



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

ARTHUR GUILHERME NASCIMENTO BEZERRA

**PRINCÍPIOS BÁSICOS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS
AGROFLORESTAIS EM DOIS BIOMAS NO ESTADO DE ALAGOAS**

RIO LARGO, AL

2023

ARTHUR GUILHERME NASCIMENTO BEZERRA

**PRINCÍPIOS BÁSICOS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS
AGROFLORESTAIS EM DOIS BIOMAS NO ESTADO DE ALAGOAS**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
apresentado à Universidade Federal de
Alagoas – UFAL, Campus de Engenharias
e Ciências Agrárias - CECA, como
pré-requisito para obtenção do grau de
Bacharel(a) Engenheiro(a) Florestal.

Orientador(a): Prof. Dr. Jose Roberto Santos

RIO LARGO, AL

2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

B574p Bezerra, Arthur Guilherme Nascimento

Princípios básicos para implantação de sistemas agroflorestais em dois biomas no Estado de Alagoas. / Arthur Guilherme Nascimento Bezerra - 2023.

60f.; il.

Monografia de Graduação em Engenharia Florestal (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2023.

Orientação: Dr. José Roberto Santos

Inclui bibliografia

1. Agricultura sintrópica. 2. Floresta. 3. Sustentabilidade. I. Título

CDU: 502.75

FOLHA DE APROVAÇÃO

Arthur Guilherme Nascimento Bezerra

PRINCÍPIOS BÁSICOS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM DOIS BIOMAS NO ESTADO DE ALAGOAS


Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado à Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias - CECA, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel(a) Engenheiro(a) Florestal.

Data de Aprovação: 25 / 08 / 2023.


Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 JOSE ROBERTO SANTOS
Data: 26/08/2023 07:49:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jose Roberto Santos
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias -
CECA
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 REGLA TOUJAGUEZ LA ROSA MASSAHUD
Data: 26/08/2023 13:57:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Regla Toujaguez La Rosa Massahud
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias -
CECA

Documento assinado digitalmente
 JOSE ANTONIO DA SILVA MADALENA
Data: 28/08/2023 09:03:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Antônio da Silva Madalena
Instituto Federal de Alagoas – IFAL Campus Murici

A Deus que guia meus passos, ao meu filho Raoni que me faz ser melhor a cada dia, aos meus pais que sempre acreditam em mim, a minha companheira que está comigo em tudo e a toda minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador prof. Dr. José Roberto dos Santos, pelos ensinamentos.

Ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da UFAL.

Ao curso de Engenharia Florestal.

Aos colegas pela amizade.

A todos os servidores da Universidade.

Afagar a terra

Conhecer os desejos da terra

Cio da terra, propícia estação

E fecundar o chão.

O CIO DA TERRA, de Chico

Buarque; Milton Nascimento.

RESUMO

Sistema Agroflorestal sucessional ou sintrópico é um método de cultivo que mescla os conhecimentos ancestrais com os modernos, para promover o desenvolvimento sustentável em qualquer Bioma. Ele pode ser executado de diferentes formas, contudo utilizando os ensinamentos das florestas é possível alcançar a abundância. Muitos desafios ainda precisam ser ultrapassados, visto que ainda existem dúvidas acerca da implementação de Agroflorestas. Esses Sistemas buscam acumular energia no decorrer do tempo, para que a riqueza biológica se desenvolva assim como em uma floresta natural. O presente trabalho busca catalogar alguns princípios naturais para a sua implantação, de forma que ele possa ser replicado em quaisquer biomas. Considerando que a utilização desse sistema é benéfica e traz resultados permanentes, diminuindo a dependência de insumos externos. É necessário respeitar os princípios presentes na natureza para alcançar a sustentabilidade, pois na natureza encontra-se a base de todos os recursos que utilizamos e dependemos para sobreviver.

Palavras-Chave: Agricultura Sintrópica, Floresta, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Successional or syntropic agroforestry is a management practice that combines ancient and modern knowledge to promote sustainable development in any biome. It can be implemented in many ways, but by using the lessons of the forests, it is possible to achieve abundance. There are still many challenges to overcome, as there are still doubts about the implementation of agroforestry. These systems seek to accumulate energy over time so that biological richness develops as it does in a natural forest. This work seeks to catalog some natural principles for its implementation, so that it can be replicated in any biome. Considering that the use of this system is beneficial and produces lasting results, reducing dependence on external inputs. It is necessary to respect the principles present in nature in order to achieve sustainability, because nature is the basis of all the resources we use and depend on for our survival.

