude, presente no centro do Brasil, mais característico nas áreas de serras e planaltos do sudeste acima de 500 m de altitude (PMP, 2015).

Figura 1. Córrego São Francisco do Borja, Perdizes-MG



Fonte: Google Earth

No município de Perdizes (MG), a retirada de água para abastecimento da cidade, o lançamento do efluente da ETE (Estação de tratamento de esgoto) e irrigação agrícola são dependentes do Córrego São Francisco do Borja, localizado na Sub-Bacia Baixo Quebra-Anzol. Segundo a Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município, o abastecimento de água está seguro pelos próximos dois anos. No entanto, a cidade já passa por racionamento de água em alguns bairros durante a realização de eventos e festas típicas, com o aumento a população flutuante.

## 2.2. COLETA DAS AMOSTRAS

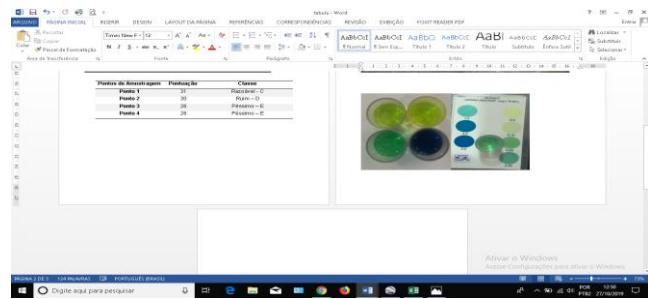
A coleta ocorreu no mês de setembro, outubro e novembro de 2019. Foram escolhidos quatro pontos de amostragem ao longo do Córrego São Francisco do Borja, Perdizes-MG (FIGURA 1).

A água foi coletada para análise limnológica, ficaram conservadas em caixa de térmica com gelox, para resfriar as amostras e manter suas características. Assim, as amostras de água foram coletadas e armazenadas em frascos etiquetados para posterior análise em laboratório. Foram analisadas as variáveis limnológicas: PH, nitrito, nitrato, fósforo, turbidez, amônia e coliformes termotolerantes.

Para os parâmetros nitrito, nitrato, fósforo e amônia o método utilizado foi o ecokit-Alfakit (FIGURA 2), para turbidez foi utilizado aparelho turbidímetro, para pH foi utilizado pHmetro (FIGURA 3) e coliformes termotolerantes foi realizado pelo laboratório Bioética Ambiental, município de Araxá-MG, pelo método de Standard Methods for Examination of Water and Wastewater - 22th Edition 2012.



Figura 2 Método ecokit- Alfakit



Fonte: Autoria própria.

Figura 3 Turbidímetro e pHmetro.



Fonte: Autoria própria.

### 2.3. DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos foram fornecidos pela empresa Rocheto, referente aos meses de janeiro/2019 a novembro/2019. A estação amostral está localizada na Rodovia BR 452, no município de Perdizes – MG.

### 2.4. PARÂMETRO MACROSCÓPICO

Para se definir os parâmetros devem-se seguir as seguintes informações de cada parâmetro que consistem em, uma coloração e odor, deve ser observada a partir do frasco transparente utilizado na coleta; quanto ao lixo ao redor observar presença de resíduos na região da amostragem; os materiais flutuantes serão necessários observar se a presença de resíduos na superfície da água; observando se encontra espuma ou óleo, se está presença na superfície d'água; quanto ao esgoto, observar se a presença de efluente lançado no corpo hídrico; vegetação deve ser observada se encontra presença ou ausência de matas ciliares; se nesta região a presença de uso por animais, se encontra presença de pegadas, fezes, tocas e esqueletos ou próprio animal; será necessário observar a presença de uso por humanos se

encontra presença de utilização humana, trilhas, bombas de sucção e irrigação; diagnosticar a proteção local, proteção no entorno dos pontos de amostragem; os tipos de área de inserção se estão localizado em áreas que visa preservação local; se a proximidade com residências, observando sua distância em metros dos pontos de amostragem até as residências, estabelecimentos ou indústrias.

Para quantificar o grau de preservação do córrego, foi utilizado o método desenvolvido por Gomes; Melo e Vale (2005) (TABELA 1 e 2), o diagnóstico ambiental foi realizado em campo no dia da coleta das amostras. Durante a visita in loco foram avaliados 13 parâmetros macroscópicos, sendo: cor da água, odor, lixo, materiais flutuantes, espumas, Esgoto, Vegetação (TABELA 1), e após a análise dos impactos foi realizado a classificação do grau de preservação em cada ponto de estudo mediante uma tabela classificatória (TABELA 2).

Após a coleta de dados e avaliação dos parâmetros macroscópicos foi realizada a somatória dos pontos e depois enquadrados em padrões para quantificação.

Tabela 1 - Quantificação da Análise dos Parâmetros Macroscópicos

Quantificação da Análise dos Parâmetros Macroscópicos.			
<b>Cor da água</b>	1 - escura	2 - clara	3 - transparente
<b>Odor</b>	1 - cheiro forte	2 - cheiros fracos	3 - sem cheiro
<b>Lixo ao redor</b>	1 - muito	2 - pouco	3 - sem lixo
<b>Materiais flutuantes</b>	1 - muito	2 - pouco	3 - sem materiais
<b>Espumas</b>	1 - muita	2 - pouca	3 - sem espumas
<b>Óleos</b>	1 - muito	2 - pouco	3 - sem óleos
<b>Esgoto</b>	1 - esgoto doméstico	2 - fluxos superficiais	3 - sem esgoto
<b>Vegetação (preservação)</b>	1 - alta degradação	2 - baixa degradação	3 - preservada
<b>Uso por animais</b>	1 - presença	2 - apenas marcas	3 - não detectado
<b>Uso por humanos</b>	1 - presença	2 - apenas marcas	3 - não detectado
<b>Proteção do local</b>	1 - sem proteção/com acesso	2 - com proteção/sem acesso	3 - com proteção
<b>Proximidade com residência ou estabelecimento</b>	1 - menos de 50 metros	2 - entre 50 e 100 metros	3 - mais de 100 metros
<b>Tipo de área de inserção</b>	1 - ausente	2 - propriedade privada	3 - parques ou áreas protegidas

Fonte: Gomes; Melo e Vale (2005).

Tabela 2 Tabela de Classificação dos pontos de coleta quanto ao grau de preservação

CLASSE	Grau de preservação	Pontuação Final*
A	Ótima	Entre 37 a 39 pontos
B	Boa	Entre 34 a 36 pontos
C	Razoável	Entre 31 a 33 pontos
D	Ruim	Entre 28 e 30 pontos
E	Péssimo	Abaixo de 28 pontos

(\*) Notas para os 13 parâmetros observados (através da somatória dos pontos obtidos na quantificação da análise macroscópica).

Fonte: Gomes; Melo e Vale (2005).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE ESTUDO

Foram utilizadas fotografias para caracterização dos pontos de coleta, verificando a interferência do uso e ocupação do solo junto à influência causada pelas precipitações na qualidade das águas do manancial, uma vez que, a microbacia do córrego São Francisco do Borja vem sofrendo alterações causadas pelas atividades de agricultura, pecuária, ao processo de urbanização e à geração de efluentes domésticos.

Tabela 3 Caracterização pontos de coleta localizados no Córrego São Francisco do Borja

##### Ponto 1

- Local com presença de rochas;
- Presença de fezes de animais nas margens do córrego;
- Águas claras sem odor;
- Mata ciliar em ambas as margens do córrego, porém não apresenta 30 metros.



---

#### Ponto 2

- Localizado em meio a uma pastagem;
- Presença de fezes de animais nas margens do córrego;
- O gado tem acesso direto as margens e o leito do rio;
- Captação de água bruta da COPASA;
- Pisoteio de animais;
- Águas claras sem odor.



---

#### Ponto 3

- Próximo a uma ponte, a qual passa uma estrada rural sem pavimentação;
- Mata ciliar em ambas as margens do córrego, porém não apresenta 30 metros;
- Pequenos assoreamentos;
- Próximo à pequena propriedade rural;
- Presença de odor e lançamento de esgoto clandestino.



---

#### Ponto 4

- Ponto após a ETE, composta por um RAFA (reator anaeróbico de fluxo ascendente);
- Mata ciliar em ambas as margens do córrego, apresenta mais 30 metros, porém há presença de animais;
- Presença de odor forte;
- Água escura.



---

Fonte: Autoria própria.

### 3.2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Durante o diagnóstico em campo, foi observado que os pontos apresentavam influências antrópicas. Observou-se ausência de mata ciliar, em três pontos não respeitando a área destinada a APP (Área de preservação permanente). Pode observar criação de animais nas áreas de entorno, lançamento de efluentes no córrego e presença de resíduos sólidos (embalagens, garrafas pet e sacolas plásticas), o que foi possível relacionar com as alterações observadas no corpo hídrico.

Ao analisar cada pondo de amostragem utilizando a Quantificação da Análise dos Parâmetros Macroscópicos, foi possível enquadrar as classes referentes ao índice de impacto ambiental macroscópico, através do grau de preservação que se encontram (TABELA 4). Nessa tabela é possível visualizar a pontuação de cada parâmetro.

Tabela 4 Resultados da Quantificação da Análise dos Parâmetros Macroscópicos

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
<b>Cor da água</b>	3	3	2	1
<b>Odor</b>	3	3	2	1
<b>Lixo ao redor</b>	3	3	2	3
<b>Materiais flutuantes</b>	3	3	2	2
<b>Espumas</b>	3	3	3	3
<b>Óleos</b>	3	3	3	2
<b>Esgoto</b>	3	3	2	1
<b>Vegetação (preservação)</b>	2	2	2	3
<b>Uso por animais</b>	1	1	2	2
<b>Uso por humanos</b>	2	2	2	2
<b>Proteção do local</b>	2	1	1	2
<b>Proximidade com residência ou estabelecimento</b>	3	3	3	3
<b>Tipo de área de inserção</b>	2	2	2	3
<b>Total</b>	33	32	28	28

Fonte: Adaptada para classificação dos impactos; Gomes; Melo e Vale (2005).

Tabela 5 Classificação do Grau de preservação dos Pontos de coleta do Córrego São Francisco do Borja.

Pontos de Amostragem	Pontuação	Classe
<b>Ponto 1</b>	33	Razoável
<b>Ponto 2</b>	32	Razoável
<b>Ponto 3</b>	28	Ruim
<b>Ponto 4</b>	28	Ruim

Fonte: Adaptada para classificação dos impactos; Gomes; Melo e Vale (2005).

Após a quantificação da análise dos parâmetros macroscópicos, observou-se que dois pontos de amostragem tiveram pontuação entre 28 a 30 pontos (Ponto 3 e 4), que são caracterizados com o grau de preservação ruim. Nestes dois pontos, o que mais contribuiu para uma classificação ruim foi a presença de resíduos, presença de animais, local com parcial proteção ou com livre acesso, esgoto doméstico, odor, coloração da água (TABELA 5). Borges (2018), ao realizar a classificação do grau de preservação no Córrego das Antas, Tapira-MG, também apresentou classificação ruim, na qual obteve presença de lixo nas margens e no corpo hídrico, os materiais flutuantes encontrados.

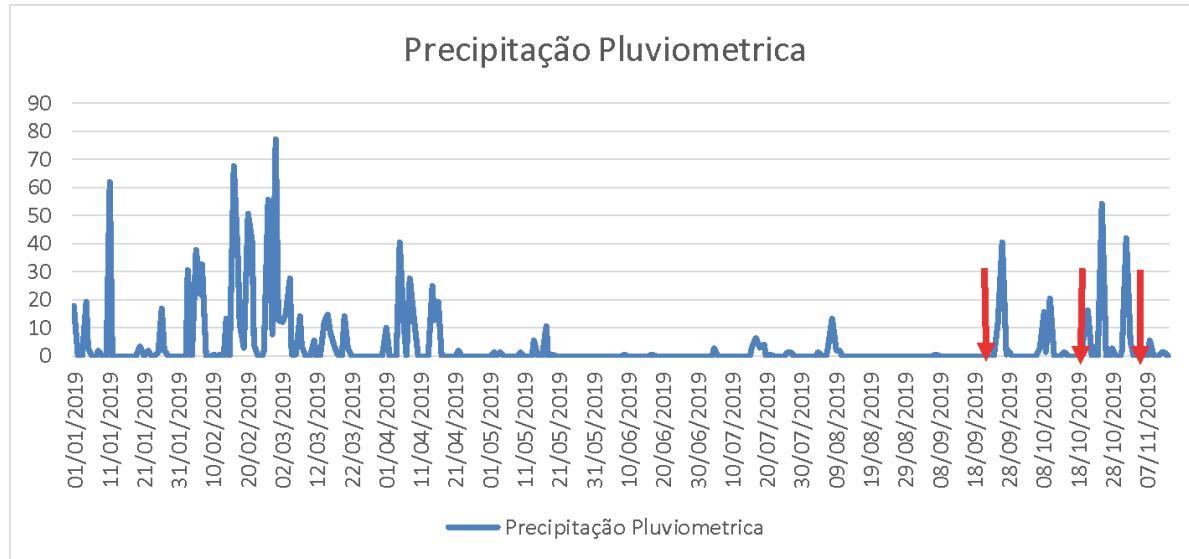
Dois pontos de amostragem tiveram pontuação entre 31 a 33 pontos (Ponto 1 e 2), que é caracterizado com o grau de preservação razoável. Este ponto apresentava boa coloração e odor da água, não a presença de resíduos ao redor, não a presença de lançamento de esgoto, porém a mata ciliar está degradada e a livre acesso dos animais ao corpo hídrico. Borges (2016) ao estudar o córrego do Barreiro que apresenta criação de cavalos e Morais (2015) ao estudar o córrego da Galinha, que é um córrego que apresenta lançamentos de esgoto doméstico, disposição inadequada de resíduos sólidos e retirada de mata ciliar, também observaram que a maioria dos pontos sofrem com ações antrópicas.

Deste modo Junior e Villa (2013), ao estudarem as cabeceiras de drenagem da área urbana de Umuarama no Paraná observaram que por mais que alguns pontos estejam afastados da mancha urbana, os mesmos ainda sofrem a influência da urbanização, onde as principais fontes de contaminação estão relacionadas com o escoamento superficial.

### 3.3. VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS

As coletas foram realizadas no mês de setembro, outubro e novembro, porém, no mês de setembro de 2019 houve menor incidência de precipitações do que em outubro e novembro de 2019, como pode ser visualizado na (FIGURA 4).

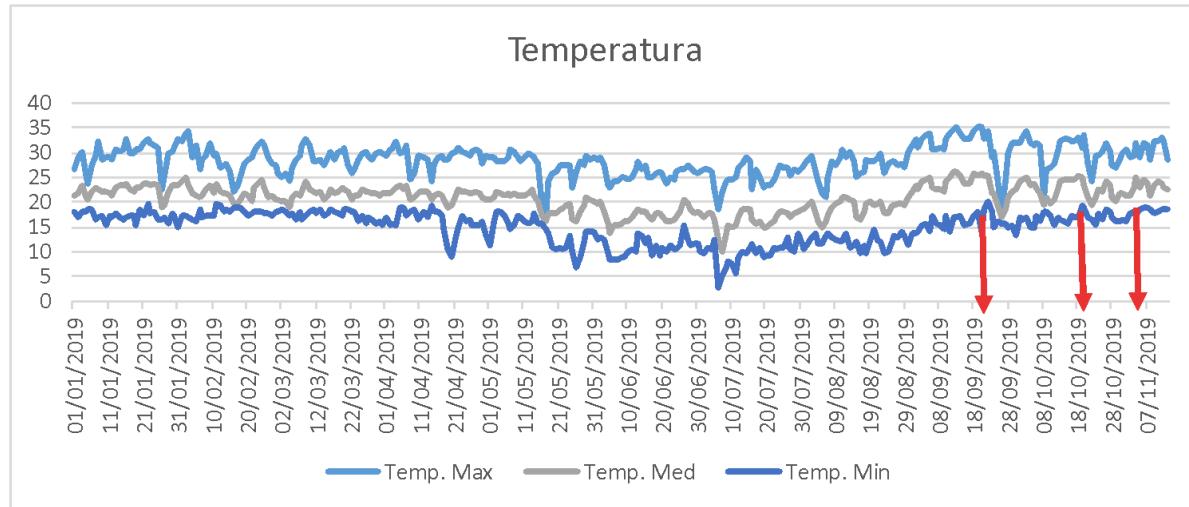
Figura 4- Precipitação registrada de janeiro a outubro de 2019 no município de Perdizes-MG



Fonte: Rocheto Agropecuária

Comparando os três dias de coleta, foi possível verificar uma pequena diminuição da temperatura no mês de outubro, novembro em relação setembro, de acordo com os dados da estação pluviométrica da empresa Rocheto.

Figura 5- Temperaturas registrada de janeiro a novembro de 2019 no município de Perdizes-MG

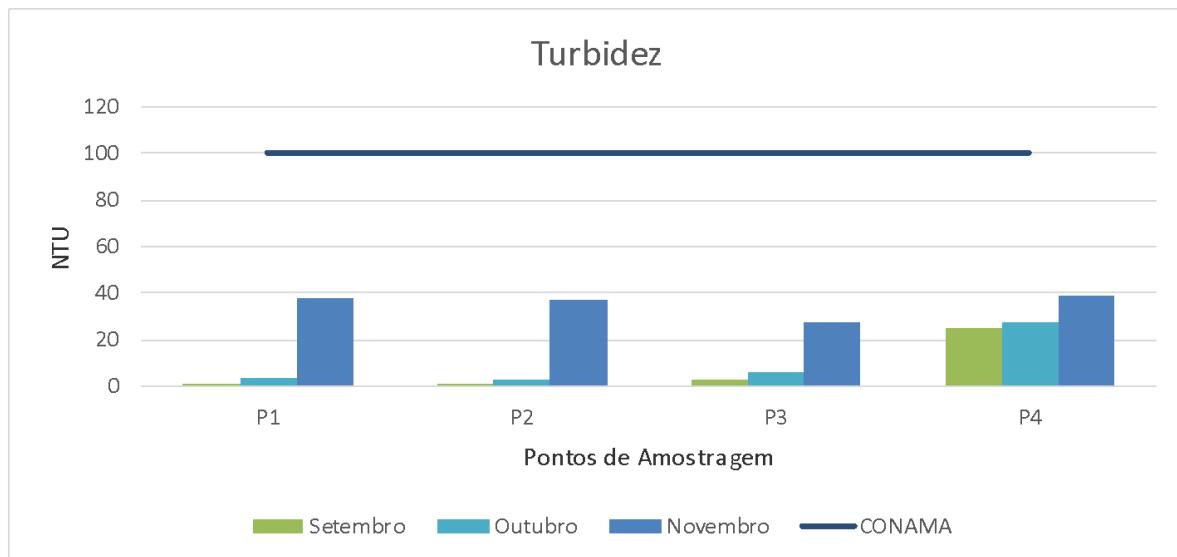


Fonte: Rocheto Agropecuária.

### 3.4. VARIÁVEIS LIMINOLÓGICAS

- TURBIDEZ: Os resultados encontrados nas análises para turbidez variaram de 2,8 NTU (Ponto 2) a 28 NTU (Ponto 4) no mês de setembro e de 0,55 NTU (Ponto 1) a 25 NTU (Ponto 4) no mês de outubro e no mês de novembro 27 NTU (Ponto 3) a 39 NTU (Ponto 4) (FIGURA 6).

Figura 6 - Variação da turbidez da água no córrego São Francisco do Borja, Perdizes – MG



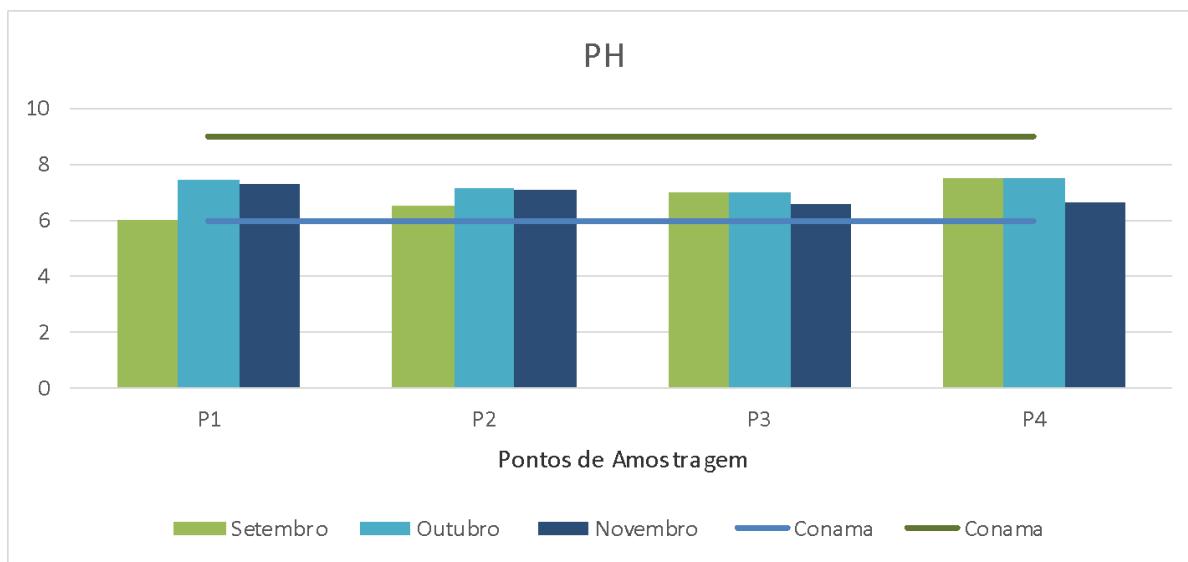
Fonte: Dados obtidos em trabalho de campo e em laboratório.

Os valores apresentaram dentro do estabelecido pela Resolução CONAMA. O maior valor de turbidez encontrado foi no ponto 4 que já era esperado, pois recebe grande carga de efluente da ETE, uma vez que há a tendência de aumento da quantidade de sólidos suspensos ao longo do curso de água. Oliveira et al. (2019), ao estudar o córrego Lanoso também encontrou valores dentro dos parâmetros estabelecidos pela resolução, que também apresentou aumento ao longo do córrego. Essa tendência pode ser verificada, principalmente no período de maior quantidade de precipitação, porque o corpo hídrico reflete os tipos de uso do solo. Quanto maior a área de drenagem maior a contribuição de turbidez. Peixoto e Quartaroli (2018), também observaram ao analisar o Córrego Silvestre na cidade de Viçosa-MG, valores de turbidez aumentaram ao longo do curso d'água.

A resolução CONAMA 357/2005 estabelece para rios de classe 2, valores máximos de turbidez de 100 UNT. Nos pontos analisados, todos apresentaram valores abaixo do limite estabelecido pela resolução nos três meses de coleta.

- POTENCIAL HIDROGENIÔNICO – pH: Os resultados obtidos nas análises de pH variaram de 6 (Ponto 1) a 7,5 (Ponto 4) no mês de setembro, em outubro apresentou de 7 (Ponto 1) a 7,5 (Ponto 4) e no mês de novembro 6,61 (Ponto 3) a 7,29 (Ponto 1) (FIGURA 7).

Figura 7 - Variação do pH da água no córrego São Francisco do Borja, Perdizes – MG.



Fonte:

Dados obtidos em trabalho de campo e em laboratório.

Os valores de pH não apresentaram grandes variações entre os meses de coleta. Resultados semelhantes foram observados na microbacia Arroio Doze Passos (SEIDEL, 2012) e nos córregos Feio e Areia (SILVA, 2015).

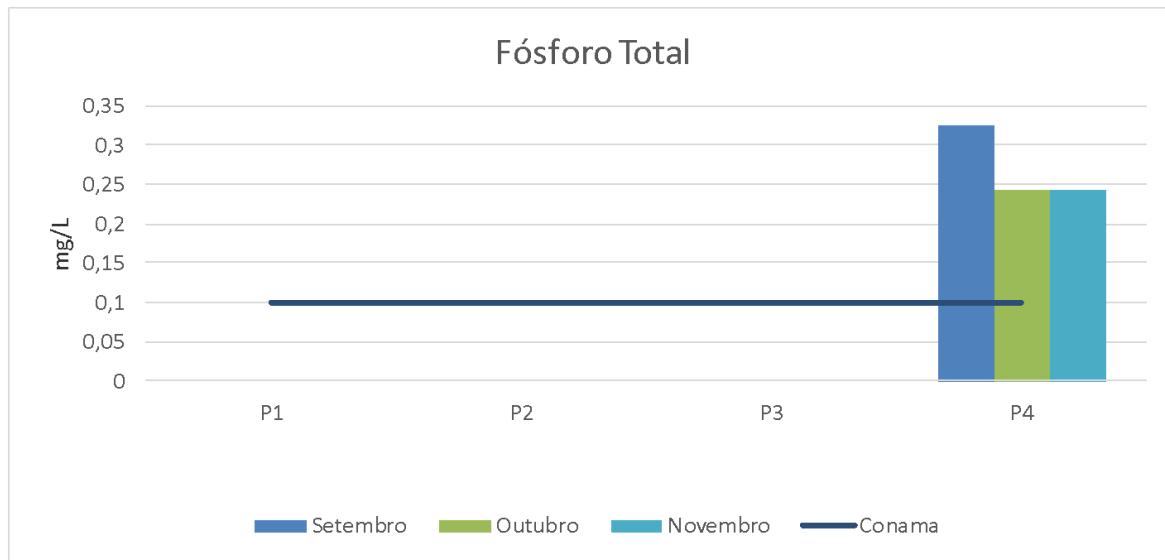
Os valores obtidos para pH, em todos os pontos de coleta, estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece que os valores devem estar entre 6 e 9 (BRASIL, 2005).

- FÓSFORO TOTAL: Os valores obtidos para fosforo total apresentou 0,32 mg/L (Ponto 4) no mês de setembro, e 0,24 mg/L (Ponto 4) no mês de outubro e no mês de novembro que apresentou os mesmos valores (FIGURA 8).

As amostras de água coletadas nos pontos 1, 2 e 3 em setembro e outubro apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção do método.

No ponto 4, está localizado aproximadamente 150m da ETE, acredita-se que os valores encontrados estejam relacionados ao lançamento de efluentes domésticos que são ricos em matéria orgânica. Notou-se neste estudo menores teores de fósforo encontrados durante o período de maior incidência de chuva, comportamento que também pode ser observado pelo estudo de Porto et al. (2017).

Figura 8 - Variação do fósforo total da água no córrego São Francisco do Borja, Perdizes – MG



Fonte: Dados obtidos em trabalho de campo e em laboratório.

Morais (2015) e Cruz e Cunha (2015) ao estudar o córrego da Galinha também verificaram dados semelhantes, o que atribuiu à influência da decomposição de material de origem alóctone e também observaram maiores valores de fósforo total após lançamento de efluente doméstico.

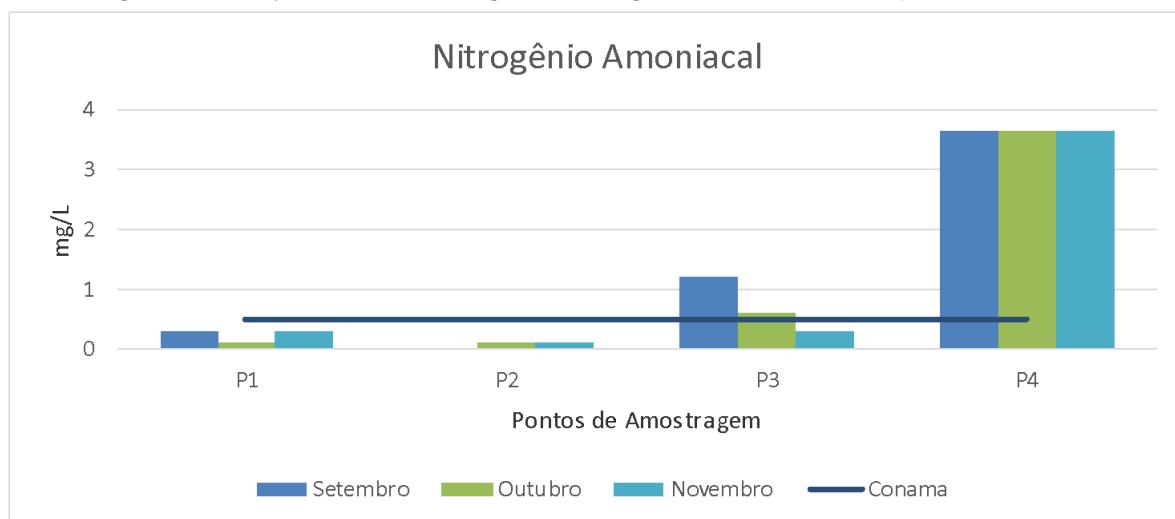
A resolução CONAMA 357/2005 estabelece valores máximos de fósforo total de 0,05mg/L. Neste estudo, o ponto 4, em setembro e outubro estão acima do limite estabelecido.

- SÉRIE NITROGENADA: Foram analisados os seguintes parâmetros para série nitrogenada: nitrito, nitrato e amônia. Os valores de nitrito e nitrato ficaram abaixo do limite de detecção do método.

- NITROGÊNIO AMONIACAL: Os valores obtidos para nitrogênio amoniacal variaram de 0,30 mg/L (Ponto 1) a 3,64 mg/L (Ponto 4) em setembro, e de 0,12 mg/L (Ponto 1 e 2) a 3,64 mg/L (Ponto 4) em outubro e no mês de novembro apresentou 0,12 mg/L (Ponto 1) a 3,64 mg/L (Ponto 4) (FIGURA 9).

Os valores obtidos para nitrogênio amoniacal demonstram com características de padrão crescente ao longo do córrego, o que possivelmente está relacionado à maior área de drenagem da bacia e contribuições do perímetro rural e urbano. A maior concentração observada foi no ponto 4 em que já era esperado devido ao lançamento do efluente da ETE, rico em matéria orgânica.

Figura 9 - Variação da amônia da água no córrego São Francisco do Borja, Perdizes – MG



Fonte: Dados obtidos em trabalho de campo e em laboratório.

Cruz e Cunha (2015), também observaram alta concentração de nitrogênio amoniacal no Córrego da Galinha no período de menor precipitação, e o lançamento de esgoto doméstico e industrial no local. Vieira (2018), observou ao estudar o córrego Gramado, que ambientes poluídos apresentam as formas de nitrogênio amoniacal.

Os resultados obtidos para nitrogênio amoniacal do córrego São Francisco do Borja estão em acordo com o limite estipulado para rios de classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005, com valores abaixo de 3,7 mg/L para pH  $\leq 7,5$ .

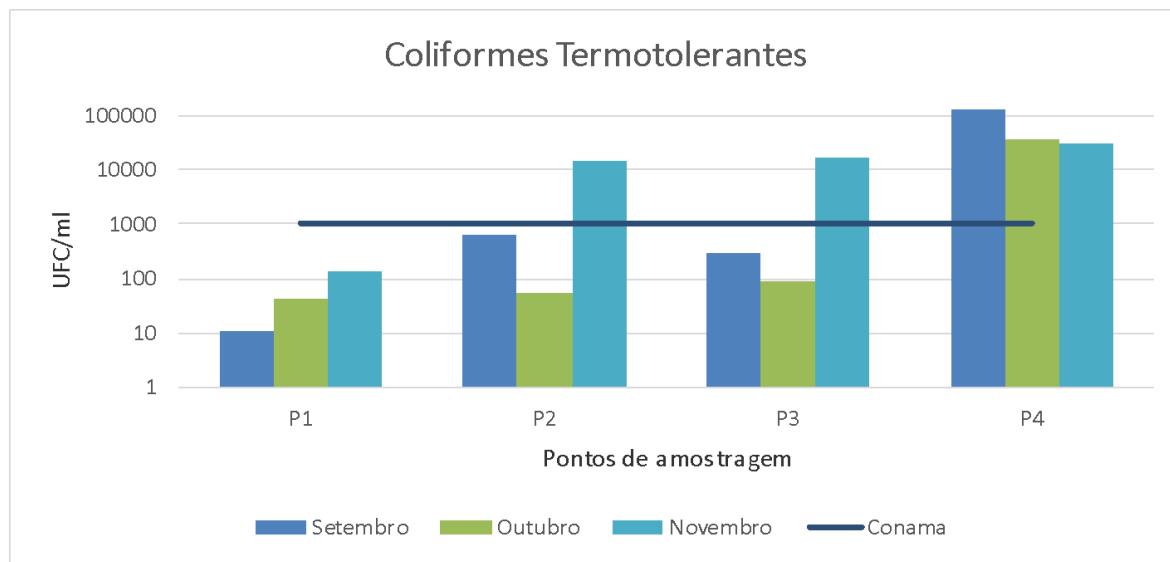
#### - COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Para coliformes termotolerantes, as análises no mês setembro, obteve valores que variaram de 11 UFC/mL (Ponto 1) a 130000 UFC/mL (Ponto 4), e no mês de outubro obteve variações de 43 UFC/mL (Ponto 1) a 39000 UFC/mL (Ponto 4) e no mês de novembro apresentou variação de 140 UFC/mL (Ponto 1) a 31000 UFC/mL (Ponto 4) (FIGURA 10).

Foi possível observar valores crescentes de coliformes termotolerantes ao longo do córrego. Acredita-se que esses aumentos sejam decorrentes da maior contribuição de drenagem da bacia, com pecuária e matas ciliares degradadas e lançamento de esgoto.

No ponto 4 já era esperado elevados, uma vez que os esgotos domésticos são ricos em coliformes termotolerantes. Dados semelhantes foram observados por Cunha (2010) e Cruz e Cunha (2015) nos pontos de amostragens a jusante de lançamentos de esgoto. Astoni e Condé (2015), também apresentou valores em desacordo com a resolução, onde apresentavam proximidade dos pontos de lançamento de efluentes inadequados.

Figura 10 - Variação dos coliformes termotolerantes da água no córrego São Francisco do Borja, Perdizes – MG.



Fonte: Dados obtidos em trabalho de campo e em laboratório.

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, o valor máximo estabelecido para rios de classe 2 é de 1000 UFC/mL. Desta forma, apenas o ponto 4, que apresentou 130000 UFC/mL em setembro e 39000 UFC/mL no mês de outubro, estão fora do valor limite estipulado. Deste modo, seria necessário observar se o tratamento da ETE está sendo efetivo.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que a elaboração deste trabalho foi de suma importância para ampliar os conhecimentos e verificar as atividades em torno dos pontos de amostragem deste estudo, e que as interferências humanas tem impactos na qualidade do corpo hídrico do córrego São Francisco do Borja.

Dessa forma, fica evidente que a microbacia do Córrego São Francisco do Borja está impactado e sofre as influências do uso desordenado do solo, com retirada da mata ciliar e lançamento de resíduos. Essa situação vem preocupando uma vez que se percebe alterações na qualidade e quantidade de água disponível para a população.

Diante dos dados apresentados se faz necessário o monitoramento do corpo d'água e uma melhor gestão de recursos hídricos da região. Espera-se que as análises do córrego São Francisco do Borja, possam contribuir nas tomadas de decisões, para uma recuperação das áreas degradadas e na conscientização da população em preservar o córrego.

## REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.** Brasília: ANA, 2005. 176p. Disponível em: <[http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA\\_DA\\_QUALIDADE\\_DAS\\_AGUAS.pdf](http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf)> Acesso: 10 jun. 19.
- BORGES, N. G. A influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água do córrego do barreiro, Araxá – MG. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Instituto das Engenharias, UNIARAXÁ, Araxá/MG, 2016.
- BORGES, N. G. **Diagnóstico dos impactos ambientais da microbacia do córrego das Antas, Tapira-MG.** Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Saneamento Ambiental). Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do triângulo mineiro, 2018.
- BRASIL. Lei nº 12.651/12. **Novo Código Florestal.** Brasília, DF, 2012.
- BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005.** Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama](http://www.mma.gov.br/port/conama)>. Acesso: 10 set. 19.
- CHICHARO, L.; Müller, F.; FOHRER, N. (Ed.). **Serviços de ecossistemas e Eco-hidrologia de bacias hidrográficas.** Springer Holanda, 2015. 350 p.
- COTRIM, M. E. B. Avaliação da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape com vistas ao abastecimento Público. **Tese de Doutorado.** Universidade de São Paulo. 2006.
- CUNHA, C.A.G. **A sub-bacia do Rio Jacupiranga: análise dos aspectos socioeconômicos e ambientais como subsídio para o manejo sustentável da região do Vale do Ribeira de Iguape, São Paulo.** 2010. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010
- CRUZ, A. C.; CUNHA, C. A. G. Avaliação sobre a influência da urbanização na qualidade das águas do córrego da Galinha – Araxá, MG. **Trabalho de Iniciação Científica**, apresentado ao Programa de Iniciação Científica do Centro Universitário do Planalto de Araxá, 2015, 32 p.
- GARCIA, C. A. et al. **Análise da qualidade da água e do uso e ocupação do entorno dos corpos hídricos** da estação ecológica e estação experimental de Itirapina–Itirapina, SP. 2018.
- GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, 2005. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/9169/5638>> Acesso: 10 jun. 19.
- JUNIOR, P. F.; DALLA VILLA, M. E. C. Análise macroscópica nas cabeceiras de drenagem da área urbana de Umuarama, região noroeste-Paraná/Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 17, n. 1, p. 107-118, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/index.php/geografia/article/view/8743>> Acesso: 22 agos. 19.
- MORAIS, L. G. **A influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água do córrego da Galinha, Araxá – MG.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Instituto das Engenharias, UNIARAXÁ, Araxá/MG, 2015.

OLIVEIRA, C. E. B., OLIVEIRA, C. F., PENA, F. F., DE SOUSA, L. H. S., TAMBURUS, I. E., SILVA, P. D. S. L., FERREIRA, D. C. Qualidade da água e estimativa da carga orgânica máxima assimilada pelo córrego Lanoso. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 3, p. 213-227, 2019.

PEIXOTO, I. M. D. B.; QUARTAROLI, L. Monitoramento da Qualidade da Água no Córrego Silvestre: Influência da Univicosa. **ANAIIS SIMPAC**, 2018. <<https://academico.univicosa.com.br/revista/index.php/RevistaSimpac/article/view/704>> Acesso: 23 out. 19.

PMP, Prefeitura Municipal de Perdizes. Plano Municipal de Saneamento Básico. Perdizes, MG: DRZ: Gestão Ambiental, 2015. 77 p

PORTO, A. A.; OLIVEIRA, A. M. S.; SAAD, A. R. et al. Análise geoambiental aplicada ao uso da terra na bacia hidrográfica do córrego capão da sombra, Guarulhos (SP), utilizando fósforo como indicador de qualidade ambiental. **Revista UNG – Geociências**, v. 16, n. 1, p. 6-24, 2017.

SILVA, D. J. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade das águas que abastecem a cidade de Araxá-MG**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Instituto das Engenharias, UNIARAXÁ, Araxá/MG, 2015.

SOUZA, E. D. **A expansão demográfica e seus impactos**. 2018. Disponível em: <https://repositorio.uninter.com/bitstream/handle/1/297/1311034%20%20ELIAKIN%20SOUZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso: 11 dez. 19

SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. REDE-Revista Eletrônica do Prodema, v.8, 2014. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/revista/index.php/rede/article/viewFile/217/51>> Acesso: 23 out. 19.

VIEIRA, A. G. **A qualidade das águas em canais fluviais da bacia hidrográfica do córrego do gramado, no município de Presidente Prudente-SP**: (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista. (UNESP) – 2018.

# CAPÍTULO VI

## SISTEMAS AGROFLORESTAIS: ASPECTOS DA ASSOCIAÇÃO ENTRE CULTURAS

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-6

Fábio Luiz de Oliveira <sup>1</sup>  
Marcelo Antônio Tomaz <sup>1</sup>  
Lima Deleon Martins <sup>2</sup>  
Wagner Nunes Rodrigues <sup>3</sup>  
Daniel Pena Pereira <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Agronomia, CCAE/UFES, fabio.oliveira.2@ufes.br; marcelo.tomaz@ufes.br

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia, Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim/ES, deleon\_lima@hotmail.com;

<sup>3</sup> Centro Universitário Unifacig, wagnernunes@outlook.com;

<sup>4</sup> Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba/MG, danielpena@iftm.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento da exploração de áreas verdes no Brasil, por consequência da existência de extensas áreas improdutivas, resultante da degradação dos solos, principalmente em função da prática do cultivo itinerante, leva-nos à busca de soluções sustentáveis para a continuidade das atividades agrícolas.

Há tempos se discutem estratégias para mudar o quadro de perda que o ambiente e a população humana vêm sofrendo com o manejo inadequado dos recursos naturais. Dentre essas, aparecem os Sistemas Agroflorestais (SAF's), que surge como um termo novo, mas que na verdade é uma prática antiga, já adotada por povos indígenas. King e Chandler (1978) conceituaram os SAF's como sendo os "sistemas sustentáveis de uso da terra que combinam de maneira simultânea ou em sequência, a produção de cultivos agrícolas com plantações de árvores frutíferas ou florestais e/ou animais, utilizando a mesma unidade de terra e aplicando técnicas de manejo que são compatíveis com as práticas culturais da população local".

Nas últimas duas décadas os estudos com SAF's vem se dinamizando em diferentes regiões do Brasil, inclusive com o enfoque nos reflexos socioeconômicos que os SAF's podem trazer para os agricultores, especialmente àqueles de base familiar, uma vez que racionalizam o uso da mão-de-obra ao longo do ano e são responsáveis pela maior parte da renda desses grupos de agricultores. Já no final da década de 2010, Santos (2010) chamou a atenção para as experiências com SAF's diversificados, baseados em princípios agroecológicos, que estão aumentando expressivamente em todas as regiões do Brasil, incentivados por alguns trabalhos

participativos desenvolvidos por instituições públicas e organizações não governamentais, entre outras entidades.

Nesse contexto, Padovan e Cardoso (2013), ao estudarem sistemas agroflorestais de base agroecológica, implantados por agricultores nas cinco regiões do Brasil, constataram elevada produção de serviços ambientais, demonstrando a importância e o potencial desses agroecossistemas para a restauração de áreas degradadas, inclusive para fins de Reserva Legal (RL) e em Áreas de Preservação Permanente (APP), conforme permitido pelo novo código florestal (Código Florestal Brasileiro, (Lei nº 12.651) de 25 de Maio de 2012, modificado pela Lei 12.727, de Outubro de 2012).

No entanto, o sucesso do SAF's depende do conhecimento de vários aspectos, principalmente devido as peculiaridades regionais das diferentes regiões brasileiras. Dessa forma, resumidamente pontuar-se-á alguns aspectos para o entendimento dessa forma de associação entre culturas.

## 2. CONCEITUAÇÃO

O termo Sistema Agroflorestal (SAF's) ainda é usado para descrever práticas tradicionais de policultivos, e apenas recentemente os conceitos internacionalmente mais aceitos têm sido desenvolvidos. Farrel e Altieri (2002) destacam a definição do *International Council for Research in Agroforestry* – ICRAF (Conselho Internacional de Pesquisas em Agroflorestas): Agrofloresta denota um manejo sustentável da terra e dos cultivos que busca o aumento da produtividade em bases contínuas, combinando a produção de árvores florestais (incluindo frutíferas e outras espécies perenes), com cultivos anuais e/ou animais domésticos, de modo simultâneo ou sequencial na mesma porção de terra; e aplicando práticas de manejo compatíveis com as práticas culturais da população local (ICRAF, 1995).

Os demais conceitos (Sistema Agroflorestal, Arborização/Sombreamento e Cultivo protegido, ILPF) advêm de uma mesma lógica de sistema de manejo, o cultivo de culturas com espécies florestais. Todavia existe uma discordância literária entre estes conceitos. No geral, o que se pode relatar é que o conceito de Sistema Agroflorestal (SAF) abrange os demais sistemas de associação, arborização, sombreamento e cultivo protegido, sendo o objetivo da associação a única variação entre os mesmos. Montagnini (1992) define os SAF's como sendo formas de uso e manejo dos recursos naturais nos quais espécies perenes (árvores, arbustos e palmáceas) são utilizadas em associação com cultivos agrícolas ou animais no mesmo terreno, de maneira simultânea ou numa sequência temporal.

Em um contexto amplo, Nair (1993) conceitua o SAF como um sistema de uso de terra que envolve a permanência deliberada, introdução ou retenção de árvores ou outras culturas arbóreas de hábito perenes ou semi-perenes em associação com culturas agrícolas ou animais com benefício mútuo resultante das interações ecológicas e econômicas.

O que deve ser ressaltado é que o objetivo central, que determina a escolha entre a composição do SAF's, sempre estará somado aos objetivos secundários, pois a adoção do SAF's quando excelentemente planejada deve atenuar as condições de estresse climático e, também, proporcionar ao produtor a possibilidade de ampliar sua capacidade de diversificação produtiva.

### 3. ASPECTOS MICROCLIMÁTICOS

Em função da heterogeneidade dos componentes de um sistema arborizado (assim como em policultivos), o ambiente físico tem suas características microclimáticas afetadas, com alterações no balanço de energia devido às complexas interações entre os diferentes organismos e o ambiente (PEZZOPANE, 2008; DAMATTA *et al.*, 2016).

O SAF é uma excelente estratégia agronômica de mitigação dentro do princípio da sustentabilidade e é especialmente adequado para locais que sofrem simultaneamente escassez de água no solo e alta irradiação solar e (DAMATTA *et al.*, 2018).

Em um SAF, o sombreamento proveniente da espécie de maior porte afeta a disponibilidade de luz ao longo da copa das espécies do sistema, esse efeito pode causar melhoria nas condições microclimáticas devido à redução da oscilação térmica. Algumas das modificações microclimáticas mais importantes que as árvores promovem em áreas sob sua influência são: redução na temperatura do ar e do solo, e manutenção de maior teor de umidade no solo (WILSON, 1996; SANTOS *et al.*, 2019). Além disso, a espécie de maior porte acaba atuando como quebra vento, protegendo as espécies menores. Também causando a manutenção da umidade do solo e do ar no sistema (PARTELLI *et al.*, 2014; BOGUSZEWSKA *et al.*, 2020).

A adoção das práticas de arborização promove alterações no microclima do agrossistema, o que podem afetar os processos fisiológicos de uma cultura agrícola, reduzindo os efeitos do depauperamento das plantas, muitas vezes sem afetar a produção (OLIOSI *et al.*, 2016). Segundo Beer *et al.* (1998) e DaMatta (2004), as alterações no microclima propiciam a manutenção de melhores taxas de fotossíntese nas plantas, reduzindo o déficit de pressão de vapor nas folhas e permitindo a abertura dos estômatos, aumentando a absorção de gás carbônico (FERNANDES *et al.*, 2021).

A arborização também pode reduzir a fotoinibição, causada pelo excesso de radiação solar, e a demanda excessiva de água, causada pela influência do excesso de energia sobre o desenvolvimento do vegetal (LARCHER, 1995).

Assim, o sombreamento causa modificações no microclima da lavoura, reduzindo a flutuação da temperatura, reduzindo a velocidade do vento, aumentando a umidade relativa do ar, consequentemente, melhorando a eficiência no uso da água no ambiente de cultivo (HERNÁNDEZ *et al.*, 1989; RIGHI e BERNARDES, 2008).

#### 4. ASPECTOS SOBRE O SOLO

A implantação de espécies florestais em conjunto com um cultivo agronômico gera um novo sistema com características nitidamente diferentes de um sistema de monocultivo. Esse novo agrossistema pode ter efeitos diversos sobre o ambiente e sobre as espécies vegetais utilizadas na área.

Quanto aos aspectos edáficos a utilização dos SAF's pode causar diversos impactos na qualidade do solo, como a redução dos impactos das gotas de água no solo ficando o mesmo mais protegido contra erosão (FRANCO *et al.*, 2002; DAMATTA *et al.*, 2017), manutenção do teor de matéria orgânica do solo (MENDONÇA *et al.*, 2001; XAVIER, 2009), melhoria das propriedades físicas do solo (XAVIER, 2009), utilização e ciclagem de nutrientes presentes em camadas mais profundas do perfil do solo (ICRAF, 1995), redução da acidez do solo (WONG *et al.*, 1995) e melhor aproveitamento da água no sistema (SOUZA *et al.*, 2005).

A diversidade entre as espécies arbóreas que podem ser empregadas em um sistema é um dos pontos importantes para a melhoria da qualidade do solo. Souza (2006), estudando arborização em cafezais com espécies nativas, constatou o uso de 12 espécies por SAF em média. As espécies devem ser adotadas em combinação de acordo com as condições locais, com a sua capacidade de competição por água e nutrientes, com o sombreamento promovido, com a mão-de-obra e o nível de experiência requerido para seu manejo, entre outros.

A diversidade de espécies arbóreas também é importante para explorar o aumento a variabilidade de produção de biomassa no sistema, assim como a otimização do controle da erosão e da ciclagem de nutrientes (DUARTE, 2007). JUNQUEIRA *et al.* (2013) a partir de suas observações, concluíram que os SAF's promoveram os seguintes benefícios: descompactação do solo; aumento da infiltração de água no solo; diminuição do carreamento de sedimentos e controle de processos erosivos; criação de um microclima com temperaturas mais baixas e elevação da retenção de umidade no solo; aumento de resistência de cultivos a períodos de seca; aumento na população de minhocas e outros organismos edáficos e não edáficos; certo

escurecimento das camadas superiores do solo, que pode estar relacionado a um aumento dos teores de matéria orgânica; mudança na composição de plantas espontâneas, com uma transição para espécies indicadoras de boas condições de solo; aumento da resistência de cultivos ao ataque de pragas e doenças; melhorias no crescimento e desenvolvimento de plantas, flores e frutos de alguns cultivos; aumento da produção de alguns cultivos, principalmente frutíferas e diversificação relativamente grande dos agroecossistemas.

Os SAF's têm grande potencial para conservação do solo, visto que as perdas de solo e de nutrientes nos mesmos são menores do que em sistemas convencionais. Enquanto em sistemas convencionais ocorrem perdas de aproximadamente 2,6 toneladas de solo por hectare todo ano, em um SAF as perdas são comparáveis a das comunidades florestais, com cerca de 217 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (FRANCO *et al.*, 2002).

A redução da erosão em um SAF está relacionada com a melhoria na infiltração da água da chuva, reduzindo o escoamento superficial e, consequentemente, causando o aumento da disponibilidade hídrica para as plantas. Essas melhorias no solo estão associadas ao maior aporte de matéria orgânica nos sistemas agroflorestais (AGUIAR, 2008).

O aumento do aporte de matéria orgânica também tem efeito positivo sobre os teores de carbono orgânico e das substâncias húmicas do solo, responsáveis por grande parte das cargas que favorecem a retenção de água, a capacidade de troca de cátions e a estabilização dos agregados do solo (MENDONÇA *et al.*, 2010).

Quanto ao efeito do SAF sobre os microrganismos do solo, Cardoso *et al.* (2003) verificaram que nas condições de solo em um SAF, houve aumento da presença de esporos de micorrizas, que são fungos com reconhecido benefícios aos sistemas de cultivos agrícolas, por sua capacidade de solubilização de fósforo, o que pode melhorar a ciclagem desse, e de outros nutrientes e sua disponibilidade às plantas cultivadas, principalmente às que tem associação com esse fungo, como é o caso do cafeeiro. Cesar (2013), mostrou que o manejo realizado pelos agricultores nos sistemas agroflorestais, especialmente o manejo de podas influenciou nos parâmetros microbiológicos (BMS-C e RBS) e na composição das populações da fauna epiedáfica.

Segundo Mendonça *et al.* (2010), para promover a atividade biológica do solo, deve-se manter sua cobertura vegetal, com o objetivo de protegê-lo dos agentes de intemperismo, como chuvas intensas e bruscas oscilações de temperatura. Assim os SAF's teriam maior potencial de promoção da atividade biológica do solo, por manter o solo permanentemente coberto. Inclusive, o uso de SAF's é indicado por autores como Alves *et al.* (2011), devido à possibilidade de serem equiparáveis a áreas naturais de vegetação e como promotores de estoques de

carbono microbiano. Outros benefícios são percebidos também na melhoria das propriedades físico-químicas da atividade microbiana no solo

A copa das árvores pode constituir-se em proteção física para os solos, e por consequência para as culturas abaixo dessas, reduzindo a velocidade dos ventos, além de que o impacto dos pingos das chuvas sobre a superfície do solo ou sobre as folhas de outras plantas podem ser amenizados, reduzindo, por tanto a retirada de água dos sistemas, controlando a erosão hídrica e aumentando a infiltração de água no solo (HERNANDEZ, 1998).