Key Word: Syntropic Agriculture, Forest, Sustainability

LISTA DE GRÁFICOS:

Gráfico 1 – Médias climatológicas calculadas a partir de uma série de dados correspondentes a 30 anos, das chuvas e das temperaturas máximas e mínimas mensais no município de Messias - AL	34
Gráfico 2 – Médias climatológicas calculadas a partir de uma série de dados correspondentes a 30 anos, das chuvas e das temperaturas máximas e mínimas mensais no município de Inhapi - AL	34
Gráfico 3 – Temperatura do solo em duas profundidades em canteiros de Sistema Agroflorestal localizado no Semiárido Alagoano, com e sem cobertura vegetal	50
Gráfico 4 – Distribuição de espécies plantadas no canteiro da Mata Atlântica	53
Gráfico 5 – Distribuição de espécies plantadas no canteiro da Caatinga	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação das plantas e dos espaçamentos utilizados nos canteiros de Agrofloresta no bioma Mata Atlântica	36
Tabela 2 – Relação das plantas e dos espaçamentos utilizados nos canteiros de Agrofloresta no bioma Caatinga	37
Tabela 3 – Grupos de plantas utilizadas nos Sistemas Agroflorestais implantados na Zona da Mata e no Semiárido alagoano, classificadas em função do tempo médio de vida de cada espécie	39
Tabela 4 – Atributos químicos dos solos da área de cultivo, antes e depois da implantação dos Sistemas Agroflorestais em dois biomas no estado de Alagoas	45

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 – Sistema agroflorestal no bioma Mata Atlântica, com a utilização das entre linhas para horticultura	40
Imagem 2 – Sistema agroflorestal no bioma Caatinga, com a utilização de Palma forrageira consorciada a outras espécies de plantas	41
Imagem 3 – Canteiros agroflorestais com a presença da estratificação, nos biomas Mata Atlântica e Caatinga	44
Imagem 4 – Canteiros agroflorestais cobertos com material vegetal picado e plantas vivas, nos biomas Mata Atlântica e Caatinga	49
Imagem 5 – Temperatura do solo ao meio dia no canteiro do bioma Caatinga, com e sem cobertura vegetal	50
Imagem 6 – Espécies de diferentes linhas sucessionais plantadas juntas em dois Sistemas Agroflorestais nos biomas Mata Atlântica e Caatinga, mostrando o adensamento e a biodiversidade de plantas presentes nesses plantios	52

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	14
3.	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	Modelos de Sistemas Agroflorestais	14
3.2	Princípios básicos utilizados na implantação de sistemas agroflorestais	19
3.2.1	Sucessão ecológica	19
3.2.2	Estratificação	21
3.2.3	Fertilidade do solo	24
3.2.4	Cobertura do solo	28
3.2.5	Adensamento e biodiversidade	30
4.	MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1	Caracterização e localização das áreas	33
4.2	Princípios estudados	35
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	Sucessão ecológica	38
5.2	Estratificação	41
5.3	Fertilidade do Solo	44
5.4	Cobertura do Solo	48
5.5	Adensamento e biodiversidade	51
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1. INTRODUÇÃO

A agrofloresta é um método de cultivo em que se permite produzir e conservar ao mesmo tempo, pois são utilizados princípios da natureza que estão acontecendo a todo instante nas florestas e promovem a autossuficiência na área. É mais gratificante enriquecer o lugar do que explorá-lo, pois quando o local fica rico em vida, há excedentes, que gerará recursos para o(a) próprio(a) agricultor(a) (GÖTSCH, 1995). Desse modo, o agricultor se torna mais independente de insumos externos podendo suprir grande parte deles naquele local. Esse método de cultivo vem sendo utilizado a muito tempo, faltam até registros de quando se iniciou essa prática, contudo foi substituído por técnicas mais modernas que só visam o lucro. A agrofloresta é uma técnica de produção milenar praticada por vários povos ancestrais para cultivo de alimentos e outras necessidades (ANDERSON; POSEY, 1987).

A maior justificativa para a implementação da agricultura moderna ou convencional, que teve o marco de início na chamada revolução verde, seria a de proporcionar alimento para uma quantidade maior de pessoas, porém isso não foi a solução. O modelo “revolução verde” não diminuiu o número de famintos no mundo, ao contrário, o número absoluto aumentou, atualmente quase 1 bilhão de pessoas passam por insegurança alimentar (FAO, 2011). Nesse sentido, é muito importante resgatar esses conhecimentos antigos que evoluíram com o decorrer do tempo, se adaptando ao funcionamento natural das florestas, para melhor lidar com os problemas atuais.

Os sistemas agroflorestais, contudo, quando construídos sob a ótica da agroecologia, apresentam externalidades positivas não só para os recursos naturais, mas também permitem benefícios econômicos, sociais e culturais (RAMOS et al., 2009). A utilização dos sistemas agroflorestais favorece o uso múltiplo do local, podendo ser produzido uma diversidade bem maior de produtos em um menor espaço territorial e em diferentes épocas do ano, isso sem deixar de lado a preservação da natureza. Contudo, para alcançar o sucesso na implantação e manutenção de Sistemas Agroflorestais (SAFs) é necessário seguir alguns princípios que advêm da floresta. Podem existir diversos, inclusive alguns que nem temos ainda a capacidade de compreender, dentre os mais perceptíveis e essenciais

temos: Sucessão ecológica, Estratificação, Fertilidade do solo, Cobertura do Solo, Adensamento e biodiversidade.

Por conta dos impactos negativos causados pela ação antrópica, é necessário buscar novas alternativas de produção que afetem menos o meio ambiente. A deterioração das terras se deve, em parte, à ocupação de tipo extrativa, agravada nos últimos tempos pela implantação de tecnologias de produção agropecuária, inapropriadas para as condições locais (CARDOSO et al., 2001). Uma boa alternativa são os SAFs, pois os sistemas agroflorestais biodiversos são mais similares a ecossistemas naturais em termos de conservação da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos (SANTOS; CROUZEILLES; SANSEVERO, 2019). Isso se deve por conta da utilização do componente arbóreo na lavoura contribuir particularmente com a diminuição da erosão e da perda de água (FRANCO, 2000). Além disso, auxilia na regulação melhor da temperatura, evitando grandes oscilações.

Os SAFs já estão bastante difundidos no Brasil e no resto do mundo, contudo muitos deles não estão realmente mantendo a função ecológica que deveriam. Portanto, é necessário respeitar os princípios naturais que são fundamentais para manter o sistema realmente fazendo o papel que se espera. Esse sistema agropecuário propõe reordenar, restaurar o ambiente natural, a floresta produtiva, onde o agricultor não é inimigo (GLOBO RURAL, 2017). Por isso, é importante catalogar esses princípios, de forma que independentemente do local em que for implantado, possa ser aplicado esses fundamentos no intuito de facilitar a implementação dos SAFs com êxito.

Por conta da ação humana, muitas regiões encontram-se degradadas e sem a capacidade de sustentar as culturas. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2023), cerca de 66% do território brasileiro já sofreu algum tipo de degradação ambiental. Essas áreas acabam sendo abandonadas e uma nova é aberta, estendendo-se o processo destrutivo. Cerca de 181.000 km² (o que corresponde a aproximadamente 20% da área semiárida da região Nordeste), se encontram em processo de desertificação (PORTAL DIA DE CAMPO, 2011). Grande parte da biodiversidade já foi perdida, inclusive alguns seres vivos acabaram sendo extintos sem que pudéssemos saber da sua existência. O aumento da degradação de um solo está diretamente associado ao grau de intensificação de atividades agrícolas e adoção de sistemas de exploração caracterizada pelo monocultivo, como falta de

cobertura no solo e entre outras práticas podem causar erosão, perda da fertilidade e compactação (COSTA et al., 2018). Portanto, é imprescindível buscar alternativas para o uso dos recursos e dos processos naturais. Dessa forma, viabilizar a produção de alimentos mais saudáveis e de maneira verdadeiramente sustentável.