Alguns resultados de pesquisa demonstram que a presença das árvores em SAF's silvipastoris, aumenta a disponibilidade de N para plantas forrageiras. Wilson *et al.* (1990) observaram que nos períodos de verão e de primavera a acumulação de N em grama batatais (*Paspalum notatum*) sob uma plantação de Eucalipto de 5 anos de vida, foi 67% maior do que uma pastagem solteira. Podendo resultar em um enriquecimento da qualidade da forrageira produzida sob o bosque.

Outro fator importante é a capacidade do SAF's em promover armazenamento de carbono (C) no solo. Ávila *et al.* (2001) avaliaram o armazenamento e fixação de C em SAF's com café e sistemas pastoris com *Brachiaria brizantha* e perceberam maior acumulação de C no solo com os SAF's, quando comparados com os sistemas ausentes das árvores.

## 5. ASPECTOS BIÓTICOS

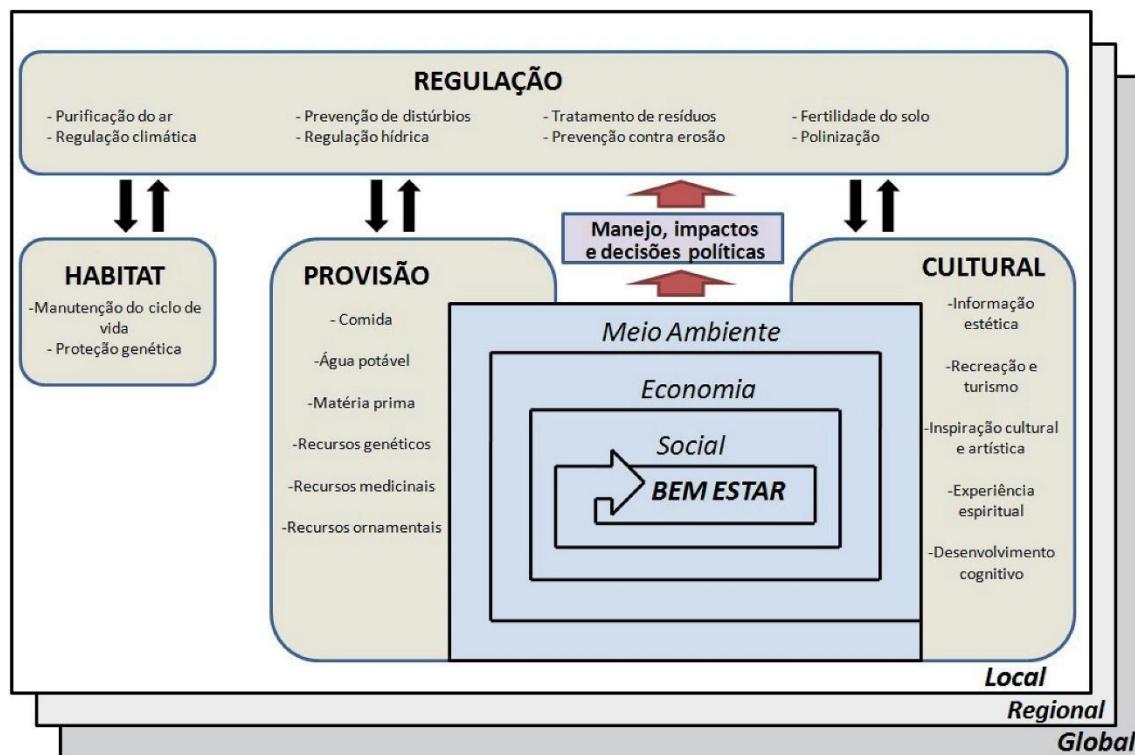
Os SAF's buscam integrar sistemas de produção de alimentos, fibras, energia e componentes arbóreos, madeireiros e não madeireiros, realizados na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação, para otimizar os ciclos biológicos de plantas e animais, insumos e seus respectivos resíduos. Visa, ainda, manutenção e reconstituição da cobertura florestal, a recuperação de áreas degradadas, a adoção de boas práticas agropecuárias (BPA) e aumentar a eficiência com o uso de máquinas, equipamentos e mão de obra, possibilitando, assim, gerar emprego e renda, melhorar as condições sociais no meio rural e reduzir impactos ao meio ambiente (EMBRAPA, 2021).

Os SAF's tentam recriar condições presentes nos ambientes naturais, promovendo a oferta dos principais serviços ecossistêmicos (SEs) presentes em sistemas não antropizados. Tomando por base essas definições, tem-se que SEs são os aspectos dos ecossistemas utilizados (ativa ou passivamente) para produzir bem-estar humano. De modo mais aprofundado, ao definir SE, os pontos-chave são: i) devem ser fenômenos ecológicos e ii) que eles não têm que ser diretamente utilizados. Dessa forma, percebe-se a dificuldade em mensurá-los pelo fato de

elas não poderem ser cambiáveis dentro da economia e, na maioria dos casos, não podem ser extraídos ou separados da natureza (VASCONCELOS e BELTÃO, 2018).

Rashid *et al.* (2007) propõe quatro tipos de serviços ecossistêmicos, sendo suporte, regulação, provisão e cultural. Esses tipos de serviços são elencados em diversos trabalhos que avaliam SAF's. Desse modo, funções ou processos se tornam serviços se houver seres humanos que deles se beneficiem, conforme melhor exemplificado na Figura 1 (FISHER *et al.*, 2009).

Figura 1: Modelo teórico conceitual da prestação de serviços ecossistêmicos proposto por FISHER *et al.* (2009).



Fonte: FISHER *et al.*, 2009

Exemplo da prestação desses serviços ecossistêmicos são observados por vários autores, como DaMatta *et al.* (2007), quando ressaltaram que o sombreamento em sistemas agroflorestais também afeta alguns insetos-praga e patógenos de plantas, podendo reduzir os problemas causados pelos mesmos. Como exemplos dessa influência, temos a redução na incidência da mancha de phoma, cercosporiose e do bicho mineiro em cafezais sombreados.

Nos SAF's, desde que seja feita uma escolha correta das espécies utilizadas, a manutenção dos teores de matéria orgânica do solo em níveis mais elevados também pode causar a estabilização de populações de nematoides abaixo dos níveis críticos (ARAYA, 1994). Além das vantagens mencionadas, a arborização diversifica o agroecossistema, elevando a

população de insetos polinizadores e de parasitoides e predadores de pragas da lavoura (LIEBMAN, 1996)

## 6. ASPECTOS GERAIS DOS SAF'S NA CULTURA DO CAFÉ

O café é originário de florestas caducifólias da Etiópia, onde as árvores dos extratos mais altos perdem as folhas de julho à setembro, quando o cafeeiro mais necessita de luz para a floração (MARTINS, 2008), sendo uma espécie adaptada à sombra, embora no Brasil, a maioria das lavouras sejam conduzidas a pleno sol. Por tanto, os SAF's na cultura do café podem significar uma alternativa interessante.

Na maioria dos sistemas de produção de café, que possuem características de agricultura familiar, é comumente praticado o plantio de culturas de ciclo anual ou não perene, entre as linhas dos cafeeiros. Estes sistemas caracterizam-se por um consórcio, visto que à medida que o cafeeiro se desenvolver, e deixar à fase vegetativa, a consorciação tornar-se-á impraticável, dentro dos espaçamentos atualmente recomendados (DaMATTA *et al.*, 2007).

Dessa forma, são observadas diversas formas de associação feita entre o cafeeiro e uma ou mais culturas, o que gera um gama de conceituações para esses sistemas. Para facilitar a conceituação, deve-se utilizar a linha temporal de desenvolvimento do cafeeiro para dividir os conceitos, dividindo a fase vegetativa e a fase produtiva. Assim, pode-se externar a definição de consorciação dos demais conceitos.

Quando se trata de SAF's, se introduz a ideia de arborização nos cafezais, e essa preconiza a atenuação dos efeitos das variáveis climáticas, interferindo positivamente em vários aspectos (DaMATTA e RENNA, 2002). Conceitualmente a arborização é definida quando se possui um sistema de associação café - espécie florestal, objetivando a promoção de um sombreamento esparsa.

Todavia, essa conceituação ainda é divergente na literatura, pois também está envolvido na concepção de SAF's no cafeeiro, o conceito de cultivo protegido, sendo o mesmo empregado ao uso de quebra-vento e, também, quando o objetivo é mitigar os impactos fitossanitários (DaMATTA *et al.*, 2007). A figura 2 mostra uma linha de árvores que pode ter esse efeito benéfico de quebra ventos, quando associado a culturas ou pastagens.

Figura 2. Linha de árvores provavelmente plantada como um quebra-vento perto de Little Ouse, Cambridgeshire, Inglaterra.



Fonte: "Evans, Keith. Julho 2009. Line Of Trees - geograph.org.uk - 1415833.jpg. Fotografia de Keith Evans, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Line\\_Of\\_Trees\\_-\\_geograph.org.uk\\_-\\_1415833.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Line_Of_Trees_-_geograph.org.uk_-_1415833.jpg)."

## 6.1. MANEJO

A combinação de um manejo adequado da irrigação, sombreamento, adensamento e seleção de espécies, podem contribuir para fornecer as condições fisiológicas ideais para as plantas de café (FAVARIN *et al.*, 2002). Assim, alguns aspectos promovidos pelo manejo do SAF's no cafeiro serão abordados nesse tópico.

Na implantação do SAF's, como no início do consórcio, deve-se conhecer a espécie a ser utilizada na arborização de cafeeiros. Pezzopane (2008) afirma que estas espécies devem possuir características ótimas como: tronco alto, copa concentrada no topo; flexível ao vento; rápido crescimento inicial; sistema radicular profundo, para não competir com o cafeiro e tolerar a presença de espécies de sub-bosque. Segundo o mesmo autor, as espécies que apresentam características mais favoráveis para sua utilização, atualmente no Brasil, são a grevílea (*Grevillea robusta*), a seringueira e o cedro australiano (Figura 3).

Figura 3. Sistema agroflorestal de cultivo de café com cedro.



Fonte: "Halpern, Mauro. Junho 2015. Cedro\_cafe.jpg. Fotografia de Mauro Halpern, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cedro\\_cafe.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cedro_cafe.jpg)."

A utilização de espécies arbóreas como quebra-vento, em associação com o cafeiro, torna-se importante pela proteção física promovida. As árvores diminuem a velocidade do vento que incide nas plantas de café, reduzindo, desta forma, a queda de folhas e flores, além da incidência de doenças como a phoma e, também, a incidência de doenças abióticas (DaMATTA *et al.*, 2007).

Com relação à mitigação fitossanitária, Caramori *et al.* (2001) relatam sobre o emprego do cultivo protegido para redução da incidência de pragas e doenças do cafeiro, devido ao microclima produzido, proporcionando menor incidência de ataque de bicho mineiro, e Matiello *et al.* (2001) relatam sobre a menor ocorrência de phoma (*Phoma spp.*). Por outro lado, pode-se haver maior incidência da broca do café (*Hypothenemus hampei*) e da ferrugem do cafeiro (*Hemilea vastratix*) (DaMATTA e RENA, 2002).

Um fator que ainda necessita de estudos para aprofundamento é sobre a proporção de cobertura do terreno proporcionada pela arborização. Segundo DaMatta *et al.* (2007), a área de sombreamento em cultivo de cafeiro associado com uma ou mais espécies florestais deve

propiciar entre 1/5 a 1/2 de cobertura do terreno. A arborização também tem sido empregada abrangendo cobertura de 1/6 a 1/3 (CAMARGO, 1985) ou de 1/8 a 1/4 da superfície do terreno (FERNANDES, 1986). Para Soto-Pinto *et al.* (2000) há uma relação positiva entre os níveis de sombreamento de 23 a 38% e a produção de frutos de café. Freitas *et al.* (2000) observaram que a produção do cafeiro era menor nas fileiras mais próximas da linhas de seringueira, mas que essa queda era compensada pelas fileiras mais distantes e beneficiadas pelo sombreamento.

Quanto à condução do SAF, Souza (2006) sistematizando as experiências com SAF's na Zona da Mata Mineira apontou especificidades locais, e uma delas foi à definição de critérios para seleção de espécies com base em características que interferiam na sua compatibilidade com o cafeiro, como ter um sistema radicular profundo, boa produção de biomassa, e outras características como a diversificação da produção e o caráter decíduo das espécies. O resultado do estudo orientou para a introdução de espécies frutíferas no sistema, demonstrando que não há uma regra para inserção de apenas espécies florestais. No estudo, as espécies arbóreas *Persea americana* (abacate), *Luehea grandiflora* (açoita cavalo), *Inga subnuda* (ingá), *Zeyheria tuberculosa* (ipê-preto), *Senna macranthera* (fedegoso), *Erythrina verna* (mulungu) e *Aegiphila sellowiana* (papagaio) foram apontadas pelos agricultores experimentadores de SAF's como algumas das mais compatíveis com o café.

Além das espécies citadas acima, outras espécies podem ser utilizadas com alto potencial, como o abacateiro (*Persea americana*), o sobraji (*Colubrina sp.*), o louro-pardo (*Cordia tricotoma*), a gliricídia (*Gliricidia sepium*), o jenipapo (*Genipa americana*), o pupunha (*Bactris gasipaes*), o cacau (*Theobroma cacao*), o palmiteiro ou juçara (*Euterpe edulis*), o açaizeiro (*Euterpe oleraceae*) e madeiras de lei, como o mogno (*Swietenia macrophylla*), o freijós (*Cordia alliodora*, *Cordia goeldiana*), a teca (*Tectona grandis*), o neen indiano (*Azadirachta indica*) e o eucalipto (*Eucalyptus spp.*) (DaMATTa *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2010).

Lima *et al.* (2010) relatam que a arborização modifica o ciclo de maturação dos frutos do cafeiro, influenciando em uma bebida de qualidade superior, o que abre perspectivas para o uso do sistema de arborização visando um mercado de alta demanda e consecutivamente de elevada remuneração, o que já está sendo adotado por alguns produtores.

Já DaMatta (2004) menciona que o sombreamento pode reduzir a produtividade das plantas de café por várias razões, entre elas as menores taxas de assimilação de carbono, o maior estímulo ao crescimento vegetativo em relação ao reprodutivo e o menor número de nós e flores formados por ramo. Entretanto, MIRANDA *et al.* (1999) citam alguns benefícios encontrados com a arborização dos cafezais, como a atenuação da bienalidade da produção e a

redução na incidência da seca de ramos. Uma alta carga pendente associada a deficiências nutricionais e condições climáticas desfavoráveis, entre outros fatores, podem causar desgaste nas plantas de café. As plantações de café a pleno sol são mais susceptíveis a esses fatores limitantes do que os cafezais sombreados.

Considerando os aspectos fisiológicos dos cafeeiros diretamente influenciados pela introdução de árvores, Barradas e Fanjul (1986) citam que ocorrem alterações nas taxas de trocas gasosas e de transpiração, com influências no crescimento e produtividade das plantas. Cafeeiros desenvolvidos a pleno sol apresentam menores taxas de condutância estomática e maiores taxas de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>.

DaMatta e Maestri (1997) afirmam que plantas de café apresentam plasticidade morfológica e mecanismos que permitem dissipar o excesso de energia de excitação e se recuperar rapidamente da fotoinibição. Logo, mesmo com a popular crença de que o cafeiro é uma planta típica de sombra, existem evidências de sua capacidade de adaptação a condição de pleno sol.

O sucesso na associação feita entre o cafeiro com uma ou mais culturas é determinado pelo adequado manejo das espécies a serem usadas, considerando a escolha dessas espécies, o espaçamento adotado e o sistema de podas. O inadequado manejo do sombreamento pode causar prejuízos de cerca de 70% da produção (CARAMORI *et al.*, 1987), além de promover o aumento do ataque de pragas e dificultar o uso de máquinas agrícolas (CAMARGO, 2007).

Desta forma deve-se conhecer exatamente a espécie que será utilizada na promoção da associação, e os métodos de manejo a serem empregados, para que seja possível o ótimo planejamento de implantação, e posteriormente a condução perfeita da associação.

## 6.2. ASPECTOS ECONÔMICOS

A adoção de SAF's no cultivo do cafeiro é um assunto controverso devido às peculiaridades que esse tipo de cultivo apresenta. De maneira geral, o aumento da diversidade de espécies na área dificulta a mecanização e o manejo do cafezal, especialmente em áreas extensas. No entanto, quando se considera pequenas áreas, esse sistema pode ser uma boa estratégia econômica, com maior segurança em períodos quando o preço do café é reduzido (DaMATTA *et al.*, 2007).

Espécies de sombra para produção de madeira normalmente apresentam baixos custos de produção sendo uma opção economicamente viável para exploração nos SAF's em consórcio com o cafeiro (DaMATTA *et al.*, 2017). Um problema que pode ocorrer no corte destas árvores para extração da madeira é que durante este procedimento podem ocorrer danos físicos à

lavoura de café, sendo necessário um adequado planejamento de como e quando realizar a colheita das mesmas (DaMATTa *et al.*, 2007). Isso reforça o que Souza (2006) percebeu nas experiências com SAF's na Zona da Mata Mineira, quando os resultados apontaram para as especificidades locais, orientando para a introdução de espécies frutíferas no sistema (Figura 4), demonstrando que não há uma regra para inserção de apenas espécies florestais.

Figura 4. Cultivo de café, consorciado com macadâmia. Fonte: "Counter Culture Coffee. Janeiro 2011.



Fotografia de Counter Culture Coffee,  
<https://www.flickr.com/photos/counterculturecoffee/5411749796/in/album-72157625838606677/>"

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de associação de culturas pelos SAF's é interessante para a agricultura familiar e reuni vantagens tanto econômicas como ambientais, de forma que a sua adoção pode significar o uso sustentável de recursos naturais disponíveis ao produtor, além de aliar a menor dependência de recurso externo à propriedade, o que resulta em maior segurança econômica e alimentar para o produtor e por consequência para o consumidor.

É válido ressaltar que não existe um plano pré-definido a ser seguido para o sucesso da adoção desse sistema, havendo a necessidade de se conhecer as especificidades de cada local e planejar o SAF para cada situação, de modo a explorar da melhor maneira possível a

diversidade disponível, seja em plantas frutíferas, madeireiras, graníferas, ornamentais, medicinais e forrageiras.

O planejamento do SAF pensando no desenho da área e na sucessão das culturas é fundamental para o sucesso, já que o sistema não é estático e está sempre em mutação, demandando um manejo contínuo das espécies envolvidas, com adequação para cada situação.

Reunir diferentes culturas em um mesmo espaço demanda conhecimento da biologia e fisiologia dessas para extrair o que de melhor as plantas tem para oferecer, dentro do ambiente que estão colocadas. É preciso pensar no espaço horizontal que será ocupado, ou seja, no espaçamento que as culturas serão alocadas; no espaço vertical, pois à medida que as plantas crescem irão ocupar extratos diferentes; e no espaço temporal, conhecendo a fenologia e evolução das culturas ao longo do tempo.

A atenuação do estresse causado pelas variáveis climáticas, a otimização do terreno e o aumento da fonte de renda familiar são as principais vantagens que a associação entre as culturas pode proporcionar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, M. T.; VALERI, S.; MARTINS, A. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1., p.50-59, 2009.

AGUIAR, M. I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 91f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2008.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-7, 2011.

ARAYA, M. Distribucion y niveles poblacionales de *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. en ocho cantones productores de cafe en Costa Rica. **Agronomia Costarricense**, v.18, p.183-187, 1994.

AVILA, G; JIMENEZ, F.; BEER, J.; GOMEZ, M. Almacenamiento, fijacion de carbono y valoracion de servicios ambientales en sistemas agroflorestales em Costa Rica. **Agroforesteria en las Américas**, Turrialba, v.8, n.30, p.32-35, 2001.

BARRADAS, V. L.; FANJUL, L. Microclimatic characterization of shaded and open grown coffee (*Coffea arabica*) plantations in Mexico. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.38, p.101-112, 1986.

BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry systems**, v.38, p.139-164, 1998.

BOGUSZEWSKA, D.; GIETLER, M.; NYKIEL, M. Comparative proteomic analysis of drought and high temperature response in roots of two potato cultivars. **Plant Growth Regul.** 2020, 92, 345–363.

CAMARGO, A. P. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 11, p.13-26, 1985.

CAMARGO, A. P. Arborização de cafezais. **O Agronômico**, v.59, n.1, p.28-30, 2007.

CARAMORI, P. H.; MANETTI FILHO, J. C.; VILLA NOVA, N. A.; MARUR, C. J.; SEREIA, V. J. Arborização de cafeeiros com *Leucaena leucocephala* para proteção contra geadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5., 1987, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: CPATU, 1987. p.337-339.

CARAMORI, P. H.; MORAIS, H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; LEAL, A. C.; GORRETA, R.; CRUZ, R. F. R. Utilização de espécies intercalares ao cafezal para proteção contra geadas: Resultados e perspectivas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., Vitória, 2001. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2001. p. 242-246.

CARDOSO, I. M.; BODDINGTON, C.; JASSEN, B. H.; OENEMA, O.; KUYPER, T. W. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. **Agroforestry Systems**, v.58, p.33-43, 2003.

CEZAR, R. M. **Parâmetros biológicos de solos em sistemas agroflorestais multiestrata sucesional e regeneração natural**. 2013. 61f. Dissertação (Mestrado – Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2013. 61 f. il.

DaMATTAA, F. M.; GODOY, A. G.; MENEZES-SILVA, P. E.; MARTINS, S. C. V.; SANGLARD, L. M. V. P.; MORAIS, L. E.; TORRE-NETO, A.; GHINI, R. Sustained enhancement of photosynthesis in coffee trees grown under free-air CO<sub>2</sub> enrichment conditions: disentangling the contributions of stomatal, mesophyll, and biochemical limitations. **Journal of Experimental Botany**, v. 167, n. 1, p. 341-352, Oct. 2016.

DaMATTAA, F. M.; MAESTRI, M. Photoinhibition and recovery of photosynthesis in *Coffea arabica* and *C. canephora*. **Photosynthetica**, v.34, p.439-446, 1997.

DaMATTAA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. 1 ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. p.93-135.

DaMATTAA, F. M.; Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, v.86, p.99-114, 2004.

DaMATTAA, F. M.; RONCHI, C. P.; SALES, E. F.; ARAÚJO, J. B. S. O café em sistemas agroflorestais. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p.375-389.

DAMATTAA, F. M.; RONCHI, C. P.; SALES E. F.; ARAÚJO J. B. S. O Café Conilon em Sistemas Agroflorestais. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER L. H. (eds). **Café Conilon**, Vitória: Incaper, 2017. p.481-494.

DAMATTA, F. M.; AVILA, R. T.; CARDOSO, A. A.; MARTINS, S. C.; RAMALHO, J. C. Physiological and agronomic performance of the coffee crop in the context of climate change and global warming: A review. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 66, n.21, p. 5264-5274, 2018.

DUARTE, E. M. G. **Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica**. 2007. 132f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2007.

EMBRAPA. **O que é ILPF?** A EMBRAPA: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>>. Acesso em 9 dez 2021.

FARREL, J. G.; ALTIERI, M. Sistemas Agroflorestais. In: ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A. G.; VILLA NOVA, A.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.769-773, 2002.

FERNANDES, I.; MARQUES, I.; PAULO, O. S.; BATISTA, D.; PARTELLI, F. L.; LIDON, F. C.; DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. C.; RIBEIRO-BARROS, A. I. Understanding the Impact of Drought in Coffea Genotypes: Transcriptomic Analysis Supports a Common High Resilience to Moderate Water Deficit but a Genotype Dependent Sensitivity to Severe Water Deficit. **Agronomy**, 11, n. 11, 2255, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112255>

FERNANDES, D. R. Manejo do cafezal. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, F.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAPOS, 1986. p. 275-301.

FISHER, B.; TURNER, R. K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 643-53, 2009.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F.; JUCKSCH, I.; FERNANDES FILHO, E. I.; SILVA, E.; MEIRA NETO, J. A. A. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.751-760, 2002.

FREITAS, R. B.; OLIVEIRA, L. E. M.; SOARES, A. M.; DELU, N.; ALVES, D. GUERRA, E. G.; GONTIJO, P. T. G. Avaliações ecofisiológicas do consórcio café com seringueira na região de Patrocínio/MG. In: simpósio de pesquisa do café. 2000. Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2000. p.971-974, v.2

HERNÁNDEZ, M. El uso de los arboles como mejoradores de los suelos y de la productividad de las gramíneas forrjeras. **Pastos y forrjes**, Matanzas, v.21, n.4, p.283-292, 1998.

HERNÁNDEZ, A. P.; COCK, J. H.; EL-SHARKAWI, M. A. The responses of leaf gas exchange and stomatal conductance to air humidity in shade grown coffee, tea and cacao plants as compared to sunflower. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.2, p.155-161, 1989.

ICRAF – International Center for Research in Agroforestry. **Annual Report**. Nairobi: ICRAF, 1995.

JUNQUEIRA, A. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; CANUTO, J. C.; NOBRE, H. G.; SOUZA, T. J. M. Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.1, p.102-115, 2013.

KING, K. F.; CHANDLER, N. T. The wasted lands: **The program of work of the International Council for Research in Agroforestry (ICRAF)**. Nairobi: ICRAF, 1978.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. 3 ed. New York: Springer-Verlag, 1995. 506p.

LIEBMAN, M. Sistemas de policultivos. In. **Curso de autoformacion a distancia**. Chile: Centro de Educacion y Tecnologia, 1996. p.131-133.

LIMA, P. C.; MOURA, W. M. M.; VOLPATO, M. M. L.; SANTOS, J. Arborização de cafezais no Brasil. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café arábica**: do plantio à colheita. Lavras: U.R. EPAMIG SM, v.1, 2010. p.861-895.

MATIELLO, J. B.; BARROS, U. V.; GARÇON, C. Arborização de cafeeiros com bananeiras na região de altitude elevada na cafeicultura de montanha: resultados iniciais na produção e sobre Phoma. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27., Uberaba, 2001. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: PROCAFE, 2001. p. 21-22.

MATINS, A. L. **História do café**. São Paulo: Contexto, 2008. 316 p.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v.25, n.3, p.375-383, 2001.

MENDONÇA, E. S.; CARDOSO, I. M.; JUCKSCH, I.; FERNANDES, R. B. A.; GARCIA, R. V. Fatores edáficos de cafezais arborizados: processo de aprendizado contínuo com agricultores familiares. In: ZAMBOLIM, L.; CAIXETA, E. T.; ZAMBOLIM, E. M. **Estratégias para a produção de café com qualidade e sustentabilidade**. Viçosa, MG: UFV, 2010. p.63-84.

RASHID, H.; SCHOLES, R.; ASH, N. (eds.): **Ecosystems and Human Well-being: Volume 1, Current State and Trends. Population and Development Review**, vol. 33, no. 4, Dec. 2007, pp. 835+

MIRANDA, E. M.; PEREIRA, R. C. A.; BERGO, C. L. Comportamento de seis linhagens de café (*Coffea arabica* L.) em condições de sombreamento e a pleno sol no estado do Acre, Brasil. **Ciência e Agrotécnica**, Lavras, v.23, n.1, p.62-69, 1999

MONTAGNINI, F. **Sistemas agroflorestales**: principios y aplicaciones en los tropicos. 2 ed. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622p.

MUSCHLER, R. Shade or sun for ecologically sustainable coffee production: a summary of environmental key factors. In: Semana Científica Del Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza, 3., 1997, Turrialba. **Anais...** Turrialba: CATIE, 1997. p.109-112.

NAIR, P. K. R. **Introduction to Agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.

OLIOSI, G.; GILES, J. A. D.; RODRIGUES, W. P.; RAMALHO, J. C.; PARTELLI, L. F. Microclimate and development of Coffea canephora cv. Conilon under different shading levels promoted by australian cedar (*Toona ciliata* M. Roem. var. *Australis*). **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 4, p. 528-538, Apr. 2016.

PADOVAN, M. P.; CARDOSO, I. M. Panorama da situação dos Sistemas Agroflorestais no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 9. Ilhéus, 2013. **Anais...** Ilhéus: Instituto Cabruca, 2013. CD-ROM.

PARTELLI, L.; ARAUJO, A. V.; VIEIRA, H. D.; DIAS, J. R. M.; MENEZES, L. F. T.; RAMALHO, J. C. Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 11, p. 872-881, nov. 2014.

PEZZOPANE, J. R. M. Consociação-associação de culturas com o cafeiro. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; PEZZOPANE, J. R. M. **Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: CCA-UFES, 2008. p.81-96.

RIGHI, C. A. & BERNARDES, M. S. Disponibilidade de energia radiante em um sistema agroflorestal com seringueiras: produtividade do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 67, p. 533 - 540, 2008.

SOTO-PINTO, L.; PERFECTO, I.; CASTILHO, J.H.; CABALLERO, J. Shade effect on coffee production at the northern Yzeltal zone of the state of Chiapas, México. **Agriculture, ecosystems and environment**: Amsterdã, v.80, p.61-69, 2000.

SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; BONFIM, V. R.; OLIVEIRA, G. B.; GJORUP, D. F.; SOUTO, R. L.; CARVALHO, A. F. **Sistematização das experiências com sistemas agroflorestais do Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata**. Viçosa, MG, 2005. 147p.

SOUZA, H. N. **Sistematização da experiência participativa com sistemas agroflorestais: rumo à sustentabilidade da agricultura familiar na Zona da Mata Mineira**. 2006. 156f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2006.

SANTOS, A. C. **O Papel dos Sistemas Agroflorestais para usos Sustentáveis da Terra e Políticas Públicas Relacionadas Parte II: Indicadores de Funcionalidade Econômica e Ecológica de SAFs em Redes Sociais da Amazônia e Mata Atlântica**, Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. 66 p.

SANTOS, G. A. DOS; SIQUIEROLI, A. C. S.; VASCONCELOS, B. N. F.; BEZERRA, T. A.; PENA, D. M. P.; SILVA, A. DE A. **Análise comparativa do microclima entre um sistema agroflorestal e sistema de cultivo convencional**. In: Simpósio de Ciências Agrárias e Ambientais - 2019 - Monte Carmelo, 2019. Disponível em: <<https://www.doity.com.br/anais/siccaa2019/trabalho/115317>>. Acesso em: 08/04/2022 às 09:21

VASCONCELLOS, R. C.; BELTRÃO, N. E. S. Avaliação de prestação de serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais através de indicadores ambientais. **INTERAÇÕES (UCDB)**, v. 19, p. 209-220, 2018.

WONG, M. T. F.; AKYEAMPONG, E.; NORTCLIFF, S.; RAO, M. R.; SWIFT, R. S. Initial responses of maize and beans to decreased concentration of monomeric inorganic aluminium with application of manure or tree prunings to an Oxisol in Burundi. **Plant and Soil**, v.171, p.275-282, 1995.

WILSON, J. R. Shade-stimulated growth a nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.47, p.1075-1093, 1996.

XAVIER, F. A. S. **Soil organic matter stock and quality in agroforestry and full sun coffee systems**. 2009. 168f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2009.

# CAPÍTULO VII

## AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS DE DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO E RELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DO MILHO EM PLANTIO DIRETO

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-7

José Luiz Rodrigues Torres <sup>1</sup>

André Luís Benaventana Leal Júnior <sup>2</sup>

Amanda Yamada Tamburus <sup>2</sup>

Daniel Pena Pereira <sup>1</sup>

Renato Lara de Assis <sup>3</sup>

Dinamar Márcia da Silva Vieira <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) – Campus Uberaba.

<sup>2</sup> Discente do curso de Engenharia Agronômica do IFTM – Campus Uberaba.

<sup>3</sup> Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano -Campus Iporá.

<sup>4</sup> Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia

### 1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais produzidos no mundo e tem os Estados Unidos, China e Brasil como maiores produtores, detendo juntos cerca de 70% da produção mundial. No Brasil, a estimativa da produção de milho para a safra 2021/22 é de 113,27 milhões de toneladas em uma área cultivada de 21,08 milhões de hectares. Desse total, o município de Uberaba contribuirá com uma produção estimada de 301,20 mil toneladas, em uma área cultivada de 50 mil hectares (CONAB, 2022). A maior parte das áreas cultivadas com milho no país utiliza o sistema de semeadura direta (SSD) como sistema de produção.

O SSD foi introduzido no Brasil na década de 70 como um sistema conservacionista de solo. Evoluiu nestes últimos 50 anos consolidando-se como um dos mais modernos sistemas de produção agrícola sustentável para o Cerrado brasileiro, respondendo atualmente por mais de 50% da produção nacional de milho (Lana et al., 2017). Vários estudos tem evidenciado que o SSD altera a qualidade estrutural do solo à medida que os cultivos vão se sucedendo, devido ao contínuo aporte de material orgânico ao solo, a ação benéfica das raízes das plantas e a proteção oferecida à superfície do solo pelos resíduos (Mazetto Junior, 2019; Torres et al., 2019; 2021).

Apesar dos benefícios, deve-se destacar que no SSD também podem ocorrer problemas de compactação, pois as características texturais e estruturais do solo continuam as mesmas. Enquanto no sistema convencional de cultivo (SCC) o revolvimento periódico promove a reorganização das partículas e dos agregados, no SSD ocorre uma acomodação das mesmas na

camada superficial em ambos pode ocorrer à compactação na camada subsuperficial depois de algumas safras. Estes problemas podem ser amenizados pela cobertura vegetal utilizada na rotação e pelos resíduos deixados pelas culturas cultivadas no local (Ralisch & Tavares Filho, 2002). Stone et al. (2006) destacam que somente após alguns anos de não realização do revolvimento solo é que as áreas sob SSD adquirem uma estrutura com resistência suficiente para suportar o tráfego de máquinas sem apresentar compressibilidade significativa, pois apresentarão agregados mais densos, resistentes e próximos entre si.

No SSD ocorre, com maior frequência, o adensamento das camadas superficiais e a compactação das subsuperficiais, devido ao excesso de operações com máquinas com massa superior ao suportado pela estrutura do solo ou pelas ações realizadas em ocasiões de umidade inadequada (Botta et al., 2006). Nos solos do Cerrado, sobretudo naqueles intensivamente cultivados sob SSC ou SPD, estas camadas adensadas ou compactadas provocam restrição ao aprofundamento radicular, baixa atividade biológica e redução da macroporosidade, alteram a dinâmica do ar e água no solo, prejudicando o desenvolvimento das plantas (Silveira Junior et al., 2012).

Dentre as formas mecânicas de descompactar o solo, a escarificação e a subsolagem são as práticas mais utilizadas, pois ambas reduzem os efeitos negativos da compactação, diminuem a densidade e a resistência do solo à penetração das raízes, melhorando o armazenamento e movimento de água no solo (Santos et al., 2011). Contudo, alguns estudos têm evidenciado que somente o efeito da mobilização do solo com escarificadores e subsoladores tende desaparecer em razão da reconsolidação do solo, que ocorre devido aos ciclos de umedecimento e secagem, ao impacto das gotas de chuva e ao tráfego das máquinas agrícolas utilizadas na semeadura, colheita e tratos culturais (Reichert et al., 2009).

Para minimizar este problema da reconsolidação, algumas plantas vêm sendo utilizadas para realizar a descompactação biológica do solo, principalmente aquelas que tenham sistema radicular pivotante, tais como nabo forrageiro, feijão guandú e a crotalária. Essas plantas são capazes de crescer em camadas de solo compactado, formar bioporos estáveis e melhorar a infiltração de água no solo (Magalhães et al., 2009). Entretanto, não se deve restringir às espécies tradicionais, uma vez que é possível a adoção de várias alternativas de rotação de plantas e épocas de semeadura (Gonçalves et al., 2006), pois cada família e espécie fornecem vantagens e desvantagens dependendo das condições ambientais locais e do nível da compactação (Lopes et al., 2007).

A descompactação do solo através de métodos mecânicos isolados tem efeito temporário, sendo que as condições criadas podem ter pequeno efeito residual se ela não for

acompanhada pelo uso de práticas de manejo que visem aumentar a estabilidade da estrutura do solo. Dentre as práticas de manejo do solo, o uso de sistemas de rotação de culturas com espécies vegetais que apresentem sistema radicular agressivo e elevada produção de biomassa contribuem para diminuir os efeitos da compactação. Alguns estudos têm evidenciado que a descompactação propiciada por algumas plantas de cobertura, associada à ciclagem de nutrientes proporcionada pelas mesmas, favorecem o aumento da produção das culturas sucessoras, como observado para o milho, sorgo, feijão e soja (Teixeira et al., 2012; Torres et al., 2014).

Assim, é necessário buscar e avaliar formas alternativas de melhorar o manejo do solo em áreas agrícolas a fim de preservar o aspecto de sustentabilidade de sistemas de produção. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar diferentes formas de descompactação mecânica e biológica do solo e relacionar com o rendimento agronômico do milho cultivado sob semeadura direta.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

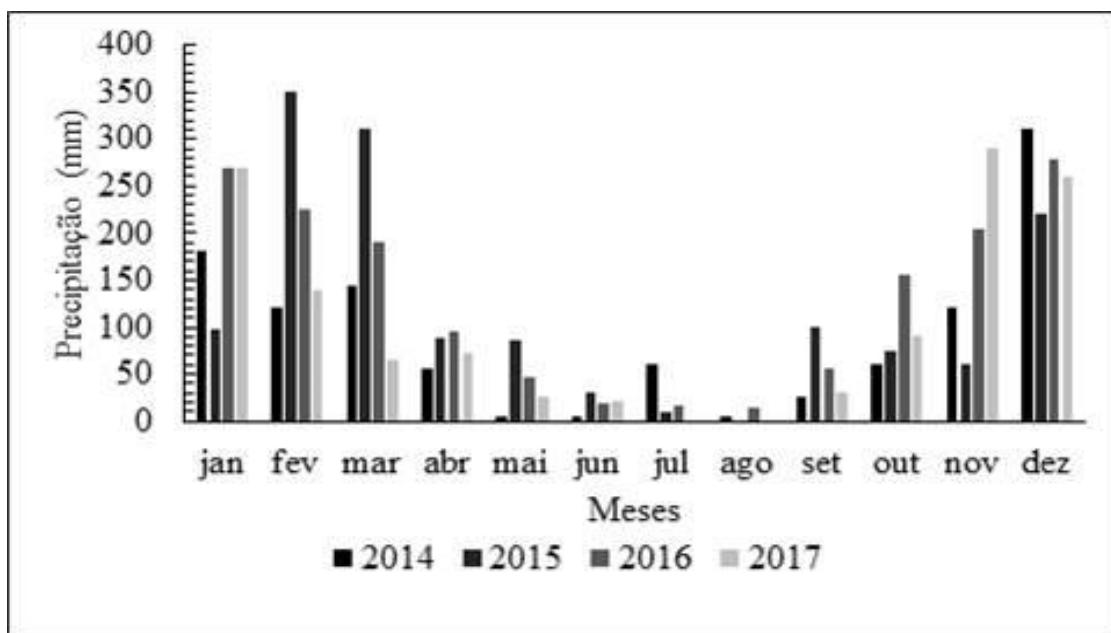
O estudo foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Uberaba-MG, localizado no município de Uberaba, entre as coordenadas 19 °39'19" de latitude Sul e 47 °57'27" de longitude Oeste, com altitude de 795 m, durante três as safras de 2014/15, 2015/16 e 2016/17. A área em estudo encontrava-se há 12 anos em pousio, onde a vegetação espontânea desenvolvia naturalmente, quando no ano de 2012 foi introduzido o sistema de plantio direto (SPD) na área, logo a seguir, em 2014 foi implantado o estudo de descompactação do solo. Esta área eventualmente era utilizada para manobra do trator/semeadora quando era feito o plantio na área principal, para regulagens de adubo e sementes nas semeadoras/adubadoras.

O solo da área experimental foi caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS et al., 2018), textura média, apresentando na camada de 0,00-0,20 m: 210 g kg<sup>-1</sup> de argila; 710 g kg<sup>-1</sup> de areia; 80 g kg<sup>-1</sup> de silte; pH (H<sub>2</sub>O) 6,3; 19 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich<sup>-1</sup>); 2,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 22 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 20 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H+Al; e 16 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica e saturação por bases de 68 %.

O clima da região é classificado como Aw, tropical quente, segundo Köppen (1948), apresentando inverno frio e seco, com médias anuais de precipitação e temperatura de 1600

mm e, 22,6 °C, respectivamente (INMET, 2018). A precipitação anual acumulada foi de 1092, 1430, 1571 e 1264 mm, para os anos de 2014, 2015, 2016 e 2017, respectivamente (Figura 1).

Figura 1. Precipitação acumulada mensal de 2014, 2015, 2016 e 2017 para Uberaba-MG.



Fonte: INMET (2018), adaptado pelo autor.

## 2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, em esquema fatorial ( $5 \times 2 \times 3$ ), sendo cinco tratamentos nas parcelas principais: 1 – Escarificador a 0,30 m (ESC30); 2 – Escarificador 0,50 m (ESC50); 3 - Subsolador a 0,30 m (SUB30); 4 - Subsolador a 0,50 m (SUB50); 5 – Sem preparo (ST) (área em pousio); Duas coberturas nas subparcelas: 1 - Crotalária (*Crotalaria juncea*); e 2 - Milheto (*Pennisetum glaucum* L.); Por três safras consecutivas: 1 - 2014/15; 2 - 2015/16; 3 - 2016/17, com 4 repetições. Cada parcela tinha uma área de 10 m x 5 m (50 m<sup>2</sup>), perfazendo no total 1000 m<sup>2</sup>.

Antes de implantar os tratamentos, entre os meses de setembro e outubro de 2014, foi feita a análise dos atributos físicos do solo, apenas para a caracterização do nível de compactação da área, que apresentava vegetação espontânea (pousio), com predomínio de Poáceas, por aproximadamente doze anos. Depois de verificada a necessidade de descompactação do solo iniciou-se a segunda fase experimental, em outubro de 2014, utilizando as cinco formas descompactação mecânica do solo associado a duas plantas de cobertura.

A semeadura das plantas de cobertura de solo foi feita no mês de outubro e de forma mecanizada, no espaçamento de 0,20 m entre as linhas de plantio, sendo utilizadas 50 e 25 sementes por metro de milheto e crotalária, respectivamente. Não foi utilizada qualquer forma de adubação no cultivo das diferentes coberturas do solo.

A semeadura direta do milho Agroceres VTPRO2 foi realizada no mês de fevereiro das safras de 2014/15, 2015/16 e 2016/17 (safrinha), logo após dessecação das coberturas vegetais, distribuindo-se 3 sementes por metro de sulco a uma profundidade de 0,5 m, no espaçamento de 0,5 m entre as linhas, para uma população inicial 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>, conforme recomendação da empresa produtora das sementes.

A adubação mineral para o milho foi definida conforme características químicas do solo e as recomendações propostas por Ribeiro et al. (1999) utilizando-se 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-28-16 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) em semeadura, 140 kg ha<sup>-1</sup> de N e 80 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O em cobertura, parcelados aos 20 e 40 dias após a semeadura, visando atingir o máximo potencial produtivo do híbrido. A aplicação foi realizada com cultivador manual devidamente regulado.

Todos os tratos culturais necessários ao desenvolvimento do milho safrinha foram realizados, principalmente no controle de formigas (Regent 800WG) e de plantas invasoras (Glifosato), para manter a cultura em condições ideais de sanidade, sem interferência negativa em seu desenvolvimento.

## 2.3. AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS

### 2.3.1. RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO A PENETRAÇÃO DAS RAÍZES

Para caracterização da área, fez-se a avaliação da resistência à penetração (RP) com o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar, com ângulo de ponteira cônica de 30º (Stolf et al., 2014), nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 e 0,30-0,40; 0,40-0,50 m, 0,50-0,60 m. Os dados de campo foram obtidos em números de impactos (dm<sup>-1</sup>), transformados em kgf cm<sup>-2</sup> através da equação  $R$  (kgf cm<sup>-2</sup>) = 5,6+6,98 N (Sene et al., 1985). Estes valores foram multiplicados pela constante 0,098 e transformados em unidades MPa (Arshad et al., 1996).

### 2.3.2. DENSIDADE DO SOLO

A densidade do solo (Ds) foi determinada em amostras com estrutura indeformada pelo método do anel volumétrico, que foram coletadas em anéis de 48 mm de diâmetro por 53 mm de altura, com o trado de Uhland, nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; e 0,30-0,40 m, sendo as amostras secas a 105 °C por 24 h (Embrapa, 2017).

### **2.3.3. UMIDADE DO SOLO**

Para avaliação da umidade no solo, foram realizadas coletas de solo nos mesmos dias e profundidades (0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m), sendo que foram tomadas duas amostras por parcela e homogeneizadas, para obtenção da massa úmida e seca. As amostras foram acondicionadas em latas de alumínio, pesadas e colocadas para secar em estufas de circulação forçada de ar a 105 °C por 24 horas. Após a obtenção da umidade gravimétrica, esta foi multiplicada pela Ds e obteve-se a umidade volumétrica (UV) do solo (EMBRAPA, 2017).

### **2.3.4. PRODUÇÃO DE BIOMASSA**

Foi determinada a biomassa verde (BV) e biomassa seca (BS) das plantas de cobertura, sendo que as amostragens foram realizadas em dois pontos ao acaso em cada parcela, quando mais de 50% das plantas da área atingiram o máximo florescimento, numa área de 1,0 m<sup>2</sup>, escolhidas aleatoriamente.

O material vegetal colhido em janeiro foi levado ao laboratório para determinação do peso verde (úmido) no mesmo dia, a seguir foram colocados em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas ou até massa constante, para determinação do peso seco, com os resultados todos expressos em Mg ha<sup>-1</sup>. Após esta amostragem, as coberturas foram dessecadas aplicando-se glifosato + 2,4-D sal dimetilamina, nas doses de 2 kg ha<sup>-1</sup> e 2 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

## **2.4. AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO MILHO**

### **2.4.1. DESEMPENHO AGRONÔMICO**

A avaliação da produtividade do milho safrinha foi realizada nas quatro linhas centrais de cada parcela. O material colhido foi trilhado, pesado para obtenção de sua massa na hora da colheita, em seguida foi separada uma amostra significativa, que foi colocada em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas ou até massa constante, para determinação do peso seco, a seguir os valores foram corrigidos para 13% de umidade e os resultados expressos em Mg ha<sup>-1</sup>.

### **2.4.2. PESO DE 100 GRÃOS**

Após a colheita, as espigas foram trilhadas, a seguir foram separados 100 grãos, pesados para obtenção do peso úmido, depois foram colocados na estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas ou até massa constante, para determinação do peso seco, a seguir os valores foram corrigidos para 13% de umidade e os resultados expressos em Mg ha<sup>-1</sup>.

#### 2.4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

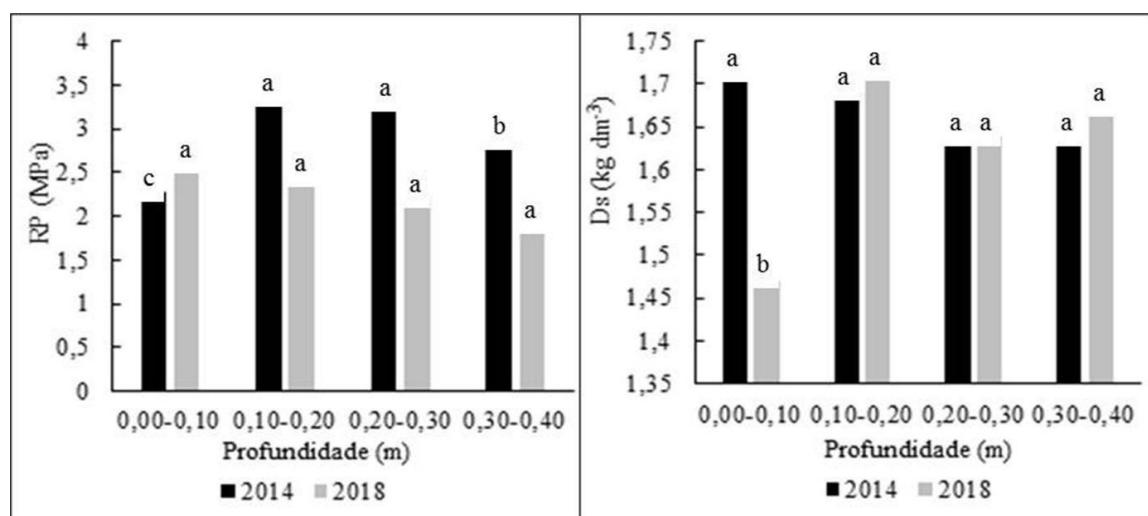
Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados, através dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, e depois submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F quando significativo, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ) e teste de Tukey ( $p<0,05$ ), com auxílio dos Programas Sisvar e Agrostat.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar os indicadores mais utilizados para estimar a compactação do solo antes de implantar o estudo, observou-se a presença de uma camada compactada na profundidade entre 0,10 a 0,30 m, que variaram entre 3,30 a 3,35 MPa de RP e foram significativamente maiores ( $p<0,05$ ) quando comparados as outras profundidades. Já densidade do solo (Ds) variou de 1,64 a 1,69 kg dm<sup>-3</sup>, não apresentando diferenças entre as profundidades avaliadas.

No ano de 2018, após a introdução dos tratamentos com descompactação do solo, três ciclos de plantas de cobertura e três de milho, os valores de RP continuaram menores, quando comparados ao ano de 2014, exceto para a camada de 0 – 0,10 m, onde o valor foi superior, enquanto que os valores de Ds mantiveram-se, com exceção da camada superficial de 0 a 0,10 m, onde o valor da Ds diminuiu (Figura 2).

Figura 2. Resistência à penetração (RP) e densidade do solo (Ds), na mesma umidade do solo, avaliadas nas áreas descompactadas mecânicamente e biologicamente (média geral), nos anos de 2014 e 2018, em Uberaba-MG. Letras minúsculas iguais no mesmo ano avaliado não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).



A diminuição dos valores de RP observados nas áreas avaliadas evidenciam que a camada compactada foi minimizada após a introdução dos tratamentos de descompactação do

solo, que permaneceu em níveis menores até o ano de 2018, mesmo havendo transito de maquinas e implementos agrícolas na área para plantio e tratos culturais das plantas de cobertura e culturas anuais que se sucederam, resultados estes contrário ao observado por Reichert et al. (2009), que destaca que este efeito de descompactação com estes implementos tende desaparecer em razão da reconsolidação do solo. Este comportamento talvez possa ser justificado pelo uso do milheto e da crotalária antecedendo o cultivo da cultura anual, como também observado por Gonçalves et al. (2006) e Magalhães et al. (2009) em seus estudos.

Mesmo assim, os valores de RP observados no ano de 2014 e 2018 são considerados altos, que estão situados na faixa de 2,0 a 4,0 MPa da classificação proposta por Arshad et al. (1996), que já podem estar causando efeitos restritivos ao crescimento das plantas, como destacado por alguns autores que afirmam que a RP limitante ao crescimento radicular é de 2,0 MPa (Silva et al., 2008) e de 1,5 a 3,0 Mpa (Grant & Lanfond, 1993). Por outro lado, analisando-se a densidade do solo, os valores observados nos anos de 2014 e 2018 para Ds encontram-se abaixo do valor de 1,60 kg dm<sup>-3</sup>, estabelecido por Silva & Rosolem (2001) como crítico para o desenvolvimento destas culturas.

Através da analise de variância, pode-se observar que ocorreram interações duplas significativas ( $p<0,05$ ), entretanto não ocorreu interação tripla para a produção de biomassa verde (BV) e seca (BS). Na interação entre tratamentos de descompactação e os anos de cultivo, os valores de BV e BS aumentaram significativamente após cada ano de cultivo, entretanto, os valores de BS nas safras 2015/16 e 2016/17 foram estatisticamente iguais e superiores ao valor observado no ano 2016/17 (Tabela 1).