2. OBJETIVOS

Estudar alguns princípios básicos utilizados na implantação de Sistemas Agroflorestais Sintrópicos em dois Biomas no estado de Alagoas: a Mata Atlântica e a Caatinga. Além disso, demonstrar como cada princípio coopera para a melhoria do agroecossistema.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Modelos de sistemas agroflorestais

O ser humano vem numa trajetória de evolução acelerada no decorrer do tempo, dominando o globo terrestre e utilizando todos os recursos disponíveis para alcançar esse desenvolvimento. A espécie humana evoluiu em uma taxa cem vezes mais alta nos últimos cinco mil anos, do que em qualquer outro período (BBC BRASIL, 2007). Contudo, muitas das vezes esse crescimento vem atrelado à exploração exacerbada que está exaurindo os recursos naturais. Isso é uma realidade evidente em diversas regiões do planeta, porém os sinais da natureza acabam sendo negligenciados. As mudanças climáticas estão cada vez mais presentes com o aumento de temperatura, alteração dos índices pluviométricos, secas, enchentes e inundações (ASSIS; LACERDA; SOBRAL, 2012). Isso reafirma a necessidade de buscar uma forma de utilizar os recursos de forma consciente.

O Brasil detém grandes riquezas naturais, contudo muito tem sido perdido por conta da ação antrópica. A urbanização ocorreu em grande parte de forma desorganizada, afetando bastante a vegetação nativa. O bioma Mata Atlântica cobre a área responsável por gerar mais de 70% do P.I.B. e seus domínios abrigam 70% da população, além de concentram as maiores cidades e os grandes polos industriais do Brasil (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002). Essa região abriga mais de 20 mil espécies de plantas, das quais 50% são endêmicas, ou seja,

espécies que não existem em nenhum outro lugar do mundo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002). Portanto, além de preservar e conservar é necessário recuperar o que já foi perdido.

A Caatinga é um bioma brasileiro que ocupa grande parte do semiárido nordestino e abriga uma enorme biodiversidade. Segundo Queiroz et al. (2005), sua vegetação é caracterizada pela predominância de árvores e arbustos baixos, na maioria ramificados, espinhosos e com folhagem decídua na estação seca. A vegetação é em grande parte composta por plantas xerófilas, repletas de endemismo. Contudo, apresenta menos estudos em relação à flora e à fauna, é um dos que têm mais sofrido degradação nos últimos 400 anos devido ao uso desordenado e predatório (BEZERRA et al., 2014). Já foram observadas perdas irreversíveis na diversidade florística e faunística, além da aceleração do processo de erosão, declínio da fertilidade do solo e da qualidade da água pela sedimentação (DRUMOND et al., 2000). Assim, é fundamental uma maior atenção quanto a esses e aos outros biomas do país para que possamos evitar maiores danos.

A utilização dos recursos naturais, se feita de maneira racional garante a sua durabilidade. Nesse sentido, é mais promissor trabalhar no ritmo da natureza que vem evoluindo desde a era pré-cambriana, enquanto que a espécie humana só apareceu a cerca de 4,5 bilhões de anos depois. Existem diversos ensinamentos que podem ser retirados de uma floresta e com isso basear os sistemas de cultivo para uma produção mais sustentável, inclusive alguns deles possuem os seus benefícios cientificamente comprovados e conceituados.

O Sistema Agroflorestal é um método de cultivo que se baseia no funcionamento natural das florestas e que pode ser utilizado de maneira bastante eficaz para recuperação de áreas degradadas e a produção integrada de: alimentos, madeira, plantas medicinais, entre outros. Esse método de cultivo teve a sua origem ainda com os povos originários, mas foi substituído por uma produção industrial e moderna. Contudo, esses conhecimentos estão sendo resgatados no decorrer do tempo e sendo utilizados de diversas formas, atrelados às novas tecnologias. Atualmente, os Sistemas Agroflorestais possuem diversas nomenclaturas, múltiplos arranjos e desenhos que se adequam a região e a realidade local do produtor.

Dentre eles, podem ser considerados como sistemas agroflorestais os seguintes métodos de produção: Sistema Silviagrícola, Sistema Silvipastoril e Sistema Agrossilvipastoril.

Em Sistemas Silviagrícolas, são utilizadas espécies agrícolas com florestais. Dessa forma é possível produzir madeira como: eucalipto, guapuruvu, sabiá, entre outras; frutos como: caju, açaí, acerola, banana, mamão, entre outras; além de plantas herbáceas e rasteiras, como macaxeira, feijão, abóbora, milho, pasto, entre outras; de forma concomitante. De acordo com a fonte consultada (SENAR, 2017), os sistemas silviagrícolas podem ser divididos em baixa complexidade biológica (quebra-ventos, Taungya, cultivos fileiras, cercas vivas e outros.); média e alta complexidade biológica (incluem os quintais agroflorestais, os sistemas multiestratificados, sucessionais, entre outros).