Tabela 1. Produção média de biomassa verde (BV) e seca (BS) de milheto e crotalária sobre as diferentes formas de descompactação do solo ao longo de três safras (2014/15, 2015/16 e 2016/17) (Interação A x B), em Uberaba-MG.

Formas de descompactação	Safra					
	2014/15	2015/16	2016/17	2014/15	2015/16	2016/17
				BV	BS	Mg ha <sup>-1</sup>
ST	21,24Ac	31,75Bb	72,26Aa	6,42Ab	9,46Aa	10,78Ba
ESC30	21,23Ac	33,62Bb	60,35Ba	6,71Ab	9,68Aa	12,15Ba
ESC50	25,54Ac	36,99Bb	73,85Aa	7,50Ab	10,17Aa	12,31Ba
SUB30	25,01Ac	45,57Ab	67,74Aa	7,94Ab	8,53Aa	16,99Ab
SUB50	27,74Ac	38,79Bb	72,61Aa	7,86Ab	10,81Aa	13,10Ba
Teste F	1,37 <sup>ns</sup>	4,85*	5,18*	0,50 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	5,88*
CV (%)		15,79			27,40	

<sup>ns</sup> = Não significativo; \* = Significativo. Médias, seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ).

Este aumento na produção de biomassa está relacionado ao período que as plantas de cobertura foram cultivadas, que ocorreu entre outubro e janeiro de cada ano, sendo que este é o período de maior precipitação pluviométrica da região (Figura 1). O plantio do milheto e da crotalária ocorreu em outubro, sendo que estas plantas se desenvolveram por quase 100 dias, o que proporcionou altas produções de biomassa nas safras de 2015/16 e 2016/17.

Vários estudos realizados no Cerrado mineiro e em outros estados tem comprovado que as crotalárias e os milhetos são as plantas que tem maior produção de biomassa e que devolvem maiores quantidades de nutrientes ao solo. Quando cultivada no verão a produção de BS destas culturas tem variado entre 7,0 a 12,0 t ha<sup>-1</sup> e 4,0 e 9,0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Chioderoli et al., 2012; Pacheco et al., 2011 e 2017; Assis et al., 2016 e 2107; Torres et al., 2015, 2016 e 2017), contudo no inverno os valores diminuem e variam entre 2,0 e 4,0 Mg ha<sup>-1</sup> e 3,5 e 5,3 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Torres et al., 2008; Crusciol e Soratto 2009).

Em estudo realizado por Sodré Filho et al. (2004) em Planaltina-DF, a produtividade de BS proporcionada pela *Crotalaria juncea* foi de apenas 2,4 Mg ha<sup>-1</sup>, esta baixa produção se deve provavelmente ao déficit hídrico que a cultura sofreu no período do estudo. Nunes et al. (2006) em Diamantina-MG, em estudo também com *Crotalaria juncea* obtiveram produções de BS 2,5 Mg ha<sup>-1</sup>, que são em média 60 % menores aos valores obtidos neste estudo. Assis et al. (2016) em Rio Verde-GO, obtiveram uma produção de BS acima de 15,0 Mg ha<sup>-1</sup> quando o milheto foi semeado no início de outubro de 2015, enquanto que Torres et al. (2014; 2017) em Uberaba-MG, observaram produções de BS acima de 10,0 Mg ha<sup>-1</sup>.

Na interação entre a cobertura e as formas de descompactação (Tabela 2), nas áreas com subsolagem feitas a 0,30 e 0,50 m, a produção de BV e BS na crotalária foi superior ( $p<0,05$ ) aos demais tratamentos, enquanto que o mesmo não ocorreu para o milheto, pois não houve diferenças na produção de biomassa entre os tratamentos.

Estes resultados evidenciam que independente da planta de cobertura utilizada, a produção de biomassa foi elevada quando a forma de descompactação for realizada com o subsolador, provavelmente porque o formato das hastas do escarificador que irá penetrar no solo não tenha o formato recomendado para romper as camadas mais compactadas, o que geralmente é feito pelo subsolador.

Segundo Santos et al. (2011), a escarificação e a subsolagem são práticas que melhoram a condição estrutural do solo, resultado da mínima mobilização e manutenção da cobertura vegetal, entretanto os autores destacam que a escarificação é recomendada para mobilizar o solo até a profundidade de 0,30 m, enquanto que a subsolagem é utilizada para camadas mais profundas, acima de 0,30 m.

Tabela 2. Produção biomassa verde (BV) e seca (BS) de crotalária e milheto sob diferentes formas de descompactação em área sob plantio direto (Interação A x C), em um Latossolo Vermelho, em Uberaba-MG.

Formas de descompactação	Cobertura			
	BV		BS	
	.....Mg ha <sup>-1</sup> .....			
	Crotalaria	Milheto	Crotalaria	Milheto
ST	40,46 Ba	43,04 Aa	08,13 Ba	09,62 Aa
ESC30	41,70 Ba	35,10 Bb	09,29 Ba	09,73 Aa
ESC50	42,82 Ba	48,10 Aa	08,98 Ba	11,01 Aa
SUB30	47,06 Aa	45,15 Aa	11,26 Aa	11,04 Aa
SUB50	48,09 Aa	44,67 Aa	10,93 Aa	10,27 Aa
Teste F	2,86*	6,04*	2,82*	0,73 <sup>ns</sup>
CV (%)	15,79		27,40	

<sup>ns</sup> = Não significativo; \* = Significativo. Médias, seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ).

Estudos como o de Silveira Junior et al. (2012) mostram que a persistência do efeito da escarificação na área é limitada, ou que tende a desaparecer em razão da reconsolidação do solo, após ciclos de umedecimento e secagem, conforme destacado (Reichert et al., 2009). Minatel et al. (2006) em seu estudo com descompactação mecânica em áreas com frutíferas, não constataram efeitos benéficos na qualidade da estrutura do solo após um ano da descompactação mecânica do solo, resultados estes que divergem do encontrado neste estudo.

Ao observar os dados de precipitação mensal (Figura 1) nota-se que a quantidade de precipitação no mês de outubro de 2014 foi de 156 mm, enquanto em 2015 foi de 95 mm e em 2016 de 56 mm, entretanto o total acumulado foi de 1092, 1430 e 1571 mm ano<sup>-1</sup>, respectivamente, que provavelmente justifica os menores valores de produção de biomassa em 2014/15 e 2015/16, quando comparado a 2016/17.

Plantas de cobertura, como o milheto e a crotalária, quando cultivadas antecedendo o plantio do milho na safra normal de grão no Cerrado, que ocorre até a segunda quinzena de novembro, produzem BS na faixa de 7,0 a 12,0 Mg ha<sup>-1</sup> e 4,0 e 9,0 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. (Carvalho et al., 2011; Torres et al., 2008; 2015; Chioderoli et al., 2012; Assis et al., 2013). Já o plantio no inverno estes valores diminuem para 2,0 e 4,0 Mg ha<sup>-1</sup> e 3,5 e 5,3 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Torres et al., 2008; Crusciol & Soratto 2009). Entretanto, quando estas plantas de cobertura são semeadas no período chuvoso, antecedendo o milho safrinha, a produção de BV e BS são elevadas, conforme comprovado neste estudo.

Na interação entre safras e coberturas do solo, observou-se que a produção de biomassa de milheto e crotalária aumentaram com o passar dos anos, que a produção de BV e BS de milheto foi superior a de crotalária somente no ano de 2014/15. Nos anos seguintes

(2015/2016 e 2016/17) os valores se inverteram, pois a crotalária apresentou maior produção de biomassa (Tabela 3).

Tabela 3. Produção média de biomassa verde (BV) e seca (BS) de crotalária e milheto ao longo das safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17 em área sob plantio direto (Interação B x C), em um Latossolo Vermelho em Uberaba-MG.

Safras	Coberturas			
	BV		BS	
	..... Mg ha <sup>-1</sup> .....			
	Crotalaria	Milheto	Crotalaria	Milheto
2014/15	14,22Cb	30,95Bb	3,44Cb	9,26Aa
2015/16	43,74Ba	34,08Ba	10,20Ba	10,61Aa
2016/17	71,12Aa	64,60Ab	15,50Aa	11,12Aa
Teste F	378,04*	145,68*	96,75*	2,45 <sup>ns</sup>
CV (%)	15,79		27,40	

<sup>ns</sup> = Não significativo; \* = Significativo. Médias, seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ).

Nas regiões brasileiras produtoras de grãos, principalmente no cerrado, onde o inverno é seco, milheto (Poaceae) e crotalária (Fabaceae) têm sido as principais espécies utilizadas na rotação de culturas com o milho safrinha, pois são plantas que se caracterizam por ter elevada produção de biomassa e maior persistência dos seus resíduos sobre o solo após terem sido manejadas (Pacheco et al., 2017, Torres et al., 2016, 2017, Assis et al., 2016 e 2017). e pela alta capacidade de extração com amplas vantagens na ciclagem de nutrientes, principalmente N e K, reduzindo os riscos de perdas por lixiviação (Crusciol e Soratto, 2009).

Segundo Braz et al. (2010), milheto e crotalária tem influenciado positivamente a produtividade do milho, quando cultivadas antecedendo ou em sucessão dentro de um sistema de rotação de culturas, pois são plantas que podem ser utilizadas para cultivo tardio ou de safrinha, após a colheita da cultura principal, em regiões nas quais não são observadas geadas e com poucas chuvas até o mês de maio, como na região do Cerrado.

Com relação à produtividade do milho, ocorreu interação tripla significativa entre os fatores estudados. De forma geral, observou-se que não houve diferenças estatísticas entre os valores observados dentro de cada tratamento de descompactação quando a cultura foi cultivada sobre as coberturas na safra 2014/2015.

Na safra seguinte (2015/2016), na área sem tratamento (ST) foi observada a maior produtividade de milho quando o mesmo foi cultivado sobre os resíduos de milheto. Na safra

2016/17, este comportamento se inverteu, pois, a maior produtividade ocorreu quando o milho foi cultivado sobre os resíduos de crotalária (Tabela 4).

Tabela 4 – Produtividade do milho cultivado após o cultivo de diferentes plantas de coberturas e sistemas de preparo do solo em área sob plantio direto (Interação A x C), em Uberaba-MG.

Formas de descompactação	Produtividade					
	2014/15		2015/16		2016/17	
	Crotalária	Milheto	Crotalária	Milheto	Crotalária	Milheto
.....Mg ha <sup>-1</sup> .....						
ST	8,55Aa	8,77Aa	9,00Ab	10,95Aa	9,48Aa	8,04Bb
Sub30	8,95Aa	9,13Aa	9,80Aa	9,01Ba	9,88Aa	9,15Ba
Sub50	9,77Aa	9,57Aa	9,46Aa	9,53Ba	10,21Aa	9,87Aa
Esc30	9,31Aa	9,01Aa	8,44Aa	8,70Ba	8,06Ba	8,55Ba
Esc50	9,13Aa	9,12Aa	9,23Aa	9,00Ba	9,65Aa	10,17Aa
Teste F	1,50 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	1,95*	5,95*	5,11*	5,87*
CV (%)			7,92			

<sup>ns</sup> = Não significativo; \* = Significativo. Médias, seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

No ano de 2016/17, também se constatou que o menor valor de produtividade ocorreu na área com resíduos de crotalária com escarificação feita a 0,30 m (ESC30), enquanto que para o milheto a menor produtividade ocorreu nos tratamentos ST, subsolagem a 0,30 m (SUB30) e ESC30.

Esperava-se que as maiores produções de milho ocorressem quando a cultura fosse cultivada sobre a crotalária, pois dentre as Fabáceas utilizadas como plantas de cobertura é a que tem promovido maior ciclagem de nutrientes, principalmente de nitrogênio (N), pois sua raiz pivotante penetra em camadas mais adensadas e profundas do solo e absorve o N que está sendo lixiviado, que somados a fixação biológica de nutrientes (FBN) adicionam quantidades elevadas de N ao meio (Teixeira et al., 2005; Salmi et al., 2006; Torres et al., 2016). Além disso, por ter raízes mais vigorosas, esta planta tem sido muito utilizada para minimizar os problemas de compactação do solo.

O maior aporte de N, que ocorre nas áreas cultivadas com crotalária, proporcionou aumento da produtividade do milho em 18,5 % quando a cultura foi cultivada sobre os resíduos desta planta, quando comparado às outras coberturas avaliadas no município de Selvíria-MS (Carvalho et al., 2004). Entretanto, Torres et al. (2014), em Uberaba-MG, cultivaram crotalária e milheto antecedendo o plantio de milho e observaram que as maiores produções ocorreram quando o milho foi cultivado sobre os resíduos de milheto ENA2 (7,2 Mg ha<sup>-1</sup>) e justificaram que isto ocorreu devido a maior produção de biomassa da cobertura, que proporcionou maior

ciclagem de nutrientes, dentre eles o N e o potássio (K). Estes dois estudos foram realizados na safra normal do milho, com plantio em novembro.

Ao comparar a produtividade do milho em cada safra sobre os resíduos de milheto e crotalária separadamente, observou-se que somente para o tratamento com ESC30 a produtividade do milho foi superior no ano de 2014/15 sobre os resíduos de crotalária. Sobre os resíduos de milheto, a produção de milho foi superior somente no tratamento testemunha no ano de 2015/16 (Tabela 5).

A produtividade do milho safrinha observada neste estudo variou 8,55 a 9,77 Mg ha<sup>-1</sup>, de 8,44 a 9,80 Mg ha<sup>-1</sup>, 8,06 a 10,22 Mg ha<sup>-1</sup> para a crotalária, com aumentos de produtividade que variaram de 28 a 62%, quando comparados a media da região. Enquanto que no milheto variou de 8,78 a 9,58 Mg ha<sup>-1</sup>, de 8,70 a 10,95 Mg ha<sup>-1</sup>, 8,04 a 10,17 Mg ha<sup>-1</sup>, para as safras de 2014/15, 2015/16 e 2016/17, respectivamente, com aumentos de produtividade variando entre 28 e 74%, quando comparados a média de 6,3 Mg ha<sup>-1</sup> para o milho cultivado na época normal de plantio (novembro) para a região do Triângulo Mineiro (CONAB, 2017).

Tabela 5. Produtividade do milho cultivado ao longo de três safras sob e sistemas de preparo do solo em área sob plantio direto (Interação B x C), em Uberaba-MG.

Safra	Produtividade				
	Crotalaria				
	Mg ha <sup>-1</sup>				
	ST	Sub30	Sub50	Esc30	Esc50
2014/15	8,55 a	8,95 a	9,77 a	9,31 a	9,13 a
2015/16	9,00 a	9,80 a	9,46 a	8,44 b	9,23 a
2016/17	9,49 a	9,89 a	10,22 a	8,06 b	9,65 a
Teste F	1,62 <sup>ns</sup>	1,98 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	3,06*	0,57 <sup>ns</sup>
			Milheto		
2014/15	8,78 b	9,13 a	9,58 a	9,01 a	9,12 a
2015/16	10,95 a	9,01 a	9,53 a	8,70 a	9,01 a
2016/17	8,04 b	9,15 a	9,87 a	8,55 a	10,17 a
Teste F	17,01*	0,04 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	3,10 <sup>ns</sup>
CV (%)			7,92		

<sup>ns</sup> = Não significativo; \* = Significativo. Médias, seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna comparam a produtividade de milho em cada safra dentro de cada forma de descompactação em cada cobertura, não se diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

## 4. CONCLUSÃO

As plantas de cobertura produziram quantidades elevadas de biomassa devido aos altos índices de precipitação pluviométrica normalmente verificados para a época em que foram cultivadas neste estudo.

Áreas com índices de compactação de até 3,3 MPa não afetaram a produtividade do milho safrinha.

A descompactação biológica feita crotalária e milheto antecedendo o cultivo do milho safrinha favoreceu o aumento da produtividade da cultura.

Em todos os tratamentos de descompactação mecânica e biológica a produtividade do milho safrinha foi no mínimo 28% superior as médias registradas para a região.

## REFERÊNCIAS

- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. **Soil Science Society of America**, p.123-141, 1996.
- ASSIS, R.L.; FREITAS, R.S.; MASON, S.C. Pearl millet production practices in Brazil: a review. *Experimental Agriculture*, v.1, n. 4, p.1-21, 2017.
- ASSIS, R.L.; OLIVEIRA, C.A.O.; PERIN, A.; SIMON, G.A.; SOUZA JUNIOR, B.A. Produção de biomassa, acúmulo de nitrogênio por plantas de cobertura e efeito na produtividade do milho safrinha. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v.9, n.16; p.1769-1775, 2013.
- ASSIS, R.L; BOER, C. A.; PACHECO, L. P.; BRAZ, A. J. B. R.; COSTA, K. A. P.; TORRES, J. L. Produção e decomposição de biomassa de plantas de cobertura cultivadas na primavera. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 31, n.4, p.328-333, outubro-novembro, 2016.
- BOTTA, G.F.; JORAJURIA, D.; BALBUENA, R.; RESSIA, M.; FERRERO, C.; ROSSATO, H. & TOURN, M. Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annus* L.) yields. **Soil Tillage Research**, 1:164-172, 2006.
- BRAZ, A.J.B.P.; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA P. M. **Produtividade de palhada de plantas de cobertura**. I: Plantas de cobertura dos solos do Cerrado. SILVEIRA & STONE (Ed.) 1<sup>a</sup> ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010, p.12-43.
- CARVALHO, A.M.; SOUZA, L.L.P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; ALVES, P.C.A.C.; VIVALDI, L.J. Cover plants with potential use for crop-livestock integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1200-1205, 2011.
- CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de semeadura direta e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.47-53, 2004.
- CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L.M.M.; GRIGOLLI, P.J.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, J.O.R.; CESARIN, A.L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande-PB, v.16, n.01, p.37-43, 2012.
- COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & KAISER, D.R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesq. Agropec. Bras.**, 41:1663-1674, 2006.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2021/2022.** Brasília: Conab, 2022, 88p.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. *Agronomy Journal*, v.101, p.40-46, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

GONÇALVES, W.G.; JIMENEZ, R.L.; ARAÚJO FILHO, J.V.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; PIRES, F.R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.1, p.67-75, 2006.

GRANT, C.A. & LAFOND, G.P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.*, 73:223-232, 1993.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. **Informações sobre as condições climáticas do município de Uberaba-MG.** Disponível em <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 25/06/2018.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra.** Fondo de Cultura Econômica. México, p.479, 1948.

LANA, R.M.Q.; QUEIROZ, I.D.S.; TORRES, J.L.R.; FERREIRA, A.S.; FARIA, M.V.; SIQUEIRA, T.P. Associação entre doses de nitrogênio e inoculação das sementes com bactéria diazotrópica no milho. *Revista de la Facultad de Agronomía*, La Plata, v.116, n.2, p.171-178, 2017.

LOPES, R.A.P.; NÓBREGA, L.H.P.; URIBE-OPAZO, M.A.; PRIOR, M.; PEREIRA, J.O. Propriedades físicas de latossolo vermelho distroférrico típico sob sistemas de manejo na sucessão soja-milho no período de três anos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.29, p.721-727. 2007.

MAGALHÃES, E.N.; OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C.; COSTA, K.A.P. & CASTRO, M.B. Recuperação estrutural e produção do capim-Tifton 85 em um Argissolo Vermelho-Amarelo compactado. *Ci. An. Bras.*, 10:68-76, 2009.

MAZETO JUNIOR, J.C.; Torres, J. L. R.; Costa, D. D. A.; Silva, V. R.; Souza, Z. M.; Lemes, E. M. Production and decomposition of cover crop residues and associations with soil organic fractions. *Journal of Agricultural Science*, v.11, p.11-17, 2019.

MINATEL, A.L.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F.; NATALE, W. Efeitos da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros. *Eng. Agríc*, vol.26, n.1, 2006.

NUNES, U. R.; JÚNIOR, V. C. A.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.6, p.943-948, 2006.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 9, p. 1228-1236, 2013.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.A.; ASSIS, R.L.; COBUCCI, T.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 01, p. 17-25, 2011.

PACHECO, L.P.; MONTEIRO, M.M.S.; PETTER, F.A.P.; NÓBREGA, J.C.A.; SANTOS, A.S. Biomass and nutrient cycling by cover crops in brazilian Cerrado in the state of Piaui. **Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 13 – 23, 2017.

PEREIRA, F.A.R.; VELINI, E.D. Sistemas de cultivo no Cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. **Planta daninha**. vol.21 nº.3 Viçosa Set./Dez. 2003.

RALISCH, R; TAVARES FILHO, J. Compactação do solo em sistema de plantio direto - causas, efeitos e prevenção. In: Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, 8, 2002, Águas de Lindóia. Resumos... Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2002. p.125-127.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R. & HÅKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil Tillage Res.**, 102:242-254, 2009.

RESENDE, M.; CURI, N.; L; RESENDE, S.B.; Corrêa, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1995. 304 p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1999, 322p.

SALMI, G.P.; SALMI, A.P.; ABOUD, A.C.S. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 673-678, 2006.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5<sup>a</sup>. ed. rev., e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356p

SANTOS, M.S.; ALONÇO, A.S.; BAUMHARDT, A.B. Principais fatores que influenciam o desempenho de escarificadores. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.5, n.1, p.13-19, 2011.

SENE, M.; VEPRASKAS, M.J.; NADERMAN, G.C.; DENTON, H.P. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. Soc. **Soil Sci.** Soc. Am. Jour., v.49, p.422-427, 1985.

SILVA, G.J.; VALADÃO JUNIOR, D.D. ; BIANCHINI, A.; AZEVEDO, E.C. ; MAIA, J.C.S. Variação de atributos físico-hídricos em Latossolo Vermelho-amarelo do Cerrado Mato-grossense sob diferentes formas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32: 2135-2143, 2008.

SILVA, R.H. & ROSENBLUM, C.A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:253-260, 2005.

SILVEIRA JUNIOR, S.D.; SILVA, A.P.; FIGUEIREDO, G.C.; TORMENA, C.A.; GIAROLA, N.F.B. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob plantio direto submetido à descompactação mecânica e biológica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.36, p.1854-1867, 2012.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.327-334, 2004.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2002, 416 p.

STOLF, R.; MURAKAMI, J. H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L.G.; MARGARIDO, L. A. C. Penetrômetro de impacto Stolf - programa computacional de dados em EXCEL-VBA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.3, p.774-782, 2014.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.; MOREIRA, J.A. Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto. **Embrapa Arroz e Feijão**, 39 p. – Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F. & FONSECA, I.C.B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:725-730, 2001.

TAYLOR, H.M. et al. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, v.102, n.1, p.18-22, 1966.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.C.; FURTINI NETO, A.E.; ANDRADE, M.J.B.; MARQUES, E.L.S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.93-99, 2005.

TEIXEIRA, C.M.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia** (Chile) v.30, n.1, p.55-64, 2012.

TORRES, J. L. R.; MAZETTO JÚNIOR, J. C.; SILVA JÚNIOR, J.; VIEIRA, D. M. S.; SOUZA, Z. M.; ASSIS, R. L.; LEMES, E. M. Soil physical attributes and organic matter accumulation under no-tillage systems in the Cerrado. **Soil Tillage Research**, v.57, n.7, p.712-718, 2019.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. & FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.421-428, 2008.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. & FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43: 421-428. 2008.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; CUNHA, M. A.; VIEIRA, D. M. S. & RODRIGUES, E. S. Produtividade do milho cultivado em sucessão a crotalária, milheto e braquiária no Cerrado mineiro. **Enciclopédia Biosfera**, 18: 2482-2491. 2014.

TORRES, J. L. R.; SILVA, V. R.; COSTA, D. D. A.; PEREIRA, M. G.; ASSUNÇÃO, S. A.; GONZALEZ, A. P.; PINTO, L. A. S. R.; LOSS, A. Aggregation and dynamics of soil organic matter under different management systems in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v.59, n.7, p.715-726, 2021.

TORRES, J.L.R.; ARAUJO, A.S.; BARRETO, A.C.; SILVA NETO, O.F.; SILVA, V.R.; VIEIRA, D.M.S. Desenvolvimento e produtividade da couve-flor e repolho influenciados por tipos de cobertura do solo. **Horticultura Brasileira**, n. 33, p. 510-514, 2015.

TORRES, J.L.R.; GOMES, F.R.C.; BARRETO, A.C.; TAMBURÚS, A.Y.; VIEIRA, D.M.S.; SOUZA, Z.M.; MAZETTO JÚNIOR, J.C. Application of different cover crops and mineral fertilizer doses for no-till cultivation of broccoli, cauliflower and cabbage. **Australian Journal of Crop Science**, v.11, n.10, p.1339-1345, 2017.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes das coberturas de solo utilizadas no sistema de semeadura direta no Cerrado. In: AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; CHAGAS, C.I.; ZONTA, E. (Org.). Impactos Ambientais Provenientes da Produção Agrícola: Experiências Argentinas e Brasileiras. 1<sup>a</sup>ed. São Paulo: Rio de Janeiro: Livre Expressão, v.1, 2016, p.305-338.

# CAPÍTULO VIII

## ESPÉCIES ARBÓREAS COM POTENCIAL PARA SISTEMAS SILVIPASTORIS NO BRASIL

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-8

Ivan Jannotti Wendling <sup>1</sup>  
Maurício Lima Dan <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prof. Pastagens e Forragicultura, UFES, *Campus Alegre*, ES. ivanwendling@hotmail.com

<sup>2</sup> Pesquisador Incaper - Centro de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação Sul. mauriciodan@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

As atividades agropecuárias conduzidas sem o devido cuidado com o meio ambiente têm causado graves problemas, dentre eles, a degradação dos recursos naturais, principalmente solo e água. A mecanização intensiva do solo e o uso indiscriminado de defensivos químicos, sobretudo em áreas de lavouras, afetam as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e provocam a contaminação dos recursos hídricos. De outra parte, o uso de elevadas taxas de lotação animal, caracterizando o superpastejo, somado à ausência de adubação da pastagem, são considerados os principais fatores que causam a compactação do solo, a perda de vigor de rebrota das forrageiras, a redução da cobertura do solo, e a degradação dos recursos naturais.

Quando não há suficiente cobertura do solo pelas forrageiras, especialmente em áreas íngremes e compactadas, ao invés de infiltrar lentamente e abastecer os lençóis freáticos, a água da chuva escorre em altas velocidades arrastando consigo elevadas quantidades de sedimentos do solo. Além de provocar alterações drásticas do solo, os sedimentos arrastados pelos processos de erosão se acumulam nas calhas dos rios, e em momentos de chuvas torrenciais e ininterruptas os rios transbordam causando enchentes.

As pastagens ocupam importantes áreas de microbacias e sub-bacias hidrográficas, e o somatório de água não infiltrada no solo escorre e atinge as bacias hidrográficas principais, à jusante. Destrução de estradas rurais e urbanas, avarias em máquinas e implementos agrícolas, desabamentos; com centenas e milhares de desabrigados, comprometimento no abastecimento de água; em quantidade e qualidade, proliferação de doenças, e perdas de vidas humanas e de animais são as principais consequências da degradação das áreas de pastagens e das enchentes. São catástrofes que poderiam ser amenizadas caso fossem adotadas medidas corretas de manejo de pastagens, especialmente em áreas montanhosas marcadas por declividades acentuadas.

Além dos graves problemas que afetam diretamente a sociedade, a degradação de pastagens leva a uma maior dependência por alimentos volumosos e concentrados necessários para manter algum nível de produtividade animal. Esta realidade, por sua vez, resulta em aumento dos custos de produção da pecuária, redução da renda dos proprietários rurais, redução da arrecadação de impostos, desemprego, e êxodo rural.

Por outro lado, a emissão desenfreada de gases de efeito estufa (GEE) tem provocado o aquecimento do planeta Terra, resultando em alterações climáticas e em graves consequências sociais, econômicos e ambientais, a nível global. A queima de combustíveis fósseis derivados do petróleo, de carvão mineral e gás natural, para geração de energia, são consideradas as atividades que mais contribuem para o aquecimento global (BARBARULO et al., 2021). Segundo os autores, outras fontes de emissão de GEE para a atmosfera são as atividades industriais, o transporte, e a conversão de uso do solo para a produção agropecuária, descarte de resíduos sólidos, e desmatamento, porém em menores intensidades.

Aumento da temperatura média do planeta Terra, alterações do regime de chuvas, prolongamento dos períodos de seca, queimadas, desertificação, enchentes, furacões, deterioração do solo, contaminação dos recursos hídricos, e acidificação dos oceanos, são algumas das consequências do processo de intensificação de uso dos recursos naturais, da ausência quase que completa das árvores nas paisagens urbana e rural, e do aquecimento global. A população mais pobre é a que menos contribui para o aquecimento do planeta, porém é a mais atingida, principalmente as mulheres, crianças, os ribeirinhos, e os quilombolas (BARBARULO et al., 2021).

Segundo Fischer et al., (2005) e Parry et al., (2007) , os países em desenvolvimento poderão ser mais vulneráveis às alterações climáticas devido à predominância da agricultura em suas economias, à escassez de capital para medidas de adaptação, à elevada exposição a eventos extremos, deficiência de mercados, dentre outros fatores.

Os extremos climáticos já é realidade no Brasil e vem causando prejuízos a diversas regiões e classes sociais. As chuvas intensas e concentradas entre os meses de dezembro de 2021 e janeiro de 2022 provocaram inundações e alagamentos no sul da Bahia, norte do Estado de Tocantins, e em diversas regiões do Estado de Minas Gerais. No sul da Bahia e norte de Minas Gerais milhares de famílias, tanto em cidades quanto no meio rural, a maior parte destes ribeirinhos, perderam suas moradias, seus bens, e animais de criação. Já no Rio Grande do Sul, em plena estação chuvosa, a seca prejudicou a produção de milho, soja, e leite, causando prejuízos de milhões de reais. Neste Estado foram registradas mais de 207 mil propriedades e 10 mil famílias afetadas (CANAL RURAL, 2022).

Este perigoso cenário aponta para que os países com forte vocação agropecuária adotem técnicas de uso do solo menos impactantes ao meio ambiente e mais sustentáveis. Na região Centro-Oeste do Brasil, onde predomina o bioma Cerrado, a adoção da integração lavoura, pecuária, e floresta – iLPF vem aumentando a cada ano, com destaque para a modalidade de consórcio mais simples (lavoura-pecuária). Predomina nesta região o consórcio entre milho, braquiária, e soja, em rotação de cultura, e eventualmente no sistema plantio direto (SPD).

Este manejo de uso e ocupação do solo atualmente constitui a estratégia brasileira mais importante para mitigar a emissão de GEE para a atmosfera, especialmente no SPD na palha. Melhorias na qualidade do solo, aumento da infiltração de água no solo (DE MARIA, 1999), aumento da disponibilidade de água para as plantas (SILVA et al., 2005), e redução dos níveis de persistência de inseticidas no solo (PORTILHO et al., 2015), são importantes conquistas obtidas com as diferentes modalidades de integração.

Neste sistema de consórcio, a engorda de bovinos tornou-se atividade lucrativa, ambientalmente correta, e socialmente justa, realidade que parece estar distante de boa parte dos tradicionais pecuaristas brasileiros. Atualmente, está concentrado na região Centro-Oeste aproximadamente 30,54% do rebanho bovino (IBGE, 2019), representando a maior parcela brasileira. São avanços promissores e uma demonstração clara de que a produção agropecuária brasileira pode ser sustentável e andar de mãos dadas com a preservação ambiental. Algumas características da região Centro-Oeste brasileira merecem destaque e justificam os importantes avanços, como topografia favorável e solos permissíveis à mecanização, regime regular de chuvas (pelo menos na época de plantio), e o alto nível de profissionalização dos proprietários rurais.

Contudo, da área coberta por pastagens no Brasil, estimada em 162,2 milhões de ha (IBGE, 2018), correspondendo a aproximadamente  $\frac{1}{4}$  do território brasileiro, parte encontra-se em algum estágio de degradação (DIAS-FILHO, 2014; FERREIRA JÚNIOR et al., 2020), requerendo medidas de recuperação. Apesar de alguns estudos comprovarem as vantagens de sistemas silvipastoris como técnica capaz de recuperar pastagens degradadas (CARVALHO et al., 2003; WENDLING et al., 2021), e manter a sustentabilidade dos sistemas de produção animal a pasto (CARVALHO et al., 2007; FRANCO et al., 2003; XAVIER et al., 2014; BALDISSERA et al., 2016; LIMA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019; MACHADO et al., 2020; PACIULLO et al., 2021), esta modalidade de consórcio tem sido muito pouco utilizada no Brasil.

O eucalipto é a principal espécie utilizada em sistemas silvipastoris no país, embora a flora brasileira disponha de uma ampla coleção de espécies arbóreas. Considerando as diferentes condições edafoclimáticas e geográficas brasileiras, e as particularidades

socioculturais e econômicas dos proprietários rurais, que podem ter outros objetivos com a arborização de pastagens, além do econômico, urge a necessidade de se conhecer mais opções de espécies arbóreas com potencial de uso em sistemas silvipastoris.

Pelo exposto, este capítulo de livro tem como principal objetivo apresentar algumas opções de espécies arbóreas nativas e exóticas para este fim. Num primeiro momento, porém, discutir-se-á a importância das árvores no contexto geral, seguido por uma breve revisão acerca das vantagens do cultivo de árvores em pastagens, apesar de a literatura científica conter uma quantidade razoável de informações comprovando a técnica. No entanto, acredita-se que a presente revisão permitirá uma melhor compreensão do assunto por parte do leitor.

## 2. IMPORTÂNCIA DAS ÁRVORES

Há citações bíblicas sobre as árvores na primeira página do Gênesis e na última do Apocalipse. Forma dominante do reino vegetal após milhões de anos de uma luta incessante em busca da luz solar, as árvores sobressaíram e desde então são partes integrantes da aventura humana terrestre (FICHESSER, 1980). Segundo o autor, na paisagem rural que nos foi legada por gerações de agricultores, a árvore tinha o seu lugar e a sua razão de ser. Ela marcava os limites do domínio nas propriedades rurais, servia de referência e protegia a exploração agrícola que se afastara ligeiramente da floresta para não ser perturbada pela sua sombra, mas não deixando de aproveitar a sua madeira e influência.

As árvores desempenham papel fundamental na regulação hídrica e térmica dos ambientes, reduz os níveis de poluição do ar e sonora, abrigam a fauna; acima e abaixo do solo, embelezam a paisagem e valorizam as propriedades rurais, e melhoram a qualidade de vida geral.

No meio rural, as árvores protegem as plantações e as pastagens contra a ação dos ventos frios e secos, protegem os animais de criação contra as altas temperaturas e ação direta dos raios solares, mantém a umidade do solo, e reduzem o processo de erosão deste importante recurso natural.

A presença de árvores em pastagens aumenta a biodiversidade do solo, podendo aumentar o equilíbrio ecológico e promover uma maior sustentabilidade dos sistemas de produção animal. Para McGregor et al. (1999) as árvores contribuem para a proteção da biodiversidade local, melhoram a qualidade da água e do solo e sequestram maiores quantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Torres et al. (2014) reportam maior sequestro de CO<sub>2</sub> 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.

Na presença de árvores ocorre uma exploração mais eficiente de água e nutrientes do solo, dada a maior profundidade do sistema radicular destas plantas, alcançando estes recursos de crescimento em camadas muitas vezes inatingíveis pelas gramíneas forrageiras. Os processos de erosão e deterioração do solo podem ser evitados com a presença das árvores na pastagem, uma vez que suas copas atuam reduzindo o impacto direto da chuva sobre o solo e a velocidade dos ventos (WICKE et al., 2013). Segundo os autores, a biomassa das árvores incorporadas ao solo, como folhas, frutos, galhos, cascas, dentre outros resíduos vegetais, constituem proteção adicional contra a erosão.

Adicionalmente, a sombra proporcionada pelas árvores é capaz de reduzir a temperatura ambiente e a temperatura do solo, aumentar a umidade do ar, reduzir a taxa de evapotranspiração, resultando em aumento da umidade do solo e das atividades microbiológicas do solo (WILSON, 1988; ALMEIDA et al. 2021). Por sua vez, em solos com atividade microbiológica intensa a velocidade de decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes é aumentada, podendo beneficiar as plantas forrageiras companheiras (BOSI et al., 2020).

De fato, diversos estudos comprovaram que a sombra e a biomassa das árvores contribuem para melhorar a fertilidade do solo e aumentar a disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e outros nutrientes para as forrageiras herbáceas (JOFFRE et al., 1988; VELASCO et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2000; XAVIER et al., 2014). De outra parte, Carvalho (1994) verificou maiores teores ( $P<0,05$ ) de N e K em folhas de capim-braquiária crescendo sob a copa de árvores nativas, a maioria leguminosas, em relação às concentrações destes nutrientes na forrageira crescendo fora das copas das árvores.

Contudo, segundo Paciullo et al. (2021), os estudos que avaliam o valor nutritivo da forrageira sombreada e a pleno sol geralmente apresentam resultados relativamente consistentes para o teor de proteína bruta (parâmetro geralmente superior nas forrageiras sombreadas), porém inconsistentes para os teores de fibra em detergente neutro e coeficiente de digestibilidade, demonstrando não haver um padrão definido para a variação destes parâmetros nutricionais quando comparados aos sistemas a pleno sol.

A incidência direta e contínua de raios solares sobre os bovinos promove situações termicamente estressantes, com impactos negativos na saúde, bem-estar, produção e reprodução desses animais (PAES LEME et al., 2005; VAN LAER et al., 2015; VIZZOTTO et al., 2015). Para Alves et al. (2015), a sombra sob a copa das árvores pode diminuir em até 30% da

incidência de raios solares sobre os animais e reduzir a temperatura do ar em 2 a 4°C. Na condição de maior conforto térmico e bem-estar, o comportamento ingestivo, produtivo e reprodutivo dos animais pode ser melhorado (PIRES et al., 2010).

Mais do que nunca, as árvores devem servir de inspiração para uma nova ciência regional, que se nutre de uma velha amizade entre os povos e a natureza (RESTREPO et al., 2011). Segundo o autor, essa nova experiência já é capaz de mostrar, a nível mundial, avanços nos cultivos de café, cacau, baunilha, erva-mate e muitos outros amigos da biodiversidade, graças à sombra proporcionada pelas árvores. Da mesma forma, os novos quintais de frutas tropicais e, sem dúvida, os sistemas silvipastoris, que à medida que reabilitam a paisagem realizam também uma poderosa reconversão ambiental e social da pecuária tropical.

### 3. ESCOLHA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS

No processo de escolha da espécie arbórea para compor sistemas silvipastoris, dois fatores devem ser levados em consideração: os objetivos do produtor e as características silviculturais das espécies. Diversos trabalhos desenvolvidos na América Latina apontam que a principal motivação de os pecuaristas manterem árvores dispersas na pastagem, fruto da regeneração natural, é o provimento de sombra para aliviar o estresse térmico dos animais (CASTRO et al., 2008; HARVEY; HABER, 1999; LOVE; SPANER, 2005; SANTOS; MITJA, 2011).

Pelo amplo conhecimento silvicultural, acumulado durante anos de melhoramento genético, e por reunir diversas características positivas para o consórcio com pastagens, o eucalipto é a espécie arbórea mais utilizada em sistemas silvipastoris no Brasil. Dentre as espécies mais plantadas, destacam-se o *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, e os híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*.

O eucalipto se destaca pela arquitetura de planta favorável à transmissão de luz para a pastagem, crescimento rápido; permitindo a entrada dos animais para pastejo entre 12 e 15 meses de idade (principalmente os híbridos), alta tolerância ao ataque de pragas e doenças, facilidade de aquisição de mudas, adaptação a vários tipos de solo e clima, dentre outras qualidades.

O eucalipto surgiu como principal opção de uso silvicultural em 1903, sendo escolhido a partir de um levantamento de 60 essências florestais indígenas e 35 exóticas, executado pelo Engº Edmundo Navarro de Andrade, no Estado de São Paulo (FERREIRA, 2015). Desde então, o eucalipto promoveu a pujança do setor florestal brasileiro e o seu cultivo contribuiu para reduzir o desmatamento das florestas nativas do país. Para Santarosa (2014), a alta produtividade de madeira, com média nacional de 41 m<sup>3</sup> por hectare (caso de variedades), e

potencial superior a 60 m<sup>3</sup> por hectare (híbridos), em ciclos de corte variando entre 5 a 7 anos, com menores custos e maiores taxas de retorno do capital empregado, conferem ao eucalipto alta competitividade nos mercados interno e externo.

A escolha pelo eucalipto para a arborização de pastagens é justificada principalmente pelo rápido crescimento, elevadas produtividades alcançadas, facilidade de comercialização e retorno financeiro em curto, médio, e longo prazo, a partir dos diversos produtos obtidos ao longo do crescimento da floresta, como lenha, carvão, moirões para cerca e palanques para construções rurais, laminação, papel e celulose, madeira para serraria, além de produtos não-madeireiros; como óleos essenciais e produtos apícolas (mel, própolis e geleia real).

Em relação às espécies arbóreas nativas o eucalipto apresenta desenvolvimento mais acelerado (parte aérea e sistema radicular), fuste mais retilíneo e alongado, com arquitetura de copas variando entre os formatos elíptico vertical, colunar e cônicos. Estas características conferem ao eucalipto vantagens de mercado e possibilidade de manutenção das produtividades da pastagem.

Contudo, os resíduos depositados no solo pelo eucalipto são ricos em compostos de carbono (C) mas apresentam baixos teores de outros nutrientes, principalmente nitrogênio (N), fósforo, e potássio (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 e diminuindo a sua disponibilidade para as gramíneas forrageiras (MONTEIRO et al., 2002; BODDEY et al., 2004). Portanto, a associação entre 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 no decorrer dos anos de utilização (ANDRADE et al., 2001; BERNADINO et al., 2011).

O uso de leguminosas arbóreas com elevada capacidade de fixação de N atmosférico pode incrementar a atividade microbiana e a ciclagem de nutrientes, minimizando o problema relacionado à imobilização de N em pastagens exclusivas de gramíneas (MENEZES et al., 2002) e em sistemas silvipastoris com eucalipto.

Para Wendling et al. (2021) o uso de leguminosas arbóreas em pastagens pode se tornar alternativa interessante em regiões montanhosas com declividade acentuada, solos de baixa fertilidade natural, e produtores descapitalizados. Segundo os autores, os elevados preços dos adubos e a dificuldade de aplicação desses insumos em áreas montanhosas justificam a introdução de leguminosas na pastagem. Já corroborava com os autores Carvalho et al. (2003), ao afirmarem que, para regiões montanhosas, normalmente com solos de baixa fertilidade natural, o desafio se constitui na recuperação e manutenção da capacidade produtiva das

pastagens com o uso de quantidades mínimas de fertilizantes químicos.

Pereira et al. (2017) constataram que plantios consorciados de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis* tem potencial de melhorar a ciclagem de nutrientes através do aumento das concentrações de C e N nas frações orgânicas do solo, o que também pode trazer benefícios para a espécie forrageira em consórcio. De fato, alguns estudos demonstraram aumento da produção de forragem crescendo à sombra de árvores fixadoras de nitrogênio (LUZ; OLIVEIRA, 2011; PACIULLO et al., 2008). Estudo conduzido em área montanhosa do Sul do Espírito Santo constatou maior produção de biomassa seca do capim-marandu consorciado com a leguminosa araribá (*Centrolobium tomentosum* Guillemin ex. Benth), quando comparado à produção de biomassa desta forrageira no sub-bosque do híbrido Urograndis (WENDLING et al., 2021).

Para Neske et al. (2012), os estilos de agricultura dos pecuaristas familiares provêm das respostas adaptativas relacionadas não somente ao mercado, mas também ao agro ecossistema onde estão inseridos. Segundo os autores, é por meio de decisões individuais que os pecuaristas familiares criam estratégias para maximizar as trocas com os recursos naturais localmente disponíveis. Já Andrade et al. (2012) afirmam que alguns pecuaristas podem querer arborizar as suas pastagens visando apenas os serviços ambientais, tais como provimento de sombra, para aliviar o estresse térmico dos animais, a fixação de N, e o enriquecimento do solo da pastagem, sem propriamente visar objetivos econômicos.

Pelo exposto, o interesse por espécies arbóreas nativas, exóticas, leguminosas, ou não leguminosas, para composição de sistemas silvipastoris, poderá crescer nos próximos anos.

A maioria das recomendações de espécies arbóreas com potencial de uso para sistemas silvipastoris são baseadas em observações empíricas, realizadas em áreas de pastagens onde as árvores surgem espontaneamente pelo processo de regeneração natural.

Dentre estes estudos, destacam-se o de Franke, (1999), Veiga et al. (2001), Pott e Pott, (2003), Santos e Mitja (2011), e Andrade et al. (2012), realizados nos biomas Cerrado e Amazônia, com espécies nativas, e Souto et al. (2003) realizado no bioma Mata Atlântica. Dos trabalhos citados, o de Veiga et al. (2001), realizado na Amazônia Oriental, foi o único que indicou espécies nativas e exóticas utilizadas em sistemas silvipastoris planejados, e o de Andrade et al. (2012), realizado na Amazônia Oriental, é considerado o estudo de levantamento de ocorrência espontânea de espécies arbóreas mais completo até o momento.

Porém, estudos com experimentação planejados para atender às diferentes demandas regionais, ainda são escassos no Brasil. Dentre estes estudos, merece destacar o sistema

silvipastoril de mais longa duração (em andamento) que se tem notícia no território brasileiro, implantado em 1997 (CARVALHO et. al., 2003).

Os autores optaram por uma mistura de árvores cultivadas em área de pastagem degradada, em região montanhosa da Zona da Mata de Minas Gerais (bioma Mata Atlântica), marcada por solos ácidos e de baixa fertilidade natural. A pastagem degradada apresentava a seguinte cobertura vegetal (%): capim-gordura, 10,65; braquiária decumbens, 31,21; leguminosas herbáceas, 1,15; capim-sapé, 7,37; outras espécies invasoras, 10,62 e solo descoberto, 39,0. As árvores escolhidas para compor o sistema silvipastoril, foram: *Eucalyptus grandis*, a leguminosa nativa *Mimosa artemisiana* (angico-mirim), e as leguminosas exóticas *Acacia mangium*, *Acacia angustissima*, e um híbrido de leucena (*Leucaena leucocephala* x *L. diversifolia*). As árvores foram cultivadas em renques de 4 linhas, a cada 30 m de faixas destinadas ao plantio do novo pasto. Em cada renque, optaram-se pelo espaçamento 3 x 3 m, isto é, 3 m entre árvores e 3 m entre linhas, resultando, com este arranjo de plantio, em 342 árvores por hectare. Para o novo pasto, implantado no segundo ano juntamente com a cultura do milho (*Zea mays L.*), optaram-se pela *Brachiaria decumbens* (*sin. Urochloa decumbens* Staph. cv. Basilisk), popularmente conhecida por capim-braquiária. Após a colheita do milho, iniciou-se o pastejo aproximadamente aos 22 meses depois do plantio das espécies arbóreas. Em área anexa foi implantada a mesma forrageira em monocultivo, adotando-se os mesmos procedimentos.

Decorridos 23 anos de estabelecimento do consórcio, a área passou por um processo natural de seleção e manejo de desbaste. O pastejo animal afetou a sobrevivência da acácia angustíssima e, principalmente, da leucena. Em 2003 foi realizado um desbaste de 30% das árvores e em 2010 já não havia plantas de lecuena na área (PACIULLO et al., 2021). Da densidade arbórea original (342 árvores por hectare), houve uma redução para 170 árvores entre 2003 e 2004; 105 entre 2004 e 2007, restando, em 2016, 81 árvores por hectare (Lima et al., 2019), das quais 62% são *E. grandis*, 20% acácia mangium, e 18% angico-mirim (PACIULLO et al., 2021)

Avaliações de ganho de peso de novilhas leiteiras Holandês x Gir foram realizadas na pastagem de capim-braquiária em monocultivo e no sistema silvipastoril. As avaliações ocorreram na estação chuvosa, nos períodos compreendidos entre 2002 e 2007 e entre 2011 e 2016. Durante 12 anos de avaliação o ganho de peso variou entre 0,500 e 0,601 kg/novilha (sem suplementação), não sendo verificado diferença estatística entre os tratamentos (PACIULLO et al., 2021). São resultados de longa duração que demonstram o quanto o sistema silvipastoril misto, composto por leguminosas fixadoras de N atmosférico, nativas e exóticas, é

capaz de manter níveis de produtividade considerados satisfatórios para sistemas de baixo a médio nível tecnológicos.

Na região Amazônica Ocidental, Andrade et al. (2012) realizaram um estudo que pode ser considerado o mais completo da literatura brasileira até o momento. Os autores identificaram, caracterizaram, classificaram e ranquearam 51 espécies de árvores e palmeiras nativas que ocorrem espontaneamente em pastagens cultivadas nos Estados do Acre e Rondônia, com o objetivo de recomendar as espécies para diferentes propósitos (serviços ambientais e renda adicional). Os critérios adotados de seleção tiveram como base atributos silviculturais e ecológicos das espécies, segundo algumas características elencadas em 4 classes: Classe 1) facilidade de produção de mudas, velocidade de crescimento, tolerância ao fogo, e capacidade de regeneração natural em pastagens, classe 2) influência das árvores no crescimento do pasto, avaliando-se características como fixação biológica de nitrogênio; porte da árvore adulta em pastagens, forma da copa em pastagens; densidade da copa; interferência na cobertura do solo sob a copa; classe 3) aproveitamento de produtos das árvores, cujas principais características, foram: qualidade do fuste; valor comercial da madeira e de produtos não madeireiros; potencial forrageiro dos frutos e, classe 4) bem-estar animal, avaliando-se a abundância de raízes superficiais sob a copa, e o potencial tóxico dos frutos.

Os autores se valeram de levantamentos de campo; tendo como base o trabalho de Franke (1999), de revisão de literatura, e de entrevistas com proprietários rurais, viveiristas e empresários madeireiros da região. Com base nas características consideradas relevantes para serviços ecossistêmicos múltiplos, ou para renda adicional, as espécies foram classificadas com notas que variaram entre ótimo, bom, regular, ruim e péssimo. Posteriormente, ranquearam-se as espécies com base nos atributos elencados nas classes 1, 2 e 4 (ênfase em serviços ecossistêmicos) e com base na classe 3 (serviços econômicos). O ranqueamento obedeceu a um modelo matemático pré-estabelecido, utilizando-se o índice de seleção arbórea (ISA), variando entre 1 e 5. O ISA, portanto, é um mecanismo facilitador no processo de escolha das espécies arbóreas para atender aos diferentes objetivos dos pecuaristas, quais sejam, serviços ambientais ou econômicos.

Nas Tabelas 1 e 2 estão listadas as seis espécies arbóreas que mais se aproximaram dos ideótipos para serviços múltiplos (ISA-serviço) e para renda adicional (ISA-madeira), com recomendação do número de árvores adultas por hectare.

Segundo o modelo adotado para o ranqueamento, nenhuma espécie arbórea recebeu nota máxima (ISA 5), independente do propósito do sistema silvipastoril, indicando que não existe uma espécie que atenda integralmente aos diferentes objetivos.

Características como adaptação a solo e clima não foram consideradas para a classificação e ranqueamento das espécies, e segundo Andrade et al. (2012) isto se deveu ao simples fato de elas ocorrerem com alta frequência em pastagens do bioma em questão. Contudo, para regiões com características de solo e, principalmente com regime de chuvas e temperaturas diferentes ao da Amazônia Ocidental, deve-se ter cautela na recomendação das espécies arbóreas. Outros pontos importantes levantados pelos autores dizem respeito ao valor comercial da madeira; que pode ser diferente de região para região, da inexistência de estudos silviculturais para a maioria das espécies, e da ausência de informações sobre a tolerância das espécies a pragas e doenças.