Os sistemas Silvipastoris, podem ser diferenciados quanto a presença de animais de criação, tem como objetivo a produção de carne, leite e outros. São geralmente formados pela combinação de árvores, arbustos com plantas forrageiras e animais (SENAR, 2017). As árvores podem ser na forma de uma ou mais linhas de plantio, dispersas na pastagem, de cercas vivas, ou por meio da condução de árvores da regeneração natural.

Os sistemas Agrossilvipastoris também apresentam o componente arbóreo e são os mais completos, geralmente indicados e presentes na agricultura familiar brasileira. Visto que, a ele se confere uma perspicácia um quanto maior no que diz respeito ao aproveitamento da área, fazendo com que se tenha uma gama maior de alimento se desenvolvendo naquele espaço. Com isso, é possível ter uma maior independência de insumos externos e por conseguinte ser mais autossuficiente e sustentável. Nesse tipo de sistemas são utilizados uma ou mais linhas de plantio, pomares caseiros (entre outros) onde são criados animais como: porcos e galinhas (SENAR, 2017). Tudo isso associado às árvores de usos múltiplos, cultivos agrícolas diversos e criação de inúmeros animais.

Nesse contexto, temos uma amplitude grande de escolhas para culturas e ou semoventes que podem estar na mesma área. A definição disso pode ser baseada em fatores diversos, contudo os que mais trazem resultados no sentido do desenvolvimento sustentável é a máxima similaridade com o ambiente natural. Dessa forma, para aproximar a agricultura do funcionamento natural das florestas, necessita-se quebrar muitos paradigmas e agir de forma diferente do convencional.

A entropia é um conceito conhecido na Termodinâmica, no qual infere-se que a energia e a desorganização do sistema seguem uma linha reta até se dissipar. Por

outro lado, a sintropia pode ser considerada o oposto. Esse termo é utilizado na ecologia e defende que os fenômenos que acontecem no interior das florestas podem ser replicados na agricultura. Dessa forma, entende-se que nos sistemas vivos ocorre uma acumulação de energia ao invés de ser dissipada, vai evoluindo e fica cada vez mais rico e complexo. Em suma, enquanto a entropia rege as transformações termodinâmicas que liberam energia, a sintropia acumula e organiza energia em suas ligações e processos, o que resulta em diferenciação e complexidade (PASINI, 2017). Nesse sistema em questão, todos os princípios citados neste artigo têm fundamental importância e são indispensáveis.

A agrofloresta sucessional biodiversa, também denominada de agrofloresta sucessional ou agricultura sintrópica (AS), tem seu manejo imitando a sucessão de uma floresta nativa (PENEIREIRO, 2003). Dessa forma, apesar de abarcar muitas particularidades é a que pretende ser mais auto suficiente, demandando o mínimo de insumos externos e aparatos tecnológicos. Pode-se dizer que os princípios dessa técnica foram construídos pelo agricultor-pesquisador suíço Ernst Götsch, sendo encontradas experiências promissoras no Cerrado, na Caatinga, na Mata Atlântica e na Amazônia (MICCOLIS et al., 2016).

Existem na literatura, vários exemplos de sistemas agroflorestais que possuem características que nos remetem a identificá-los como análogos aos ecossistemas locais, às florestas tropicais, e que a sucessão ou os princípios da sucessão ecológica estão presentes (VAZ, 2001).

A utilização das agroflorestas extrapolam a produção orgânica, podendo haver externalidades positivas ainda maiores. Visto que além de dispensar o uso dos agrotóxicos promove o crescimento da biodiversidade, melhoria da qualidade dos solos, entre outros. A utilização de fertilizantes é necessária quando há desequilíbrio entre as condições de solo e as espécies, pode valer-se de adubação orgânica, apenas para dar um primeiro impulso na sucessão natural (PASINI, 2017). Nesse sentido, as agroflorestas tendem a ter uma menor dependência desses insumos. O distúrbio, causado pelo preparo do solo, é a intervenção agrícola mais severa e deve ser evitada (PASINI, 2017). Visto que, a presença constante de maquinário tende a compactar o solo e pode causar erosão (PASINI, 2017).

Na Agrofloresta Sucessional, a irrigação deve ser mínima para que as plantas sejam estimuladas a se adaptar e prosperar naquelas condições, até que o sistema consiga criar seus ciclos de água e reter umidade no solo (PASINI, 2017). Além

disso, o uso da água ocorre de maneira mais eficiente, evitando desperdícios. Em diversas regiões, como no semiárido, a restrição hídrica pode limitar bastante o processo produtivo, ainda mais quando é feito da forma convencional.

O controle natural de pragas e doenças não inclui nenhum conceito relativo a pragas e doenças, pois são vistas como indicadoras de falhas no planejamento ou manejo, que acabam levando o sistema à crise (PASINI, 2017). Dessa forma, é necessário observar e entender o que está acontecendo no sistema ao invés de apenas retirar o ser vivo que pode estar causando algum dano.

A Rotação e o consórcios de culturas nos SAFs são fundamentais, a sucessão natural com inclusão de diferentes espécies torna o sistema completo, garantindo colheita ao longo do tempo (PASINI, 2017). Assim, o uso de insumos externos tende a diminuir quando o sistema se assemelha ao natural, pois tende a autossuficiência, necessitando cada vez menos da interferência humana se comparado aos sistemas de cultivos artificializados e convencionais.

Com base nesses conhecimentos podemos constatar que os Sistemas Agroflorestais possuem diversos benefícios, sobretudo a adaptabilidade às condições do local e às espécies utilizadas. Nesse sentido, a sua utilização é uma ótima alternativa para quem busca uma produção sustentável. Ademais, como qualquer outra atividade deve seguir critérios e princípios básicos para que funcione com eficácia, nesse caso a maior referência é o funcionamento da natureza ao nosso entorno. Assim, foram captados alguns princípios naturais que são fundamentais para a construção de uma Agrofloresta. Podemos estudá-los de maneira distinta, mas quando colocados na prática estão interrelacionados e funcionando de forma mais eficiente em conjunto.

Para favorecer a recuperação de ambientes e ecossistemas é fundamental realizar o manejo apoiando-se em princípios agroecológicos, como a sucessão natural, que pressupõe a biodiversidade e a ciclagem de nutrientes (através da cobertura permanente do solo), atuando sempre no sentido de aumentar a quantidade e qualidade de vida consolidada, tanto no lugar da nossa intervenção, como no planeta terra como um todo (GÖTSCH, 1997).

Nesse sentido, pode-se afirmar que com a utilização dos sistemas agroflorestais é possível alcançar a harmonia entre os processos de produção e o meio ambiente. Porém, é fundamental internalizar que o sistema parte do simples para o complexo. Além disso, é importante compreender a necessidade de

utilizar-se de elementos naturais. Vale atentar-se, ainda, no fundamento em que os processos vêm no lugar dos insumos. Por fim, deve ser utilizado o termo cooperação para indicar a interação que ocorre entre os seres vivos ao invés de competição.

3.2 Princípios básicos utilizados na implantação de sistemas agroflorestais

3.2.1 Sucessão ecológica

A sucessão ecológica é o desenvolvimento do ecossistema, envolvendo mudanças na estrutura de espécies da comunidade ao longo do tempo (ODUM, 1988). Trata-se de um processo natural e contínuo de mudança na composição biológica em um determinado ambiente. Na formação de uma floresta, a sucessão ecológica começa com a colonização de espécies pioneiras, que são capazes de se estabelecer em ambientes degradados ou perturbados, como áreas de queimadas ou desmatadas. A sucessão florestal se dá através da autorenovação, ocorre a cicatrização de locais perturbados (GÓMEZ-POMPA, 1971).

As espécies pioneiras, como gramíneas, herbáceas e arbustos, possuem adaptações que lhes permitem crescer rapidamente e buscar com mais facilidade água e nutrientes, em ambientes com poucos recursos. À medida que essas espécies vão crescendo, modificam o ambiente e criam condições mais favoráveis para o estabelecimento de outras espécies mais exigentes. Os seres vivos, por meio de processos naturais, promovem o aumento da quantidade e da qualidade de vida consolidada (VAZ, 2017).

Com o tempo, outras espécies, como árvores de crescimento rápido, começam a se estabelecer na área. Elas são capazes de crescer mais alto e ocupar o espaço superior, absorvendo a maior parte da luz solar que era das espécies pioneiras. Dessa forma, a sombra gerada faz com que as espécies pioneiras sejam gradualmente eliminadas e substituídas por espécies tolerantes à sombra, como arbustos e árvores de crescimento lento.