Tabela 1. Ranqueamento de espécies arbóreas com potencial para serviços ecossistêmicos múltiplos em pastagens, com base em notas de índice de seleção arbórea (ISA-serviço), e recomendação do número de árvores por hectare

Espécie arbórea	N. árvores por hectare*
Bordão-de-velho (ISA 4,41) <i>Samanea tubulosa</i>	14
Pau-de-sangue-da-casca-fina (ISA 4,15) <i>Platypodium elegans</i> subsp. <i>maxonianum</i>	20
Farinha-seca (ISA 4,10) <i>Albizia niopoides</i>	18
Envira-piaca (ISA 4,08) <i>Lanchocarpus cultratus</i>	27
Jurema (ISA 4,06) <i>Chloroleucon mangense</i> var. <i>mathewssii</i>	25
Parapará (ISA 3,99) <i>Jacaranda copaia</i>	254

Fonte: Andrade et al. (2012). \* Em função da densidade e área de copa (m<sup>2</sup>), em idade adulta

Tabela 2. Ranqueamento de espécies arbóreas com potencial para renda adicional em pastagens, com base em notas de índice de seleção arbórea (ISA-madeira), e recomendação do número de árvores por hectare

Espécie arbórea	N. árvores por hectare*
Parapará (ISA 4,36) <i>Jacaranda copaia</i>	254
Jatobá (ISA 4,28) <i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>courbaril</i>	33
Freijó-preto (ISA 4,18) <i>Cordia alliodora</i>	144
Sumaúma-branca (ISA 4,14) <i>Ceiba pentandra</i>	33
Cumaru-cetim (ISA 4,12) <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J. F. Macbr	44
Paricá (ISA 4,06) <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	31

Fonte: Andrade et al. (2012). \* Em função da densidade e área de copa (m<sup>2</sup>), em idade adulta

Ainda segundo os autores, o fato de uma espécie apresentar pouco conhecimento silvicultural não deve ser critério para descarte, porém um indicativo da necessidade de aprofundamento de estudos, em caso de a espécie apresentar elevado potencial de uso.

Das espécies que foram bem ranqueadas para os diferentes propósitos, três são de ocorrência comum a todos os biomas brasileiros, são elas: *Apuleia leiocarpa* (cumaru-cetim), com alto valor comercial da madeira, e *Lonchocarpus cultratus* (envira-piraca) e *Albizia niopoides* (farinha-seca), para serviços ecossistêmicos.

### **3.1. ALGUMAS DESCRIÇÕES DAS TRÊS ESPÉCIES QUE REUNIRAM OS MELHORES IDEÓTIPOS PARA SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS MÚLTIPLOS**

#### **3.1.1. BORDÃO-DE-VELHO - *SAMANEA TUBULOSA* (BENTH.) BARNEBY & J.W. GRIMES**

O bordão-de-velho (Figura 1) é leguminosa da família Fabaceae-Mimosoideae, com capacidade de fixação biológica de N (nodulífera), recebendo outros nomes comuns (sete-cascas e barba-de-velho), podendo atingir até 28 m de altura. São plantas de porte médio, com densidade de copa pouco densa, boa qualidade de fuste, velocidade de crescimento rápido, baixo valor comercial de madeira, apresentando facilidade para a produção de mudas (ANDRADE et al., 2012). São plantas caducifólia, heliófila e pioneira, de ocorrência predominante em capoeiras e áreas abertas (LORENZI, 2002).

Figura 1. Bordão-de-velho.



Foto: Carlos Maurício Soares de Andrade.

### **3.1.2. PAU-DE-SANGUE-DA-CASCA-FINA - *PLATYPODIUM ELEGANS* SUBSP. *MAXONIANUM***

O pau-de-sangue-da-casca-fina (Figura 2) é leguminosa da família Fabaceae-Faboideae, nodulífera, também conhecida por abiurana-branca, faveiro e envira-ferro. São plantas com até 30 m de altura, com densidade de copa pouco densa, qualidade de fuste ruim, velocidade de crescimento moderado, baixo valor comercial de madeira, apresentando facilidade para a produção de mudas (ANDRADE et al., 2012). São plantas semidecídua, heliófila, que ocorre tanto em terras firmes quanto de várzeas (LORENZI, 2008).

Figura 2. Pau-de-sangue-da-casca-fina.



Foto: Carlos Maurício Soares de Andrade.

### **3.1.3. FARINHA-SECA - *ALBIZIA NIOPOIDES* (SPRUCE EX BENTH.) BURKART**

A farinha-seca (Figura 3) é leguminosa da família Fabaceae-Mimosoideae, nodulífera, também conhecida por angico-branco, canafistula, frango-assado e gurujuba (LORENZI, 2008). As árvores podem atingir até 35 m de altura, com densidade de copa rala, boa qualidade de fuste, velocidade de crescimento moderado, baixo valor comercial de madeira, e apresentam facilidade para a produção de mudas (ANDRADE et al., 2012).

São plantas decíduas, heliófilas e pioneiras. Segundo Carvalho (2008) a farinha-seca é facilmente encontrada espontaneamente em pastagens, normalmente originadas da regeneração por brotações de raízes.

Figura 3. Farinha-seca.



Foto: Carlos Maurício Soares de Andrade.

### **3.2. ALGUMAS DESCRIÇÕES DAS TRÊS ESPÉCIES QUE REUNIRAM OS MELHORES IDEÓTIPOS PARA RENDA ADICIONAL**

#### **3.2.1. PARAPARÁ - *JACARANDA COPAIA* (ALBL.) D. DON**

O parapará (Figura 4) é a única espécie que foi bem ranqueada para os dois propósitos de sistemas silvipastoris, com densidade e área de copa que permite a maior densidade arbórea por hectare (254 árvores) entre todas as espécies estudadas. Trata-se de plantas da família Bignoniaceae, popularmente conhecido por marupá, marupá-doce, caroba, caxeta e caraúba (CARVALHO, 2008; LORENZI, 2008). As árvores podem atingir até 30 m de altura, com densidade de copa pouca densa, ótima qualidade de fuste, velocidade de crescimento muito rápido, médio valor comercial de madeira, e facilidade para a produção de mudas (ANDRADE et al., 2012). São plantas semidecídua, heliófila e pioneira (LORENZI, 2008).

Figura 4. Parapará.



Foto: Carlos Maurício Soares de Andrade.

### **3.2.2. JATOBÁ - *HYMENAEA COURBARIL* L. VAR. *COURBARIL***

O jatobá (Figura 5) é leguminosa da família Fabaceae-Caesalpinoideae, não nodulífera, conhecida popularmente por jutaí, jutaí-açú, jataí e jataí-grande (MENDES, 2005), podendo atingir 50 m de altura. Sua densidade de copa é pouca densa, ótima qualidade de fuste, velocidade de crescimento moderado, alto valor comercial de madeira, com facilidade para a produção de mudas (ANDRADE et al., 2012). São secundárias tardias ou clímax exigentes de luz, semicaducifólia, característica do interior da floresta primária (CARVALHO, 2003).

### **3.2.1. FREIJÓ-PRETO - *CORDIA ALLIODORA* (RUIZ & PAV.) CHAM.**

O freijó-preto (Figura 6) é da família Boraginaceae, sendo também conhecido por freijó, louro-freijó, falso-louro, lourinho, louro-alho e laurel laurel (CARVALHO, 2006; LORENZI, 2002). As árvores podem atingir até 45 m de altura e 100 cm de DAP, com densidade de copa rala, ótima qualidade de fuste, velocidade de crescimento rápido, alto valor comercial de madeira, apresentando facilidade para a produção de mudas (ANDRADE et al., 2012). São plantas decíduas, heliófilas, características de florestas secundárias, que não toleram baixas temperaturas (CARVALHO, 2006; CORDERO; BOSIER, 2003; LORENZI, 2002).

Figura 5. Jatobá.



Foto: Carlos Maurício Soares de Andrade.

Figura 6. Freijó-preto.



Foto: Carlos Maurício Soares de Andrade.

Outras espécies arbóreas não-tradicionais com potencial para sistemas silvipastoris no Brasil são as fruteiras coco-anão (*Cocos nucifera* var. Anã) (WENDLING et al., 2006) e cajueiro

(*Anacardium occidentale*) (OLIVEIRA et al., 2012), a seringueira (*Hevea brasiliensis*), e a oleaginosa dendzeiro (*Elaeis guineensis*) (OLIVEIRA et al., 2012).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por agregar uma série de vantagens técnicas e comerciais, o eucalipto é a espécie arbórea mais utilizada em sistemas silvipastoris no Brasil.

A incerteza sobre retornos financeiros satisfatórios, além dos diferentes perfis dos proprietários rurais brasileiros, os quais buscam outros objetivos com a arborização de pastagens, além do econômico, são fatores que podem explicar o desinteresse pelo eucalipto e a procura por outras espécies arbóreas para consórcio com pastagens.

As leguminosas, nativas e exóticas, com alta capacidade de fixação biológica de N, podem se tornar alternativas interessantes para regiões marcadas pela declividade acentuada das áreas de pastagens e produtores descapitalizados.

São escassos os conhecimentos silviculturais das espécies arbóreas nativas, o que certamente restringe o seu uso em sistemas silvipastoris.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. L. S., FRAZÃO, L. A., LESSA, T. A. M., FERNANDES, L. A., de CARVALHO VELOSO, Á. L., LANA, A. M. Q., FERREIRA, E. A. Soil carbon and nitrogen stocks and the quality of soil organic matter under silvopastoral systems in the Brazilian Cerrado. *Soil and Tillage Research*, 205, 104785, 2021.

ALVES, F. V. **O componente animal em sistemas de produção em integração.** In: Bungenstab, D. J. (ed.). Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2011. p. 53-60.

ANDRADE, C.M.S.de; 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.

ANDRADE, C.M.S.de; et al. Guia de espécies. In: ANDRADE, C.M.S.de; SALMAN. A. K. D.; OLIVEIRA, T. K. de (Ed.). **Guia Arbopasto** – Manual de identificação e seleção de espécies arbóreas para sistemas silvipastoris. Embrapa Acre e Embrapa Rondônia; 2012. p. 91-338.

BALDISSERA, T. C., PONTES, L. D. S., GIOSTRI, A. F., BARRO, R. S., LUSTOSA, 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/CP16067>.

BARBARULO, A. et al. Contextualização climática no Brasil. In: ROBINSON, M (Ed.). Justiça climática –Esperança, resiliência e luta por um futuro sustentável. Rio de Janeiro: Editora Civilização Brasileira, 2021. p. 15-19.

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.

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.

BOSI, C., PEZZOPANE, J. R. M., SENTELHAS, P. C. (2020). Soil water availability in a full sun pasture and in a silvopastoral system with eucalyptus. **Agroforestry Systems**, 94(2), 429-440.

CANAL RURAL. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/emater-destaca-perdas-por-conta-da-seca-no-rio-grande-do-sul/>>. Acessado em 17 de janeiro de 2022.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 627 p. (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v. 2).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1.039 p. (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v. 1).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 593 p. (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v. 3).

CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; ALMEIDA, D.S.; VILLAÇA, H.A. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição química da forragem de pastagens de braquiária. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.23, n. 5, p. 709-718, 1994.

CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; YAMAGUCHI, L.C.T. **Um sistema silvipastoril para recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 6 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 31).

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. et al. **Sistemas silvipastoris na América do Sul: Desafios e Potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 105-136.

CASTRO, C. R. T.; MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; SOUZA, A. D. **Ocorrência de espécies arbustivas e arbóreas em pastagens da micro-região de Juiz de Fora, Zona da Mata de Minas Gerais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2008. 25 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 27.).

CORDERO, J.; BOSHIER, D.H. (Ed.). **Árboles de Centroamérica**. Um manual para extensionistas. Turrialba: Catie, 2003. 1079 p.

DE MARIA, I. C. Erosão e terraços em plantio direto. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 24, p 17-21, 1999.

DE OLIVEIRA, G. L., de OLIVEIRA, M. E., de OLIVEIRA MACÊDO, E., ANDRADE, A. C., & EDVAN, R. L. (2019). Effect of shading and canopy height on pasture of *Andropogon gayanus* in silvopastoral system. *Agroforestry Systems*, 94(3), 953-962. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00458-5>.

DIAS-FILHO, M. B. (2014). **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, Brazil: Embrapa Amazônia Oriental.

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.

FERREIRA, M. A aventura dos eucaliptos. In: SCHUMACHER, M. V; VIEIRA, M. (Ed.). Silvicultura do eucalipto no Brasil: Editora UFSM, 2015. p. 13-48.

FISCHESSER, B. Conhecer as árvores. Euroagro, Coleção. 1980. 275 p.

FISCHER, G. et al. Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, v. 360, p. 2067-2083, 2005.

FRANCO, A. A.; RESENDE, A. S.; CAMPOLLO, E. F. C. Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. In: **Seminário Sistemas agroflorestais e desenvolvimento sustentável**, Campo Grande. CD-Rom. Campo Grande: Embrapa, 2003.

FRANKE, I. F. **Principais usos e serviços de árvores e arbustos promissores que ocorrem em pastagens no Estado do Acre**. Rio Branco, Embrapa Acre, 1999. 6 p. (Embrapa Acre, Comunicado Técnico, 106).

GARCIA, R.; TONUCCI, R.G; GOBBI, K. F. Sistemas Silvipastoris: 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.

HARVEY, C. A.; HABER, W. A. Remnant trees and conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, v. 44, p.37-68, 1999.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2018. Confronto dos resultados dos dados estruturais dos Censos Agropecuários 1975/2017. Revisado em 12 de Janeiro 2022 de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html=&t=downloads>.

JOFFRE, R.; VACHER, J.; LLANOS, C. de los; LONG, G. The dehesa: an agrosilvopastoral system of the Mediterranean region with special reference to the Sierra Morena area of Spain. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, v. 6, p. 71-96, 1988.

LIMA, M. A., PACIULLO, D. S., SILVA, F. F., MORENSZ, M. J., GOMIDE, C. A., RODRIGUEZ, R. A., CHIZZOTTI, F. H. Evaluation of a long-established silvopastoral *Brachiaria decumbens* system: plant characteristics and feeding value for cattle. **Crop and Pasture Science**, 70, 814-825, 2019.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v.1, 384 p.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v.2, 368 p.

LOVE, B.; SPANER, D. A survey of small-scale farmers using trees in pastures in Herrera province, Panama. **Journal of Sustainable Forestry, Binghamton**, v. 20, n.3, p.37-65, 2005.

LUZ, S.A.; OLIVEIRA, T. K. Taxa de acúmulo de matéria seca e proteína bruta de *Brachiaria brizantha* em sistema silvipastoril com *Samanea tubulosa*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém. **Anais...** Belém: SBSAF: Embrapa Amazônia Oriental: UFRA: CEPLAC: EMATER: ICRAF, 2011. 1 CD-ROM.

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.

McGREGOR, E.; MACKAY, A.; DODD, M. et al. Silvopastoralism using tended poplars on New Zealand hill country: The opportunities. In: PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND GRASSLAND ASSOCIATION, 61., 1999. p. 85.

MENDES, M.G.G. MENDES, A.M.S. Jatobá: *Hymenaea courbaril* L. var. courbaril L. Manaus: INPA, 2005. (Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia, 9). Disponível em: <http://leaonet.com/sementesrsa/sementes/pdf/doc9.pdf> acesso em: 31 jan.2021

MENEZES, K. A. S. et al. Seedling development of nodulating and non-nodulating native legumes in soils from Brazilian Caatinga biome. **Plant Science Today**, v. 2, n. 2, p. 56-59, 2002.

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.

NESKE, M. Z.; MIGUEL, L. A.; BORBA, M. F. S. Capital ecológico e a construção de autonomia na produção familiar: o caso da pecuária familiar do Rio Grande do Sul. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 29, n. 1, p. 291-317, 2012.

OLIVEIRA, T. K. de; C.M.S.de; SALMAN, A.K.D. **Sistemas silvipastoris: Conceitos, benefícios e métodos de implantação**. In: ANDRADE, C.M.S.de; SALMAN. A. K. D.; OLIVEIRA, T. K. de (Ed.). Guia Arbopasto – Manual de identificação e seleção de espécies arbóreas para sistemas silvipastoris. Embrapa Acre e Embrapa Rondônia: 2012. p. 27-54.

OLIVEIRA, M.E.; LEITE, L.L.; CASTRO, L.H.R. Influência de árvores de baru (*Dipterix alata*) e pequi (*Caryocar brasiliense*) no solo sob pastagem de braquiária. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM SOIL FUNCTIONING UNDER PASTURES IN INTERTROPICAL AREAS, 2000, Brasília. Brasília: Embrapa Cerrados. 2000. CD-ROM

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.G.; CASTRO, C.R.T.; TAVELA, R.C.; ROSSIELO, 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.

PACIULLO, D.S.C.; et al. **Dez anos de pesquisa em um sistema silvipastoril para recria de novilhas leiteiras em áreas montanhosas**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2021. 27 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 42).

PAES LEME, T.M.; PIRES, M.F.A.; VERNEQUE, R.S. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 668-675, 2005.

PARRY, M. L. et al (Ed.). IPCC 2007: climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2007. 976 p. Contributions of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

PEREIRA, A. P, et al. Shifts in the bacterial community composition along deep soil profiles in monospecific and mixed stands of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium*. **PLoS One**, 12(7): e0180371, 2017.

PIRES, M.F.A.; PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; XAVIER, D.F.; RIBEIRO, G.C. **Sistemas silvipastoris: impactos sobre o conforto animal**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 20p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 30).

PORTILHO, I. I. R.; et al. Persistência de inseticidas e parâmetros microbiológicos em solo sob sistemas de manejo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.1, p.22-28, 2015.

SANTAROSA, E. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/121607/1/Apostila-Serie-TT-Eucalipto.pdf>. Acesso em 25 de janeiro de 2022.

RESTREPO, E. M. As árvores na agricultura nas Américas: uma velha aliança resgatada do esquecimento. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, v.8, n. 2, p. 35-37, 2011.

SANTOS, A. M.; MITJA, D. pastagens arborizadas no Projeto de Assentamento Benfica, Município de Ituporanga, Pará, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n. 4, p.919-930, 2011.

SILVA, M. A. S. et al. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3. p. 544-552, 2005.

SOUTO, S. M; et al. **Levantamento de ocorrência de árvores individuais em pastagens localizadas em áreas montanhosas, litorâneas e de baixada do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 100 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 162)

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.

VAN LAER, E. et al. Effect of summer conditions and shade on behavioural indicators of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on pasture. **Animal**, v. 9, n. 9, p. 1536-1546, 2015. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25994098/>>. Acesso em 10 de janeiro de 2022.

VELASCO, J. A.; CAMARGO, J.C.; ANDRADE, H.J.; IBRAHIM, M. Mejoramiento del suelo por *Acacia mangium* en un sistema silvopastoril con *Brachiaria humidicola*. In: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUARIOS SOSTENIBLES, 6., Cali, 1999. Cali: CIPAV. Em CD.

VETTER, S. H.; et al. 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.

VIZZOTTO, E. F. et al. Acess to shade changes behavioral and physiological atributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. **Animal**, v. 9, n.9, p.1559-1566. <<http://researchgate.net/publication/277080195>>. Acesso em 08 de janeiro de 2022.

XAVIER, D. F. et al. Nitrogen cycling in a Brachiaria-based silvopastoral system in the Atlantic forest region of Minas Gerais, Brazil. **Nutr Cycl Agroecosyst** (2014) 99:45-62.

WENDLING, I. J; et al. Sistemas integrados de produção (livro eletrônico): pesquisa e desenvolvimento de tecnologias. In: GONÇALVES, F. G; CALDEIRA, M. V. W; DA SILVA, G. F; DE SOUZA, G. S (Ed.). Sistemas silvipastorais – uma alternativa viável para áreas montanhosas do Espírito Santo. Guarujá: Editora Científica Digital, 2021. p. 166-184.

WENDLING, I.J.; RUFINI, J.C.M; YAMAGUCHI, L.C.T.; PREZOTTI, L.; COSTA, A.S.V.; CARNEIRO, J.C.; SOUZA, F.A.; OLIVEIRA, P.F. Avaliação do consórcio Cocos nucifera e Brachiaria brizantha, como alternativa de sistema silvipastoril para a região do Vale do Rio Doce. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. Anais... João Pessoa: SBZ, 2006. CD ROM.

WICKE, B.; et al. Biomass production in agroforestry andforestry systems on salt-affected soils in South Asia: Exploration of the GHG balanceand economic performance of three case studies. **Journal of Environmental Management**, v. 127, p. 324-334, 2013.

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.

# CAPÍTULO IX

## FERTILIZAÇÃO DE COMPONENTES ARBÓREOS PARA FINS DE INTEGRAÇÃO COM PECUÁRIA E LAVOURAS

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-9

Eduardo Henrique Vieira <sup>1</sup>

Gláucio Marcelino Marques <sup>2</sup>

Daniel Pena Pereira <sup>3</sup>

Jackson Roberto Dias Ribeiro <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Coordenador de Suprimento de Madeira e Silvicultura. ArcelorMittal Bioflorestas, ehfvieira@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal. Docente, Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI Campus Itabira, glauciomarques@unifei.edu.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo. Docente, Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM Campus Uberaba, danielpena@iftm.edu.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo. Analista de captação de terras, Bracell Celulose, jacksondr@msn.com

### 1. INTRODUÇÃO

Entender fertilidade do solo é compreender a necessidade básica para a produção vegetal. Os solos férteis são de inegável importância, pois permitem a obtenção de colheitas fartas, sem o uso de fertilizantes, até que se tenham suas riquezas exauridas.

No entanto, a fertilidade do solo não pode ser considerada com único fator de produção, pois nem sempre um solo fértil é produtivo, pois faltam fatores importantes como disponibilidade de água, clima favorável, aeração e topografia, que juntamente com os nutrientes garantirão uma boa colheita. A falta de fertilidade natural em um solo, não implica que este seja improdutivo, pois, com as modernas tecnologias, o desenvolvimento de implementos agrícolas, muito conhecimento técnico - científico e investimento, é possível tornar um local sem fertilidade alguma em produtivo, bastando para isso um adequado manejo e a adição de fertilizantes (MALAVOLTA, 2006).

O efeito benéfico da adição de elementos minerais (por exemplo, cinzas ou cal) aos solos para melhorar o crescimento das plantas é conhecido na agricultura há mais de 2000 anos. No entanto, mesmo 150 anos atrás ainda era uma questão de controvérsia científica quanto a se os elementos minerais funcionam como nutrientes para o crescimento das plantas (MARSCHNER, 1997). A partir disso, a adição de fertilizantes deverá ser feita de acordo com as necessidades da cultura a ser implantada no local, uma vez que existem diferenças de exigências. Segundo Malavolta (2006) e Fernandes et al. (2018), existem diversos tipos de elementos minerais absorvidos pelas plantas, e que podem ser classificados em: essenciais, úteis e tóxicos.

**Essenciais:** compreende os nutrientes minerais da planta, sem os quais ela não sobrevive, pois, estes elementos fazem parte de compostos, ou participa de alguma reação sem a qual a planta não completa seu ciclo de vida, ou ainda o elemento não pode ser substituído por outro. Os elementos essenciais são divididos em dois grupos, a saber: Macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S. Micronutrientes: B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e Co. O que os diferem é a concentração dos mesmos nos tecidos das plantas, que seriam suficientes para seu crescimento adequado e que podem se constituir um referencial, observando-se espécie e idade (Tabela 1).

Tabela 1 – Concentrações médias de nutrientes minerais em matéria seca (MS) de ramos de plantas suficientes para o seu crescimento adequado

Elemento	Símbolo	$\mu \text{ mol g}^{-1} \text{ MS}$	$\text{mg kg}^{-1} (\text{ppm})$	%
Molibdênio	Mo	0,001	0,1	-
Níquel	Ni	~0,001	~0,1	-
Cobre	Cu	0,1	6	-
Zinco	Zn	0,3	20	-
Manganês	Mn	1,0	50	-
Ferro	Fe	2,0	100	-
Boro	B	2,0	20	-
Cloro	Cl	3,0	100	-
Enxofre	S	30	-	0,1
Fósforo	P	60	-	0,2
Magnésio	Mg	80	-	0,2
Cálcio	Ca	125	-	0,5
Potássio	K	250	-	1,0
Nitrogênio	N	1000	-	1,5

Fonte: Adaptado de Marschner (1997).

**Úteis:** não são essenciais. As plantas poderão viver sem eles, no entanto, a presença destes contribui para o desenvolvimento das mesmas melhorando o crescimento e a produção, e também ajudam a melhorar a capacidade de resistência a adversidades do meio, como clima, pragas e poluição. Pode-se citar o sódio e o silício como sendo elementos úteis.

**Tóxicos:** quando são prejudiciais à planta. Sabe-se, no entanto, que qualquer elemento essencial ou útil poderá se tornar tóxico quando em concentração excessiva. O bromo, cádmio, chumbo, cromo flúor, iodo, níquel, selênio e alumínio, são exemplos de elementos tóxicos, mas pode acontecer que em condições adequadas, baixas concentrações desses elementos possam ser favoráveis ou estimulantes.

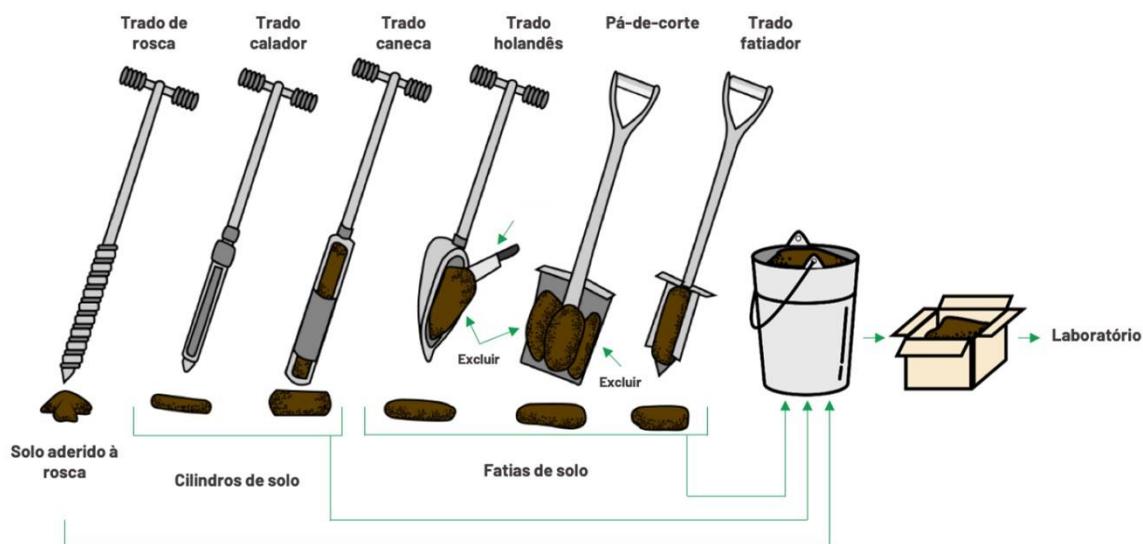
## 1.1. COLETA DE SOLOS

Para conhecimento da fertilidade e de outras características de interesse dos solos é necessário proceder à análise do mesmo. Para tanto, alguns cuidados na retirada e processamento das amostras que serão encaminhadas para análise devem ser observados.

### 1.1.1. MATERIAIS

Para a amostragem de solo são necessários os seguintes materiais: trado ou pá reta ou enxadão, balde plástico e saco plástico (Figura 1). Dos trados utilizados, os tipos mais comuns são o holandês, de rosca e tubo ou calador.

Figura 1. Materiais usados para coleta de amostras de solo: a) trado de rosca, b) trado calador, c) trado caneca, d) trado holandês, e) pá reta ou pá de corte, f) trado fatiador, g) balde, h) saco plástico ou recipiente de papelão.



Sanzonowicz (2004).

Fonte: [www.solumlab.com.br](http://www.solumlab.com.br).

### 1.1.2. SELEÇÃO DE ÁREAS

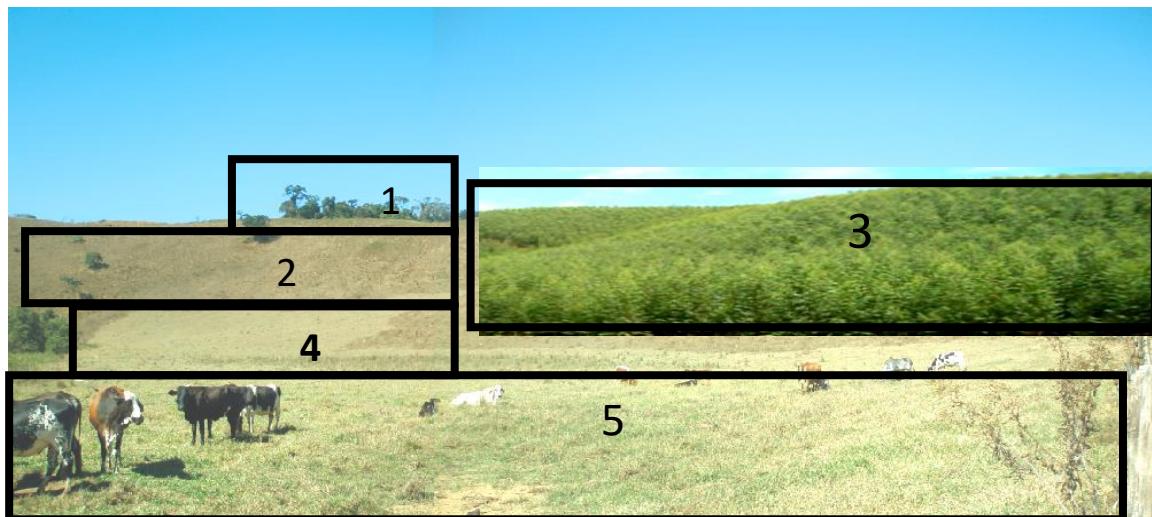
Inúmeros fatores contribuem para as variações no nível de fertilidade do solo de uma área a ser amostrada. O princípio básico para delimitação de uma área é a uniformidade dentro da unidade. A área a ser amostrada deverá ser subdividida em glebas que apresentem a maior homogeneidade possível ou partes semelhantes, considerando:

- Topografia (declividade, sentido escorramento, acúmulo de água);
- Tipo de solo (quantidade de areia/argila, cor, profundidade do solo, drenagem, etc.);
- Vegetação (florestas nativas ou cultivadas, culturas anuais ou perenes, pastagens);

- Espécie cultivada, sistemas de cultivo e manejo do solo (diferenças na quantidade e no manejo da adubação e/ou da calagem, locais de aplicação de fosfatos naturais ou de resíduos agrícolas, urbanos ou industriais; diferenças no tipo de preparo de solo);

As áreas determinadas poderão ser delimitadas em um mapa (planta baixa) ou foto da propriedade e identificadas numericamente. A Figura 2 ilustra a divisão de uma área a ser amostrada em talhões ou glebas. Assim, respeita-se o princípio de não misturar áreas diferentes e, com isso, mascarar a verdadeira fertilidade do solo que se deseja conhecer.

Figura 2. Demarcação de glebas homogêneas considerando-se a vegetação e a topografia do terreno



Fonte: Adaptado de Pereira, 2012.

Para se ter uma ideia da qualidade do solo sob diferentes usos, veja a Tabela 2.

Tabela 2 – Exemplo das características de fertilidade de solo sob diferentes usos em uma propriedade, médias para a camada de 0-20 cm

Parâmetros	pH	P	K	Ca	Mg	MO <sup>1</sup>
Profundidade 0-20 cm	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	dag dm <sup>-3</sup>
Pasto	4,2	1,2	9,0	0,11	0,0	1,8
Café	6,0	20,0	180,0	2,4	1,0	2,0
Eucalipto	4,8	3,7	20,7	0,27	0,16	2,7
Mata Nativa	4,0	3,8	41,6	0,4	0,5	40,3

<sup>1</sup>Matéria orgânica. Fonte: Pereira (2012).

Pela Tabela 2 podemos verificar que, se ao misturarmos terra de diferentes áreas, haverá comprometimento na qualidade do resultado da análise de solo.

Depois de definir e marcar os talhões em um mapa ou em um desenho (croqui) da propriedade, a melhor maneira é percorrer todo o local em zigue-zague, escolhendo de 15 a 20 pontos (Figura 3). Cada ponto coletado será uma amostra simples, e a mistura destas amostras resultará em uma amostra composta. Esta amostra composta é que será analisada, retirando-se um volume entre 300 e 500 g.

Figura 3. Percurso em zigue-zague para retirada de amostras simples em gleba homogênea.



Fonte: [www.agropos.com.br](http://www.agropos.com.br).

## 2. RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES E CORRETIVOS

Depois que a análise estiver pronta, procure um profissional habilitado (engenheiro agrônomo, engenheiro florestal, zootecnista ou técnico agrícola) do município. Ele interpretará a análise, dizendo o que está bom ou não no solo, e fará a recomendação de adubação e calagem, se necessária. É importante dizer quais os adubos (químicos e orgânicos) que já têm na propriedade, e aproveite para pedir algumas dicas sobre a conservação dos solos dos diversos talhões amostrados.

De acordo com SBCS (2016), e de forma geral, as espécies florestais são tolerantes ao alumínio (Al) trocável do solo e, consequentemente, têm menores respostas à correção da

acidez do solo, que as culturas anuais. Em geral, as respostas a calagem são atribuídas, principalmente, ao adequado suprimento de Ca e de Mg às plantas. Assim, considera-se que estas espécies não respondem à correção da acidez do solo, mas poderá haver necessidade de aplicação de calcário quando a saturação por bases for menor do que 40% (exceto se Ca = 4,0 e Mg = 1,0 cmol<sub>c</sub> /dm<sup>3</sup>). Nesse caso, aplica-se calcário dolomítico, como fonte desses nutrientes, em quantidade estimada pela saturação por bases (V%) para atingir 40% e incorporando o calcário no momento do plantio ou mesmo aplicando a lanço sem incorporação.

A seguir, seguem algumas recomendações para adubação para as espécies florestais eucalipto, nativas, pinus e seringueira. Como os plantios são consorciados, adaptações devem ser feitas das doses por hectare para doses por planta em função dos espaçamentos dos renques ou faixas de cultivos dos componentes arbóreos.

## 2.1. FERTILIZAÇÃO DO EUCALIPTO

No Brasil, o cultivo de eucalipto intensivo é baseado, principalmente, em povoamentos clonais formados com material de elevada produtividade, chegando a atingir valores na ordem de 45-60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Estimativas mais conservadoras indicam que o incremento médio anual fica em torno de 35 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, variando de 30-60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Essas estimativas dependem da região, material genético, dos tratos culturais (ALFENAS *et al.*, 2004; CAMPOS; LEITE, 2006), dos níveis de fertilidade no solo (BARROS *et al.*, 1997) e das características fisiográficas locais (BRAGA *et al.* 1999).

O desenvolvimento dos programas de melhoramento genético e da clonagem em escala comercial tem garantido a obtenção de ganhos genéticos importantes para a formação de povoamentos homogêneos produtivos (ALFENAS *et al.*, 2004) e de maior qualidade para fins industriais (ORTIZ, 2003).

Muitos fatores que influenciam o crescimento das árvores e afetam a produtividade podem ser controlados por meio do manejo florestal. Esses fatores podem ser elencados, segundo Braga et al. (1999), como material genético (espécie e procedência); concorrência (espaçamento, desbastes e mortalidade natural); poda; riscos (doenças, insetos, ventos e fogo); clima (região, altitude, inclinação, exposição e precipitação); solo (geologia, pedologia, relevo e vegetação, inclinação e exposição); manejo (adubação, irrigação, utilização e queima).

De acordo com a tabela 3, pode-se observar as faixas de nutrientes encontrados em folhas de eucalipto.

Tabela 3 – Faixas de teores foliares de macro e micronutrientes adequados para o eucalipto.

Elemento	Símbolo	mg kg <sup>-1</sup> (ppm)	g kg <sup>-1</sup>
Cobre	Cu	8,0 – 10,0	–
Zinco	Zn	40,0 – 60,0	–
Manganês	Mn	100,0 – 600,0	–
Ferro	Fe	150 – 200,0	–
Boro	B	40,0 – 50,0	–
Enxofre	S	–	1,5 – 2,0
Fósforo	P	–	1,0 – 1,2
Magnésio	Mg	–	4,0 – 5,0
Cálcio	Ca	–	8,0 – 12,0
Potássio	K	–	10,0 – 12,0
Nitrogênio	N	–	14,0 – 16,0

Fonte: PREZOTTI et al., 2007.

Alguns autores (NOVAIS *et al.*, 1986; NOVAIS *et alii.*, 1990; BARROS *et al.*, 1997) registraram que a produtividade esperada de plantios de eucalipto está relacionada à fertilidade do solo e que com teores crescentes de potássio, cálcio e magnésio, projetam-se produtividades entre 20 e 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores dos níveis críticos de implantação e de manutenção para P, K, Ca e Mg no solo para o crescimento do eucalipto

Elemento	Unidade	Nível crítico de implantação	Nível crítico de manutenção			
			20	30	40	50
P	mg dm <sup>-3</sup>	60	4,3	4,3	4,4	4,5
K	mg dm <sup>-3</sup>	10	45	60	75	90
Ca	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,2	0,45	0,60	0,70	0,80
Mg	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,05	0,10	0,13	0,16	0,19

Fonte: Adaptado de Novais et al. (1986).

Baseado nessa tabela 4 pode-se estimar as quantidades de nutrientes necessárias para atingir diferentes produtividades, definidas pela qualidade do solo do local, da região onde será implantada a floresta e com a ajuda de um profissional. A partir do conhecimento dessas quantidades e dos teores dos nutrientes disponíveis no solo, pode-se predizer a produtividade futura e a adubação necessária para atingir a meta estabelecida (NOVAIS *et al.*, 1986).

**No plantio ou até 25 dias após o plantio:** a maioria dos solos brasileiros é deficiente em fósforo e também tem alta capacidade de fixação do elemento. Essa adubação pode ser feita

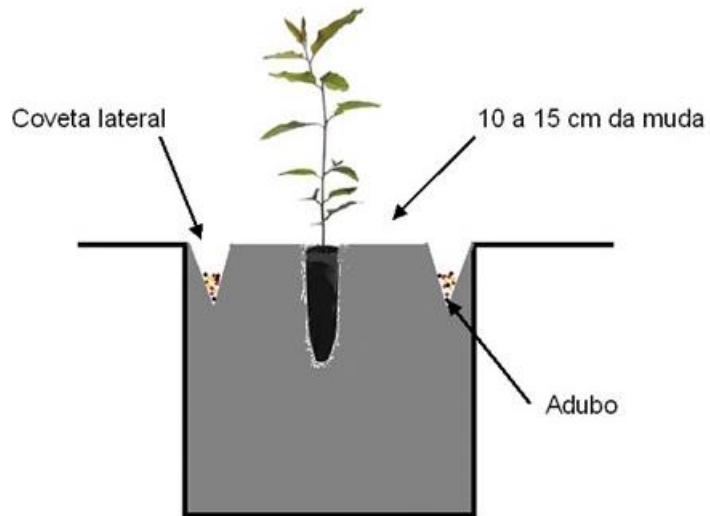
na subsolagem, aplicando-se o fosfato natural ou reativo no fundo do sulco, de forma mecanizada antes do plantio.

Em seguida, na primeira semana após o plantio, utilizar adubo formulado NPK 06-30-06 + Zn e Cu, à base de 100 a 150 gramas por cova, dentro de duas covetas laterais, a 10 a 15 cm de profundidade e a uma distância de 10 a 15 cm da muda, utilizando-se um aplicador, tipo “matraca” ou “chucho” (Figura 4).

Recentemente com intuito de otimizar as atividades de subsolagem, adubação de plantio e o primeiro parcelamento da adubação de cobertura (90 dias após o plantio) têm-se praticado uma única adubação em filete contínuo durante o preparo de solo ou na operação de marcação de bacia. Dessa forma, há uma otimização nos custos da atividade de preparo de solo devido a possibilidade de redução de implementos e máquinas agrícolas sem comprometer a disponibilidade dos nutrientes para plantas nos primeiros seis meses de implantação ou reforma do plantio de eucalipto. O adubo utilizado é o formulado 10-22-14 + 5 % S + 2 % Ca + 0,4 % de B + 0,2 % de Cu e 0,2 % de Zn e a dosagem deve ser aplicada de acordo com o tipo de solo. O formulado NPK é aplicado em filete contínuo no sulco do preparo de solo numa profundidade entre 20 a 25 cm. Caso a marcação de bacias seja realizada mecanicamente é recomendado que o adubo seja combinado e distribuído nessa operação, pois a aplicação do adubo na marcação de cova garante uma distribuição mais uniforme do fertilizante como uma melhor regulagem da profundidade de aplicação. Basta lembrar que alguns cuidados devem ser tomados para praticar essa adubação, principalmente no que diz respeito a distribuição e profundidade do adubo. Uma má distribuição ou deposição fora da profundidade especificada, pode acarretar injúrias no plantio como desuniformidade, queima da muda por excesso do adubo e consequentemente falha no plantio. Outro aspecto importante é que o plantio deverá ocorrer no máximo 30 dias após realização dessa atividade no período de estação chuvosa e no máximo 60 dias no período de estiagem, com intuito de não comprometer a qualidade da adubação.

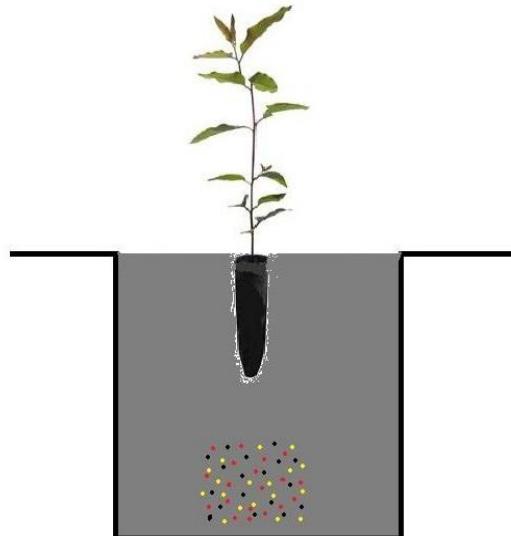
Nos plantios não mecanizados, essa adubação também pode ser feita no fundo da cova, num intervalo máximo entre 20 a 5 dias antes do plantio. Nesse caso, optar pela aplicação do formulado 04-17/31-04 + Zn e Cu, na dose de 350 a 400 gramas por cova, misturando-o à terra no fundo da cova (Figura 5).

Figura 4. Aplicação de adubo em covetas laterais



Fonte: Adaptado de Silva et al., (2008).

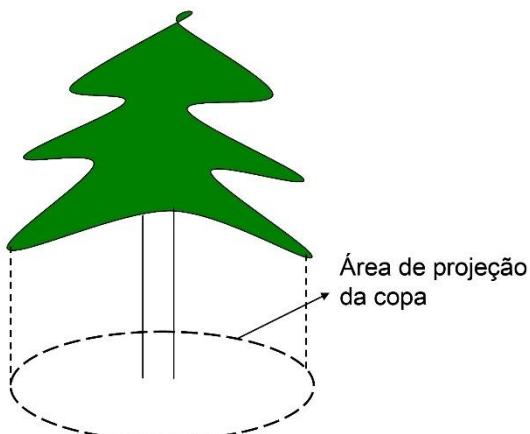
Figura 5. Aplicação de adubo no fundo da cova em plantio manual.



Fonte: Os autores.

**Adubação de cobertura:** A adubação de cobertura é feita em duas etapas e utiliza no total 220 gramas de cloreto de potássio ou adubo formulado NPK 20-00-20 + 0,7% B por planta, aplicados na área de projeção da copa, sendo a metade de cada lado da planta, em filetes laterais de 1 metro de comprimento; a primeira etapa ou metade é aplicada após 90 dias do plantio e a outra metade deve ser aplicada no início do período chuvoso (Figura 6).

Figura 6. Local da deposição do adubo por ocasião da adubação em cobertura.



Fonte: Os autores.

Em função da análise do solo, pode-se usar o calcário dolomítico, como fonte de cálcio e magnésio, na dose de 1.000 a 2.000 kg por hectare ou 0,9 a 1,8 kg por muda, sendo a metade de cada lado da muda, em coroa ou área de projeção da copa ou, ainda, dividida em filetes laterais de 1 metro de comprimento.

Nos casos de reforma e condução da brotação, a quantidade de nutrientes a ser aplicada varia com a produtividade anterior e futura, além da fertilidade do solo. As espécies do gênero *Eucalyptus* plantadas no Brasil são adaptadas a baixos níveis de fertilidade do solo. Essas espécies são pouco sensíveis à acidez do solo e toleram altos níveis de alumínio e manganês.

## 2.2. ESPÉCIES NATIVAS

Nos solos muito degradados pela erosão, lixiviação e uso inapropriado pela exploração agrícola recomenda-se a aplicação de calcário. Em geral, os solos com níveis mais elevados de alumínio, bem como baixos teores de matéria orgânica e argila requerem maiores doses de calcário. Este deve ser aplicado a lanço, na área total ou em faixas, pelo menos noventa dias antes do plantio, com incorporação uniforme na camada de 0-20 cm do solo.

Os solos no Estado do Espírito Santo, por exemplo, possuem minerais de argila com baixa atividade, pois são de origem caulinitica, e apresentam uma reduzida capacidade de troca catiônica. Por essa razão, comportam-se quase como solos arenosos, retendo pouco K na solução do solo (PREZOTTI *et al.*, 2007).

Portanto, argumenta-se que maior quantidade de potássio aplicado no sistema é conveniente, porque pode favorecer um desempenho adequado dos povoamentos florestais e viabilizar o alcance das metas de produtividade propostas. O mesmo raciocínio pode ser usado

Ca e Mg, sendo que esses elementos, adicionados na forma de calcário dolomítico, possuem dissolução lenta e podem servir até para os ciclos seguintes do povoamento.

Os adubos devem ser aplicados ao redor das plantas ou em covetas laterais, quando o solo estiver úmido, ampliando o raio de aplicação de acordo com o crescimento das plantas. Recomenda-se a seguinte adubação para espécies nativas no estado do Espírito Santo (adaptado de Prezotti et al., 2007):

**Adubação orgânica:** aplicar 6 L/cova de esterco bovino curtido ou 1/3 de esterco de aves.

**Adubação mineral:** vide Tabela 5.

Tabela 5 – Recomendação de adubação mineral, com base nos nutrientes N, P e K, para aplicação no solo para o crescimento de espécies nativas

Fósforo <sup>1</sup>	Potássio <sup>1</sup>		
	Baixo	Médio	Alto
	kg ha <sup>-1</sup> de N – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – K <sub>2</sub> O		
Baixo	20 – 40 – 30	20 – 40 – 20	30 – 40 – 00
Médio	20 – 25 – 30	20 – 25 – 20	30 – 25 – 00
Alto	25 – 00 – 30	20 – 00 – 20	30 – 00 – 00

<sup>1</sup>Teor apresentado na análise de solo (devem ser feitas correções da dose para formulados comerciais).

Na falta de informações específicas, se os teores de boro e zinco estiverem baixos (em relação à Tabela 1 ou análise de solo), aplicar 1 kg ha<sup>-1</sup> de B e 1 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. Aplicar todo o fósforo, zinco e boro e 50% do nitrogênio e do potássio no solo de enchimento de cova, na ocasião do plantio. O restante de N e K<sub>2</sub>O devem ser aplicados entre 3 e 6 meses após o plantio, em cobertura, coincidindo com o período chuvoso.

### 2.3. PINUS

As espécies plantadas no Brasil são adaptadas a baixos níveis de fertilidade do solo, tolerantes à acidez e a altos níveis de alumínio trocável. A calagem, utilizando calcário dolomítico, é fonte de cálcio e magnésio e recomenda-se elevar a saturação de bases (V) para 40%.

Recomenda-se a adubação mineral conforme a Tabela 6 para pinus no estado do Espírito Santo (adaptado de Prezotti et al., 2007).

Tabela 6 – Recomendação de adubação mineral, com base nos nutrientes N, P e K, para aplicação no solo para o crescimento de pinus

Fósforo <sup>1</sup>	Potássio <sup>1</sup>		
	Baixo	Médio	Alto
	kg ha <sup>-1</sup> de N – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – K <sub>2</sub> O		
Baixo	30 – 40 – 40	30 – 40 – 20	30 – 40 – 00
Médio	30 – 00 – 40	30 – 00 – 20	30 – 00 – 00
Alto	30 – 00 – 40	30 – 00 – 20	30 – 00 – 00

<sup>1</sup>Teor apresentado na análise de solo (devem ser feitas correções da dose para formulados comerciais).

Aplicar 1 kg ha<sup>-1</sup> de B e 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, se os teores de boro e zinco estiverem baixos (em relação à Tabela 1 ou análise de solo). Aplicar todo o fósforo, zinco e boro e 1/3 do nitrogênio e do potássio no solo de enchimento de cova, na ocasião do plantio. Os outros 2/3 de N e K<sub>2</sub>O devem ser aplicados em cobertura, divididos em 3 parcelas, coincidindo com o período chuvoso. A primeira parcela deverá ser aplicada entre o 6º e o 12º mês após o plantio e as outras duas aplicações durante e após o fechamento da copa das árvores.

## 2.4. SERINGUEIRA

A calagem, utilizando calcário dolomítico, é fonte de cálcio e magnésio e recomenda-se elevar a saturação de bases (V) para 50%. Recomenda-se realizar análises dos teores de nutrientes nas folhas da seringueira a fim de adequar a nutrição em macro e micro nutrientes para as plantas.

Recomenda-se a seguinte adubação para seringueira no estado do Espírito Santo (adaptado de Prezotti et al., 2007), considerando uma produtividade de 1.200 a 1.500 kg de borracha seca ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7 – Recomendação de adubação mineral, com base nos nutrientes N, P e K, para aplicação no solo para o plantio de seringueira

Fósforo <sup>1</sup>	Potássio <sup>1</sup>		
	Baixo	Médio	Alto
	kg ha <sup>-1</sup> de N – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – K <sub>2</sub> O		
Baixo	70 – 50	70 – 00	70 – 00
Médio	40 – 50	40 – 00	40 – 00
Alto	20 – 50	20 – 00	20 – 00

<sup>1</sup>Teor apresentado na análise de solo (devem ser feitas correções da dose para formulados comerciais).

Tabela 8 – Recomendação de adubação mineral, com base nos nutrientes N, P e K, para aplicação no solo para o crescimento de seringueira

Nutriente	Formação e Produção <sup>2</sup>				
	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	após o 5º ano
Nitrogênio	g/planta de N				
	30	50	70	100	120
Fósforo <sup>1</sup>	g/planta de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
Baixo	0	100	130	150	150
Médio	0	60	80	90	90
Alto	0	30	40	50	50
Potássio <sup>1</sup>	g/planta de K <sub>2</sub> O				
Baixo	30	50	70	100	120
Médio	20	30	50	70	80
Alto	10	15	20	40	50

<sup>1</sup>Teor apresentado na análise de solo; <sup>2</sup>Corrigir a dose para formulados comerciais.

Se a análise de solo indicar baixos teores de micronutrientes, aplicar por planta: 8 g de Zinco; 3 g de Cobre; 5 g de boro; 3 g de ferro e 5 g de manganês, uma vez ao ano, no início do período chuvoso. Essa aplicação pode ser via líquida (adubação foliar) ou via fórmulas comerciais (via solo, em cobertura, em covetas laterais).

No primeiro ano de crescimento, o nitrogênio e o potássio dever ser parcelados da seguinte forma: 20% da dose 30 dias após o plantio; 40% da dose 120 dias após o plantio e o restante, no final do primeiro ano.

Do segundo ao quarto ano de crescimento, parcelar o nitrogênio e o potássio em três aplicações anuais (início, meio e fim do período chuvoso); aplicar o fósforo uma vez ao ano.

A partir do quinto ano de crescimento, parcelar o nitrogênio e o potássio em duas parcelas anuais, no início e no fim do período chuvoso; aplicar o fósforo uma vez ao ano.

## 2.5. PUPUNHA

A pupunheira tem sido cultivada nos Estados da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina e apresenta como vantagens para seu cultivo a precocidade de corte, perfilhamento abundante, boa palatabilidade, ausência de oxidação do palmito produzido (escurecimento), e alta produtividade (EMBRAPA FLORESTAS, 2013).

Nas diferentes regiões do Brasil, para uma produtividade esperada de 1 a 4 t/ha de creme de palmito, as recomendações com aplicações anuais parceladas em pelo menos cinco vezes, variam de 110 a 300 kg/ha de nitrogênio, até 80 kg/ha de fósforo na forma de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, de 20 a 160 kg/ha de potássio na forma de K<sub>2</sub>O, de 20 a 50 kg/ha de enxofre e de 1 a 2 kg/ha de boro. Em função da elevada adubação nitrogenada aplicada no cultivo, é recomendada a

correção do solo a cada quatro anos, mediante o uso de calcário dolomítico. Especificamente para a região do litoral do Paraná, a pupunheira para palmito é exigente em N; K; P, em ordem decrescente. As exigências nutricionais da pupunheira podem ser supridas com o uso de cama de aviário em conjunto com a incorporação de biomassa foliar (adubação verde) produzida mediante plantio de leguminosas como Ervilhaca peluda (ervilhaca), *Crotalaria spectabilis* (crotalária) (NEVES *et al.*, 2007), e amendoim forrageiro.

## 2.6. ACÁCIA-NEGRA

Plantios da acácia-negra, juntamente, com o do eucalipto e o do pinus constituem-se nos mais expressivos no que concerne a florestas plantadas. A concentração de plantio dessa espécie se dá no estado do Rio Grande do Sul onde vem sendo explorada por basicamente pequenos produtores.

Conforme descrito por Higa (2016), como leguminosa, a acácia-negra está entre as 50 melhores espécies arbóreas fixadoras de nitrogênio, exigindo apenas o fornecimento de fósforo para seu rápido crescimento. Em plantios comerciais, a adubação de 50 gramas de NPK (5:30:15) por cova tem sido muito usada somente no primeiro ano. Estudos desenvolvidos no Município de Paverama, Rio Grande do Sul, o tratamento com adição de 15g super triplo + 45g de KCL, e mantendo-se a relação P/K 1:3, tem trazido maiores crescimentos em altura.

## 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como públicos-alvo pequenos e médios produtores e estudantes universitários e de nível técnico, este capítulo vem servir como orientação rápida e básica aos produtores que pretendem diversificar a produção agrícola, para produzir produtos florestais para uso na própria propriedade rural ou atender a demandas ambientais.

A nutrição mineral de espécies florestais integradas com pecuária e lavouras é um fator de adaptação à região onde serão cultivadas, com vistas a melhorar a eficiência de uso da água e o desenvolvimento radicular e garantir maior velocidade de crescimento inicial. A adubação de plantio deve ser feita segundo as análises de solo da área e necessidades da espécie utilizada e considerando o teor dos nutrientes já disponíveis no solo. Pode ser feita por ocasião do preparo do sulco ou cova de plantio e até 15 a 20 dias após o plantio das mudas por meio de covetas laterais. Após a determinação da quantidade necessária de cada nutriente a ser aplicado na adubação de plantio e de cobertura, deve-se buscar o adubo formulado que melhor atenda às proporções desses nutrientes e às necessidades da cultura.

Outras recomendações a respeito da adubação podem ser obtidas nas publicações de Gonçalves (1995), Haridasan (2000), Bellote & Neves (2001), Maeda (2014) e Embrapa (2017). Procure um profissional habilitado para ajudar nas escolhas dos fertilizantes e corretivos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2004. 442 p.: il.
- BARROS, N. F. de; MOURA FILHO, W.; VALE, A. B.; OLIVEIRA, L. M. Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de *Eucalyptus alba*, na região de Santa Bárbara, MG. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 23, p. 109-128, 1976.
- BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F de. Nutrição e adubação de eucalipto. In: A cultura do eucalipto II. **Informe Agropecuário**, Belo horizonte: EPAMIG, v. 18, n. 186, p. 70-75, 1997a.
- BARROS, N. F. de; TEIXEIRA, J. C.; TEIXEIRA, J. L. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadaria. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 30, cap. 7, p. 79-87, abr. 1997b.
- BELLOTE A. F., NEVES E. J. **Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural**. Embrapa Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E). 2001.
- BRAGA, F. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L.; COSTA, L. M. Características ambientais determinantes da capacidade produtiva de sítios cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 291-298, 1999.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. 2. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. 470 p.
- EMBRAPA FLORESTAS - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Transferência de tecnologia florestal: pupunheira para produção de palmito** / Embrapa Florestas. Brasília: Embrapa, 2013. 66 p.: il. color. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1477/sistema-de-producao-de-pupunheira-para-palmito>>. Acesso em: 9 abr. 2022.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Uso do solo e adubação de espécies florestais nas condições pedoclimáticas da base petrolífera de Urucu, Coari, AM**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2017. 40 p.: il. color. Documentos 136.
- FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição Mineral de Plantas - 2<sup>a</sup> Edição**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 670 p. 2018.
- GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de Adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba: Documentos Florestais, v. 15, p. 1-23, 1995.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 12(1), pp.54-64, 2000.

HIGA, R. C. V. Cultivo da Acácia-Negra. Brasília, DF: EMBRAPA, 2016. (Embrapa Florestas. Sistema de Produção. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados>>. Acesso em: 9 abr. 2022.

MAEDA, S. **Recomendações de adubação mineral.** IN: SANTOS, P. E. T. (ED.). Cultivo do eucalipto. 4<sup>a</sup> ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2014. (Embrapa Florestas. Sistema de Produção. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados>>. Acesso em: 9 abr. 2022.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic Press, 2th edition, 1997, 892 p.

NEVES, E. J. M.; SANTOS, A. F.; RODIGHERI, H. R.; CORRÊA JÚNIOR, C.; BELLETTINI, S.; TESSMANN, D. J. **Cultivo da pupunheira para palmito nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil.** Embrapa Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2007.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* spp.: Níveis críticos de implantação e de manutenção. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 10, n. 1, p. 105-111, 1986.

NOVAIS, R. F. et alii. **Nutrição mineral do eucalipto.** In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. Relação solo-eucalipto. Viçosa, Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.

ORTIZ, J. L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e relevo.** 2003. 205 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

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: 5<sup>a</sup> aproximação.** Vitória: SEEAA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.: il. color.

SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina /** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. – [s. l.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.: il.

SILVA, J. de C.; CASTRO, V. R. de; XAVIER, B. A. **Manual prático do fazendeiro florestal: produzindo madeira de qualidade.** 2<sup>a</sup> ed.rev. ampli. Viçosa-MG: 2008. 72 p.: il.

## ANEXOS



Uso um trado manual para coletar amostras de solo.  
<https://www.flickr.com/photos/michigandeq/26768098379/in/photostream/>  
Departamento de Qualidade Ambiental de Michigan  
Nov 2017



Aspecto da coleta de solo.  
Fertilab Sistemas  
Se sugiere que el muestreo se realice con una pala de acero inoxidable. Para un muestreo homogéneo y representativo.jpg  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Se\\_sugiere\\_que\\_el\\_muestreo\\_se\\_realice\\_con\\_una\\_pala\\_de\\_acero\\_inoxidable.\\_Para\\_un\\_muestreo\\_homog%C3%A9neo\\_yRepresentativo.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Se_sugiere_que_el_muestreo_se_realice_con_una_pala_de_acero_inoxidable._Para_un_muestreo_homog%C3%A9neo_yRepresentativo.jpg)  
Fev 2015



Հողանմուշի զործիք 2.JPG

Março 2012  
Chaojoker  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%D5%80%D5%B8%D5%B2%D5%A1%D5%B6%D5%B4%D5%B8%D6%82%D5%B7%D5%AB\\_%D5%A3%D5%B8%D6%80%D5%AE%D5%AB%D6%84\\_2.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%D5%80%D5%B8%D5%B2%D5%A1%D5%B6%D5%B4%D5%B8%D6%82%D5%B7%D5%AB_%D5%A3%D5%B8%D6%80%D5%AE%D5%AB%D6%84_2.JPG)

Dispositivo de amostragem de solo de trado

# CAPÍTULO X

## POSSIBILIDADE DE PRODUÇÃO DE PIAÇAVA (*ATTALEA FUNIFERA* MART.) EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA BAHIA

DOI: 10.51859/AMPLLA.SIP096.1123-10

Rozimar de Campos Pereira <sup>1</sup>  
Carlos Alex Lima Guimarães <sup>2</sup>  
Claudia Marcia Gomes <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Engenharia Florestal - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. Rua Rui Barbosa, 711. Campus Universitário - Cruz das Almas – Bahia rozimar@ufrb.edu.br, cmgomes@ufrb.edu.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo - Rua Carneiro da Rocha, 272, 45653-560, Ilhéus, Bahia, Brasil. piassava@uol.com.br

### 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais (SAF) devem ser compreendido como um modelo de produção que visa associar o cultivo, ou o manejo, de espécies arbóreas integradas com culturas agrícolas na presença ou ausência de animais em uma mesma unidade de área, de forma simultânea ou escalonada ao longo do tempo (NAIR, 1993). O sistema agroflorestal (SAF) é um método de diversificação da produção por meio da utilização de múltiplas atividades e culturas em uma mesma área, envolvendo culturas, essências florestais e, em alguns casos, atividades pecuárias.

Esta forma de uso da terra, garante o aumento da produtividade e da rentabilidade econômica, promovendo a sustentabilidade das pequenas propriedades. Além dessas vantagens o sistema possibilita recuperar a fertilidade dos solos, reduz a erosão, melhora o microclima, melhor ocupação do site e contribui para melhorar a alimentação do homem do campo.

Dentre as muitas funções e benefícios da utilização de sistemas agroflorestais, destacam-se a fixação do homem no campo, a diversificação das fontes de renda e a otimização do uso da terra (ALTIERI, 2012). Devido aos resultados envolvendo a produção agrícola aliada a aspectos relacionados à conservação, a utilização de sistemas agroflorestais tem ganhando cada vez mais notoriedade (CARDOSO; SILVA, 2011), a diversificação de produtos que aumentam a área plantada, estão a melhoria da fertilidade do solo e da estrutura física, as condições microclimáticas e ecológicas da produção agrícola e, portanto, o potencial aumento da produtividade total (SANTIAGO et al., 2013; STONE et al., 2015).

Existem diversos modelos de SAF, que podem apresentar diferentes combinações e estruturas entre seus componentes (árvores, agricultura, forrageiras e/ou animais). Portanto,

todas as variáveis individuais de cada componente, principalmente as características morfológicas dos componentes arbóreos, devem ser consideradas, pois a escolha errada das espécies arbóreas pode comprometer aspectos técnicos fundamentais para a viabilidade de todo o sistema.

De acordo com May (2008) os SAFs podem gerar receita e fornecer serviços e bens para o consumo das famílias rurais. Peneireiro et al. (2008) completam esta informação listando algumas das diferentes funções que as árvores podem fornecer em produtos aos agricultores como: fornecimento de fontes de proteína animal (ABDO et al., 2008); adubação verde para o solo; proteção para os cultivos; favorecem a apicultura; incrementam a produção de plantas medicinais e aromáticas, produção de madeira e produtos não-madeireiros (SANTOS, 2000).

No Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica, publicado pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário Dubois (2008) afirma que, um determinado consórcio pode ser chamado de agroflorestal na condição de ter, entre as espécies componentes do consórcio, pelo menos uma espécie tipicamente florestal, ou seja, uma espécie nativa ou aclimatada, de porte arborescente ou arbustivo, encontrada num estado natural ou espontâneo em florestas ou capoeiras (florestas secundárias).

Os sistemas agroflorestais têm sido utilizados como alternativa sustentável à agricultura familiar (PORRO; MICCOLIS, 2011), sendo necessário desenvolver métodos para avaliar se essa estratégia pode melhorar a vida dos agricultores, incluindo a reprodução socioeconômica e ambiental (OLIVEIRA, 2016). Estes sistemas consistem na produção que agregue espécies perenes lenhosas e/ou de estrato arbóreo (árvores, arbustos, palmeiras e bambus) com espécies agrícolas e/ou pecuária, com esses componentes organizados de múltiplas formas no espaço e também no tempo (ENGEL, 1999). Devido à função protetiva das árvores, os SAFs são uma forma de evitar a degradação ambiental e utilizar melhor os recursos naturais, embora seja mais complexo (maior número de espécies presentes) e aumente os conhecimentos necessários para seu manejo (MORAES; AMÂNCIO; RESENDE, 2011).

Apesar de haverem grandes superfícies ocupadas por SAFs nos trópicos, pouco ainda é aproveitado do potencial de produção de madeira sólida de alta qualidade nessas áreas, bem como do potencial de provisão de serviços ecossistêmicos (MONTAGNINI, 2017) e principalmente espécies voltadas para obtenção de produtos florestais não-madeireiros. Tradicionalmente, o componente arbóreo de SAFs sempre foi manejado para favorecer os outros cultivos associados, provendo sombra, conforto térmico e microclima, ciclagem de nutrientes, entre outros serviços que visam garantir a produtividade dos cultivos agrícolas (ASHTON; MONTAGNINI, 2000; SILVA, 2013).

A despeito do impacto econômico do setor florestal, o uso de sistemas agroflorestais (SAFs) e plantações mistas para suprimento de produtos madeireiros e não-madeireiros não tem sido explorado adequadamente nos últimos anos sob o ponto de vista econômico. Praticamente, a totalidade da produção de produtos não-madeiros atual é proveniente do extrativismo.

Manejar a floresta e Sistemas Agroflorestais para obtenção de Produtos Florestais Não-Madeireiros (PFNMs) é um grande desafio, pois isto implica na manutenção da diversidade biológica de espécies animais e vegetais, atentando para o desenvolvimento de métodos e atividades econômicas que não provoquem desequilíbrio ecológico, buscando sempre alcançar um desenvolvimento em bases realmente sustentáveis (MACHADO, 2008).

No contexto da Mata Atlântica, SAFs podem ser uma estratégia de manejo sustentável pois a maior parte desse bioma já foi destruída pela ação humana, na qual a agricultura teve importante papel (STRAUCH, 2016). Existem povos que realizam manejo com SAFs na Mata Atlântica, de forma tradicional, conhecimentos que podem e devem ser utilizados, que são: pousio florestal, quintais agroflorestais familiares, cacauais arborizados, cafezais sombreados, sistema silvibananeiro, SAF de erva mate, sistema faxinal, citricultura agroflorestal, produção de piaçava em agroflorestal, sistema taungya, sistemas silvipastoris e sistema box (MAY; TROVATTO, 2008). Os SAFs buscam forma de melhor equilíbrio do sistema, assim para evitar pragas, emprega-se o aumento da biodiversidade e o manejo (CANUTO et al., 2018). Na escolha das espécies dá-se preferência para aquelas de uso comercial, porém existem as que podem possuir pouco valor nesse aspecto, mas que tem funções ecossistêmicas, contribuindo com o bom funcionamento do SAF. A piaçaveira, tem grande valor como espécie de uso múltiplo, ou seja, aquelas que podem ter características funcionais e também outras, como culturais e comerciais (MAY e TROVATTO, 2008).

No Sul da Bahia, a Mata Atlântica foi fortemente impactada pela ação antrópica, alcançando picos de desmatamento e degradação no início da década de 1990 e atualmente conta apenas 11,1% da área de floresta original (SOS Mata Atlântica, 2019). Com isso, apesar da região Sul da Bahia representar um dos maiores celeiros agroflorestais do planeta, com mais de 400.000 hectares de cacau cultivados em sistemas agroflorestais (LEITE, 2018), pouco vem sendo explorado do grande potencial dos SAFs da região principalmente visando a produção de produtos não-maderereiros como fibra, resinas, látex, óleos essenciais dentre outros e produtos florestais madeireiros, produtos estes que podem contribuir com a geração de serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono.

Uma espécie nativa do Brasil, ocorrente na Mata Atlântica, produtora de fibra (PFNM) que poderia ser incluída como componente arbóreo nos sistemas agroflorestais é a piaçava. A espécie *Attalea funifera* Mart, encontrada na Bahia e conhecida como piaçava-da-Bahia pertence à família das palmáceas (MOREAU, 1997). A piaçava da Bahia no Litoral Norte remete ao extrativismo nessa região do Brasil desde a época da colonização até os dias atuais (BARRETO, 2009).

As informações apresentadas podem ser uma peça importante para apoiar tomadas de decisões de agricultores quanto às técnicas e tecnologias empregadas nos modelos produtivos inovadores que poderão ser utilizados na implantação de sistemas agroflorestais tendo a piaçaba como cultivo principal e apresentar o saber das comunidades tradicionais e agroextrativistas da região, relacionados ao aproveitamento dos PFNMs desta palmeira da Mata Atlântica.

Nesse contexto e devido à reduzida disponibilidade de literatura atualizada sobre o tema, o presente capítulo apresenta do manejo florestal da piaçava nos sistemas agroflorestais, apresenta pontos que possam contribuir para o conhecimento deste componente como opção de espécie de uso múltiplo.

## 2. OS SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA MATA ATLÂNTICA DA BAHIA

Nair (1984) define que os SAFs são sistemas de produção que vêm sendo desenvolvidos em todo o mundo, há milênios, principalmente pelas populações tradicionais, proporcionando sustento de pelo menos 1,2 bilhão de pessoas (cerca de um sexto da humanidade). Dentre as definições de Sistemas Agroflorestais, Bene et al. (1977) definem que: “é um sistema de manejo sustentável da terra que busca aumentar a produção de forma geral, combinando culturas agrícolas com árvores e plantas da floresta e/ou animais simultâneos ou sequencialmente, e aplica práticas de gestão que são compatíveis com os padrões culturais da população local.

Os SAFs estiveram presentes como forma de uso do solo pelas populações indígenas muito antes da colonização do Brasil. Consiste na produção que agregue espécies perenes lenhosas e/ou de estrato arbóreo (árvores, arbustos, palmeiras e bambus) com espécies agrícolas e/ou pecuária, com esses componentes organizados de múltiplas formas no espaço e também no tempo (Engel, 1999). Devido à função protetiva das árvores, os SAFs são uma forma de evitar a degradação ambiental e utilizar melhor os recursos naturais, embora seja mais complexo (maior número de espécies presentes) e aumente os conhecimentos necessários para seu manejo (MORAES; AMÂNCIO; RESENDE, 2011).

Nessa perspectiva, os sistemas agroflorestais (SAFs) surgem como alternativa sustentável para a “construção” de novos cenários, por apresentarem semelhanças com os ecossistemas naturais, devido à grande biodiversidade e à valorização das espécies arbóreas na composição de sistemas produtivos, formando agroecossistemas abertos, complexos e dinâmicos, favorecendo a interação ecológica existente entre os animais e as plantas. Além disso, colaboram para a restauração e para a preservação do solo (NAIR, 1993; AMADOR, 2003; PADOVAN; PEREIRA, 2012).

De acordo com Paludo e Costabeber (2012), os SAFs representam uma forma de agricultura mais sustentável, se comparada com a agricultura convencional, constituindo-se como um instrumento importante para a conservação e para a melhoria ambiental, na luta contra a pobreza rural e na busca da garantia da segurança alimentar. Também se constituem como alternativa de sustento para as famílias, como auxílio no acréscimo à renda, melhorando o bem-estar dos agricultores e evitando, com isso, que abandonem o ambiente rural. Conforme Padovan e Cardoso (2013) advertem, o termo SAFs engloba um vasto arcabouço de agroecossistemas. Por esse motivo, cabe ressaltar que, neste estudo, por sua referência à sustentabilidade, o foco de análise são os SAFs biodiversos, que são sistemas agroflorestais mais complexos e que buscam os fundamentos da floresta em seus princípios ecológicos (PENEIREIRO, 2003).

A implantação de cultivos de árvores arbóreas sem prévio estudo de suas particularidades pode promover interações indesejadas em toda a área de cultivo, podendo acarretar prejuízos, tanto em termos de qualidade dos produtos e serviços, quanto em produtividade total do sistema adotado (COELHO; OLIVEIRA, 2009; STAHL; PEARSALL, 2012; KARUNGI et al., 2015).

Os SAFs podem proporcionar benefícios diversos tanto para o meio ambiente quanto para os seres humanos, os chamados benefícios socioambientais. Segundo Miccolis et al. (2016), são exemplos de benefícios na esfera ambiental: proteção e aumento da biodiversidade, mitigação das mudanças climáticas e aumento da capacidade de adaptação a seus efeitos. Podem promover, ainda, a regulação do ciclo hidrológico, controle da erosão e do assoreamento, ciclagem de nutrientes e, portanto, aumento da fertilidade do solo, melhorando suas propriedades físicas, biológicas e químicas. Para o produtor, são exemplos de benefícios: geração de produtos que podem ser comercializados, como alimentos, remédios, fibras, sementes, matérias primas para abrigo e energia.

### 3. A PIAÇAVA

O nome piaçava (piaçaba, piaçá, coqueiro-piaçaba, japeraçaba, pau-piaçaba, piaçabeira, piaçaveira e vai-tudo são os nomes populares de duas espécies) está relacionado comercialmente a um grupo importante de fibras produzidas na América do Sul e na África. Entretanto, o nome é principalmente associado às palmeiras brasileira *Leopoldinia piassaba* (nativa da Amazônia) e *Attalea funifera* é nativa da Bahia, porém pode ser referido a fibras de outras palmeiras (JONES, 1995).

No mundo são encontradas aproximadamente 10 palmeiras que produzem fibras, todas elas conhecidas comercialmente como “piaçava”, apesar de apresentarem tamanho, diâmetro e qualidade inferiores às fibras extraídas da piaçaveira endêmica do litoral da Bahia (*Attalea funifera*).

No Brasil ocorrem cinco espécies e um híbrido natural de palmeiras que produzem piaçava (*Attalea funifera*, *Attalea x voeksii*, *Leopoldinia piassaba*, *L. major*, *Aphandra natalia* e *Barcella odora*); as piaçavas do oeste africano, principalmente da Nigéria e Serra Leoa, são obtidas do pecíolo e da raquis das compridas folhas penadas de espécies de *Raphia* (*Raphia hookeri*, *R. palma-pinus* e *R. vinifera*). Segundo NIIR (s.d.), as fibras produzidas em pequena escala e também conhecidas como piaçava são as da palmeira *Dypsis fibrosa*, originária de Madagascar.

As fibras das palmeiras acima mencionadas são coletadas em *stands* naturais e têm duas finalidades: são exportadas ou usadas pela indústria local. Essas fibras de palmeiras brasileiras originam-se da base da folha e cobrem o estipe. Elas são desembaraçadas, arrumadas, depois de cortadas, e amarradas juntas em molhes. As fibras são usadas para produção de vassouras duras e escovas industriais, bem como cordas e cabos. Os cabos são excelentes para propósitos marinhos porque são resistentes à água salgada (JONES, 1995).

#### 3.1. DESCRIÇÃO BOTÂNICA E ORIGEM

Existem pelo menos três espécies diferentes de piaçaveiras e que são exploradas comercialmente no Brasil, desde o período colonial: a piaçava do Pará (*Leopoldinia piassaba*), originária do Amazonas e do norte do Pará; a piaçava acreana (*Aphandra natalia*), que ocorre no vale do Rio Juruá e, piaçava da Bahia (*Attalea funifera*) (LORENZI et al., 2010).

A piaçava é uma palmeira que pertence à família Arecaceae e está associada a solos arenosos, leves e profundos (podzólicos) e também solos sílico-arenosos (BONDAR, 1942a). Segundo Sá et al. (1982) o clima da faixa litorânea da Bahia é do tipo Af, clima quente e úmido,

sem estação seca definida, temperatura anual de 24°C, umidade do ar em torno de 80% e boa luminosidade (cerca de 2.500 horas de luz/ano). As chuvas caem com regularidade durante todo o ano, variando de 1.600 mm ao sul de Canavieiras até Prado (limite sul da espécie), a mais de 2.000mm anuais, de Ilhéus à Valença, área de maior concentração da espécie (GUIMARAES; SILVA, 2012).

A piaçava da Bahia, também conhecida como piaçava, piaçaba, piaçava da Bahia e coqueiro de piaçava, é uma palmeira genuinamente da flora brasileira. Piaçava significa “planta fibrosa” na língua Tupi, com a qual se faz utensílios caseiros. Foi descrita por Martius, em 1825, utilizando a união de duas palavras latinas: “funis”, substantivo que significa “corda”, “amarra”, e “ferens”, adjetivo que significa “que produz”. São conhecidas 22 espécies de palmeiras deste gênero, sendo a mais importante *Attalea funifera*. Cresce espontaneamente e é explorada economicamente desde o período do Brasil colonial (VINHA; SILVA, 1998).

A espécie *Attalea funifera* Mart. é endêmica do litoral dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas. Sua ocorrência natural restringe-se a uma estreita faixa dentro do bioma Mata Atlântica (GUIMARAES; SILVA, 2012). A piaçaveira é encontrada nas matas de transição da Restinga para Mata Higrófila, predominantemente neste último ecossistema que ocorre em boa parte sobre os tabuleiros próximos ao litoral. Ambas as vegetações são pertinentes ao bioma Mata Atlântica. Na área de transição da mata de Restinga, a piaçaveira forma o dossel superior da vegetação, enquanto na mata sobre os tabuleiros, vai aos poucos desaparecendo, não sendo mais encontradas na parte mais densa dessa vegetação (VINHA; SILVA, 1998).

As piaçaveiras exploradas na Bahia para a produção de fibras são, em sua totalidade, plantas crescendo em estado espontâneo. Quase toda a produção baiana provém de piaçavais denominados “cultivados” ou “beneficiados”, que não passam de bosques nativos dessas palmeiras em que a mata foi devastada para dar maior arejamento às plantas. Trata-se, portanto, de indústria extrativa não existindo culturas da palmeira piaçava propriamente dita.

Na Bahia é uma palmeira solitária, sem espinhos e ereta. No sul do estado se caracteriza por ser caulescente e no norte, é praticamente acaule. A altura média da planta varia entre 8 a 15 m e o diâmetro está em torno de 20 a 25 cm. A planta apresenta oito a dez folhas, com arranjo espiralado, disposição quase vertical, retas e com ápices ligeiramente arcados, com aproximadamente 9 m de comprimento total. As margens do pecíolo apresentam fibras rígidas (piaçava) de até 3,5 m de comprimento (SILVA, 2002).

Por ser uma espécie pioneira, a sua produtividade aumenta à medida que a competição por luz diminui. Na Bahia é comum encontrar a palmeira em áreas de pastagens (Figura 01)

como funcionando como um componente arbóreo. Também estão relacionadas com o plantio do cacau (GAMA et al., 2009).

### 3.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

#### 3.2.1.USOS

Piaçava, piaçaba, piaçá, coqueiro-piaçaba, japeraçaba, pau-piaçaba, piaçabeira, piaçaveira e vai-tudo são os nomes populares de duas espécies (*Attalea funifera* e *Leopoldinia piassaba*) de palmeira cujas fibras (que se localizam na base das folhas) são utilizadas na fabricação de vassouras e coberturas. *Attalea funifera* é nativa da Bahia, no Brasil e *Leopoldinia piassaba* é nativa da Amazônia. A importância econômica da piaçava está pautada tanto na fabricação de vassouras, quanto na produção de artesanatos, objetos de decoração, cordoaria e escovões. O resíduo obtido de sua limpeza é muito utilizado na cobertura de quiosques em áreas de lazer como sítios, clubes e praças. Outro emprego potencial da fibra é como isolante térmico.

Figura 01. Palmeira de piaçava em pasto (a) e capoeira em regeneração (b).



Fonte Pimentel (2015).

Nas pesquisas sobre extrativismo vegetal no Brasil, citadas por Pinto; Bautista (1985), verificou-se que as palmeiras contribuem com 36% do total explorado. No que se refere às

ceras, as palmeiras entram com 100% do produto (carnaúba e licuri); em relação às fibras 45% (piaçava, tucum, ariri, licuri), e nos alimentos, 12,5 % (açaí, juçara, licuri, buriti) (VINHA; SILVA, 1998).

Conforme apurado na Pesquisa de Extração Vegetal e Silvicultura – PEVS, em 2007, a produção primária florestal do país somou R\$ 12,1 bilhões. Deste total, 68,7% (R\$ 8,3 bilhões) foram provenientes do segmento da silvicultura (exploração de florestas plantadas) e 31,3% (R\$ 3,8 bilhões) do extrativismo vegetal (IBGE, 2007).

De 2017 para 2018, houve redução na produção de 5 dos 10 produtos não madeireiros da extração vegetal investigados na Bahia. Os recuos na extração de piaçava (menos 1.048 toneladas, chegando a um volume de 6.854 toneladas extraídas) e umbu (menos 56 toneladas, chegando a 5.752 t) foram os mais representativos em termos absolutos. Os dados são da pesquisa “Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS) 2018”, (IBGE,2018). Ainda assim, a Bahia manteve a liderança nacional na extração desses dois produtos. Dos 10 municípios que mais extraem piaçava, 8 são baianos, encabeçados por Canavieiras (1.351 t), Nilo Peçanha (900 t) e Ituberá (700 t).

As fibras da piaçava são utilizadas na confecção de objetos de decoração, escovões e cordoaria, e seus resíduos tidos como isolantes térmicos, podem ser utilizados em coberturas de casas, sítios, bosques, entre outros. Já a amêndoia do fruto (coco), costuma ser empregada em preparações alimentícias ou na fabricação de fonte de energia alternativa, o chamado '*bois jois*' (CONAB, 2013). Durante vários séculos, a utilização das fibras se restringia exclusivamente para amarras (cordas reforçadas) para navios, devido à sua flexibilidade e à alta resistência à salinidade. Sua importância econômica tem aumentado interna e externamente pelo uso de sua fibra natural para fins industriais e artesanais, através da fabricação de vassouras domésticas e mecânicas, cordas para amarração de navios, enchimento de estofados, chapéus, bolsas, cestas e outros (ZUGAIB; COSTA, 1988). Recentemente têm surgido outras aplicações, como compostos de borracha, substrato para a floricultura tropical (em substituição ao xaxim) obtido dos resíduos do beneficiamento e limpeza durante o processo de separação da fibra principal, na composição de aglomerados para isolante térmico, compostos com látex de seringueira ou espuma na indústria automotiva e na extração de substâncias químicas da fibra para a área biomédica, como membranas de permeabilidade seletiva na extração de polímeros.

### 3.2.2. MERCADO

A importância econômica da piaçava está pautada tanto na fabricação de vassouras, quanto na produção de artesanatos, objetos de decoração, cordoaria e escovões. O resíduo obtido de sua limpeza é muito utilizado na cobertura de quiosques em áreas de lazer como sítios, clubes e praças. Outro emprego potencial da fibra é como isolante térmico.

Em abril de 2021, os índices de preços da piaçava baiana apresentaram aumento de 66% em relação ao mesmo período em 2020 e incremento na ordem de 20,5% em comparação com o mês de março (Tabela 01).

Os preços da fibra vinham apresentando uma certa estabilidade, sem alta significativa, mas no último mês os índices mostraram alta, reflexo do aumento da demanda na região do sul da Bahia, apesar disso, os preços têm permanecido em patamares bem inferiores ao preço mínimo estabelecido pelo governo federal, que por sua vez é pautado no custo variável de produção, confirmando a baixa rentabilidade dos produtores.

Tabela 01. Preços praticados no mercado de piaçava

UF	Abr-20	Marc-21	Abr-21	Var. Anual	Var. Mensal	Preço Mínimo
BA	1,06	1,46	1,76	66%	21%	2,41
AM (tora)	1,76	1,85	1,88	5%	2%	
AM (Kbça)	1,58	1,5	1,57	-5%	5%	

Fonte: Conab (2021).

No Amazonas, o cenário de formação de preço da piaçava tem sido determinado pela relação entre dois fatores, os problemas de comercialização da fibra que ainda afetam a região por conta da pandemia e a cheia dos rios, que limitam a entrada dos produtores nas florestas para coletar a piaçava, o que gera uma situação instável quanto a pressão da demanda em relação a oferta e oscilação na formação de preços.

### 3.2.3. PRODUÇÃO DE FIBRA

É fato notório que a produção de piaçava vem sofrendo redução nos últimos anos, sendo que de 2016 a 2019, último ano de dados apresentados na PEVS, a redução foi de 90%, contudo, interessante destacar que os principais municípios produtores também apresentam diminuição no volume produzido, mas em menores proporções. Barcelos, o único município na região amazonense foi também em 2019 o maior produtor nacional, com 1.300 toneladas o

município, um incremento de 7,9% em comparação a 2018, mas diminuição de 10% no tocante a 2017 os demais municípios apresentaram diminuição no volume produzido que variaram entre 36% e 16%, entre 2017 e 2019 conforme tabela 02.

Tabela 02. Produção fibra de piaçava nos municípios

Município	Ano			Média
	2017	2018	2019	
Barcelos (AM)	1.453	1.204	1.300	1.319
Canavieiras (BA)	1.695	1.351	1.080	1.375
Nilo Peçanha (BA)	1.006	900	750	885
Cairu (BA)	721	650	600	657
Ituberá (BA)	769	700	600	690

Fonte: Conab (2021).

## 4. PROPAGAÇÃO DA PIAÇAVA

### 4.1. PROPAGAÇÃO VIA SEMENTE

A multiplicação por sementes é o processo mais frequente de propagação entre as palmeiras. A germinação destas sementes apresenta, às vezes, grandes dificuldades, tornando-as bem características (PINHEIRO, 1986) pois, além de lenta e desuniforme, em muitas das suas espécies, apresenta-se com baixa porcentagem final, nas semeaduras realizadas em covas diretamente no campo. As sementes de palmeiras germinam melhor se forem colhidas completamente maduras, tiverem o mesocarpo removido, sejam semeadas imediatamente após a colheita em substrato bem drenado e mantidas a temperatura de 30 a 35º C e, na ocorrência de dormência, terem sido previamente embebidas por 1 a 7 dias com trocas diárias de água (BROSCHAT, 1994).

O fruto da piaçaveira de acordo com informações de Noblick (1991) é uma drupa de forma elíptica e mede entre 10 e 15 cm de comprimento por 5,5 a 9,0 cm de diâmetro, formada, basicamente, por três camadas mais ou menos bem definidas; o **epicarpo ou exocarpo**, a camada externa, lisa, 2-2,5 mm de espessura que representa a estrutura originária da parede do ovário; o **mesocarpo**, camada intermediaria grossa, fibrosa, farinácea e comestível, de cor róseo-clara, 3 a 6 mm de espessura, proveniente do mesófilo carpelar; e o **endocarpo**, a camada mais interna, óssea, de cor bronzeada, espessura variando entre 1,5 a 2,0 cm, proveniente da epiderme interna da parede ovariana que se acha em contato com a(s) semente(s) de acordo com a Figura 02.

Os frutos da piaçaveira, quando estão maduros, apresentam a cor esverdeada no ápice e dourada na base e pesam em média, entre 200 e 270 gramas (VINHA; SILVA, 1998). De acordo com Alves e Demattê (1987); Voeks (1987,1988) o fruto pesa aproximadamente 230 gramas e seu cacho pode chegar a mais de 70 kg. Melo (2001) encontrou em seu trabalho que as sementes de piaçaveiras apresentaram peso médio da matéria seca equivalente a 112,6 g, variando de 105,7 g até 125,5 g. Também testou vários tratamentos nos frutos de piaçava para acelerar a germinação, o resultado mais promissor foi a padronização da amostra quanto ao teor de umidade dos frutos, antes do processo germinativo. Também constatou o aumento da velocidade e da porcentagem de germinação com a utilização da temperatura de 30 C°.

Segundo Melo et al. (2000), o peso de 33 cachos de piaçaveiras, coletados com idades entre nove e doze meses, variou de 12 a 35 kg, com média de 21kg. Coletou-se, na região de Itacaré-BA, cachos com até 111 kg, maiores que os de 70 kg citados por Bondar (1942a).

Guimarães e Silva (2012) recomendam a utilização das seguintes técnicas para acelerar a germinação: uso de frutos frescos (recém maduros); retirada do epicarpo e mesocarpo de cada fruto; descanso de 72 horas em água limpa (com trocas diárias); acomodar os frutos de modo que as partes mais finas fiquem para cima. Assim, afirmam os autores, a primeira folha será emitida após 120 dias.

Trabalhos conduzidos por Melo et al. (2001) permitiram registrar consideráveis avanços na tecnologia de produção de sementes de piaçaveira devido à possibilidade de antecipação da colheita dos frutos, anteriormente recomendada apenas no início da dispersão; adoção da prática de embebição das sementes por, no mínimo 24 horas, que visa à padronização do teor de água no lote de sementes em aproximadamente 21%, antes do início do processo germinativo; inviabilidade da recomendação de tratamento pré-germinativo de aquecimento devido ao tempo gasto na sua aplicação.

Figura 02. Cacho de piaçava, fruto inteiro e cortados vertical e horizontalmente.

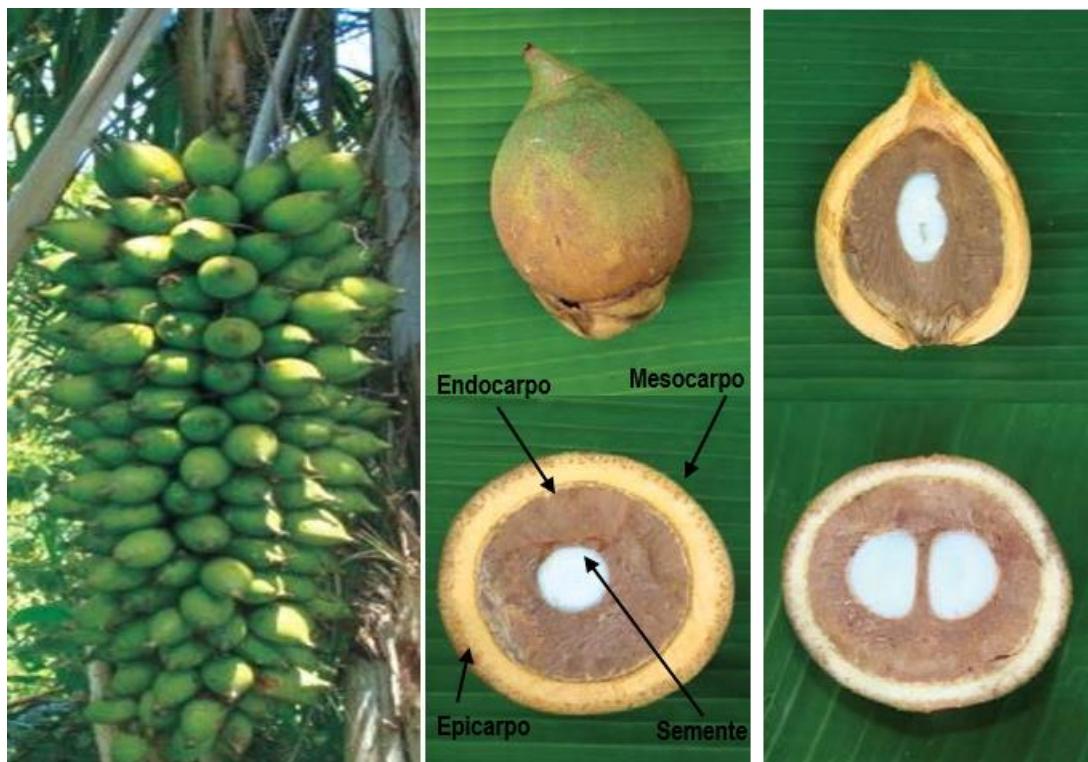


Foto: Carlos Alex Lima Guimarães.

## 4.2. GERMINAÇÃO

A germinação das sementes de piaçaveira apresenta a mesma característica de desuniformidade e baixa velocidade de germinação que as do babaçu, nas semeaduras realizadas em covas diretamente no campo.

Bondar (1943) relatou que os produtores rurais encontraram dificuldades no cultivo de piaçavais devido à falha na germinação das sementes, crescimento inicial lento das mudas e ataque de insetos às sementes. Ferreira et al. (1985) tentaram induzir a germinação de sementes de piaçaveira com diferentes estádios de maturação por meio de uma combinação de métodos químicos, físicos e mecânicos. Nos tratamentos com as maior velocidade de germinação, os frutos maduros com despronte, não atingiram valores para taxas de germinação acima de 40%, embora o tempo inicial de germinação tenha sido reduzido de 6 a 12 meses para 4 meses. Eles também desaconselham o uso de frutos coletadas no solo para plantio, pois podem estar infestadas de besouros broqueadores.

De um modo geral, a germinação de sementes de palmeira é bastante peculiar. De acordo com Tomlinson (1960), a monocotiledônea nunca incha ou fica verde, permanecendo parcial ou totalmente no subsolo. As pontas dos cotilédones correspondem às folhas dos cotilédones

que permanecem dentro do endosperma, e os pecíolos dos cotilédones se estendem alguns centímetros, afastando a planta. Assim, as mudas podem ser localizadas abaixo da superfície do solo (VINHA; SILVA, 1998).

A germinação da piaçava é distante tubular e a expansão do pecíolo cotiledonar pode atingir cerca de 20 cm de profundidade. O período entre a germinação e o aparecimento da primeira folha na superfície do solo pode demorar de 4 a 22 meses. Neste estágio, o sistema radicular já se encontra bastante desenvolvido (Figura 03). Mesmo em plantas nas quais várias folhas já estão à mostra, a parte meristemática ainda é subterrânea e o aparecimento da fase de “coqueiro”, fase em que o tronco fica aparente, fora do solo, só ocorre após muitos anos (VINHA; SILVA, 1998).

Guimarães e Silva (2012) recomendam a utilização das seguintes técnicas para acelerar a germinação: uso de frutos frescos (recém maduros); retirada do epicarpo e mesocarpo de cada fruto; descanso de 72 horas em água limpa (com trocas diárias); acomodar os frutos de modo que as partes mais fina fique para cima. Assim, afirmam os autores, a primeira folha será emitida após 120 dias.

Figura 03. Desenvolvimento sequencial do processo de germinação da piaçaveira.



Foto: Carlos Alex Lima Guimarães.

Melo (2001) testou vários tratamentos nos frutos de piaçava para acelerar a germinação, o resultado mais promissor foi a padronização da amostra quanto ao teor de umidade dos

frutos, antes do processo germinativo. Também constatou o aumento da velocidade e da porcentagem de germinação com a utilização da temperatura de 30 C°.

Em ensaios de embebição de sementes em água corrente durante 24 horas, os teores de água da semente madura, normalmente abaixo de 19% aumentaram para valores próximos a 21%, indicando, assim, a necessidade de adoção desta prática, visando facilitar a germinação. Testes preliminares de germinação com sementes comerciais realizadas em condições controladas de laboratório, na temperatura de 25º c, resultaram em 83,5% de germinação aos 120 dias da instalação do teste em bandejas cobertas ou em sacos plásticos lacrados com substrato de vermiculita umedecida.

O aumento da velocidade e obtenção de germinação superior a 85% aos 60 dias com a utilização de temperatura de 30º C e a conservação da viabilidade das sementes, por até três meses, com elevada porcentagem de germinação, pode ser conseguida com o armazenamento em sacos plásticos lacrados em condições ambientais, mantendo- se a temperatura em torno de 15º C, uma vez que o comportamento das sementes sugere ser o intermediário.

### 4.3. PRODUÇÃO DE MUDAS

O emprego de técnicas para a produção de mudas de qualquer cultura agrícola ou florestal tem por objetivo levar ao campo plantas grandes e fortes que, certamente, agilizarão, em muito, o desenvolvimento do plantio. No caso da piaçaveira para alcançar especificamente este objetivo, temos que estar atentos para todos os procedimentos, desde a coleta e seleção de frutos para germinação, até a escolha dos materiais e melhores procedimentos para que esta meta seja exitosa.

Várias tentativas foram feitas para a produção de mudas de piaçaveira, e muitas fracassaram devido à característica peculiar da sua germinação. Qualquer procedimento operacional que inflija danos ao pecíolo cotiledonar (espingão) e também às raízes depois de fixadas no solo, traz como consequência um transplantio não bem sucedido, causando a morte da plântula. O sistema de mudas usando-se *pets* (vasos plásticos de refrigerantes) de 2 a 3 litros é atualmente o mais indicado para esta planta.

Vinha e Silva (1992) realizaram experimentos com semeadura direta em campo e concluíram que a melhor germinação foi em uma área em estágio avançado de recuperação, resultando em 67 % de emergência das plântulas, após um ano, devido a maior umidade do solo. Na área com plantio antes da queima obteve 30% de germinação, indicando que o fogo tem pouco ou nenhum efeito na superação da dormência das sementes. Nas áreas abertas o

início da protusão do eixo embrionário foi no quinto mês da semeadura e prolongou-se até os 18 meses seguintes, atingindo 36,7% de germinação no final da avaliação.

Uma semente vigorosa que emite pecíolos cotilédones que afundam em média 8 a 20 cm no solo. Ao atingir essa profundidade, forma-se em sua extremidade um bulbo, de onde saem raízes laterais e folíolos em direção à superfície. O bulbo penetra no solo verticalmente até 50 cm e depois sobe à superfície. Na sequência de crescimento, o bulbo cresce lateralmente, a espessura aumenta à medida que novas folhas surgem, e a cada vez que emerge, sempre em maior profundidade. O bulbo é o futuro tronco da palmeira, de onde saem as raízes e folhas originais.

O processo inicial descrito pode levar anos, com o "caule" se desenvolvendo, fazendo com que brotos e meristemas apicais sejam empurrados para baixo, raízes cada vez mais profundas, não próximas à superfície do solo; como consequência deste comportamento inicial de desenvolvimento, as folhas também emergem de uma profundidade cada vez maior em relação à superfície do solo.

Essa palmeira é particularmente vulnerável aos transplantios quando feitos nos estágios mais jovens. Depois que as plantas germinam, a sua retirada do local onde germinaram é difícil, pois qualquer impacto no pecíolo cotiledonar, chamado popularmente de espião, será fatal para as plantas. Portanto, tanto na fase jovem como na adulta, a piaçaveira não é uma planta indicada ao transplantio. Bondar (1964) relata que esta particularidade do crescimento da piaçaveira, assim como em outras espécies do gênero *Attalea*, torna difícil o transplantio de palmeiras novas e a multiplicação no viveiro para ulterior plantio definitivo.

Vinha e Silva (1992) compararam quatro métodos de implantação de piaçavais, com semeadura diretamente no campo, no município de Porto Seguro (BA), todos no espaçamento 3 x 3 m. Concluíram que o melhor tratamento foi obtido com o plantio de sementes dentro de uma área em estágio avançado de recuperação (capoeira), devido à maior umidade no solo, resultando em 67% de emergência das plântulas, após um ano de avaliação, indicando que o fogo tem pouco ou nenhum efeito na superação da dormência das sementes, face aos 30% de germinação obtidos no tratamento realizado com o plantio antes da queima da capoeira.

Com relação aos recipientes, os vasilhames plásticos de refrigerantes descartados (*pets*) se mostraram eficientes para a produção de mudas, alem de são adquiridos com facilidade nas empresas compradoras de materiais para reciclagem ou nos lixões das grandes cidades. Os *pets* são cortados na sua parte superior, na altura de 20 a 22 cm, e são perfurados em seu fundo e nos lados, para que o excesso de água seja drenado. O terriço usado para encher os *pets* deve ser leve, um pouco arenoso, porem apresentando um pouco de 'liga'. Para isto, deve-se misturar

duas a três partes de solo argilo-arenoso em uma parte de solo arenoso (proporção de 2 a 3:1). Depois de bem misturados, coloca-se no *pet* até que atinja uma altura de 15 cm. Em seguida, coloca- se o fruto sem o mesocarpo e com o ápice (ponta) voltado para cima. Posteriormente, completa-se o *pet* com a mesma mistura, segurando a semente para que a mesma mantenha-se centralizada no vasilhame. Depois, acomoda-se o solo através de leves batidas do vasilhame no chão, e completa-se novamente o *pet* até o seu nível total. A necessidade do solo permanecer ligeiramente ‘apilado’ no vasilhame é para que o fruto, no decorrer do tempo, até a fase de plantio, permaneça enterrado, e no momento do plantio o torrão não se desmanche com facilidade. As mudas estarão aptas para ser plantadas em campo depois de permanecerem de 12 a 18 meses no viveiro.

#### 4.4. DESENVOLVIMENTO DA PIAÇAVEIRA

O desenvolvimento da piaçava tem grande influência na qualidade e na quantidade da fibra produzida pela planta. Portanto, é importante conhecer as diferentes fases do desenvolvimento da palmeira, bem como as terminologias tradicionais adotadas para definir cada fase de desenvolvimento.

Guimarães e Silva (2012) relatam um estudo realizado pela empresa Veracel Celulose S/A, no Município de Santa Cruz de Cabrália - BA, comunidade Ponto Central, em área de ocorrência natural da espécie onde esta comunidade define as fases de desenvolvimento da piaçava como: Patioba, Bananeira, Coqueiro recém formado e Coqueiro. A fase patioba é a fase de plântula e muda, em que os indivíduos têm até 4 anos de idade e as fibras produzidas pelas plantas não devem ser retiradas para o uso, pois, são finas e pouco resistentes. As três fases subsequentes já estão relacionadas com produção de fibra de piaçava (BERGAMO; RODRIGUES, 2007).

Comunidades quilombolas da Costa do Dendê, em Ituberá-BA, definem essas fases de forma mais simples, ou seja: Piaçava em Desenvolvimento; Piaçava em Produção; e Coqueiro em Produção. As diferentes fases de desenvolvimento da piaçava, bem como o detalhamento de cada fase de desenvolvimento e produção, que vêm sendo usadas nas regiões de Santa Cruz de Cabrália, Porto Seguro e Ituberá, são apresentadas na Tabela 03.

Pimentel (2015) citou o levantamento realizado por Gama e colaboradores realizado em 2009 apresentaram as seguintes estimativas de densidade por estágio de desenvolvimento da planta, ou seja: Patioba jovem (27%), Patioba nova (25%), Bananeira nova (19%), Coqueiro em produção (26%), Coqueiro alto (1%) e planta normal (2%). Os autores observaram ainda que a porcentagem de palmeiras de piaçavas nos diversos estágios de desenvolvimento estava bem

equilibrada, pois, 45% das plantas estavam na fase reprodutiva (bananeira em produção e coqueiro em produção) e 52% estavam na fase inicial, vegetativa e sem produção de fibras e frutos (patioba e bananeira nova).

Tabela 03- Detalhamento das fases de desenvolvimento e produção da palmeira de piaçava nas regiões de Santa Cruz de Cabrália, Porto Seguro e Ituberá segundo (PIMENTEL, 2015).

<b>Fase de Desenvolvimento</b>	<b>Detalhamento</b>	<b>Fonte Bibliográfica</b>
Patioba	Fase de plântula e muda da piaçava; Indivíduos com até 4 anos de idade são conhecidos como “patioba”; não há produção de fibras longas e de qualidade para o uso, pois as fibras são finas e pouco resistentes.	
Piaçava Bananeira	Estágio novo de desenvolvimento. Produção de fibras longas e de qualidade produtiva para uso. O caule subterrâneo que ainda não formou estipe acima do solo, ainda não frutifica. Indivíduos a partir de 4 anos de idade.	Nomenclatura não indígena adotada por extrativistas do Ponto Central (Santa Cruz Cabrália, BA) - Bergamo; Rodrigues (2007).
Piaçava Coqueiro Recém Formado	Estágio jovem de desenvolvimento; Produção de fibras longas e de qualidade produtiva. Já formou estipe na superfície, mas ainda não está exposto, ou está exposto com uma altura acima do solo inferior a 90 cm. Nesse estágio inicia-se a produção de frutos.	
Piaçava Coqueiro	Estágio adulto de desenvolvimento; Produção de fibras longas e de qualidade produtiva. Tem seu estipe formado e exposto acima de 1 metro do solo e frutificando.	
Patioba (indivíduo jovem)	Fase inicial de desenvolvimento da planta; muda com menos de um metro de altura.	
Bananeira Nova	Planta com folhas maiores que brotam do tronco subterrâneo, tendo mais de um metro de altura; sem produção de fibra.	Nomenclatura indígena Pataxó (Porto Seguro, BA) - GAMA et al. (2009).
Bananeira em Produção	Folhas brotando do tronco subterrâneo com forma de um tronco de bananeira, chegando a atingir até 15 m de altura; Produção de fibra comprida e fina.	
Coqueiro em Produção	Folhas brotando do tronco já desenvolvido, chegando até 20 m de altura; Produção de fibra curta e grossa. Fase de maior produção de fibra.	