À medida que a sucessão ecológica continua, espécies cada vez mais complexas e especializadas vão se estabelecendo na área, até que a comunidade atinja um estado de equilíbrio dinâmico, conhecido como clímax. Na floresta, o clímax é caracterizado pela presença de árvores de grande porte e pela diversidade

de espécies, isso proporciona abrigo e produção de alimentos para uma infinidade de seres vivos.

O princípio da sucessão permite que se produza diferentes tipos de plantas em uma única área de acordo com seu ciclo de vida (tempo). O nome desse sistema de cultivo é frequentemente acompanhado pelo termo Agrofloresta Sucessional, o qual é considerado essencial, pois influencia a concepção inicial do plantio e orienta todo o projeto desde a sua implementação até a sua formação ao longo do tempo.

Dessa forma, uma planta sucederá a outra e o solo estará permanentemente coberto. Ao recobrir a área, essas espécies estão protegendo o solo e assim amenizam a temperatura no ambiente, impulsionando a ciclagem de matéria orgânica, retendo maior quantidade de água e contribuindo para melhor fertilidade do solo (BRANCALION et al., 2015). Isto é, após o fim do ciclo de cada planta, outra estará disponível para que o agricultor possa utilizar.

A definição das plantas que irão compor o sistema deve ser feita de acordo com o tempo no qual cada uma irá ocupar aquele espaço, pois elas vão sendo substituídas após exercerem a sua função. Por isso, é fundamental compreender o funcionamento da floresta e sua dinâmica, a sucessão natural é o princípio que deve orientar a implantação e as intervenções no sistema (PENEIREIRO, 2014). Dessa forma, esse planejamento inicial permite que a produção ocorra por um período maior de tempo, aumentando a produtividade anual. Visto que, a substituição das espécies ou a rotação das culturas previne problemas na lavoura e evita que seja necessário fazer um período de pousio.

Além de plantar em quantidade e em diversidade, a natureza esquematiza as plantas de tal forma que elas se desenvolvem cada uma no seu tempo, em uma ordem temporal e espacial pré-estabelecida. A escolha das espécies que compõem o sistema segue a dinâmica e a lógica da sucessão natural, ou seja, não se trata apenas de trabalhar com rotações de culturas ou consórcios de plantas (PASINI, 2017). Algumas espécies de plantas podem ser semeadas no momento da implantação da agrofloresta, sendo que elas vão emergindo no decorrer do tempo, quando o momento for favorável para cada uma.

São notáveis as transformações no decorrer da sucessão, como a transferência de nutrientes do solo, a melhoria da estrutura edáfica, além de modificações do microclima (GÓMEZ-POMPA; VASQUEZ-YANES, 1985). Isso faz

com que a vegetação conquiste novas áreas, que antes estavam descampadas. Após certo tempo em que a vegetação de uma área sofre impacto pela ação humana ou por desastres naturais, verifica-se que a própria vegetação, fauna e microrganismos recuperam o solo e então é possível voltar a produzir alimentos naquele local (SOUZA, 2014). Portanto, essa resiliência natural do meio ambiente auxilia na recuperação de áreas degradadas, age no microclima e permite o desenvolvimento de novas espécies.

O processo de sucessão ecológica pode ser dividido em três fases que nos permitem distinguir as espécies mais adequadas para cada momento, levando em conta a sua função. Sendo elas: sucessão inicial, intermediária ou média e avançada. Essas três fases do processo de sucessão ecológica em ambientes florestais, são atribuídas à uma visão tradicional sobre esse conceito, conhecida como modelo de facilitação, ou modelo de fases (BRANCALION et al., 2015). Dessa forma, podemos utilizar esse preceito para os mais diversos cultivos.

A escolha das espécies deve ser baseada no estágio sucessional, em muitos projetos de recuperação são colocadas plantas que são mais exigentes ao invés das pioneiras ou conquistadoras. Utilizá-las no início serve como suporte às outras que virão, com o ambiente já melhorado. As espécies arbóreas presentes nos primeiros estágios da sucessão ecológica têm um papel importante, visto que contribui no processo de facilitação para o aparecimento de outros indivíduos (BRAGA, 2008). Assim, colocar as plantas no tempo inadequado e em desacordo com a sua função ecológica, pode resultar em perdas e atraso na reocupação da área.

O Agroecossistema segue uma dinâmica semelhante, pois o manejo da agrofloresta estimula o crescimento de plantas mais jovens, acelerando o processo de sucessão, fornecendo luz, espaço e matéria orgânica (GÖTSCH, 1995). Dessa forma, pode-se inferir que as técnicas aplicadas com essa abordagem tendem a ser altamente benéficas e possuem alcance holístico. A intenção por trás desse manejo é imitar o funcionamento de um ambiente submetido às dinâmicas da sucessão natural (PASINI, 2017). Assim, constrói-se um sistema autossuficiente e produtivo.