Fase de Desenvolvimento	Detalhamento	Fonte Bibliográfica
Coqueiro Alto	Plantas maiores que 5 m de estipe (tronco). Plantas acima de 25 m de altura não devem ser mais exploradas e sim destinadas a porta sementes, pois os riscos de acidentes aumentam, sobretudo queda do extrativista.	
Piaçava em desenvolvimento	Planta que ainda não produz fibras comercializáveis.	Nomenclatura adotada por extrativistas e quilombolas (Ituberá, BA).
Piaçava em produção	Início da produção de fibras, estipe menor que 2 m.	
Coqueiro em produção	Planta que produz frutos.	

Gama et al. (2009) realizaram um estudo em área de ocorrência natural da piaçava, localizada na Reserva Indígena Pataxó da Jaqueira, Município de Porto Seguro - BA. Os autores subdividiram o desenvolvimento da piaçava nos seguintes estágios: Patioba (indivíduo jovem); Bananeira Nova; Bananeira em Produção; Coqueiro em Produção e Coqueiro Alto (acima de 5 m de estipe).

Segundo os mesmos autores supracitados, a quantidade de fibras produzida pela piaçava é maior na fase “coqueiro” e em áreas de capoeira, contudo, as fibras produzidas nesta fase são mais curtas e grossas, necessitando aproximadamente trinta 'capas' para produzir uma arroba de fibra bruta. Além disso, na fase 'coqueiro' a extração da fibra deve ocorrer em palmeiras com estipe de até 5 metros de altura. Palmeiras maiores não são colhidas, sendo destinadas para produção de sementes. Na fase 'bananeira', que ocorre mais em áreas de mata, a fibra é mais comprida e fina, necessitando de aproximadamente sessenta 'capas' para produzir uma arroba de fibra bruta.

Em áreas nativas onde ocorrem as piaçavas os tratos silviculturais se restringem à extração e limpeza que ocorrem juntas, sendo a limpeza necessária a extração (GAMA et al., 2009). Segundo Silva e Vinha (1982) os tratos silviculturais feitos nas propriedades consistem em cortar a vegetação herbácea do sub-bosque com finalidade única de abrir caminhos para as palmeiras durante a colheita. Contudo os médios e grandes produtores que plantam a piaçava estão desenvolvendo um pacote tecnológico para domesticação da espécie.

Guimaraes e Silva (2012) reuniram muitas informações sobre aspectos taxonômicos da espécie, reprodução, plantio (preparo de mudas), cultivo (nutrição, adubação, pragas e doenças), manejo, colheita, produtividade, domesticação e comercialização. Esses tratos silviculturais são colocados como procedimentos agronômicos, que consistem em: roçagem da

área; coroamento das plantas; adubação das plantas; combate às pragas; combate às doenças, colheita propriamente dita; e limpeza da planta durante a colheita.

Hori (1970) estudou a densidade de plantas de piaçava e verificou ser bastante irregular em áreas de mata primária e secundária, sendo encontradas cerca de 300 plantas por hectare. Já nas áreas que anteriormente haviam vegetação nativa e que sofreram transformações pela queima das espécies de maior porte chamada de "pontais" o incremento de novas plantas, a densidade pode subir a mais de 1.000 plantas por hectare.

Silva e Vinha (1982) realizaram estudo em três propriedades no município de Ilhéus, essas áreas apresentaram concentrações de "piaçaveiras" com aproximadamente 1.600 plantas por hectare, sendo que 50% delas tinham menos de 6 a 8 anos de idade e, estavam ainda em fase não produtiva. Os autores recomendam que a quantidade ideal de palmeiras por hectare deve estar em torno de 1.000 a 1.500 plantas, o que proporciona um espaçamento de 3 x 3 m entre piaçaveiras. Nas áreas estudadas por Silva; Vinha (1982) foram registradas árvores pertencentes a cerca de 142 espécies e a densidade total nessas áreas foi, em média, igual a 2.660 árvores por hectare, em diferentes estágios de desenvolvimento.

## 5. PLANTIO

Pelo menos dois métodos são tradicionalmente utilizados para o plantio da piaçaveira no campo: plantio direto dos frutos e plantio das mudas formadas em viveiro.

Para o plantio direto, devem ser observados os critérios para seleção de frutos e germinação. Toda a área deve ser balizada, recomendando-se um espaçamento de 3,5 x 3,5 m, o que corresponde a 816 palmeiras por hectare. Após o balizamento, procede-se a abertura de covas, que devem ser feitas com uma simples cavada de enxada no solo. Em cada cova são colocados dois frutos, sem o mesocarpo, deitados ou com o ápice do fruto voltado para cima, para evitar muitos replantios. Utilizando-se este procedimento, o plantio poderá ser realizado em qualquer época do ano.

No plantio de mudas, inicialmente deve-se escolher, no viveiro, as mais vigorosas. A cova deverá ter entre 25 e 30 cm de profundidade, tamanho este um pouco maior do que a muda no *pet* (20 a 22 cm); a muda é cuidadosamente retirada do *pet* com o auxílio de uma faca apropriada (faca *pet*) para evitar ferimentos nas raízes ou que o torrão se desmanche.

Após a muda, acompanhada do torrão, ser colocada no interior da cova, devemos comprimir o solo para evitar "bolsas de ar" e permitir total aderência das raízes. Ainda não se tem estudos publicados com base em pesquisas experimentais sobre o tamanho ideal para a

cova (pode variar, a depender do recipiente usado), bem como sobre a adubação na cova, visando obter um maior impulso no desenvolvimento inicial da planta. Também, vários períodos e épocas de adubação devem ser testados, para se saber se esta prática deverá ser realizada semestralmente ou anualmente e, ainda, qual o melhor ou os melhores meses para adubar. Como ponto de partida, recomendamos testar as tecnologias amplamente utilizadas nas palmeiras mais estudadas (como o dendezeiro e o coqueiro, entre outras).

Este tipo de plantio deverá ser feito em épocas chuvosa, para evitar perda de mudas. Deve-se deixar a muda plantada um pouco abaixo do nível do solo a fim de que a planta, quando atingir a fase adulta, não tombe por causa dos fortes ventos, sobretudo porque o desequilíbrio se dá pelo tamanho do seu sistema radicular em relação à parte aérea, principalmente na fase de “bananeira”, e também pelo fato de seu sistema radicular só se desenvolver inicialmente em um lado da planta. Não é viável o transplante de exemplares adultos.

A piaçaveira plantada em solos mais argilosos se torna uma planta com maior diâmetro de estipe do que em solos arenosos, portanto mais vigorosa. Com base nesta informação, tomou-se como referência o comportamento das piaçaveiras nos espaçamentos de 2 x 2 m; 2,5 x 2,5 m; e 3 x 3 m, considerando o mais utilizado pelos agricultores.

O interesse no cultivo da piaçaveira sempre esteve voltado para a produção da fibra piaçava; posteriormente, para a obtenção das fibras: piaçava e borra; e mais recentemente para as fibras e os frutos, estes para serem aproveitados na formação de mudas e comercializados para este mesmo fim. Entretanto, com o advento da bioenergia, o interesse poderá migrar também para a produção de matéria-prima para carvão. Para esta finalidade, deve-se experimentar espaçamentos maiores que o tradicional 3 x 3 m. Com base no conhecimento do comportamento das palmeiras ao longo destes vinte anos, podemos recomendar o espaçamento de 3,5 m x 3,5 m, considerado ideal pelo fato das suas folhas se tocarem sem se entrelaçarem, dando condições de ficarem mais expostas ao sol, captando toda a energia necessária para a produção de frutos. Também neste espaçamento, tem-se a possibilidade do consórcio com outra espécie agrícola, de sombra e de menor porte, sob o piaçaval.

A piaçaveira, somente a partir do sexto ano, permite a exploração econômica de sua fibra, se desenvolvida dentro de algumas operações agronômicas. O uso de tratos agronômicos é que estabelece a idade biológica da planta, que pode ser bem diferente da cronológica. Via de regra, a floração se inicia aos 10 anos de idade, ocasião em que a planta já está formando o tronco (PIEDADE, 1987).

## 6. PIAÇAVEIRA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

O gênero *Attalea* ainda é pouco estudado, apesar de algumas espécies apresentarem interesses econômicos, sociais e ecológicos. As palmeiras mais estudadas são, apenas, a piaçaveira (*Attalea funifera* Martius) e o complexo babaçu, no qual estão incluídas as espécies *Attalea speciosa*, *A. eichleri* e *A. x teixeirana*.

Até agora, também são poucos os trabalhos científicos que dão respaldo à difusão e à racionalização de técnicas sobre o cultivo da piaçaveira, sobretudo para sanar o principal fator restritivo ao desenvolvimento e à expansão dos piaçavais, uma vez que os produtores rurais ainda estão utilizando métodos empíricos para a germinação de sementes, por exemplo. Sabendo que a piaçava e o babaçu participam diretamente da economia extrativista em nosso país, existe a necessidade de estudos que possam entre outros objetivos, a dar conhecimento da situação atual e auxiliar na criação de ferramentas capazes de transformá-las em culturas agrícolas. Essa é uma tarefa necessária, no que se refere ao domínio do ciclo biológico da planta e ao uso de ações agronômicas que encurtem o seu ciclo biológico. Já conseguiu alguns avanços, mas muitas pesquisas e novas informações precisam ser realizadas, a fim de obter um pacote técnico responsável, sustentável, para a cultura. Muitas destas informações e técnicas ajudarão a dominar o ciclo biológico de outras *Attaleas* e de outras palmeiras de gêneros diferentes.

Conforme as informações prestadas por Silva (2002) e com base nas referências consultadas, os estudos mais recentes estão relacionados com o levantamento de densidade populacional, biologia floral, comercialização e melhoramento genético.

Bondar (1942b) recomendava a instalação de culturas intercaladas, como de milho, feijão, mandioca, entre outras, conforme a fertilidade do solo e desde que estas culturas não sombreiem demais a palmeira durante sua fase inicial de crescimento.

Estudos devem ser feitos com várias outras culturas, principalmente em áreas abertas (exemplo, pastagens abandonadas), para se conhecer os custos de implantação e o retorno econômico, visando a sua indicação, ou não, para futuros projetos de consorciação com a piaçaveira. Estando já os plantios tecnicamente formados, outras palmeiras de porte inferior podem ser consorciadas nas suas entrelinhas.

A mandioca é a cultura ideal para consórcio com a piaçaveira na fase jovem. Ela deve ser plantada concomitantemente com as mudas de piaçaveiras para mantê-las sombreadas, em solo úmido, na sua fase inicial em campo. Após um ano, as raízes da mandioca são colhidas, agregando renda para dar suporte às despesas iniciais da implantação do piaçaval. A depender do desenvolvimento, esta operação poderá ser repetida no segundo ano.

Em áreas com plantios adultos de coqueirais e dendezeais, pode-se plantar piaçaveiras nas suas entrelinhas, visando, inclusive, garantir uma nova opção de cultura para quando aqueles já estiverem em idade decadente.

Oliveira et al. (2008) avaliaram que crescimento inicial da piaçaveira é severamente reduzido sob sombra densa, mas a planta é capaz de desenvolver mecanismos fisiológicos que permitem que cresça, ainda que lentamente, nesses ambientes. Essas informações serão úteis para subsidiar as tomadas de decisão acerca da implantação de novas áreas cultivadas com piaçaveiras, bem como sobre a possibilidade de sua utilização em sistemas agroflorestais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, M.T.V.N.; VALERI, S.V.; MARTINS, A.L. Sistemas agroflorestais e Agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**. v.1. n 2. 2008

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular; Rio de Janeiro: AS-PTA, 2012.

ALVES, M.R.P.; DEMATTÊ, M.E.S.P. **Palmeiras – Características botânicas e evolução**. Campinas: Fundação CARGIL, 1987. 129p.

AMADOR, D. B. **Restauração de Ecossistemas com Sistemas Agroflorestais**. 2003. Disponível em: <<http://saf.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/14.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2021.

ASHTON, M. S.; MONTAGNINI, F. 2000. **The silvicultural basis for agroforestry systems**. CRC Press, Boca Raton, Florida. 296p.

BARRETO, R. O. Técnicas de manejo e sustentabilidade da palmeira *Attalea funifera* Martius – piaçava da Bahia: estudo de caso em Massarandupió, Litoral Norte – Bahia. **Candombá – Revista Virtual**, v. 5, n. 2, p. 80-97, jul – dez 2009.

BENE, J. G.; BEALL, H. W.; CÔTÉ, A. **Trees, food and people: land management in the tropics**. IDRC, Ottawa, ON, CA, 1977.sp

BERGAMO, A.; RODRIGUES, L. Inventário completo da Piaçava - *Attalea funifera*. Empresa Horizonte XXI. **Ponto Central**, Santa Cruz Cabrália, Bahia, 14 p. 2007.

BONDAR, G. n. Instituto Central de Fomento Econômico da Bahia (ICFEB), Salvador, **Bol.** n. 13, 73 p.1942a.

BONDAR, G. Rumos da lavoura no estado do Espírito Santo e Culturas tropicais na Bahia. Instituto Central de Fomento Econômico da Bahia, **Bol.** n. 10, p. 1-41. 1942b.

BROSCHAT, T.K. Palm seed propagation. In: FIRST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ORNAMENTAL PALMS, Jaboticabal, SP, Brazil, 25-29 Jan. 1993. **Acta Horticulturae**, n.360, p.141-147, 1994.

CANUTO, J. C.; URCHEI, M.A; CAMARGO, R.C. Conhecimento como base para a construção de sistemas agrícolas biodiversos. In: CANUTO, J. C. (Ed.) **Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

CARDOSO, A. L.; SILVA, A. G. Emprego de sistemas agroflorestais no controle de processos erosivos. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XV. 2011, São José dos Campos. Anais[...]. São José dos Campos: UNIVAP, 2011. Disponível em: Acesso em: 04 dez. 2021.

COELHO R.G, OLIVEIRA L.C. **Ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do sudeste da Amazônia**. Rio Branco: Embrapa Acre. 455p. 2009.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim da Sociobiodiversidade**, Brasília, DF, v. 5, n. 2, maio 2021.

DUBOIS, J.C.L. Classificação e breve caracterização de SAFs e práticas agroflorestais. In: DEITENBACH, A.; FLORIANI, G.S.; DUBOIS, J.C.L.; VIVAN, J.L. **Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica**. Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Agricultura Familiar. Brasília, Brasil. 2008. p. 20-49. 2008.

ENGEL, V.L. Sistemas Agroflorestais: conceitos e aplicações. In.: Engel V.L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu. FEPAF, 1999 70p.

GAMA, A. T.; OLIVEIRA, J. R. V.; MARTINS, E. C. **Cartilha de Apoio ao Plano de Manejo Comunitário da Piaçava na Reserva Pataxó da Jaqueira**. Instituto BioAtlântica & MDA. Porto Seguro. 2009.

GUIMARARÃES, C. A. L.; SILVA L. A. M. 2012. **Piaçava da Bahia (*Attalea funifera* Martius): do extrativismo à cultura agrícola**. Ilhéus, BA: Editus. 262p.

HORI, M. **O Cultivo da Piaçava na Micro-Região - Programa 3 - Litoral Sul**. CEPLAC/CEPEC, Ilhéus, 6p. 1970. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2011.04.034>.

JONES, D. L. 1995. **Palms throughout the World**. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. – USA. 410 p. 1995.

KARUNGI, J., NAMBI, N., IJALA AR, JONSSON, M., KYAMANYWA, S., EKBOM, B. Relating shading levels and distance from natural vegetation with hemipteran pests and predators occurrence on coffee. **Journal of Applied Entomology**, 139(9):669-678. 2015.

LEITE, L. R. C. **Estudo de Competitividade do Cacau e Chocolate no Brasil: Desafios na Produção e Comércio Global**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC. Brasília, DF. 2018. 128p.

LORENZI, H.; NOBLICK, L.; KAHN, F.; FERREIRA, E. **Flora Brasileira – Arecaceae (Palmeiras)**. Nova Odessa, SP, Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. 384p. 2010.

MACHADO, F.S. **Manejo de Produtos Florestais Não Madeireiros: um manual com sugestões para o manejo participativo em comunidades da Amazônia**. Rio Branco: PESACRE e CIFOR, p. 105, 2008.

MAY, P. H.; TROVATTO, C. M. M. **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Agricultura Familiar, 2008.

MAY, P.H. Viabilidade financeira, renda familiar e serviços gerados por SAFs. "In": **Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica**. Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Agricultura Familiar. Brasília, Brasil. 2008. p. 63-84.

MELO, J. R. V. **Maturação, dispersão e germinação de sementes de piaçava (*Atalea funifera Mart.*)**. Univ. Estadual Paulista – Fac. de Ciências Agronômicas, Campus Botucatu, SP, 4 p.1998.

MELO, J. R. V.; SOUZA J. de.; NAKAGAWA, J.; SILVA, L. A. M.; MORI, E. S. **Perspectiva da produção de sementes de Piaçava (*Atalea funifera Mart.*) em áreas litorâneas do Estado da Bahia**. In: Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas (FOREST 2000), VI, 2000, Porto Seguro. Anais, p. 157-159. 2000.

MICCOLIS, A. et al. **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção**. Brasília, DF: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2016.

MONTAGNINI, F. **Integrating landscapes: agroforestry for biodiversity conservation and food sovereignty**. Springer. 501p. 2017.

MORAES, L. F. D.; RESENDE, A. S.; AMANCIO, C. O. G. **Sistemas agroflorestais para o uso sustentável do solo: considerações agroecológicas e socioeconômicas**. Documento 281. Embrapa Agrobiologia, 2011, 32 p.

MOREAU, M.S. **Ocorrência, manejo, produtividade e canais de comercialização da piaçaveira na Bahia**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC, Ba. 1997.

NAIR, P. K. R. **An Introduction to Agroforestry**. Dordrecht: ICRAF/Kluwer Academic Publishers. 499p. 1993.

NAIR, P. K. R. **Tropical agroforestry systems and practices**. Tropical resource ecology and development. John Wiley, Chichester. England, p. 1-23, 1984.

NAIR, P.K.R. **An Introduction to Agroforestry**. 1 Ed. The Netherlands, Kluwer, 1993.

NIIR - NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL RESEARCH. s.d. **Natural Fibres, Handbook with Cultivation and Uses**. NIIR Board of Consultants & Engineers. Delhi, India, 546 p.

NOBLICK, L.R. **Palmeiras das caatingas da Bahia e as potencialidades econômicas**. Simpósio sobre a Caatinga e sua Exploração Racional, Brasília, DF, EMBRAPA, p.99-115. 1986.

NOBLICK, L.R. **The indigenous palms of the State of Bahia, Brazil**. Chicago, 1991. 523p. Dissertation (Doctoral Degree in Botany). University of Illinois. 1991. 523p.

OLIVEIRA, A. R. A.; OLIVEIRA, P. S.; GOMES, F. P. Crescimento inicial da piaçaveira (*Attalea funifera Mart.*) sob condições de subbosques de "cabruca" e pleno sol. In: Seminário de Iniciação Científica da UESC, XIV. **Resumos**. Ilhéus, BA. 2008.

OLIVEIRA, J. E. **Monitoramento participativo de sistemas agroflorestais nos assentamentos do município de Iperó - SP**. 2016. 134 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2016.

OLIVEIRA, P. S. DE; OLIVEIRA, A. R. A.; GOMES, F. P. Estimativa da área foliar em piaçaveiras (*Atalea funifera* Mart.) adultas sob condições de sombra e sol pleno. In: Seminário de Iniciação Científica da UESC, XIV. **Resumos**. Ilhéus, BA. 2008.

PADOVAN, M. P.; CARDOSO, I. M. **Panorama da Situação dos Sistemas Agroflorestais no Brasil**. In: CBSAF, 9. Ilhéus, BA, 2013. Anais/Palestra. Ilhéus, BA: Instituto Cabruca, 2013.

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Convivência Harmônica. **A Lavoura**, n. 690, p. 15-18, 2012.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J. A. Sistemas Agroflorestais Como Estratégia de Desenvolvimento Rural em Diferentes Biomas Brasileiros. **Rev. Brasileira de Agroecologia**, v.7, n. 2, p. 63-76, 2012.

PENEIREIRO, F. M. **Fundamentos da agrofloresta sucessional**. Anais do II Simpósio sobre Agrofloresta Sucessionais, em Sergipe. 2003.

Disponível em: <<http://www.agrofloresta.net/2010/07/fundamentos-da-agrofloresta-sucessional>>. Acesso em: 10 janeiro. 2022.

PENEIREIRO, F. M.; RODRIGUES, F.Q.; BRILHANTE, M.O.; LUDEWIGS, T. **Apostila do educador agroflorestal, introdução aos sistemas agroflorestais, um guia técnico**. Arboreto, setor do Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre, 2008.

PIEDEADE, M. T. F. **Piassaba (*Atalea funifera* Martius e *Leopoldinia piassaba* Wallace)**. Projeto de Botânica Econômica. Manaus, 27 p.1987.

PIMENTEL, N. M. **Uso tradicional, manejo e processamento da piaçava da Bahia (*Attalea funifera* Mart.)**. 2015. vii, 210 f. il. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

PORRO, R.; MICCOLIS, A (Orgs). **Políticas públicas para o desenvolvimento agroflorestal no Brasil**. Belém: ICRAF, 80 p., 2011.

SANTIAGO, W.R.; VASCONCELOS, S.S.; KATO, O.R.; BISPO, C.J.C.; RANGEL-VASCONCELOS L.G.T.; CASTELLANI, D.C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, 43(4):395-406. 2013.

SANTOS, M.J.C. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia ocidental**. 2000. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SILVA, I. C. **Sistemas agroflorestais – conceitos e métodos**. Itabuna, SBSAF. 308p. 2013.

SILVA, L. A. M.; VINHA, S. V. A piaçaveira (*Attalea funifera* Mart.) e vegetação associada no município de Ilhéus, Bahia. CEPLAC/CEPEC, Ilhéus, BA, **Boletim Técnico** n. 101, 12p. 1982.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica – Período 2017-2018**. Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo. 2019. [https://www.sosma.org.br/wpcontent/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica\\_17-18.pdf](https://www.sosma.org.br/wpcontent/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica_17-18.pdf)

STAHL P.W.; PEARSALL, M.D. Late pre-Columbian agroforestry in the tropical lowlands of western Ecuador. **Quaternary International**, 249:43-52. 2012.

STONE, L.F.; DIDONET, A.D.; ALCANTRA, F.; FERREIRA, E.P.B. Qualidade física de um Latossolo Vermelho ácrico sob sistemas silviagrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, 19 (10):953-960. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p953-960>.

STRAUCH, G. F. E. Experiências agroecológicas como parte da estratégia de resistência territorial campesina: o caso de Paraty, no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 11, n. 2, p. 140-151, 2016.

TOMLINSON, P.B. Essay on the morphology of palms. I Germination and the seedling. **Principes**, v.4, n.2, p.56-61, 1960.

UHL, N.W., DRANSFIELD, J. **Genera Palmarum: A classification of palms based on the work of Harold E. Moore Jr.** Kansas: Allen Press, 1987. 610p.

VINHA, S. G.; SILVA, L. A. M. **A Piaçava da Bahia**. Ilhéus: Editus, 48 p. 1998.

VOEKS, R. A. **A biogeography of the piassava fiber palm (*Attalea funifera* Mart.) of Bahia, Brazil**. Berkeley, December 15, 1987. 288p. Dissertation (Doctor of Philosophy in Geography) – University of California. 1987.

VOEKS, R.A. The brasilián fiber belt: havest and manegment os piassava palm (*Attalea funifera*, Mart). **Adv. Econ. Bot.**, n.6, p.254-67, 1988.

ZUGAIB, A. C.; COSTA, D. A. M. **Comercialização da piaçava**. CEPLAC/ DEADE, Ilhéus. Publ. Avulsa, 28 p.1988.

# CAPÍTULO XI

## UTILIZAÇÃO DA PALMEIRA MACAÚBA EM SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS NO CERRADO

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-11

Luciene Santos de Oliveira <sup>1</sup>

Daniel Pena Pereira <sup>2</sup>

Dawson José Guimarães Faria <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zootecnista, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil. oliveiraluciene.zootec@gmail.com

<sup>2</sup> Docente, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil. danielpena@iftm.edu.br; dawson@iftm.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

A adoção de sistemas agrosilvipastoris (SAF's) Brasil, já é uma realidade, tendo crescido nos últimos anos como alternativa de recuperação de pastagens degradadas e como ferramenta para aumento da produtividade e lucro por meio da diversificação de atividades no empreendimento agropecuário.

Nos sistemas agrosilvipastoris, também existem grandes ganhos ambientais a partir da diversificação de cultivos, visto que para adoção dessa tecnologia, há a necessidade de investimento e atenção aos processos de implantação e manutenção, para que haja o máximo aproveitamento de todas as culturas implantadas, sejam elas lavouras, pastagens ou o componente arbóreo.

Se falando de componente arbóreo, existe grande interesse por parte da comunidade científica na adoção de plantas nativas do ecossistema brasileiro. No caso dos cerrados, a macaúba (*Acrocomia aculeata* (lacq) Lodd. ex Mart.) pode ser viável para os SAF's devido ao grande potencial energético, químico e alimentício a partir do processamento de seus frutos (EVARISTO et al., 2016), potencial esse que pode ser um grande aliado do produtor, se falando de diversificação de atividades e aumento de renda.

Todavia, para o estabelecimento equilibrado de um sistema agrosilvipastoril, é necessária atenção especial ao solo, levando em consideração a variação dos nutrientes ao longo da área e a interferência dessa variação na produtividade dos componentes vegetais e consequentemente na produção animal, visto que todos os sistemas de manejo alteram os atributos químicos do solo, especialmente na camada subsuperficial (MATIAS et al., 2012). Para isso faz-se necessário à utilização de ferramentas que facilitem o manejo por meio do melhor entendimento da variação dos atributos ao longo de uma área.

Nesse sentido, o uso de ferramentas de precisão tem sido cada vez mais abrangente em todos os campos de produção agropecuária, visando o melhor aproveitamento do uso da terra e consequentemente a intensificação da produção, por meio da dosagem mais eficiente de fertilizantes e corretivos. Os sistemas de informação geográfica (SIG) são utilizados para a determinação da variabilidade espacial por meio da interpolação dos dados, ferramenta que permite determinar o valor do atributo de um ponto não amostrado, através de informações conhecidas de pontos vizinhos. Portanto, a representação com a utilização de interpoladores tem a finalidade de reduzir o esforço da coleta de dados, além de maximizar a extração de informações do terreno, facilitando a percepção da heterogeneidade dos atributos de solo e produção de culturas diversas, incluindo pastagens, contribuindo para uma produção sustentável e facilitando as tomadas de decisões baseadas na heterogeneidade da área.

Sabendo que existem poucos trabalhos sobre variabilidade espacial em sistemas integrados de produção utilizando componente arbóreo nativo, e que esta é uma ferramenta que promissora se tratando de otimização de manejo, este capítulo objetiva trazer, de forma sucinta, alguns resultados obtidos, com foco na fertilidade do solo, em um sistema de ILPF com componente arbóreo Macaúba.

## 2. A MACAÚBA

A *Acrocomia aculeata* (lacq) Lodd. ex Mart. é uma palmeira que pode atingir até 25 metros de altura, possui espinhos longos e pontiagudos e sua ocorrência se dá por todo o território brasileiro e por outros países da América Central e do Sul (AMARAL, 2007). É conhecida popularmente como: macaúba, macaíba, macaiúva, mocajá, mocujá, mucajá, bacaiúva, bocaíva, coco-de-catarro ou coco-de-espinho e umbocaíva.

A Macaúba tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores que enxergam na palmeira grande potencial produtivo aliado à sustentabilidade, principalmente em relação aos seus frutos, visto que é fonte de óleo, que pode ser utilizado na indústria alimentícia e de cosméticos, além do potencial para biocombustível, fator esse que é de grande interesse na atualidade.

Além disso, existem estudos avaliando o potencial dos resíduos do fruto pós-processamento, conhecidos como “tortas”, na alimentação de animais. Sobreira (2011), avaliando a inclusão de componentes do coco da macaúba no concentrado fornecido aos animais na época seca, como substituto parcial do milho e soja chegou à conclusão que vacas com produção de 11 kg de leite/dia sendo alimentadas com concentrados contendo até 40% de torta de macaúba, não apresentaram prejuízo na produção de leite.

Lorenzi (2006), também constatou que a casca (exocarpo) do fruto da macaúba pode servir como ração animal, de alta qualidade; a polpa pode ser usada diretamente na alimentação ou como farinha. Quando os frutos estão maduros pode-se retirar o óleo da polpa, que tem diversas aplicações. Evaristo et al. (2016) caracterizaram os resíduos dos frutos da macaúba (epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas) após o processamento, a fim de avaliar a sua utilização in natura e como carvão vegetal, chegando à conclusão que a macaúba é uma espécie promissora para geração de biocombustíveis sólidos através dos seus frutos, e também, por possuir resíduos com boas características nutricionais e de alto valor energético.

No que se refere a ganhos ambientais, Leite et al. (2013) compararam quatro sistemas de uso do solo: macaúba, pastagem, macaúba consorciada com pastagem e vegetação nativa de cerrado. Os estoques de carbono orgânico total e os teores de carbono lábil foram maiores no solo com vegetação nativa até 60 cm de profundidade. Nesse mesmo estudo, os teores de  $Al^{3+}$  encontrados foram iguais até a camada de 10-20 cm e maiores no sistema pastagem, nas camadas de 20-40 cm e 40-60 cm, enquanto os teores de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  foram maiores em todas as camadas.

Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Motta et al. (2002), que relacionaram a presença da Macaúba no estado de Minas Gerais à atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais e em cada região levaram em consideração a representatividade regional e ocorrência natural da macaúba. Os autores encontraram valores médios da soma de bases (S) e da saturação por bases (V) maiores na presença de macaúba, com consequentes menores valores na saturação por Al em comparação com áreas sem a presença da macaúba. Esses aspectos revelaram maior fertilidade natural dos solos onde a espécie ocorre em comparação aos solos adjacentes sem tal ocorrência.

Dias et al. (2011) discutiram a respeito do potencial ambiental que o cultivo da macaúba pode apresentar, quando em associação com pastagens degradadas. Os resultados iniciais mostraram que nas áreas com plantio de macaúba ocorreu expressiva diminuição dos valores de escoamento superficial de água livre. Diante da diversidade do uso macaúba principalmente no potencial para produção de biodiesel, de sua adaptação a diferentes condições ambientais e dos avanços sobre o conhecimento dessa cultura, seu cultivo tende a ampliar criando oportunidades de negócio para o produtor rural.

### **3. ATRIBUTOS DO SOLO EM UMA ÁREA DE SIPA COM MACAÚBA**

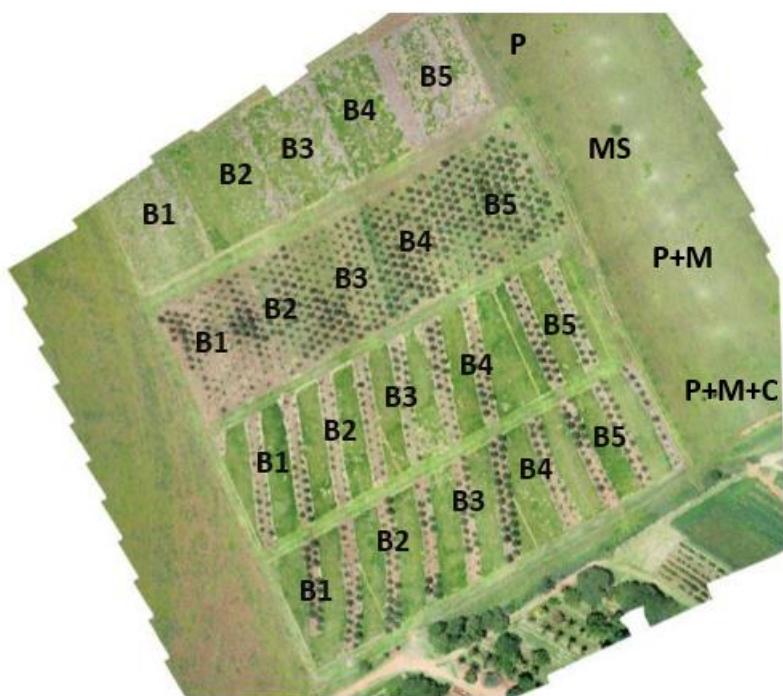
No IFTM – Campus Uberaba foi instalado um experimento para avaliação da Macaúba inserida em diferentes sistemas de produção. A implantação dos sistemas teve início em 2015,

em área de 4,8 hectares, com preparo convencional do solo (aração e gradagem), plantio de macaúba e semeadura de sorgo (cv. Volumax) safrinha. Foram estudados 4 tipos de sistemas (Figura 1), sendo eles:

- i. pastagem de capim ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*);
- ii. pastagem de capim ruziziensis (faixas de 15 m) e pomar de macaúba (*Acrocomia aculeata*), em espaçamento 5 m x 5 m - triangular (faixas duplas);
- iii. pomar homogêneo de macaúba (5 m x 5 m) - triangular;
- iv. pastagem de capim ruziziensis, pomar de palmeira macaúba plantado em faixas, em espaçamento 5 m x 5 m - triangular (faixas duplas) e culturas (mandioca e banana) as entre linhas da macaúba.

Para o sistema integrado de pastagem com macaúba, as mudas foram plantadas em faixas, em espaçamento 5 m x 5 m - triangular (faixas duplas), espaçadas de 30 m entre faixas totalizando 193 plantas por hectare. No sistema de macaúba solteira foram implantadas 462 plantas por hectare, seguindo o mesmo espaçamento triangular. Na safra 2015/2016, foi realizada a semeadura de soja (cv. 8210 I-pró). Na safra 2016/2017, foi realizada a semeadura de milho (cv. 3A91 Morgan) consorciado com *Urochloa ruziziensis*, cujas sementes foram misturadas ao adubo de plantio.

Figura 1: Vista aérea da área experimental de drone obtida por ortofotomosaicagem. P= Pastagem Solteira; MS= Macaúba solteira; P+M= Pastagem + Macaúba; P+M+C= Pastagem + Macaúba + Culturas; B= Bloco.

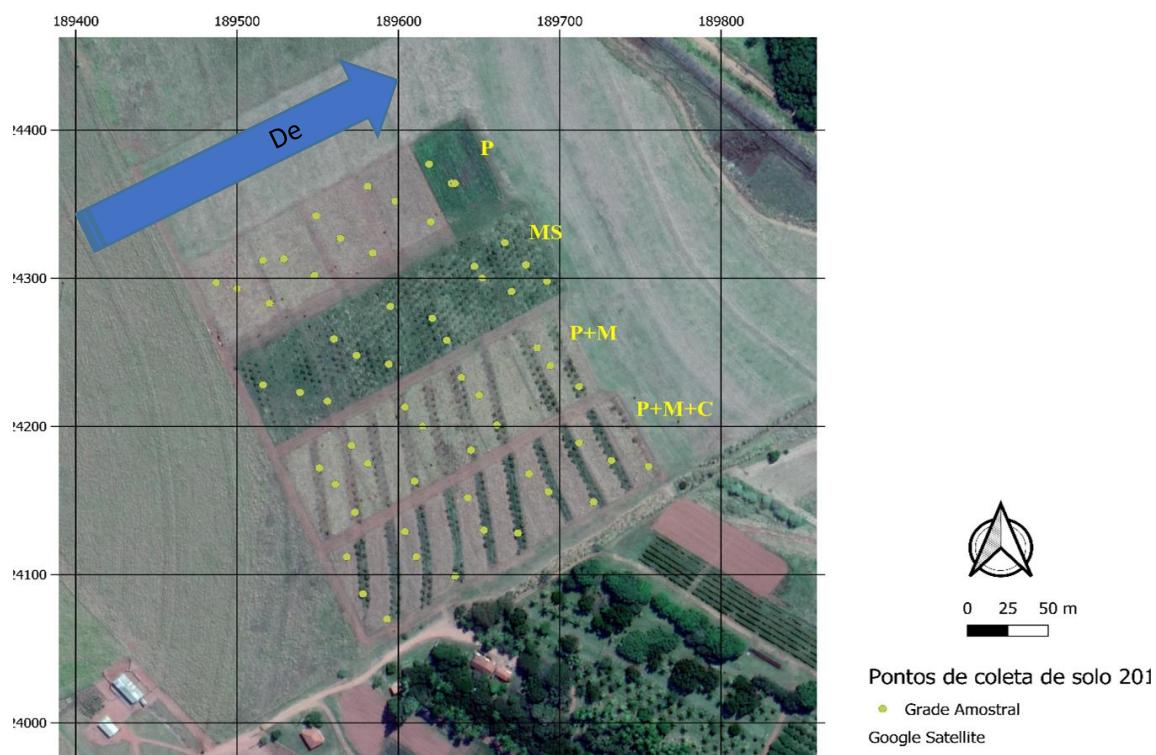


Fonte: Os autores.

Para análise dos atributos químicos do solo foi realizada a amostragem simples, em três pontos de cada repetição (Figura 2). Os pontos foram na projeção da copa da primeira faixa, meio do piquete e próximo projeção da copa da segunda faixa, utilizando trado holandês para retirada das amostras na profundidade de 0,0 a 0,2 m. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos próprios, e posteriormente enviadas para o laboratório, onde foram avaliados os atributos Acidez, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Acidez potencial, Potássio, Enxofre, Sódio, Fósforo Mehlich, Fósforo remanescente, Matéria Orgânica do solo, Zinco, Boro, Cobre, Ferro, Manganês, Soma de bases, Capacidade de Troca de Cátions, Saturação por bases e Saturação por alumínio.

Todos os pontos de amostragem também tiveram suas coordenadas coletadas por meio de um receptor GPS tipo Garmim e os dados inseridos em tabelas do Excel, para posterior avaliação de variabilidade espacial em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG). Foi feita a interpolação dos dados pelo método TIN e SRC UTM SIRGAS 2000 – Fuso 23S. Os efeitos dos sistemas de manejo sobre os atributos químicos do solo foram avaliados a partir de análise de variância (ANOVA) e teste de médias “scott\_knott”, a 5% de significância, ambos no software estatístico R, versão 3.4.4.

Figura 2: Malha amostral para coleta de amostras do solo.



Fonte: Os autores.

Observou-se que houve efeito dos sistemas estudados apenas para os atributos H+Al, P Rem, MO, CTC e o Mn (Tabela 1). O sistema Pastagem + Macaúba + Culturas (P+M+C) obteve média de 4,08 cmolc/dm<sup>3</sup> de acidez potencial (H + Al), diferindo dos demais sistemas. Apesar da diferença estatística, todos os valores para H+Al encontrados ao longo da área estão na classe de interpretação “média” (ALVAREZ et al., 1999).

Tabela 1- Médias encontradas para pH, Ca, Mg, Al, H+Al, K, S, P Mehlich, P Remanescente, Matéria orgânica (MO), Soma de bases, CTC, Sat. Bases, Sat. Al e os micronutrientes B, Cu, Mn, Zn e Fe, nos sistemas avaliados.

<b>Atributo</b>	<b>unidade</b>	<b>SISTEMAS</b>				<b>CV (%)</b>
		P+M+C	P+M	MS	P	
pH	-	4,82 a	5,02a	4,94a	4,90a	3,05
Ca		0,64a	0,74a	0,75a	0,65a	30,72
Mg		0,29a	0,32a	0,30a	0,25a	33,40
Al	cmolc/dm <sup>3</sup>	0,31a	0,25a	0,28a	0,28a	19,60
H+Al		4,08 a	3,43 b	3,64 b	3,65 b	6,71
K		76,66a	79,73a	71,46a	88,60a	23,42
S	mg/dm <sup>3</sup>	12,44a	13,06a	12 a	18,23a	52,61
P Meh		29,36 a	26,05 a	27,60 a	37,28 a	50,61
P Rem	mg/L	24,46 b	25,7 a	25,70 a	26,03 a	3,31
MO	dag/dm <sup>3</sup>	1,37 a	1,12 b	1,09 b	1,34 a	15,58
SB		1,13 a	1,27 a	1,24 a	1,13 a	24,79
CTC	cmolc/dm <sup>3</sup>	5,21 a	4,88 b	4,78 b	4,70 b	5,29
Sat. Bases	%	21,83 a	26,66 a	25,36 a	23,42 a	21,66
Sat. Al		22,94 a	19,92 a	20,01 a	21,92 a	23,78
B		0,17 a	0,18 a	0,19 a	0,18 a	8,99
Cu		1 a	0,98 a	0,98 a	0,98 a	10,11
Mn	mg/dm <sup>3</sup>	19,36 a	12,13 b	13,75 b	18,32 a	18,98
Zn		1,56 a	1,94 a	1,91 a	2,68 a	39,56
Fe		60 a	53,8 a	61,40 a	61,66 a	10,11

P+M+C: Pastagem+ Macaúba+ Culturas; P+M: Pastagem+ Macaúba; MS: Macaúba solteira; P: Pastagem solteira.

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de scott knott a 5%.

O sistema P+M+C tende a apresentar maior acidez, com valores mais baixos de pH, apesar de não diferir estatisticamente dos demais, que também estão classificados como solos ácidos. Stieven et al. (2018), avaliando a dinâmica de atributos químicos sob diferentes sistemas ILPF comparados à rotação soja/pasto e mata nativa, encontraram variação de pH entre os tratamentos, tendo o sistema ILPF apresentado o menor pH entre os tratamentos avaliados. Por outro lado, Leite et al. (2013), avaliando o efeito do monocultivo e do consórcio de macaúba e pastagem sobre a qualidade química do solo, observaram maiores valores de pH

nos sistemas Macaúba+ Pastagem, Macaúba solteira e vegetação nativa, em relação à pastagem até 20 cm de profundidade, onde foi observado menores valores de pH.

O atributo P Remanescente obteve maior média no sistema Pastagem (P), porém não difere dos tratamentos Pastagem + Macaúba e Macaúba Solteira (P+M e MS) (Tabela 1).

A matéria orgânica do solo foi maior teor nos sistemas P+M+C e P do que nos demais sistemas, no entanto, todos os valores encontrados na área estão na classificação “baixa” (ALVAREZ et al., 1999). Os valores encontrados para matéria orgânica (Tabela 1) podem ser explicados devido ao revolvimento do solo realizado no preparo convencional do solo para implantação das culturas, o que favorece a decomposição da matéria orgânica, conforme observado por Seguy et al (1984). Souza & Alves (2003), trabalhando: 1) com plantio direto com culturas anuais; 2) preparo convencional com culturas anuais; 3) cultivo mínimo com culturas anuais; 4) vegetação natural (cerrado); 5) área com pastagem e 6) área com cultura de seringueira, concluíram que as áreas nas quais se realizou revolvimento do solo (preparo convencional com culturas anuais, área com seringueira e pastagem) houve diminuição da matéria orgânica em relação aos demais tratamentos.

No entanto, pesquisas relacionadas a sistemas integrados mostram resultados diferentes dos observados no presente trabalho. Silva et al. (2006) estudando diferentes sistemas de produção, relataram que o sistema de integração lavoura-pecuária apresenta maior conteúdo de matéria orgânica no solo em razão da maior densidade de raízes nas pastagens, fator esse que estimula a presença de microrganismos. Portanto, faz-se necessária a continuidade dos estudos sobre esse nutriente na área.

Os teores de CTC efetiva variaram de 4,70 a 5,21 cmolc/dm<sup>3</sup> (Tabela 1), valores que se encontram na classificação “boa” (ALVAREZ et al., 1999). O sistema P+M+C foi o que apresentou maior teor para esse atributo, diferindo dos demais, o que pode ser explicado pelos maiores teores de matéria orgânica do solo, atributo que está relacionado às propriedades físicas, biológicas e químicas do solo, sendo a principal responsável pela CTC de solos tropicais e subtropicais (SOUZA et al., 2018).

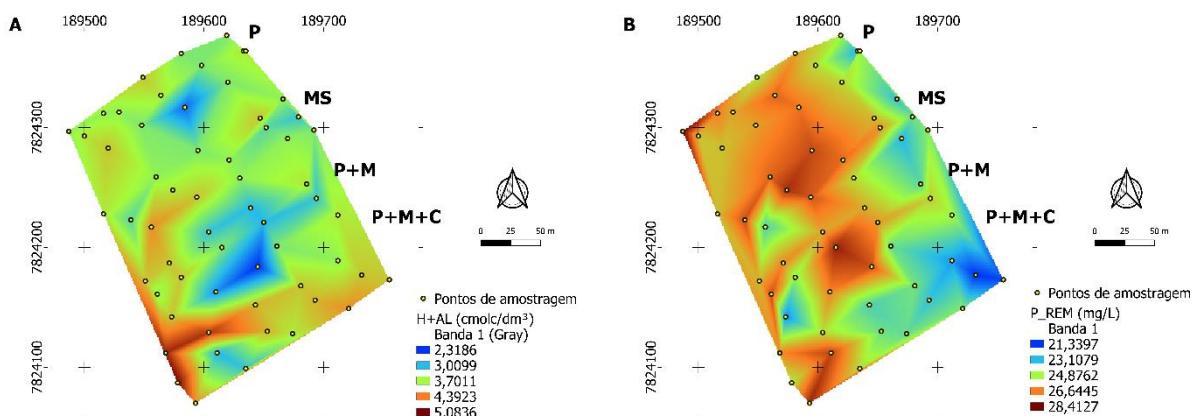
De acordo com Pimentel et al. (2011), um ponto importante a ser considerado é que a Macaúba é muito responsiva à adubação orgânica. Essa resposta seria em função da melhoria na qualidade físico-química do solo a partir da retenção de água, aumento da CTC e redução da densidade, o que concorda com os resultados do presente estudo, que apresentaram resultados maiores de CTC nas áreas em que a macaúba estava inserida.

Foram observadas médias variando de 12,1 a 19,3 mg/dm<sup>3</sup> para o atributo Mn (Tabela 1), sendo os maiores valores encontrados nos tratamentos P+M+C e P. Todos os tratamentos

apresentaram médias classificadas como “altas” (ALVAREZ et al., 1999). O micronutriente B apresentou média de classificação “baixa”, e o Cu, apresentou classificação “média”. Para o Zn, foram encontradas classificações distintas, sendo elas “média (P+M+C), boa (P+M e MS) e alta (P)”. O Fe obteve médias de classificação “alta”. Nota-se que o Zn, apesar de obter médias com diferentes classificações, não apresentou diferença entre os sistemas (Tabela 1).

Todos os atributos do solo estudados apresentaram variabilidade espacial, o que já era esperado, devido à declividade da área. Observando as análises estatísticas, que trabalham as médias dos tratamentos e comparando com os mapas, percebe-se que a ferramenta de interpolação foi eficiente ao demonstrar os valores reais, especialmente para os atributos H+Al; P\_Rem; MO; CTC; e Mn. Em alguns casos, em áreas isoladas dentro de um tratamento, como é o caso da acidez potencial (H + Al), que variou de 5,00 a 2,35 cmolc/dm<sup>3</sup> dentro do sistema P+M+C (Figura 3A). Na análise estatística, observamos a média de 4,08 cmolc/dm<sup>3</sup> para todo o tratamento. O mesmo acontece com todos os outros atributos estudados, como o fósforo remanescente (P\_Rem), que observamos variações de 21,91 a 28,08 mg/L (Figura 3B). Pode-se observar, por meio do mapa, que existem pontos apresentando quantidades altas de P\_Rem mesmo no tratamento P+M+C, que apresentou menor desempenho na análise estatística.

Figura 3A: Variabilidade espacial dos atributos H+Al; e 3B: Fósforo Remanescente (P\_Rem) na área estudada e na camada de solo de 0-20 cm.

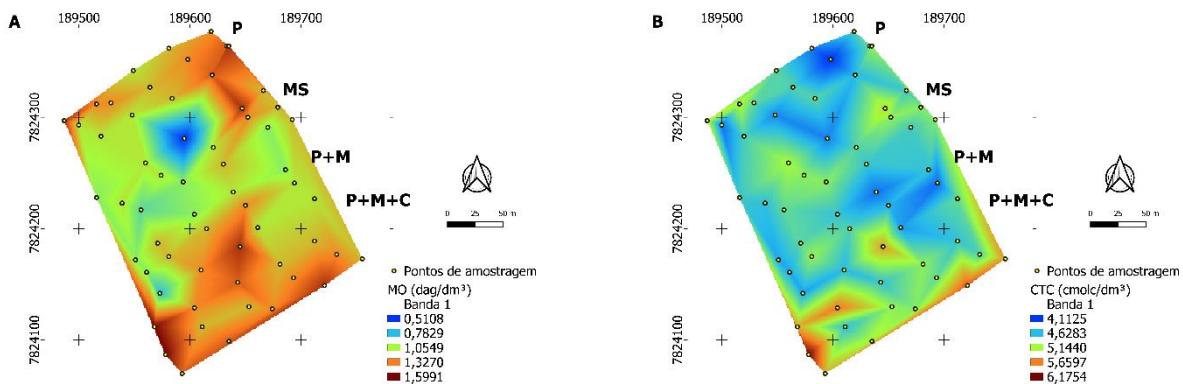


Fonte: Os autores.

A CTC seguiu o padrão de valores estatísticos encontrados no teste de médias, porém ainda apresenta discrepância em pontos específicos, que é o caso dos sistemas P+M e MS (Figura 4A). A matéria orgânica também mostrou um padrão semelhante ao encontrado nos testes de médias, com pequena variabilidade espacial e maiores valores concentrados nos

tratamentos P+M+C e P (Figura 4B). No entanto, ainda é possível observar valores semelhantes ao tratamento P+M+C no tratamento P+M.

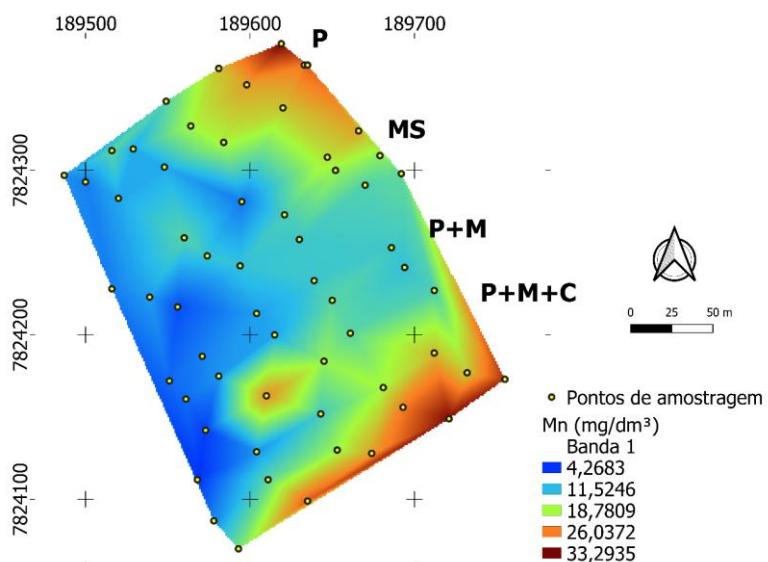
Figura 4A: Variabilidade espacial da Matéria Orgânica (MO); e 4B: Variabilidade espacial da CTC na área estudada e na camada de solo de 0-20 cm.



Fonte: Os autores.

No atributo Mn foi observada concentração dos maiores valores nas áreas mais baixas da área experimental (Figura 5), acompanhando a declividade da área. A classificação do nutriente como “alta”, discorda do estudo feito por Chaves e Farias (2009), que avaliando teores de cobre e manganês e sua variabilidade espacial em um Argissolo, encontraram teores baixos de Mn devido aos teores baixos de MO. Zanão Júnior et al., 2007, também encontraram médias baixas dos teores de Mn, que foram explicados devido aos elevados valores de pH da área, visto que a reação do solo controla a disponibilidade do nutriente.

Figura 5: Variabilidade espacial do micronutriente Mn na área estudada e na camada de solo de 0-20 cm.



Fonte: Os autores.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe variabilidade espacial dos atributos do solo nos sistemas de ILPF com componente arbóreo Macaúba, confirmado que o solo é um ambiente heterogêneo e que as amostras de solo pontuais devem ser consideradas. A análise espacial de dados de fertilidade de solo permitiu verificar a ocorrência de áreas com maior ou menor disponibilidade de nutrientes. Logo, a elaboração de mapas permite também o desenho de zonas de manejo onde mais ou menos fertilizante possam ser aplicados conforme a variação.

Levando em consideração os resultados obtidos neste estudo realizado no IFTM *Campus* Uberaba e resultados encontrados na literatura, pode-se perceber que a Macaúba pode ser uma opção promissora como componente arbóreo para sistemas agrosilvipastoris. Porém, ainda demanda estudos para que a cadeia produtiva seja cada vez mais eficiente e possa oferecer aos produtores melhores e reais condições comercialização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, F. P. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoia e polpa da macaúba [Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart]**. 2007. xiii, 52 f. Dissertação (mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/90468>. Acesso em 15 dez 2021.
- ALVAREZ, V. V.H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLOS. In RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais 5a aproximação**. Viçosa-MG; 1999.
- CHAVES, L. H. G.; FARIAS C. H. A.; **Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar**. Revista Ciência Agronômica, v. 40, n. 2, p. 211-218, abr-jun, 2009 Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE
- DIAS, H. C. T.; SATO, A. Y.; OLIVEIRA NETO, S. N.; Cultivo da Macaúba: ganhos ambientais em áreas de pastagens. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.32, n.265, p.52-60, nov/dez. 2011.
- EVARISTO, A. B.; MARTINO, D. C.; FERRAREZ, A. H. **Potencial Energético Dos Resíduos Do Fruto Da Macaúba E Sua Utilização Na Produção De Carvão Vegetal**; Ciência Florestal, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 571-577, abr.-jun., 2016
- LEITE, L. F.C.; ARRUDA, F. P.; COSTA, C. N.; FERREIRA, J. S.; HOLANDA NETO, M. R.; **Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.12, p.1257-1263, 2013

MATIAS, S. S. R.; CORREIA, M. A. R.; CAMARGO, L. A.; FARIA, M. T.; CENTURION, J. F.; NÓBREGA, J. C. A. **Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 7, n. 3, 2012.

MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. O.; GOMES, J. B. **Ocorrência da Macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais.** Pesq. Agropec. bras., Brasília. V. 37, n. 7, p. 1023-1031, jul. 2002.

PIMENTEL, L. D; BRUCKNER, C. H.; MARTINEZ, H. E. P.; TEIXEIRA, C. M.; MOTOIKE, S. Y.; PEDROSO NETO, J. C.; **Recomendação de Adubação e Calagem para o cultivo de Macaúba: 1º aproximação;** Macaúba: potencial e sustentabilidade para o biodiesel; Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.32, n.265, p20-30, nov./dez. 2011

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. G.; BLUMENSCHINE, F. N.; DALL'ACQUA, F. M. **Técnicas de preparo do solo: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água;** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F.; **Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado;** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.41, n.4, p.697-704, abr. 2006

SOBREIRA, H. F. **Resíduos do coco da macaúba em substituição parcial ao milho e farelo de soja em rações para vacas mestiças lactantes.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, 2011

SOUZA, E. D.; SILVA, F. D.; PACHECO, L. P.; LAROCA, J. S. V.; SOUZA, J. M. A.; BONETTI, J. A. **Matéria orgânica do solo em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária.** Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. 1 ed. Tubarão, Santa Catarina, 2018. 342 p. cap 7. 107-122.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C.; **Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos;** Bras. Ci. Solo, 27:133-139, 2003

STIEVEN, A. C.; CAMPOS, D. T. S.; SANTOS, J. O.; OLIVEIRA, D. A.; WRUCK, F. V.; **Atributos Químicos do Solo em Sistemas Integrados;** *Scientia Amazonia*, v. 7, n.1, 60-67, 2018

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. **Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta.** Ciência Rural, v. 37, n. 04, p. 1000-1007, 2007.

# CAPÍTULO XII

## PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS NORDESTINOS

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-12

Pompeu Paes Guimarães <sup>1</sup>

Flavio Cipriano de Assis do Carmo <sup>2</sup>

Narjara Walessa Nogueira <sup>1</sup>

Daniel Pena Pereira <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brasil. E-mail: pompeu.guimaraes@ufersa.edu.br; narjara.nogueira@ufersa.edu.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB, Brasil. E-mail: flavio.cipriano@professor.ufcg.edu.br

<sup>3</sup>Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil. E-mail: daniel pena@iftm.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Produtos florestais não madeireiros (PFNM) são todos os produtos oriundos da floresta excetuando a madeira - tecido lenhoso, desta forma abrangem: raízes, casca, palmito, folhas, flores, frutos, castanhas, fibras, entre outros (MACHADO, 2008).

Toda a diversidade e complexidade dos produtos florestais não madeireiros proporciona ao produtor florestal subdividir sua produção em diversos produtos e que estão disponíveis em épocas diferentes em um mesmo ano, assim, deixa o produtor menos suscetível a depender financeiramente de um único produto.

Valorizar a floresta é entender que dela podem ser retirados recursos que utilizados tanto para subsistência – coisas essenciais para a manutenção da vida – quanto para o comércio - compra e venda de produtos (SANTOS et al., 2003).

O destaque para os produtos florestais não madeireiros brasileiros estão voltados para as regiões norte, nordeste e centro-oeste, trazendo adição de renda para as comunidades rurais, tanto na extração dos produtos das florestas como em sistemas agroflorestais (FIEDLER et al., 2008).

Partindo deste pressuposto, tem-se como objetivo avaliar a competitividade dos principais produtos florestais não madeireiros da região nordeste, mais especificamente em quantidade produzida, valor unitário e valor bruto da produção, dessa forma, poder ranquear os produtos mais importantes.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

Segundo o IBGE (2021), publicada na Produção da extração vegetal e silvicultura, os produtos florestais não madeireiros podem ser classificados em: alimentícios; aromáticos,

medicinais, tóxicos e corantes; borrachas; ceras; fibras; gomas não elásticas; oleaginosos; e tanantes (Quadro 1).

A competitividade foi avaliada com a adoção da metodologia de Almeida et al. (2009); Aguiar et al. (2014), para análise dos deslocamentos das curvas de oferta e demanda de cada produto, seguindo os seguintes passos:

1. As variáveis preço bruto total e valor unitário foram deflacionados utilizando como base o índice de preço do consumidor (IPCA), com ano base de 2013;
2. Ajuste de modelos de tendência para cálculo da taxa anual do preço e da quantidade produzida para os produtos florestais não madeireiros sugerido por Gujarati (2006), Equações 1, 2 e 3:

Quadro 1 – Produtos florestais não madeireiros nordestinos

Alimentícios	Borrachas	Oleaginosos
Açaí (fruto)	✓	Babaçu (amêndoas) ✓
Castanha-de-caju	✓	Copaíba (óleo) ✓
Castanha-do-pará	✓	Cumaru (amêndoas) ✓
Erva-mate		Licuri (coquilho) ✓
Mangaba	✓	Oiticica (semente) ✓
Palmito	✓	Pequi (amêndoas) ✓
Pequi (fruto)	✓	Tucum (amêndoas) ✓
Pinhão		Outros ✓
Umbu	✓	
Outros	✓	
Aromáticos, medicinais, tóxicos e corantes (AMTC)		
Ipecacuanha ou poaia (raiz)		Tanantes
Jaborandi (folha)	✓	Angico (casca) ✓
Urucum (semente)	✓	Barbatimão (casca)
Outros	✓	Outros ✓
Gomas não elásticas		
Balata		
Maçaranduba		
Sorva		

Fonte: IBGE (2021)

Quantidade (t)

$$LnQ = \beta_0 + \beta_1 T + \varepsilon \quad (1)$$

Valor Unitário (R\$/t)

$$LnU = \beta_0 + \beta_1 T + \varepsilon \quad (2)$$

Taxa

$$r = e^{(\beta_1 - 1)100} \quad (3)$$

Em que: Q = quantidade (t); U = Valor unitário (R\$/t); r = taxa composta.

3. Os deslocamentos das curvas de oferta e demanda foram encontrados de acordo com as taxas para quantidade produzida e valor unitário da produção (ALMEIDA et al., 2009; PINDYCK e RUBINFELD, 2006; AGUIAR et al., 2014), Quadro 2.

Quadro 2. Interpretação da competitividade de acordo com as taxas para quantidade e preço unitário para cada produto florestal não madeireiro.

	<b>Deslocamentos</b>	<b>Taxa</b>	
		<b>Quantidade (Q)</b>	<b>Valor unitário (U)</b>
Demanda (D)	Direita (→)	(+)	(+)
	Esquerda (←)	(-)	(+)
Oferta (S)	Direita (→)	(+)	(-)
	Esquerda (←)	(-)	(-)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. RANQUE DOS PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS NORDESTINOS

Baseando no VBP os principais produtos florestais não madeireiros da região nordeste do Brasil foram as Ceras, seguidos pelas Oleaginosas e as Fibras.

Se o ranque tomasse como norte a quantidade produzida, os três primeiros seriam: as Oleaginosas, as Fibras, e os Alimentícios. Por outro lado, analisando os preços praticados, em média, o ranque manteria as Ceras em primeiro lugar, seguido pelos Aromáticos, Medicinais Tóxicos e Corantes e, em terceiro lugar, as borrachas.

Assim, o Valor bruto da produção foi utilizado para a escolha dos principais produtos, por envolver a quantidade e os preços praticados (Tabela 1).

Tabela 1. Ranque dos PFNM no período de 2013 a 2019.

		<b><i>Q (CV%)</i></b>	<b><i>U (CV%)</i></b>	<b><i>VBP (CV%)</i></b>	<b><i>rQ</i></b>	<b><i>rU</i></b>	<b><i>Comp.</i></b>
1º	Ceras	20.391,71 (4,52)	9.814,15 (16,54)	199.932.376,11 (16,51)	-0,81	7,56	D←
2º	Oleag.	69.935,71 (26,36)	1.621,70 (12,62)	110.290.542,01 (14,56)	-	5,56	D←
3º	Fibras	29.351,57 (66,46)	1.992,86 (13,88)	62.040.367,82 (71,41)	30,77	3,68	S←
4º	Aliment.	29.235,87 (9,12)	1.535,85 (7,27)	45.103.452,56 (15,54)	4,07	3,13	D→
5º	AMTC	543,57 (48,44)	2.504,55 (21,21)	1.243.123,21 (21,73)	14,00	-	S→
6º	Tanant	92,86 (40,49)	1.059,27 (17,33)	95.022,64 (34,74)	-	3,18	D←
7º	Borrach	25,00 (17,44)	2.117,91 (14,11)	53.016,09 (23,61)	16,19	9,16	D→

Os produtos que apresentam aumento em suas demandas foram: os Alimentícios, e as borrachas. Uma redução da demanda foi exibida para os produtos: Ceras, Oleaginosas e Tanantes.

Quanto a oferta, mostraram um aumento, somente os produtos Aromáticos, Medicinais, Tóxicos e Corantes. Já os produtos Fibras, uma redução em sua oferta.

Chamou atenção a maior variação quanto ao coeficiente de variação das fibras, mostrando a importante de um único produto frente aos produtos concorrentes dentro desta mesma classe.

### 3.1.1.CERAS

A carnaúba é uma espécie florestal muito importante para o desenvolvimento econômico da região nordeste, podendo proporcionar três produtos florestais não madeireiros competitivos para a região: pó, cera (Figura 1) e fibra, com crescente elevação do preço médio unitário de cada produto.

Figura 1. (a) Pó e (b) Cera de carnaúba.



Fonte. Os autores

A Tabela 2 mostra a superioridade do produto pó frente ao produto cera de carnaúba, ambos classificados no grupo Ceras.

Tabela 2. Ranque das ceras no período de 2013 a 2019.

		<b><u>Q (CV%)</u></b>	<b><u>U (CV%)</u></b>	<b><u>VBP (CV%)</u></b>	<b><i>rQ</i></b>	<b><i>rU</i></b>	<b>Comp.</b>
1°	Carn. (Pó)	18.816,14 (4,31)	9.522,46 (17,74)	179.464.160,22 (19,03)	0,29	8,39	D→
2°	Carn. (Cera)	1.575,57 (31,69)	13.249,97 (17,65)	20.468.215,88 (30,65)	-	5,08	D←

Para produzir cera de carnaúba é necessário que antes seja produzido o pó. Então, mesmo com a superioridade da quantidade produzida do pó, os produtos são complementares.

O coletor da palha da carnaúba prefere cortar a mesma, colocar para secar, triturar e vender o pó, do que a cera por não exigir investimentos para aquisição de infraestrutura e equipamentos para o beneficiamento do pó em cera.

A idade da folha destaca-se como atributo da planta de maior relevância na exploração comercial da carnaubeira, sendo que a cera proveniente das folhas novas agrupa maior valor econômico (FERREIRA et al., 2013).

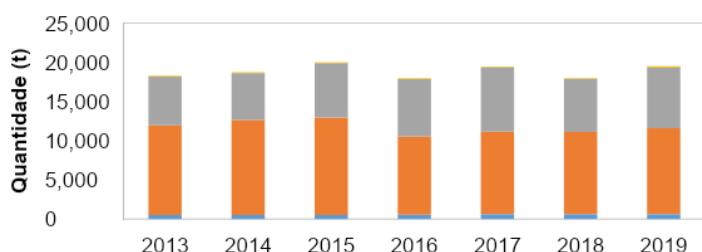
As folhas fechadas produzem pó de melhor qualidade, tipo A, sendo conhecido como pó do olho e resultam em ceras prima 1 ou filtrada amarelada. As folhas abertas, produzem pó do tipo B, podendo ser considerada cera gorda – média 2 ou filtrada extra gorda e; clara 3 ou filtrada gorda – ou arenosa – bruma 4 ou filtrada cinza; e Negra 5 ou centrifugada cinza (CERQUEIRA e GOMES, 2015).

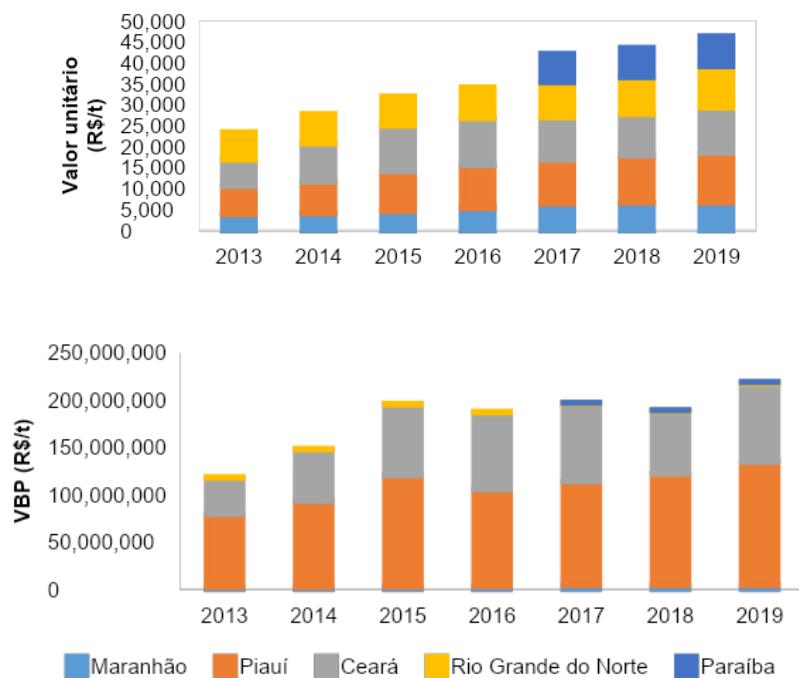
Partindo do pressuposto que vender produtos de maior valor agregado aumenta o rendimento do produtor florestal, vendendo cera se alcança maiores valores no mercado. Dessa forma o produto cera apresentou uma redução na curva da demanda e o produto pó, um aumento (Tabela 2).

Guimaraes et al. (2018) analisando a competitividade dos produtos oriundos da carnaúba, no período de 1994 a 2014, ratificaram as taxas encontradas neste estudo, sendo o valor bruto da produção da cera superior a produção do pó.

Os principais estados produtores de cera foram o Piauí e o Ceará, com preços unitários semelhantes. Quanto ao VBP, mantiveram suas posições Piauí e Ceará (Figura 2). Com produção também no Rio Grande do Norte, Paraíba e Maranhão.

Figura 2. Distribuição das fibras nos Estados do nordeste brasileiro.



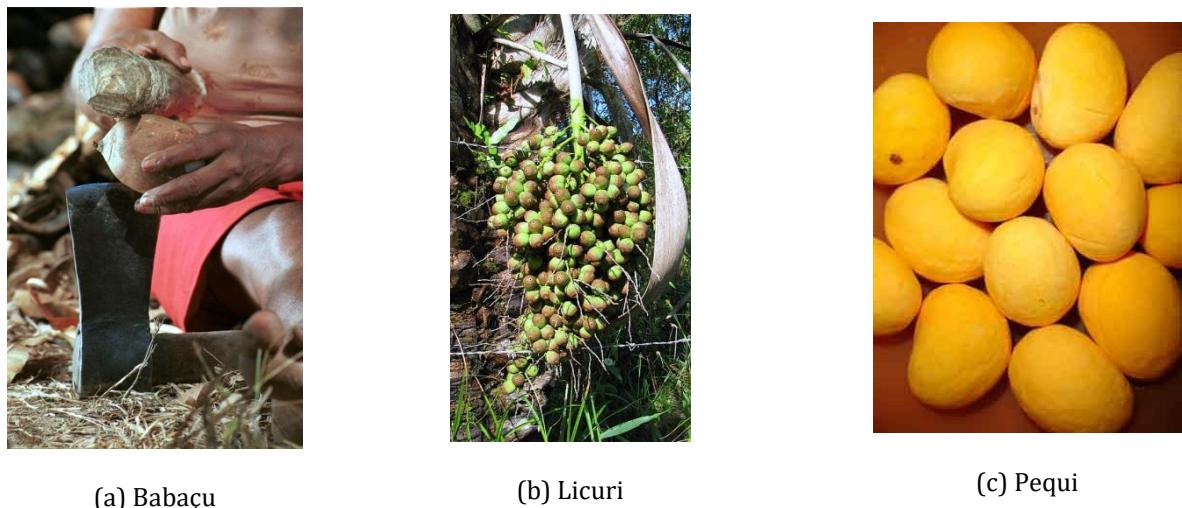


Fonte. Os autores

### 3.1.2. OLEAGINOSAS

As oleaginosas que apresentaram maior VBP foram o babaçu, o licuri e o pequi (Figura 2).

Figura 2. Oleaginosas: (a) Babaçu, (b) Licuri e (c) Pequi



Fontes:

(a) [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quebradeira\\_de\\_C%C3%B4co\\_Baba%C3%A7u\\_-\\_Brasil\\_-\\_Tocantins\\_-\\_Pequizeiro.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quebradeira_de_C%C3%B4co_Baba%C3%A7u_-_Brasil_-_Tocantins_-_Pequizeiro.jpg);

(b) [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cacho\\_de\\_frutos\\_do\\_licuri.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cacho_de_frutos_do_licuri.jpg);

(c) <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ad/Pequi.jpg>

O ranque das oleaginosas, quantidade produzida, valor unitário, valor bruto da produção, taxa para produção e valor unitário, para o período de 2013 a 2019 é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Ranque das oleaginosas no período de 2013 a 2019.

		<b><u>Q (CV%)</u></b>	<b><u>U (CV%)</u></b>	<b><u>VBP (CV%)</u></b>	<b><i>rQ</i></b>	<b><i>rU</i></b>	<b>Comp.</b>
1º	Babaçu	66.368,00 (25,56)	1.595,30 (12,49)	103.126.872,42 (4,17)	- 10,92	5,59	D←
2º	Licuri	2.670,43 (55,42)	1.206,77 (15,26)	3.020.710,15 (48,11)	- 23,72	4,04	D←
3º	Pequi	485,14 (50,34)	2.591,58 (4,84)	1.271.938,07 (51,86)	- 20,31	-1,39	S←
4º	Tucum	448,71 (10,84)	2.506,13 (13,37)	1.113.169,57 (8,65)	-4,90	5,97	D←
5º	Outros	22,57 (23,28)	4.970,76 (42,41)	104.591,94 (39,66)	2,21	- 12,79	S→
6º	Oiticica	9,57 (48,58)	840,33 (26,91)	7.298,22 (27,21)	- 19,15	9,66	D←

Fonte. Os autores

O pequi e os outros apresentaram a curva de oferta com deslocamento para a direita, já os outros oleaginosos, um deslocamento da curva da demanda para a esquerda.

O babaçu pode ser aproveitado de diversas maneiras: as amêndoas podem ser consumidas in natura, ou na forma de leite, óleo ou azeite; do mesocarpo se extraí uma farinha consumida como alimentação, endocarpo e epicarpo para geração de energia e artesanato.

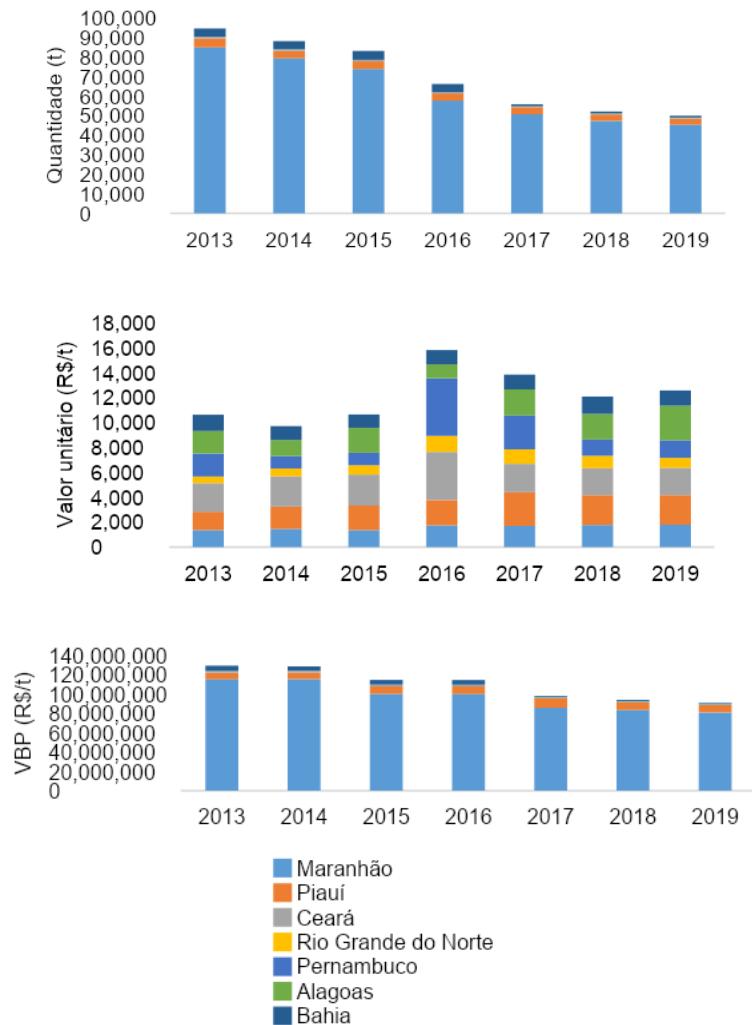
O óleo extraído do licurizeiro pode ser utilizado com substituto do óleo de soja para alimentação, e de forma industrial, para produção de sabão e cosméticos (TREVISA, CORREA e DUARTE, 2014).

O pequi, mesmo classificado como oleaginosa, pode ser consumido para alimentação, tendo utilização como polpa, óleo, madeira e casca. O óleo pode ser extraído da polpa e da amêndoas. Em um hectare, aproximadamente, pode ser extraído 1.100 kg de óleo por safra (OLIVEIRA et al, 2008).

Quando se trata do valor unitário da produção, produtos com menor quantidade produzida, apresentaram maior valor unitário, como os outros, tucum e o pequi, respectivamente, 4.970,76; 2.591,58; e 2.506,13 R\$/ t (Figura 3).

Como o maior produtor de oleaginosas, o Maranhão teve destaque, principalmente na exploração do babaçu. Apresentando uma redução de 29,7% do valor bruto da produção do 2019 em comparação com 2013.

Figura 3. Distribuição das oleaginosas nos Estados do nordeste brasileiro.

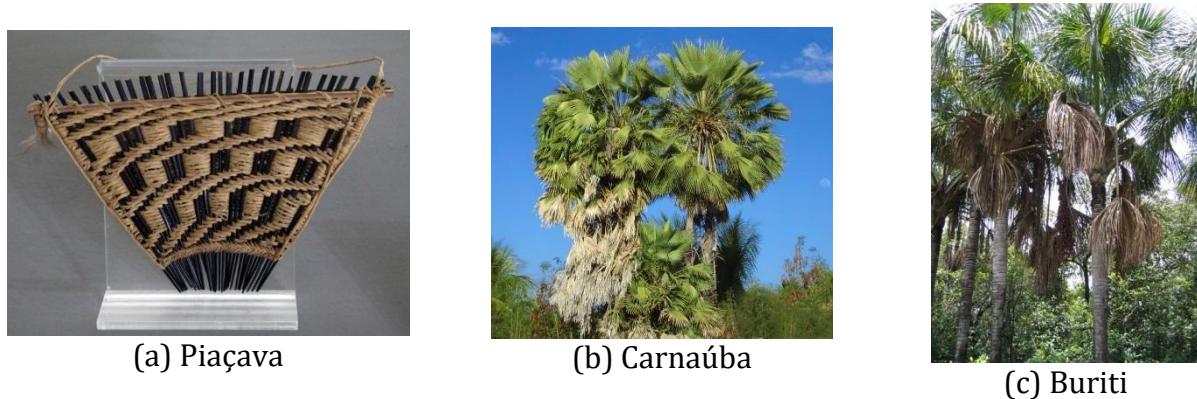


Fonte. Os autores

### 3.1.3. FIBRAS

As principais fibras do mercado brasileiro foram a Piaçava, Carnaúba, Buriti e Outros (Figura 4).

Figura 4. Fibras: (a) piaçava, (b) carnaúba e (c) buriti



Fontes:

(a) [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brasile,\\_mato\\_grosso,\\_kamaiur%C3%A0o,\\_pattine\\_in\\_pia%C3%A7ava\\_e\\_fibra\\_vegetale,\\_xx\\_sec.\\_01.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brasile,_mato_grosso,_kamaiur%C3%A0o,_pattine_in_pia%C3%A7ava_e_fibra_vegetale,_xx_sec._01.JPG);

(b) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carnauba.jpg>;

(c) <https://pirenopolis.tur.br/meioambiente/herbariodigital/Palmae/Mauritia/flexuosa>.

A piaçava mostrou um deslocamento da curva de oferta para a esquerda, enquanto as demais fibras, um deslocamento da curva de demanda para a esquerda (Tabela 4).

Tabela 4. Ranque das fibras no período de 2013 a 2019.

		<b><u>Q (CV%)</u></b>	<b><u>U (CV%)</u></b>	<b><u>VBP (CV%)</u></b>	<b><i>rQ</i></b>	<b><i>rU</i></b>	<b>Comp.</b>
1º	Piaçava	27.543,71 (70,16)	1.837,97 (23,93)	57.073.915,70 (77,92)	- 33,24	-8,79	S←
2º	Carnaúba	1.554,14 (26,16)	2.025,04 (21,40)	3.025.404,43 (14,13)	-6,66	10,81	D←
3º	Buriti	181,00 (10,60)	9.447,65 (7,25)	1.700.426,08 (5,78)	-4,44	2,65	D←
4º	Outros	73,00 (64,75)	3.698,39 (31,00)	240.764,47 (53,36)	- 30,71	6,35	D←

Quanto a quantidade produzida, em média, a Piaçava produziu a mais 17,72; 152,18; e 377,31% do que a Carnaúba, o Buriti e os Outros, respectivamente.

Os preços das fibras apresentaram o ranque decrescente na seguinte ordem: Buriti, Outros, Carnaúba e Piaçava. Sendo o Buriti, em média, em relação aos preços, maior do que os Outros, a Carnaúba e a Piaçava, respectivamente, na ordem de 2,55; 4,65 e 5,14% (Tabela 4).

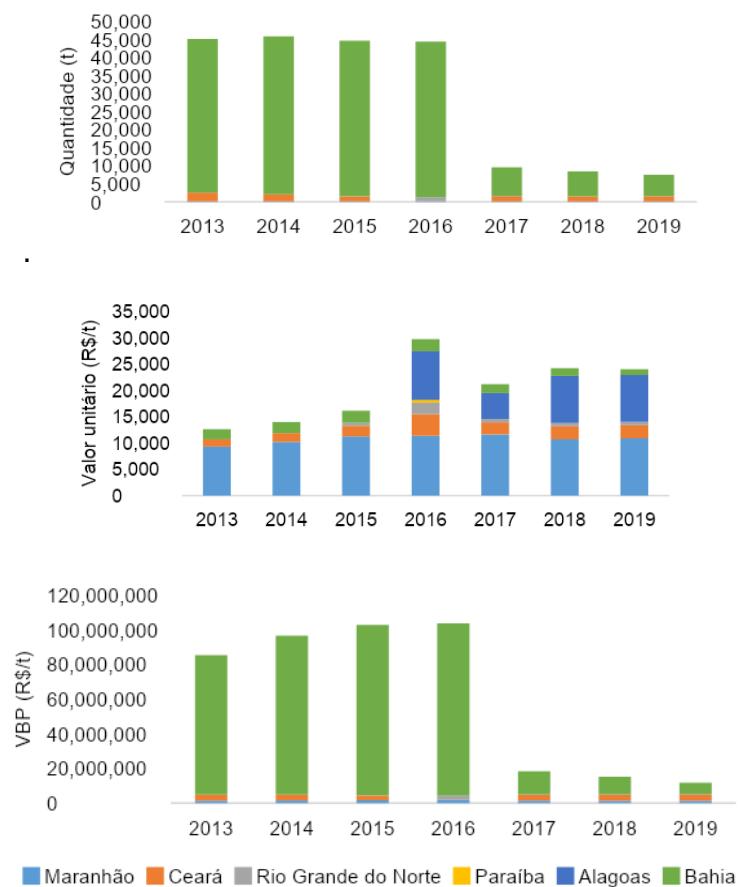
A fibra da piaçava pode ser utilizada para amarras de navios, fabricação de vassouras domésticas e mecânicas, enchimentos de estofados, chapéus, bolsas, cestos, substratos, isolante térmico, e espuma automotiva (GUIMARAES, 2012).

A fibra da carnaúba, estudados por Guimaraes et al. (2018) perceberam uma taxa de redução para quantidade produzida e aumento no preço unitário, no período de 1994 a 2014, tendo um deslocamento da curva da demanda para direita. Mesmo padrão encontrado neste estudo, para o período 2013 a 2019.

Chamou atenção o preço unitário, médio, da fibra de Buriti, 80,5% maior do que o preço da fibra da piaçava. A Piaçava mostrou um deslocamento da curva de oferta para a esquerda. Já a Carnaúba, Buriti e os Outros, deslocamento da curva da demanda para a esquerda.

Como maior produtor de fibras de piaçava a Bahia tem destaque no cenário nacional, o que elevou a sua participação, principalmente de 2013 a 2016. Nos anos de 2017 a 2019 a queda no valor bruto da produção foi acentuada, houve uma redução de 82,3% no VBP de 2016 para 2017 (Figura 5).

Figura 5. Distribuição das fibras nos Estados do nordeste brasileiro.

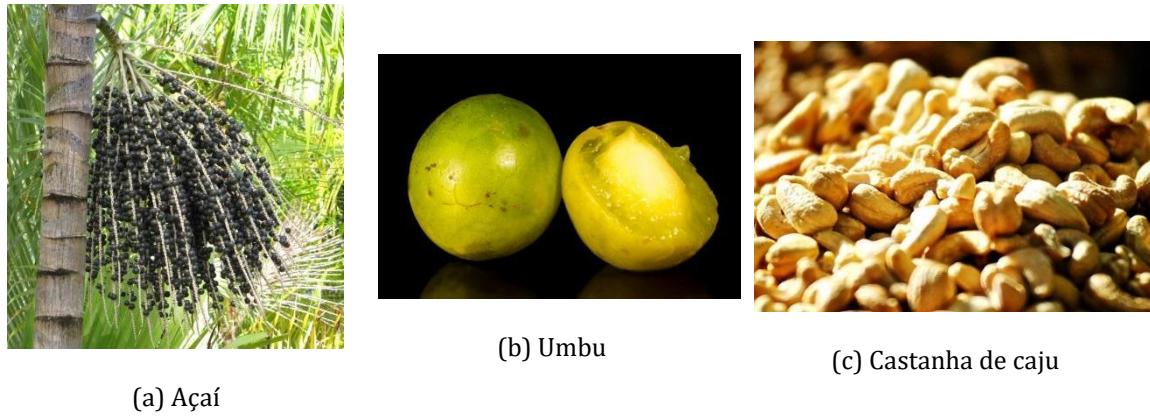


Fonte. Os autores

### 3.1.4. ALIMENTÍCIOS

Os principais produtos alimentícios foram o açaí, o umbu e a castanha de caju (Figura 6), baseando-se na média do VBP, de 2013 a 2019 (Tabela 5).

Figura 6. Alimentícios: (a) açaí, (b) umbu e (c) castanha de caju



Fontes:

(a) [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Starr-110330-3802-Euterpe\\_oleracea-fruit-Garden\\_of\\_Eden\\_Keanae-Maui\\_\(24713088589\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Starr-110330-3802-Euterpe_oleracea-fruit-Garden_of_Eden_Keanae-Maui_(24713088589).jpg);

(b) [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Umbu\\_fruto\\_aberto\\_e\\_fechado\\_em\\_fundo\\_preto\\_\(vers%C3%A3o\\_cortada\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Umbu_fruto_aberto_e_fechado_em_fundo_preto_(vers%C3%A3o_cortada).jpg);

(c) [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Castanha\\_de\\_Caju.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Castanha_de_Caju.jpg).

Mesmo a polpa de açaí não sendo considerada como produto não madeireiro nordestino (a região norte é a grande produtora de açaí), o mesmo foi o principal produto alimentício, devido a quantidade produzida, mais especificamente no Maranhão. Apresentando um deslocamento da curva da demanda para a direita, um aumento na quantidade e preço do mesmo produto. A mangaba também apresentou um deslocamento da curva da demanda para a direita.

Tabela 5. Ranque dos alimentícios, no período de 2013 a 2019.

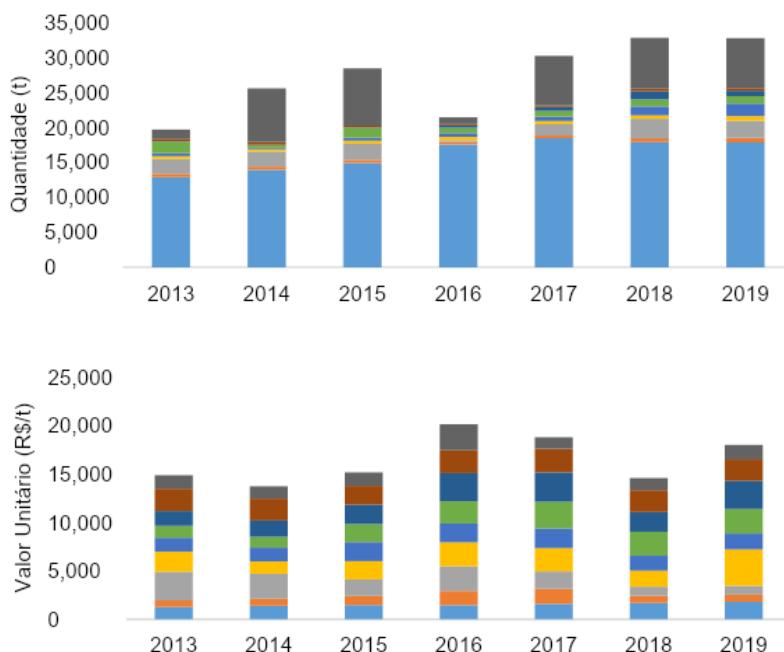
		<u><b>Q (CV%)</b></u>	<u><b>U (CV%)</b></u>	<u><b>VBP (CV%)</b></u>	<b><i>rQ</i></b>	<b><i>rU</i></b>	<b>Comp.</b>
1º	Açaí	16.094,43 (13,56)	1.524,30 (12,21)	24.811.802,17 (23,67)	6,00	5,70	D→
2º	Umbu	7.329,71 (4,80)	1.188,69 (13,98)	8.721.762,39 (15,31)	-0,79	1,49	D←
3º	Cast. de caju	1.920,43 (31,12)	2.478,14 (29,31)	4.394.375,24 (9,20)	-	10,78	D←

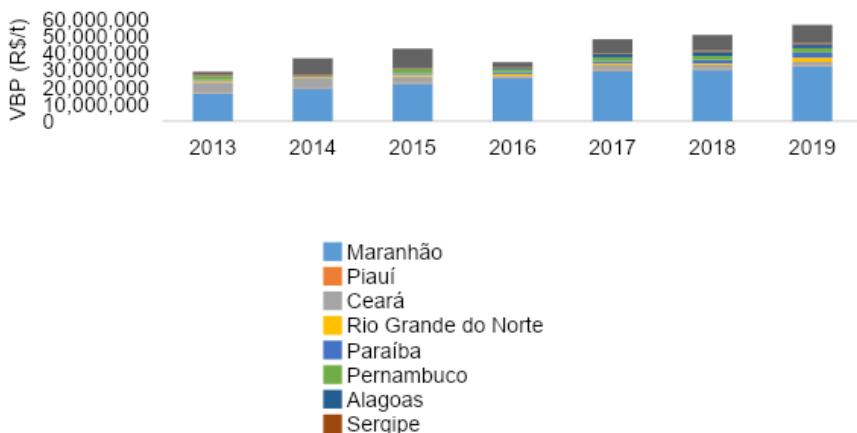
		<u><b>Q (CV%)</b></u>	<u><b>U (CV%)</b></u>	<u><b>VBP (CV%)</b></u>	<b><i>rQ</i></b>	<b><i>rU</i></b>	<b>Comp.</b>
4º	Pequi	1.942,51 (19,90)	1.564,88 (33,42)	2.904.661,57 (21,56)	7,90	- 15,70	S→
5º	Outros	1.401,29 (61,16)	1.870,46 (27,14)	2.575.885,89 (72,95)	6,39	- 7,98	S→
6º	Mangaba	1.026,71 (43,37)	2.397,25 (8,83)	2.449.864,29 (41,03)	19,78	0,75	D→
7º	Palmito	7,50 (17,21)	5.020,61 (7,58)	37.772,92 (20,83)	- 12,63	- 1,87	S←

Os produtos umbu e castanha de caju, segundo e terceiro da raque, respectivamente, demonstraram um deslocamento da curva da demanda para a esquerda, apresentaram uma redução na quantidade produzida e elevação nos preços unitários. O pequi e os outros apresentaram um deslocamento da curva da oferta para a direita. E o palmito, deslocamento da curva da oferta para a esquerda.

O preço da tonelada do palmito, castanha de caju e mangaba foram, respectivamente, 69,6; 38,5; e 36,4% maiores do que o açaí. No entanto, a quantidade produzida pelo açaí foi maior, respectivamente, 99,9; 88,1; e 93,6%.

Figura 7. Distribuição dos alimentícios nos Estados do nordeste brasileiro.





Fonte. Os autores

Mais uma vez o Maranhão teve destaque como grande produtor de não madeireiros, desta vez para os produtos alimentícios. O segundo estado com maior expressão para os alimentícios foi a Bahia (Figura 7).

### 3.1.5. AROMÁTICOS, MEDICINAIS, TÓXICOS E CORANTES

A utilização dos aromáticos, medicinais, tóxico e corantes (Figura 8) é uma prática comum no brasil, desde comunidades tradicionais até empresas fabricantes de essências, farmacêuticos, tinturas (SOARES et al., 2008).

Figura 8. Aromáticos, medicinais, tóxico e corantes: (a) Jaborandi e (b) urucum.



(a) Jaborandi



(b) Urucum

Fontes:

(a) [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pilocarpus\\_pennatifolius\\_1zz.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pilocarpus_pennatifolius_1zz.jpg);

(b) [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Urucum\\_se\\_abrindo.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Urucum_se_abrindo.jpg).

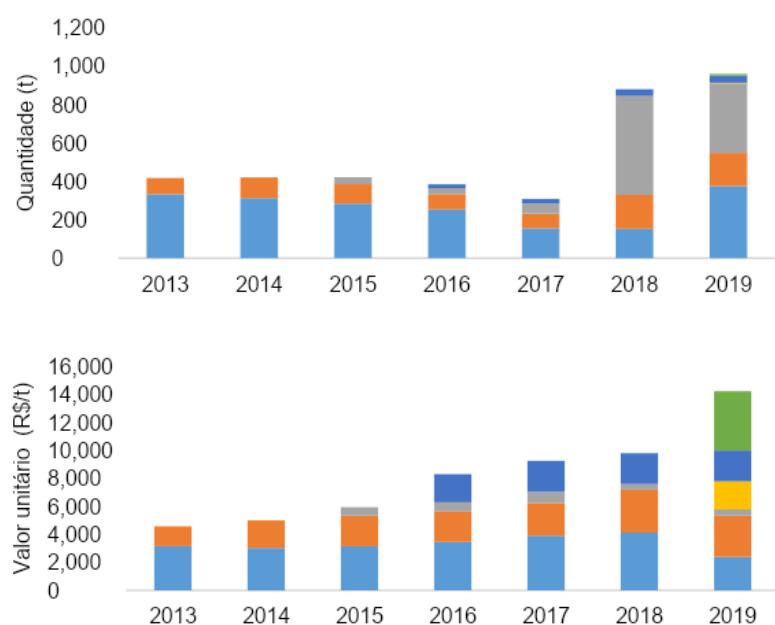
Os principais representantes nordestinos foram o jaborandi, os outros e o urucum (Tabela 6).

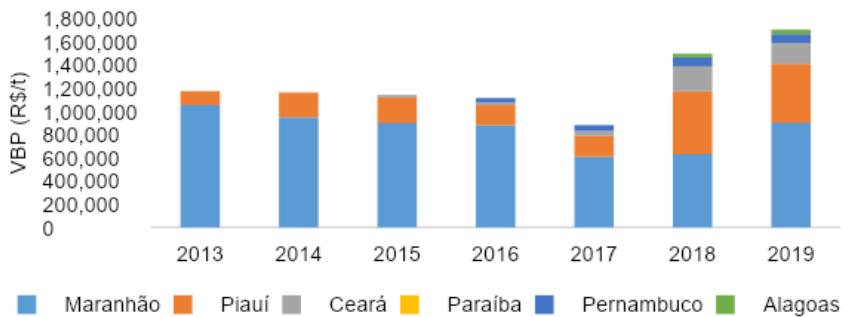
Tabela 6. Ranque dos aromáticos, medicinais, tóxicos e corantes no período de 2013 a 2019.

	<u><i>Q</i></u> (CV%)	<u><i>U</i></u> (CV%)	<u><i>VBP</i></u> (CV%)	<i>rQ</i>	<i>rU</i>	Comp.
1º Jaborandi	220,86 (18,29)	3.906,56 (4,73)	864.516,19 (20,39)	0,55	2,11	D→
2º Outros	309,72 (73,49)	1.418,75 (35,00)	349.593,00 (32,96)	8,94	4,66	D→
3º Urucum	23,00 (12,80)	2.209,11 (6,54)	51.024,54 (17,57)	23,56	-12,20	S→

Com as folhas do jaborandi são retirados produtos como pilocarpina utilizados como base de colírios para tratamento de glaucoma e xerostomia (LIMA et al., 2015). O jaborandi e os outros apresentaram um deslocamento da curva da demanda para a direita, tendência na elevação da quantidade produzida e valor unitário. O urucum, representante dos corantes, demonstrou um deslocamento da curva da oferta para direta, reflexo do aumento na quantidade produzida.

Figura 9. Distribuição dos aromáticos, medicinais, tóxicos e corantes nos Estados do nordeste brasileiro.





Fonte. Os autores

Os representantes pela produção desta categoria foram o Maranhão, Piauí, Ceará, Pernambuco, Alagoas e Paraíba (Figura 9).

### 3.1.6. TANANTES

A produção dos tanantes vegetais dá-se em dois ambientes distintos: o da silvicultura moderna e tecnificada, representada por empresas do sul do Brasil, fornecedoras de taninos industrializados, e o do extrativismo local, de baixa tecnologia, descapitalizado e com baixa produtividade (MEUNIER e FERREIRA, 2015).

Figura 10. Tanantes: Angico



Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anadenanthera\\_colubrina\\_tree.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anadenanthera_colubrina_tree.jpg)

Os taninos vegetais são encontrados em várias espécies florestais. Os curtidores da Região Nordeste têm no angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*) (Figura 10), sua única fonte de taninos (Paes et al., 2006), Tabela 7.

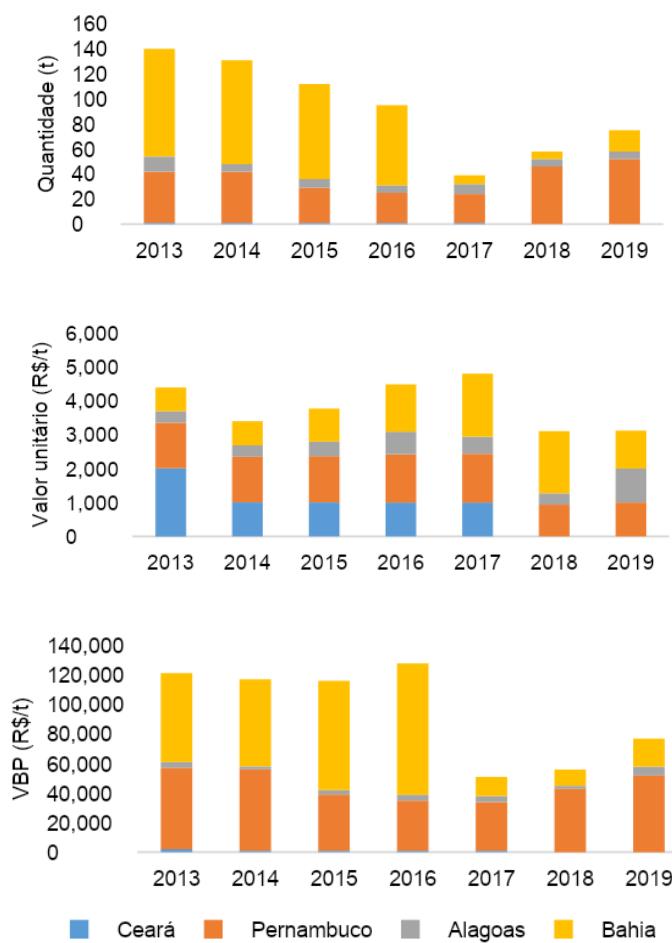
Tabela 7. Produtos tanantes, em média no período de 2013 a 2019.

Produtos	<u><b>Q (CV%)</b></u>	<u><b>U (CV%)</b></u>	<u><b>VBP (CV%)</b></u>	<b><i>rQ</i></b>	<b><i>rU</i></b>	<b>Comp.</b>
1° Angico	92,86 (40,49)	1.059,27 (17,33)	95.022,64 (34,74)	-15,02	3,18	D←

No período de 2013 a 2019, a produção de tanino a partir do angico mostrou uma redução na quantidade produzida e aumento nos preços unitários, o que resultou um deslocamento na curva da demanda para a esquerda.

Os principais produtores foram a Bahia, Pernambuco, Alagoas e Ceará. Os períodos mais produtivos foram de 2013 a 2016, com ênfase na Bahia e Pernambuco (Figura 11).

Figura 11. Distribuição dos tanantes nos Estados do nordeste brasileiro.



Fonte. Os autores

### 3.1.7. BORRACHAS

Não houve produção de látex líquido ou caucho, apenas látex coagulado (Figura 12), no período de 2017 a 2019, este apresentou um deslocamento da curva da demanda para a direita, ou seja, aumento na quantidade produzida e valor unitário do mesmo.

Figura 11. Borracha: látex coagulado



Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Latex\\_-\\_Hevea\\_-\\_Cameroun.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Latex_-_Hevea_-_Cameroun.JPG)

Tabela 8. Borrachas no período de 2013 a 2019.

	<b>Produtos</b>	<b><i>Q</i> (CV%)</b>	<b><i>U</i> (CV%)</b>	<b><i>VBP</i> (CV%)</b>	<b><i>rQ</i></b>	<b><i>rU</i></b>	<b>Comp.</b>
1°	Hevea latex coagulado	25,00 (17,44)	2.117,91 (14,11)	53.016,09 (23,61)	16,19	9,16	D→

O único Estado produtor das borrachas, mais especificamente para o látex coagulado, foi Pernambuco, tendo produção no período de 2017 a 2019.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os produtos florestais não madeireiros são primordiais para o desenvolvimento da região nordeste, estando presente em todos os estados com grande gama de produtos.

O ranque dos produtos florestais não madeireiros quando ao valor bruto da produção foram: ceras, oleaginosas, fibras, alimentícios, aromáticos, medicinais, tóxicos e corantes, tanantes e borrachas.

Os produtos com deslocamento da curva da demanda: - para a esquerda foram: ceras, oleaginosas e tanantes – e para direita – alimentícios e borrachas. E em relação aos produtos

com deslocamento da curva da oferta: - para a esquerda foram as fibras – e para direita – aromáticos, medicinais, tóxicos e corantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. N.; SANTOS, A. J.; SILVA, J. C. G. L.; BITTENCOURT, A. M. Análise do mercado dos principais produtos não-madeiráveis do estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v.39, n.4, p.753-763, 2009.

AGUIAR, G. P.; ROCHA, J. D. S.; SANTOS, A. J.; SILVA, J. C. G. L.; HOEFLICH, V. A. Comportamento do mercado dos principais produtos florestais não madeireiros da região nordeste do Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 983-992, 2014.

CERQUEIRA, E. B.; GOMES, J. M. A. Sociobiodiversidade, mercado e política de preço mínimo para pó e cera de carnaúba. **Espacios**, Caracas, v. 36, n. 10, p. 10, 2015.

FERREIRA, C. S.; NUNES, J. A. R.; GOMES, R. L. F. Manjo de corte das folhas de *Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore no Piauí. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 25-30, 2013.

FIEDLER, N. C.; SOARES, T. S.; SILVA, G. F. Produtos florestais não madeireiros: importância e manejo sustentável da florestal. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. v. 10, n. 2, p. 263-278, 2008.

GUIMARAES, C. A. L. **Piaçava da Bahia (Attalea funifera Martius): do extrativismo à cultura agrícola**. Ilhéus, BA: Editus, 262 p., 2012.

GUIMARAES, P. P.; BOTREL, R. T.; NOGUEIRA, N. W.; CASTRO, V. G.; AGUIAR, G. P.; CARMO, F. C. A. Produtos florestais não madeireiros do nordeste brasileiro: carnaúba. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 2, p. 213-218, 2018.

GUJARATI, D. **Econometria básica**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pevs/default.asp>> Acesso em: 15/06/2021.

LIMA, D. F.; SILVA, R. A. O.; MARQUES, L. A. A.; VÉRAS, L. M. C.; SIMÕES, E. R. B.; LEITE, J. R. S. A.; SANTOS, M. R. M. C.; PESSOA, C. Prospecção tecnológica do jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*): espécie economicamente importante no norte e nordeste do Brasil. **Revista GEINTEC**, v. 5, n.1, p. 1626-1638, 2015.

MACHADO, F. S. **Manejo de Produtos Florestais Não Madeireiros**: um manual com sugestões para o manejo participativo em comunidades da Amazônia. Frederico Soares Machado. Rio Branco, Acre: PESACRE e CIFOR, 105p., 2008.

MEUNIER, I. M. J.; FERREIRA, R. L. C. Uso de produtoras de taninos para curtimento de peles no nordeste do Brasil. **Biodiversidade**. V. 14, n. 1, p. 98-104, 2015.

OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, N. B.; BARROS, L. M.; ALVES, R. E. **Aspectos agronômicos e de qualidade do queijo**. Embrapa Agroindústria tropical, 32 p., 2008.

PAES, J. B.; MARINHO, I. V.; LIMA, R. A.; LIMA, C. R.; AZEVEDO, T. K. B. Viabilidade técnica dos taninos de quatro espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro no curtimento de peles. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 453-462, 2006.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. São Paulo: Prentice Hall, 2006.

SANTOS, A. J.; HILDEBRAND, E.; PACHECO, C. H. P.; PIRES, P.T. L.; ROCHADELLI, R. Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. **Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 2, p. 2015-224, 2003.

SOARES, T. S.; FIEDLER, N. C.; SILVA, J. A.; GASPARINI JUNIOR, A. J. Produtos florestais não madeireiros. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. s/v, n. 1, p. 1-7, 2008.

TREVISAM, C. J; CORREIA, D.; DUARTE, V. T. R. Otimização do processo de extração do óleo de licuri (*Syagrus coronata*). **Revista Engenho**, v. 10, s/n, p. 1-19, 2014.

# CAPÍTULO XIII

## USO DOS RESÍDUOS DO DESBASTE E DESRAMA DAS ÁRVORES NO ILPF PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA E FERTILIDADE DO SOLO

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-13

Pedro Nicó de Medeiros Neto  
Flávio Cipriano de Assis do Carmo  
Giselle Lemos Moreira  
Libânia da Silva Ribeiro

Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB, Brasil. pedroflorestal@gmail.com; flavio.cipriano@professor.ufcg.edu.br; gisellemoreira28@gmail.com; lybyribeiro@yahoo.com.br

### 1. INTRODUÇÃO

A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) tem como principais fins a otimização do uso do solo com a integração de sistemas de produção, que envolve a geração de alimentos, energia, produtos madeireiros e não madeireiros. Além disso, possibilita a recuperação de áreas degradadas, recomposição da cobertura florestal, proteção da fauna, preservação de nascentes e aumento da produtividade da terra pela diversificação da produção, que ao longo dos anos contribuem para reduzir os impactos sobre o meio ambiente. Outros benefícios indiretos no sistema ILPF está a geração de empregos e renda na aplicação das práticas ambientalmente corretas e sustentáveis.

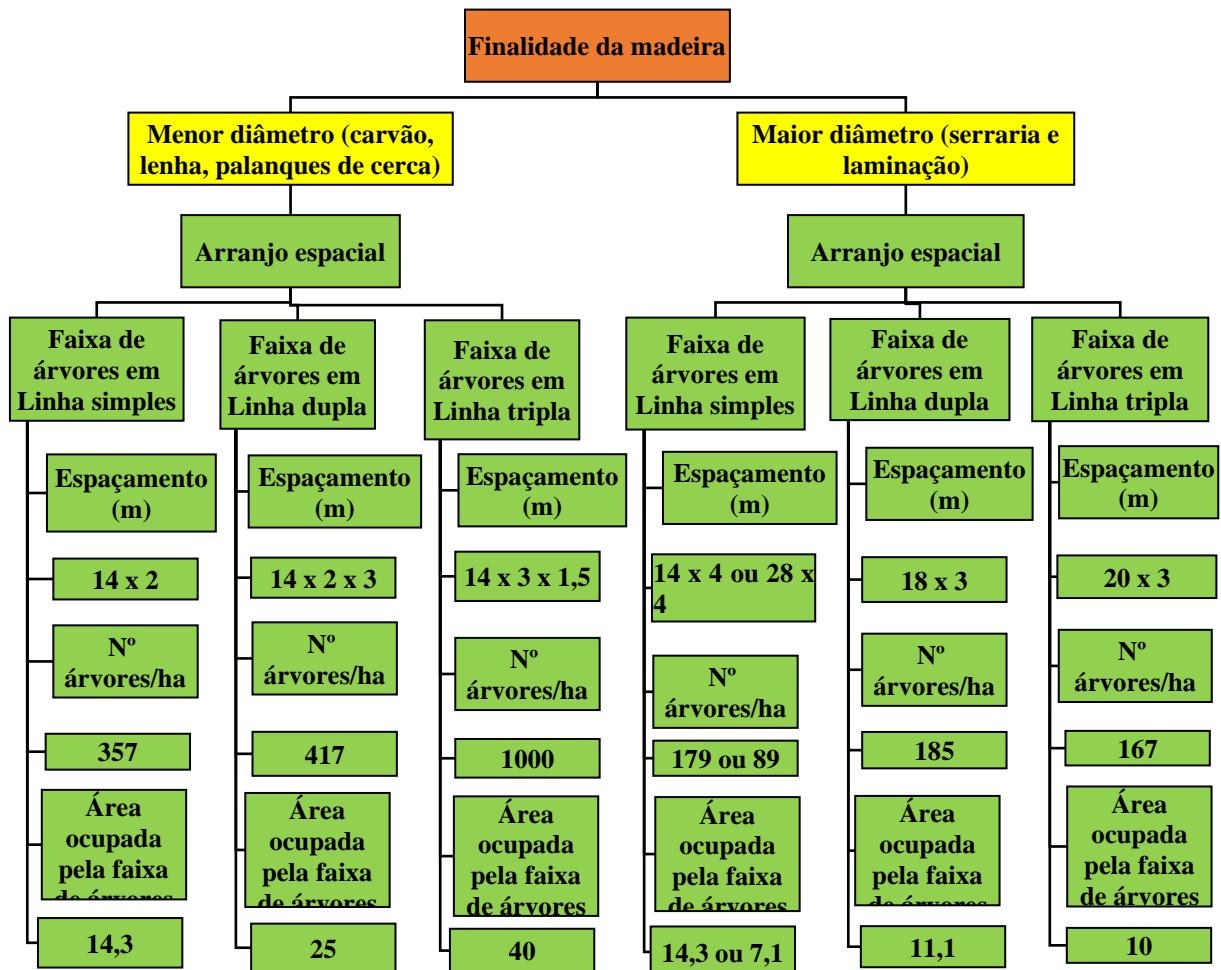
Assim, qual seria a finalidade da madeira oriunda dos desbastes e desramas das árvores implantadas no sistema ILPF? Uma alternativa promissora está relacionada ao uso energético deste material, uma vez que, tal destino é independente do diâmetro da madeira obtida das práticas silviculturais, tanto o seu uso in natura ou sua conversão em subprodutos, tais como, carvão vegetal, pellets e briquetes.

Além disso, o uso da biomassa florestal como fonte de energia vem sendo incentivada nos últimos anos devido principalmente as suas características ambientais, por ser uma fonte de origem renovável, favorece na mitigação das emissões de gases do efeito estufa, quando utilizada ao invés dos combustíveis fósseis.

Quanto ao uso da madeira proveniente do sistema ILPF, Porfírio-da-Silva et al. (2009) destacaram a condução de espécies florestais com a realização dos desbastes das árvores (FIGURA 1) para a obtenção de diversos produtos madeireiros, tais como, a lenha, carvão vegetal, palanques de cerca, serrarias e laminação. Entretanto, a escolha do produto final depende do diâmetro das árvores, principalmente quando utilizado para serrarias, que é

dependente de algumas características dos plantios florestais dispostos no ILPF, como a idade das árvores e o espaçamento entre a plantas. Quanto as espécies florestais são utilizadas para geração de energia, seja na forma de lenha in natura ou sua conversão em carvão vegetal, pellets e briquetes seu uso independe do diâmetro da árvore, podendo ser utilizado além do fuste, os galhos da desrama.

Figura 1 – Modelos de plantios com diferentes espaçamentos para obtenção de produtos madeireiros. Adaptado de PORFÍRIO-DA-SILVA et al. (2009)



## 2. USO DA LENHA E PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL ORIUNDOS DO ILPF

A utilização de produtos energéticos madeireiros, tais como, lenha e carvão vegetal, provenientes de espécies plantadas, se tornou nos últimos anos uma alternativa para o suprimento de energia, contribuindo com a redução no uso de espécies nativas e consequentemente decréscimo no desmatamento.

O setor brasileiro de florestas plantadas possui uma área de nove milhões de hectares e deste total, os plantios com espécies de *Eucalyptus* representaram 77%, o que corresponde a 6,97 milhões de hectares, com as florestas de *Pinus* com 1,64 milhão de hectares, sendo as principais espécies madeireiras plantadas no País (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2020).

Quanto ao uso de carvão vegetal, no ano de 2019, o Brasil consumiu 5,4 milhões de toneladas, principalmente na indústria siderúrgica, sendo o País responsável por 12% de todo o carvão vegetal produzido globalmente. Destes milhões de toneladas de carvão vegetal quase 95% são originados de florestas plantadas (IBÁ, 2020), com um aumento na produção de 5,9% no 1º trimestre de 2021 (IBÁ, 2021).

### 3. USO ENERGÉTICO DA MADEIRA: PELLETS E BRIQUETES

A biomassa florestal é utilizada como fonte de energia de diferentes formatos e tamanhos, tais como, lenha, cavacos, carvão vegetal, briquetes e pellets.

Quanto a produção de pellets, consiste na transformação da biomassa, neste caso a madeira, em unidades menores com formato cilíndrico e compactados (Figura 2), que poderão ser utilizados como fonte de energia posteriormente sua combustão em fornos, caldeiras, fogões, aquecedores, pizzaria, padarias e outros.

Figura 2. Pellets de madeira



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holzpellets.jpg>

Os pellets com o formato cilindro são os mais comercializados mundialmente, sendo suas vantagens em relação a lenha e carvão vegetal, uma compactação com baixo teor de umidade, densidade energética elevada e granulometria uniforme que garante uma automação

durante o processo de combustão, além de facilidade de transporte. Sendo utilizados para o aquecimento de residências, estabelecimentos comerciais e industriais.

As características dos pellets estão diretamente a matéria-prima de origem, com destaque para o poder calorífico superior e teores de cinzas. Na produção de pellets de madeira são utilizados resíduos madeireiros, tais como, a serragem, maravalhas, cavacos, aparas e costaneiras, provenientes do desdobro primário e secundário das toras, que são comprimidos com aplicação de alta pressão e controle de temperatura, originando os pellets. Na Tabela 1, pode ser observado algumas matérias primas utilizadas na produção de pellets e sua densidade energética, que representa a quantidade de energia armazenada pelo material.

Quando avaliada a umidade dos pellets, pode ser evidenciado a sua eficiência energética, quando comparado ao uso da lenha, que normalmente é utilizada com teores de umidade acima de 25%, em que, materiais lenhosos usados com elevados teores de umidade aumenta o gasto energético pela necessidade de acréscimo na quantidade de energia necessária para a evaporação da água durante a combustão do material.

Diante disso, os resíduos florestais do desbaste e desrama das árvores cultivadas no ILPF, podem ser beneficiados e resultarem na produção de pellets, um combustível renovável, homogêneo e de elevada eficiência na geração de energia.

Tabela 1. Densidade energética de diferentes biomassas

Matéria prima	Densidade energética (GJ/m <sup>3</sup> )	Umidade (%)	Fonte
Pellets de Eucalipto	11,23	10,25	Garcia et al. (2013)
Pellets de Pinus	11,31	7,70	Garcia et al. (2013)
Pellets de Pinus		8,0	Protásio et al. (2015)
Serragem	2,68	14,29	Garcia et al. (2013)
Carvão vegetal	3,39	10,77	Garcia et al. (2013)

Outro produto da compactação da biomassa florestal são os briquetes, que consiste na aglomeração de partículas finas de resíduos, neste caso a serragem de madeira, e com o uso de pressão e temperatura, gera um produto normalmente de formato cilíndrico (Figura 3), que são utilizados como fonte de energia para diversos fins industriais e comerciais e assim, como os pellets são uma alternativa ao uso da lenha e carvão vegetal.

Figura 3. Briquetes de madeira.



Fonte: <https://pixabay.com/pt/photos/briquetes-pelotas-madeira-lenha-432098/>

Desse modo, na seleção da biomassa vegetal para a produção de biocombustíveis na forma de pellets ou briquetes, aumenta o rendimento energético da madeira, além de reduzir os custos com transporte, uma vez que, se utiliza um material compactado com baixos teores de umidade.

#### **4. USO PARA SUBSTRATO DE MUDAS E ADUBAÇÃO DO SOLO**

Os resíduos vegetais provenientes das atividades de desrama ou desbastes em um sistema ILPF, tais como, galhos, folhas, cascas e miscelâneas (frutos, flor, sementes) ao se depositar no solo passam por processo de decomposição lenta em virtude das atividades de microrganismos presentes no solo. Com a decomposição desses resíduos, ocorre a ciclagem de nutrientes, na qual os nutrientes são fixados no solo e posteriormente absorvidos pelas plantas e árvores.

Para acelerar essa disponibilidade de nutriente para o solo, pode-se utilizar a técnica de compostagem. Essa técnica é o processo biológico de decomposição da matéria orgânica na presença de oxigênio, temperatura e umidade, gerando composto ou adubo orgânico (BRASIL, 2017). Técnica esta que permite transformar os resíduos em adubo, por meio de um processo biológico que acelera a decomposição do material orgânico.

A técnica da compostagem (Figura 4), que consiste na produção de compostos orgânicos, embora seja uma prática remota, surge atualmente como uma alternativa eficaz e sustentável, podendo contribuir para minimizar os efeitos causados pela disposição desordenada dos resíduos urbanos e reduzindo a pressão sobre os recursos naturais, pois recicla os materiais

orgânicos e minerais contidos nestes resíduos, permitindo o seu uso em áreas agrícolas, produção de mudas e paisagismo (BARATA JUNIOR, 2007).

Figura 4. Compostagem de resíduos vegetais.



Fonte: <https://www.piqsels.com/pt/public-domain-photo-fwnhw>

A compostagem é um processo biológico que acelera a decomposição do material orgânico tendo como produto final o composto orgânico, que além de proporcionar uma boa dosagem de nutrientes para as plantas, melhora a fertilidade do solo, melhora sua capacidade de retenção de água, drenagem e aeração.

Para melhorar a eficiência da técnica de compostagem, pode-se usar máquinas, como triturador de galhos. Esse maquinário pode ser utilizado para triturar galhos verdes e secos que posteriormente será utilizado no processo de compostagem, conforme Figura 5.

Figura 5. Triturador de resíduos vegetal



Fonte: <https://www.piqsels.com/pt/public-domain-photo-spmgc>

Após o processo de Trituração dos resíduos e compostagem, o material orgânico produzido apresenta macros e micronutrientes que contribuem para a melhoria da fertilidade do solo (MASSUKADO, 2008). Desta forma, o composto orgânico pode ser utilizado como substrato para muda e cobertura morta, que contribui para a proteção e formação de matéria orgânica no solo. De forma a reduzir custos de manutenção de sistemas e cultivos agroflorestais relacionados a fertilização química, física e biológica do solo.

## 5. FASES DA TÉCNICA DE COMPOSTAGEM

Segundo Oliveira e Marchi (2020) a técnica de compostagem apresenta as seguintes fases:

**(I) Fase Inicial:** Dura de dois a quatro dias, caracteriza-se pela liberação de calor e a temperatura aumenta rapidamente (até 45°C), ocorre pela ação de micro-organismos mesófilos que se proliferam e iniciam a decomposição;

**(II) Fase termófila:** A temperatura fica acima de 45°C (entre a faixa de 50 a 65°C), ocorre acentuada decomposição pela ação de micro-organismos termófilos, além da liberação de calor e vapor d'água;

**(III) Fase mesófila:** Diminuição da temperatura pela redução da atividade bacteriana e perda da umidade;

**(IV) Fase de maturação:** Ocorre a formação de húmus, diminuição da atividade microbiológica e o processo de decomposição é lento, favorecendo a liberação de nutrientes (INÁCIO; MILLER, 2009).

Este mesmo autor relata que a compostagem depende de alguns fatores para ser eficiente, conforme demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Fatores que influenciam a compostagem

Fator	Detalhamento	Referencial
Temperatura	A temperatura é um fator indicador para analisar se o processo está ocorrendo e em que fase se encontra. Na fase termofílica (em torno de 45°C), é preciso controlar a temperatura entre 55 e 65°C. É nessa faixa que ocorre a intensa atividade microbiológica, o que contribui para eliminar organismos patogênicos. Se a temperatura ficar acima de 65°C, a atividade biológica diminui e a compostagem fica mais lenta.	(PROSAB, 1999).

Fator	Detalhamento	Referencial
Aeração	O processo de compostagem é aeróbio. É essencial a disponibilidade de oxigênio para permitir a ação dos micro-organismos e a transformação da matéria neste processo. A aeração contribui para a retirada do excesso de calor, de gases, vapor de água e controle de odores.	(MASSUKADO, 2008).
Umidade	A decomposição da matéria orgânica depende da umidade para promover a atividade microbiológica. A faixa ideal de umidade é de 50 a 65%. A correção é feita a partir da mistura de resíduos alimentares e matéria seca. Teores de umidade acima de 60% impedem a passagem do oxigênio, obstruindo os poros, tornando o ambiente anaeróbio. Abaixo de 40%, o processo torna-se lento.	(PROSAB, 1999).
Granulometria	Quanto menor o tamanho da partícula, maior será a área superficial sujeita à ação dos decompositores.	(PROSAB, 1999).
Ph	O pH muito baixo ou alto reduz a atividade microbiológica. No decorrer do processo, ocorrem mudanças de pH devido à composição diversificada de matéria orgânica. O pH se estabiliza no fim do processo, o que não é um fator crítico à compostagem.	(PROSAB, 1999).
Relação C/N	O equilíbrio da relação C/N é indispensável na compostagem, pois cria condições para fixar os nutrientes. Quanto mais diversificado forem os nutrientes disponíveis, mais eficiente será a decomposição da matéria orgânica. O carbono (C) funciona como fonte de energia e o nitrogênio (N) para a síntese de proteínas, garantindo o crescimento celular. O equilíbrio dessa relação se atinge a partir da mistura entre os restos alimentares, ricos em N e a matéria seca, rica em C. Uma relação ideal é uma mistura que proporcione uma relação C/N de 30:1.	(PROSAB, 1999).

Fonte: Prosab (1999) e Massukado (2008) e adaptado por Oliveira e Marchi (2020).

De acordo com Schalch et al, (2002), o processo de compostagem ocorre com um tempo entre 60 a 90 dias para alcançar a bioestabilização e de 90 a 120 dias para a humificação (maturação). Dessa forma, o autor diz que é necessário tecnologias que permitam a possibilidade de reuso da biomassa florestal como matérias-primas alternativas para produção de adubo, reduzindo seu volume nos aterros e aumentando seu aproveitamento.

## 6. TIPOS DE COMPOSTAGEM

### 6.1. VERMICOMPOSTAGEM

A vermicompostagem consiste em um de produção de adubo orgânico por meio da utilização de minhocas. Essa prática de decomposição do material orgânicos, produz adubo (rico em húmus) e biofertilizante líquido. Seus benefícios estão relacionados com o enriquecimento do solo e, portanto, maior absorção dos nutrientes pelas raízes das plantas, além de favorecer a entrada de ar e circulação de água no solo. Também acarreta em melhor estruturação do solo e produção de alimentos de mais qualidade. A quantidade de resíduos é limitada, pois grandes quantidades são nocivas às minhocas (BRASIL, 2017).

Figura 6. Técnica de Vermicompostagem



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vermicompostagem.JPG>

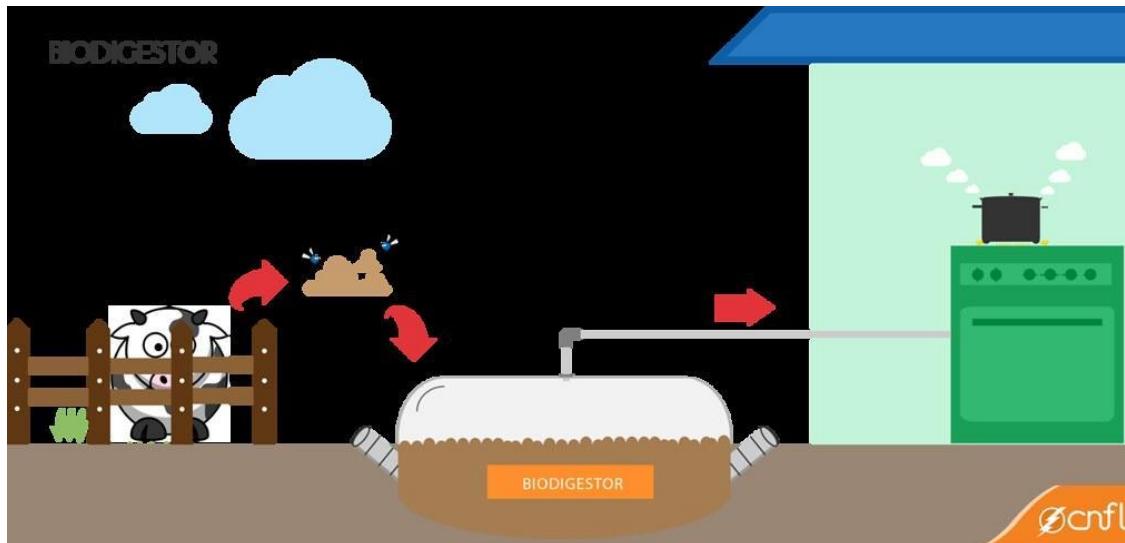
A umidade é fator limitante para o processo de vermicompostagem. Para conferir se o estado é ideal, pode-se apertar uma amostra do substrato na mão, e se houver umidade, mas não o bastante para que a água escorra, é o suficiente. O tempo para que o vermicomposto fique pronto varia com a composição original dos resíduos, mas em geral durando entre 45 dias e 90 dias de acordo com a fibrosidade nos materiais depositados para a digestão.

### 6.2. BIODIGESTÃO

Em sistemas de Interação Lavoura Pecuária e Floresta, pode gerar biogás por meio do uso de resíduos orgânicos. Esta técnica de biodigestão consiste em um processo de decomposição da matéria orgânica na ausência de oxigênio, realizado por biodigestores e que

resulta em subprodutos como fertilizantes e gases carbônicos que podem ser aproveitados como combustível para geração de calor e energia elétrica (BRASIL, 2017).

Figura 7: Etapas da biodigestão



Fonte: <https://www.flickr.com/photos/cnfl/9662378623>

De acordo com os autores Souza et al. (2010) e Oliveira e Marchi (2020), a geração de biogás por meio de metano já existe, no entanto, a utilização de resíduos agrícolas para geração do biogás é recente. Segundo esses autores, resíduos agrícolas como casca de banana e folhas obtiveram bons resultados técnicos e econômicos na geração de biogás. Além da questão financeira, existe também o benefício ambiental devido ao fato de que a destinação inadequada dos resíduos orgânicos pode gerar líquidos que se percolado ou lixiviado podem poluir o solo e os recursos hídricos.

## 7. PRODUÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS EM SISTEMAS DE ILPF

Os óleos essenciais são produtos oriundos de vegetais e produzidos na forma líquida por meio de diferentes métodos de extração. Segundo Oliveira e Guazelli (2014), os óleos essenciais são substâncias do metabolismo secundário, presentes em alguns tipos de plantas, que conferem o odor ou sabor característico. Os óleos essenciais são misturas extremamente complexas, tipicamente voláteis e que conferem aroma peculiar ao vegetal.

Os óleos essenciais podem ser extraídos de diferentes partes das plantas, dependendo da espécie. Podem ser extraídos de flores, de folhas, de raízes, de frutos, de grãos, de madeira ou de cascas.

Em trabalho intitulado “Agroflorestas e Óleos Essenciais”, publicado por Oliveira e Guazelli (2014), são descritas algumas espécies de árvores e arbustos que podem ser utilizados em sistemas IFPL com fins de produção de óleos essenciais. Tais como descrito no Quadro 2:

Nome	Parte utilizada	Uso
<b>Araçá-do-campo</b> ( <i>Psidium catleianum</i> )	são utilizadas as folhas	Hidratação de pele.
<b>Aroeira-vermelha</b> ( <i>Schinus terebinthifolius</i> )	são utilizadas as folhas	Tratamento de pele e distúrbios vasculares.
<b>Erva-mate</b> ( <i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.)	são utilizadas as folhas	Usada em produtos de higiene pessoal.
<b>Citriodora</b> ( <i>Corymbia citriodora</i> )	são utilizadas as folhas e ramos finos	Usado em produtos de higiene e limpeza.
<b>Goiabeira</b> ( <i>Psidium guajava</i> L.)	são utilizadas as folhas frescas	Uso em limpeza de pele.
<b>Guabiroba</b> ( <i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.)	são utilizadas as folhas.	Calmante, analgésico e relaxante muscular
<b>Guamirim</b> ( <i>Myrcia multiflora</i> )	são utilizadas as folhas.	Calmante
<b>Pitanga</b> ( <i>Eugenia uniflora</i> L.)	são utilizadas as folhas.	Óleo bom para a pele, pode ser usado em produtos de higiene pessoal.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de ILPF além de proporcionar ganhos econômicos ao empreendimento rural (por meio de produção de madeira e alimentos agrícolas e animal), podem também agregar valor ambiental a propriedade. A destinação correta dos resíduos do desbaste e desrama das árvores além de reduzir riscos de poluição do solo e recursos hídricos podem promover a fertilidade do solo e gerar energia para atender as necessidades do agricultor. Dessa forma, vale ressaltar que o produtor rural deve realizar um planejamento para a escolha correta de espécies que sejam adequadas a região e que possa conhecer o mercado local para comercialização e venda de sua produção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARATTA JUNIOR, A. P. **Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos para produção de mudas.** 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2007.

BRASIL (2017). Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação.** Brasília, DF, 68 p.

CAMPOS, A. L.; PEREIRA, A. O.; LOPES, J. G.; ARAÚJO, R.F.; LIMA, R. P. Estudo sobre a possibilidade de produzir biogás proveniente de resíduos da agropecuária no estado do tocantins. **Energia na Agricultura**, v. 34, p. 40-47, 2019.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G. Caracterização energética de pellets de madeira. **Revista da Madeira**, v. 24, n. 135, p. 14-16, 2013.

GONCALVES, I. O.; MARCHI, C. M. D. F. Compostagem: a importância da reutilização dos resíduos orgânicos para a sustentabilidade de uma Instituição de Ensino Superior. **Revista Monografias Ambientais** (REMOA/UFSM), v. 19, p. 1-25, 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório IBÁ 2020. Brasília: Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>>.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Estatística da indústria brasileira de árvores 2021. Brasília, edição 65, Disponível em: <<https://iba.org/dados-estatisticos>>. (Boletim).

MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 182 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M.J.S.; NICODEMO, M.L.F. e DERETI, R.M. **Arborização de Pastagens com Espécies Florestais Madeireiras: Cuidados na Implantação**. Disponível em: [http://www.jcmaschietto.com.br/index.php?link=artigos&sublink=artigo\\_55#\\_ftn2](http://www.jcmaschietto.com.br/index.php?link=artigos&sublink=artigo_55#_ftn2).

PROSAB. **Manual Prático para a compostagem de bioassólidos**. Universidade Estadual de Londrina, 1999. 91 p.

PROTÁSIO, T. de P.; TRUGILHO, P. F.; DE SIQUEIRA, H. F.; DE MELO, I. C. N. A.; ANDRADE, C. R.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B. Caracterização energética de pellets in natura e torrificados produzidos com madeira residual de Pinus. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 35, n. 84, p. 435–442, 2015.

SCHALCH et al. (2002). **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

SOUZA, O. et al. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 438-443, abr. 2010.

# CAPÍTULO XIV

## CASES DE SUCESSO – ENTREVISTA: DRA. MARIZE PORTO COSTA, FAZENDA SANTA BRÍGIDA, IPAMERI-GO

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-14

Daniel Pena Pereira <sup>1</sup>  
Dawson José Guimarães Faria <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil. danielpena@iftm.edu.br; dawson@iftm.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Logo quando assumiu a gestão da Fazenda Santa Brígida em 2006, em Ipameri (GO), Marize Porto Costa estava à frente de uma propriedade com pastagens ruins e degradadas e pecuária de baixa produtividade. Ao perceber o elevado custo da recuperação direta dos pastos, ela decidiu buscar orientação na Embrapa, referência brasileira no assunto. Dessa forma, conheceu os diferentes sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, apresentados pelos pesquisadores João Kluthcouski e Homero Aidar. E isso foi primordial para mudar o rumo da Santa Brígida, Figura 1, que em dez anos de ILPF aumentou a produtividade em dez vezes.

Figura 1. Detalhe do rebanho em local com o componente florestal e pastagem. Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO.



Fonte: Equipe Fazenda Santa Brígida.

Com a Integração Lavoura-Pecuária, Marize poderia recuperar as pastagens da fazenda. “A agricultura pagaria as contas e o pasto sairia de graça. Essa tecnologia caiu do céu para mim”, conta. Foi com esse intuito, de divulgar este caso de sucesso no Brasil, que seguimos com esta entrevista. Agradecemos à proprietária da Fazenda Santa Brígida, Drª Marize Porto Costa; e aos consultores (hoje, integrantes da grande família Santa Brígida...!) William Marchiò (veterinário e consultor técnico da pecuária) e Roberto José de Freitas (agrônomo e consultor técnico da agricultura) pelo apoio à realização deste trabalho.

Mais fotos podem ser vistas em ANEXOS, ao final deste capítulo.

## 2. A ENTREVISTA

### **1. Como era a fazenda antes da adoção do ILP/ILPF e como surgiu a ideia ou que lhe motivou a adotar o sistema ILPF na sua propriedade?**

*A Santa Brígida era uma fazenda de pecuária convencional com pastagens degradadas e baixíssima capacidade de lotação.*

*A motivação inicial foi a possibilidade de recuperação das pastagens através da agricultura, com os investimentos em correção do solo amortizados de forma rápida pela produção de grãos.*

*A orientação veio de uma visita ao pesquisador da Embrapa João Kluthcouski, que propôs a ILP como atividade capaz de reformar as pastagens com custo zero.*

### **2. Em relação a recuperação das pastagens degradadas, quais foram as principais ferramentas/estratégias adotadas para efetuar essa recuperação?**

*A principal ferramenta para recuperação das pastagens degradadas foi a implantação do Sistema ILP: correção plena do solo para cultivo de soja, com aplicação e incorporação de calcário, gesso agrícola e fosfatagem.*

*Após isso, elevação gradual da fertilidade com cultivos anuais diversificados e consorciados com forrageiras.*

### **3. Como começaram as parcerias para a implantação deste sistema em sua propriedade?**

*Foi estabelecido inicialmente um contato com a Embrapa, que identificou na Fazenda uma oportunidade de aplicar a tecnologia de sistemas integrados.*

*A Embrapa passou a organizar dias de campos anuais, desde a safra 2006/2007, e convidou a John Deere para colaboração na realização e divulgação nacional do evento.*

#### **4. Quais foram suas principais dificuldades na implantação do sistema ILPF?**

*As dificuldades iniciais foram muitas, principalmente:*

- 1) falta de linhas de créditos específicas para sistemas de produção;*
- 2) a necessidade de aquisição de máquinas;*
- 3) a formação de uma equipe preparada para conduzir um sistema bem mais complexo que a pecuária extensiva existente até então.*

#### **5. Poderia comentar se seria indicado o uso de Fruticultura como componente florestal em ILPF?**

*Embora na Santa Brígida nós não utilizamos, a fruticultura pode ser viável, havendo nesse caso um retorno econômico mais rápido do componente florestal, gerando também bons resultados de bem estar animal.*

*A maior dificuldade é fazer a gestão adequada de atividades diferentes, que exigem conhecimento e domínio de mercado dessas novas frentes de trabalho.*

#### **6. Atualmente como está a rentabilidade da cultura do eucalipto? É necessário a prospecção de mercados compradores antes de plantar uma espécie arbórea?**

*O mercado do eucalipto em Goiás não está bom. O valor atual está cerca de 50% abaixo do esperado em relação ao que projetamos em nosso estudo de viabilidade econômica, feito em 2009, antes do plantio na Santa Brígida.*

*Assim sendo, redirecionamos o objetivo que inicialmente era energia para madeira, aproveitando o sombreamento para o conforto animal e a compensação dos gases de efeito estufa. Com isso estamos no processo de obtenção da "Certificação da Carne Carbono Neutro", agregando valor ao nosso produto.*

*E sim, é necessário fazer uma boa pesquisa de mercado para escolha do componente florestal, considerando possíveis alternativas nos objetivos da floresta, pois podem ocorrer variações que não foram previstas no estudo inicial.*

#### **7. Quais culturas são mais indicadas para a agricultura em ILPF?**

*Todas com mercado regional.*

*Na Santa Brígida plantamos soja, milho, sorgo e girassol.*

*No cultivo de verão plantamos soja e milho consorciado com forrageiras.*

*A soja ainda não possui tecnologia para cultivos consorciados, mas é importante na rotação de culturas por ser uma leguminosa.*

*Plantamos cultivares precoces de soja, permitindo assim a sucessão em segunda safra de consórcios como o milho/forrageira, girassol/forrageira, sorgo/forrageira, forrageiras perenes e mix de culturas forrageiras anuais de cobertura.*

**8. Como é feito o manejo das pastagens (taxa de lotação, método de lotação (lotação rotacionada ou contínua), piquetes, adubação etc.) dentro da área de integração?**

*Temos diferentes áreas de pastagens:*

*Áreas de pastagens permanentes e de Integração Pecuária Floresta (IPF) com manejo contínuo, com adubação anual e lotação em torno de 2 UA por hectare.*

*Nas áreas de Integração Lavoura Pecuária (ILP) temos manejo contínuo e adubação residual das lavouras.*

*A Santa Brígida atualmente utiliza as pastagens da área de ILP apenas no inverno, de forma extensiva. Nas áreas de pastagem após a colheita do milho verão consorciado c/ capim, o uso do pasto é a partir de abril, com taxa de lotação inicial de 4 UA/ha, ocupadas por bois magros em terminação.*

*Após a retirada dos bois, entramos com uma carga mais leve, com bezerros de reposição.*

*Nas áreas de pastagem após a colheita de girassol, milho safrinha e sorgo (todos consorciados), o uso da pastagem inicia-se em julho com 2 UA/ha.*

*Atualmente utilizamos 0,1% de suplemento proteico/energético para a maioria dos animais. Para as categorias em terminação, chegamos a utilizar até 2% do peso corporal em sistema de terminação intensiva a pasto.*

*Este ano iremos iniciar um módulo de 84 hectares com manejo rotacionado intensivo em área que foi lavoura por 14 anos. Iremos trabalhar no verão com cerca de 8 UA por hectare e com suplementação a pasto. Serão 16 divisões com cercas elétricas e manejo rotacionado com 2 dias de pastejo em cada piquete.*

**9. Como funciona a escolha da espécie da forrageira? É feita uma rotação em relação a pastagem (troca de espécies forrageiras? ou rotação com culturas?)?**

*Se sim, houve influência no ganho de peso, na qualidade dos animais, de acordo com a pastagem utilizada ou alterada?*

*Normalmente plantamos milho verão consorciado com braquiária Marandú e os cultivos de safrinha com braquiária ruziziensis.*

*Nas áreas com Marandú, nossa capacidade de lotação é maior devido à maior produção de matéria seca por área dessa variedade, comparando com a ruziziensis. Porém, o ganho de peso não está relacionado apenas ao tipo da forrageira, mas principalmente ao manejo, à qualidade do ponto de pastejo e níveis de suplementação que fazemos.*

*Planejamos a partir dessa safra plantar a forrageira *Panicum tamani*, consorciado com sorgo e zuri solteiro após soja.*

*Na fazenda diversificamos ao máximo possível o número de espécies utilizadas, tanto forrageiras como graníferas. Dessa forma proporcionamos uma maior diversificação da biologia do solo.*

#### **10. Como funciona a escolha de raças de gado?**

*A FSB faz recria e engorda, então trabalhamos com fornecedores parceiros.*

*Adquirimos animais na região, em sua maioria, machos Nelore inteiros.*

*Eventualmente diversificamos com alguns lotes de Black Angus e Senepol.*

#### **11. Você pensa em fazer cruzamentos para obter preço melhor na carne? Se sim, com quais raças? (não sabemos se fizer cruzamento melhora o preço).**

*Os cruzamentos podem entregar excelentes resultados técnicos e também na comercialização, porém a aquisição desse tipo de animal na região é restrita.*

*Ainda não possuímos a atividade de cria para direcionarmos a genética.*

*Temos planos futuros para a produção de cria com a finalidade de produção de bezerros com melhor genética e direcionados a melhoria na comercialização do produto final. Atualmente os cruzamentos com Angus tem recebido premiações no abate, porém outras raças também possuem grande potencial.*

#### **12. É necessário recuperar a pastagem quando o eucalipto está próximo da colheita? É feita adubação para o eucalipto?**

*1) Adubação específica para o eucalipto: aplicação de Boro nos dois primeiros anos.*

*2) Ainda nos dois primeiros anos: adubação normal das culturas agrícolas nos renques*

*3) A partir do terceiro ano da ILPF com eucalipto: adubamos anualmente as áreas de pastagens entre os renques de eucalipto, realizamos adubação nitrogenada de cobertura, que acaba sendo uma adubação de sistemas e o eucalipto se beneficia dessa adubação.*

**13.Você recebe crédito de carbono? Se sim, qual o critério para se realizar o pagamento? Qual a sua opinião a respeito dos selos Carne Carbono Neutro (CCN) e Carne Carbono Baixo (CCB) lançados pela EMBRAPA?**

*Ainda não recebemos crédito de carbono, uma vez que esses modelos de pagamento por serviços ambientais ainda estão em evolução em nosso país. Temos acesso a linhas de crédito diferenciadas para a aplicação em tecnologias sustentáveis, como a linha ABC (Agricultura de Baixa emissão de Carbono).*

*Todos os programas que buscam valorizar nosso trabalho sustentável são bem vindos. É sempre positivo as iniciativas que promovem valorização da produção sustentável por meio de incentivos e programas que visam uma melhor remuneração dos produtores, como é o caso desses programas lançados pela Embrapa.*

**14.Já pensou em realizar a integração com outras espécies arbóreas? Se sim, quais?**

*Sim. Com madeiras nobres de ciclo longo, inicialmente em esquema ILF e posteriormente ILPF. Devemos formar esse ano área de integração lavoura/mogno africano, esse com maior espaçamento (150 m), de forma a impactar pouco o rendimento da ILP.*

**15.Quais os principais resultados que você destaca, após a adoção do sistema integrado na sua propriedade?**

- Uma maior estabilidade econômica pela diversificação de produtos, gerando receitas durante o decorrer do ano;*
- E também uma maior resiliência do sistema, mitigando os riscos de clima e mercado.*

**16.Qual o impacto da adoção do sistema integrado no seu produto final (proteína animal, madeira, grãos, etc.)?**

*O principal impacto da adoção desses sistemas está no modelo de gestão, que imprime um ritmo mais empresarial à produção agropecuária. A agricultura exige grandes investimentos e muito rigor em sua condução, a pecuária por sua vez, acaba se beneficiando dessa melhoria de eficiência.*

*Os sistemas integrados possuem grande sinergia entre os diferentes componentes. Um exemplo está na gramínea consorciada, que permite a pastagem de qualidade para o boi. O uso dessa gramínea consorciada, juntamente com as excretas dos animais auxiliam o aumento da*

*cíclagem de nutrientes e melhor condicionamento do solo. Essa maior sanidade dos solos se reverte em um ganho de produtividade da agricultura na ordem de 20%.*

*Outra vertente muito importante é a redução de custos, em relação aos sistemas isolados. Na integração, a sinergia entre as atividades aumenta a produtividade de cada componente assim como a eficiência dos insumos aplicados.*

**17. Você identifica algum ponto que deve ser melhorado ou corrigido no sistema implantado na sua propriedade?**

*Todos os processos estão em plena evolução e aprimoramento.*

*Quando iniciamos a adoção da integração sabemos que isso só tem começo, sempre temos algo a melhorar e a inovar a cada safra.*

**18. Favor, deixe um recado para outros produtores rurais que ainda estão em dúvida na utilização de sistemas integrados de produção agropecuária.**

*1) Fazer sempre um planejamento estratégico: Estudar o mercado e as características de clima e solo da propriedade para definição dos sistemas mais adequados;*

*2) iniciar de forma gradual a adoção dos sistemas e ir avaliando os resultados, a produtividade e principalmente a lucratividade;*

*3) diversificar a exploração agrícola, agregar valor aos produtos, respeitar a natureza e desenvolver os recursos humanos dentro da propriedade;*

*4) participar desta revolução e ajudar o Brasil ser reconhecido mundialmente como o país que lidera a produção sustentável de alimentos, fibras e energia e a preservação ambiental.*

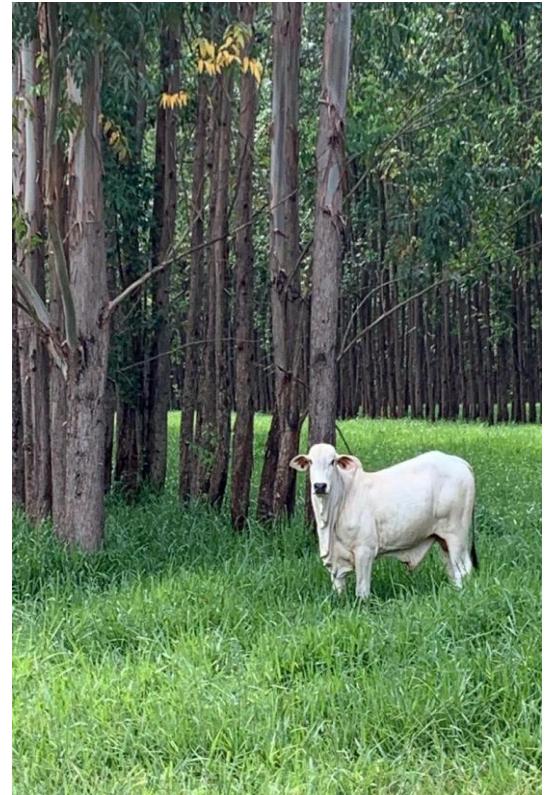
*5) PRODUZIR e PRESERVAR é POSSÍVEL!!!*

Figura 2. A história contada em vídeo.



Fonte: História de sucesso ILPF Marize Porto. Disponível em: <<https://youtu.be/S5s2ER0E0M4>>. Acessado em 10 abr 2022.

## ANEXOS





Fonte: Equipe Fazenda Santa Brígida.

# CAPÍTULO XV

## CASES DE SUCESSO – ENTREVISTA: SR. LEODÔNIO COSTA FERREIRA, FAZENDA JASMIM BRANCO, MUCURI/BA

DOI: 10.51859/AMPLA.SIP096.1123-15

Gláucio Marcelino Marques <sup>1</sup>  
Daniel Pena Pereira <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Campus Itabira, Itabira/MG. glauciomarques@unifei.edu.br

<sup>2</sup> Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba, Uberaba/MG. danielpena@iftm.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO



Sr. Leodônio Costa Ferreira, Lô como é mais conhecido, nasceu em Umburatiba/MG. Iniciou sua vida com trabalho e dedicação. Atuou junto de seu pai em propriedades em Nanuque/MG e do grupo Klabin na região de Pedro Canário/ES desde muito jovem, junto de seu padrinho. Assim, pegou gosto pela lida no setor agropecuário, onde se desenvolveu rapidamente com maestral desenvoltura. Após vários anos, começou a adquirir terras no sul da Bahia, já na região de Mucuri, conquistando tudo com muita garra. Nessa época, casou-se com Cleusa tendo os filhos Marcelo, Leonardo, Marcele e Ludmila, de onde recebeu seus onze netos. Hoje, é produtor rural, com muito orgulho...!

### 2. SEU RELATO

Adquiri parte de minha propriedade em 1974. Desde essa época, passei a observar eucaliptos, pois do meu lado já existia um plantio da TECFLORA, que eram usados como reposição florestal de algumas empresas – que por sua vez, exploravam madeira em toras naquela região.

Em 1988, veio a Bahia Sul Celulose implantando, naquela região, vários projetos já para a fabricação de celulose. Em 1993, implantei meu primeiro projeto de eucaliptos pelo sistema de fomento florestal.

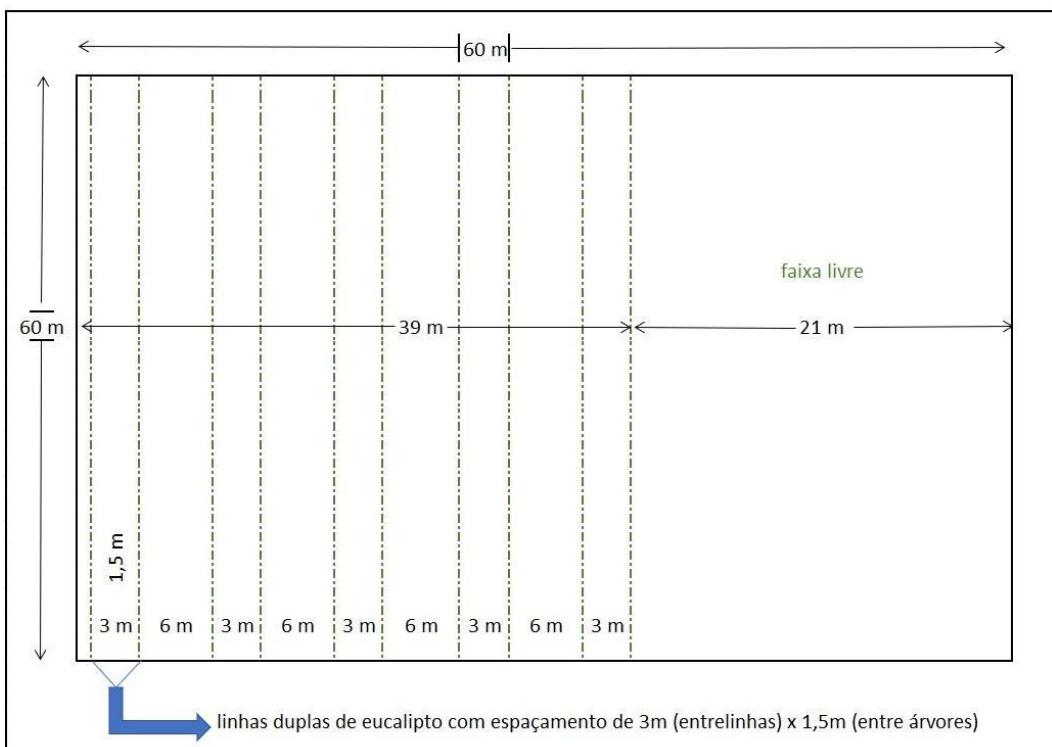
Dali por diante, passei a observar nas florestas, que as duas primeiras árvores, as da borda da floresta se desenvolviam muito mais, cerca de 20 a 30% a mais que as árvores internas. Aí que comecei a pesquisar o que poderia fazer para ter mais bordaduras nos projetos. Passei a criar várias faixas ou plantar em faixas, porém não poderia diminuir o número de

plantas por hectare – que era de 1.111 plantas, no espaçamento de 3 x 3 metros ou 9m<sup>2</sup> por planta. Criei (vide anexos), no caso, o espaçamento seguinte:

- ✓ Dez linhas, sendo duas de três metros de largura e saltava seis metros, até completar dez linhas, perfazendo uma faixa de 39 m; as plantas de eucalipto eram plantadas a cada 1,5m, perfazendo uma área total de 60 x 60m. Neste caso, dariam as mesmas 1.111 plantas por hectare, não saindo da exigência das 1.111 plantas – o que era exigido para o projeto da Bahia Sul Celulose (Figura 1).

Nas faixas de 6m e de 30m (mais largas e sem árvores), colocava agricultura ou pastagem, elevando assim o número de animais por área – que era entre 2 a 4 U.A. (unidades-animais) por hectare. As variedades de pasto, seria “brachiarão” ou os “pânicos”, não podendo ser pastagem rasteira fina (“humidícola”, “brachiarinha”), pois essas estiolavam muito, chegando a desaparecer. Outras culturas como milho, mandioca vão bem até os primeiros dois anos. Daí por diante, são bastante prejudicadas devido ao elevado sombreamento causado pelo eucalipto.

Figura 1. Croqui do esquema do espaçamento proposto, ficando 75% da área livre para ser usada com outras culturas.



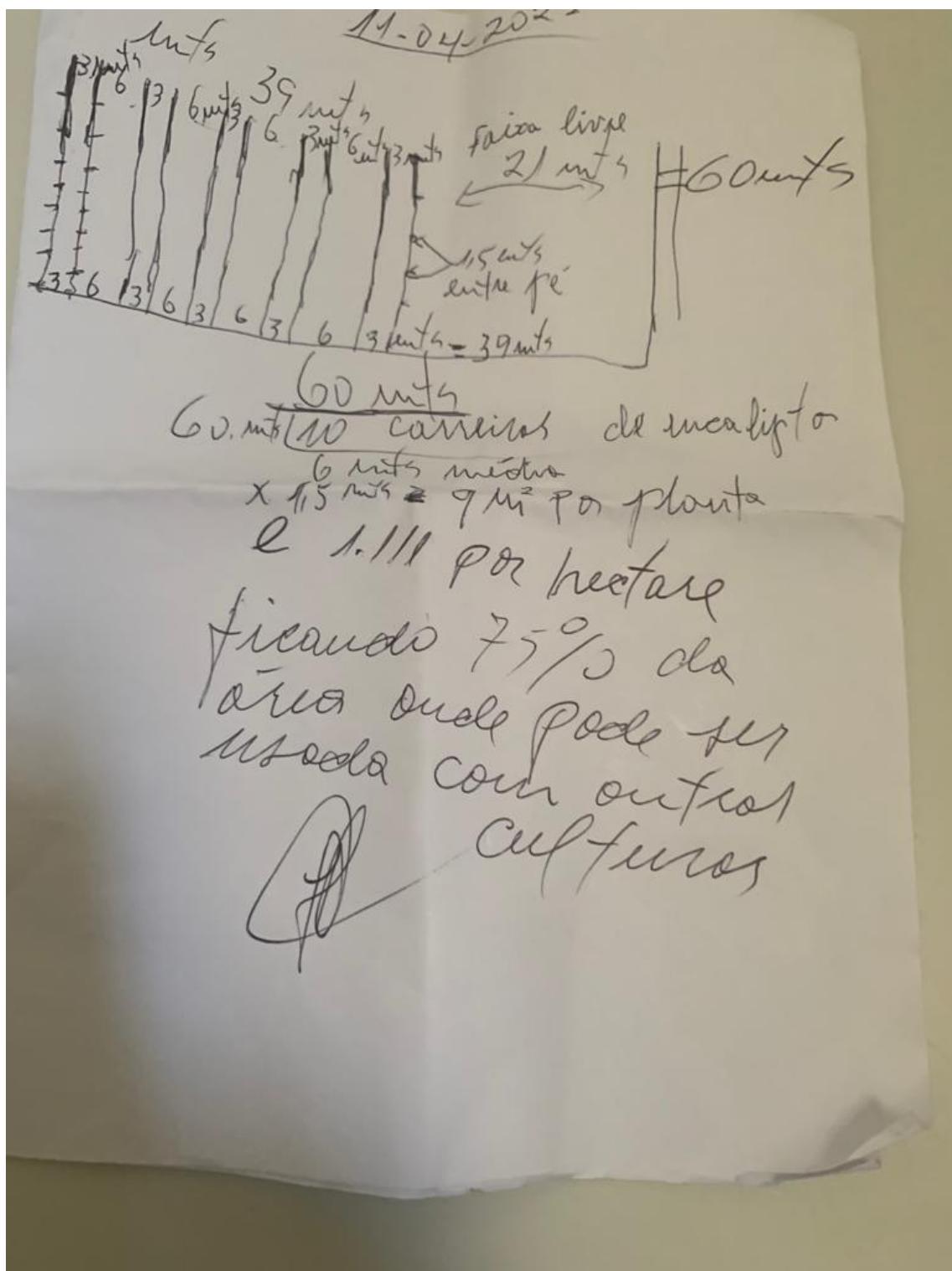
Fonte: Dos autores.

Em relação à colheita de madeira, até antecipava, pois se tinha um incremento de mais ou menos 60m<sup>3</sup> por ha/ano. Todas as minhas áreas com eucalipto, passei, então, a renovar os plantios dessa forma; a pastagem mantinha o ano todo verde, devido ao sombreamento parcial das árvores de eucalipto.

Mamão, banana, café, cana de açúcar e outras culturas vão muito bem neste sistema; neste caso, saímos da monocultura e para o gado leiteiro é ideal, tendo bastante sombra, beneficiando principalmente o gado europeu.

## ANEXOS

Croqui desenhado à mão por Lô".



Imagens dos sistemas usados na Fazenda Jasmim Branco, Mucuri/BA.







9 786553 811096