3.2.2 Estratificação

A estratificação se refere ao arranjo das plantas na formação florestal, na qual existe uma mudança na distribuição vertical das espécies em diferentes camadas ou

estratos. Nesse sentido, reconhecer os estratos das árvores na floresta é um dos principais elementos do estudo da estrutura vertical (SANQUETTA, 1995). À medida que a sucessão ecológica ocorre, diferentes espécies de plantas se estabelecem em diferentes alturas na floresta, criando a estratificação vegetal.

As espécies pioneiras tendem a crescer mais baixas na floresta, enquanto as espécies de crescimento mais lento tendem a crescer mais alto. Conforme a sucessão avança, cada estrato da floresta é ocupado por espécies diferentes, que são adaptadas às condições únicas de luz, temperatura e umidade em cada camada.

O estrato baixo ou inferior é composto por plantas herbáceas e arbustos, que crescem em ambientes com pouca luz. O estrato médio é composto por árvores de porte médio e arbustos, que competem por luz e são capazes de suportar níveis moderados de sombra. O estrato superior é composto pelas árvores mais altas da floresta, que recebem a maior parte da luz solar e são capazes de sobreviver em condições de alta luminosidade.

Cada estrato da floresta desempenha um papel importante na ecologia da floresta, fornecendo habitat e alimento para diferentes animais e microorganismos. Através da avaliação da estrutura vertical em populações, pode-se identificar o comportamento ecológico e o hábito de cada população, essa análise prevê informações importantes para a compreensão das características de cada espécie, dando embasamento para entendimento das estratégias de regeneração natural, crescimento e sobrevivência (SANQUETTA, 1995). Portanto, esse princípio é fundamental para a formação e manutenção da biodiversidade em uma floresta.

A estratificação permite a otimização da captação de luz (fotossíntese) considerando as diferentes necessidades por luz e a arquitetura de cada planta. Assim, pode-se usar esse princípio natural como elemento de manejo para implantação de agroflorestas, pois oferece às plantas uma forma de estarem compartilhando um espaço em comum.

Para tirar proveito ecológico e ambiental da composição das plantas, é necessário compreender como a arquitetura e a ecofisiologia de uma planta pode afetar o crescimento de outras plantas ao redor. O uso desse princípio pode ajudar a otimizar o espaço e permitir a associação de cultivos em diferentes estratos, maximizando a utilização de espaços e luminosidade (EMBRAPA, 2015). Isso favorece a produção de diversas espécies em uma mesma área, podendo-se obter

uma maior quantidade de produtos sem a necessidade de aumentar proporcionalmente os insumos utilizados.

Um fator que caracteriza bem as florestas naturais ou inequidêneas são as diferentes idades presentes e os andares que cada uma ocupa, isso permite que a vegetação se distribua em diversas alturas e dimensões de maneira natural. Nesse sentido, pode-se dizer que a estratificação está presente no espaço vertical da agrofloresta, pois desconsidera a competição por luz entre as plantas e faz com que o indivíduo na fase adulta consiga atingir um tamanho característico, determinado com base em suas características ecofisiológicas e morfológicas (PASINI, 2017).

Desse modo, levando essas ideias mais a fundo para os sistemas de cultivo, existe a possibilidade de aumentar a produtividade utilizando diferentes estratos. Segundo Rosa et al. (2007), isso ocorre porque esses arranjos são constituídos de espécies com diferentes hábitos de vida, formando múltiplos estratos, assemelhando-se à estrutura de florestas tropicais.

Em um ambiente natural a tendência é que as plantas fiquem organizadas em diferentes estratos de acordo com o seu tamanho e a sua necessidade por luz, essas particularidades fazem com que uma quantidade cada vez maior e diversa de plantas possa se desenvolver em um espaço compartilhado. Essa dinâmica da floresta pode ser dividida em cinco estratos distintos, tendo cada um a sua porcentagem de sombra que a sua copa ocupa, são eles: emergente 20%, alto 40%, médio 60%, baixo 80% e rasteiro 100%. Dessa forma, podemos identificar os vegetais que mais se assemelham a essas características e com isso esquematizá-las de maneira mais eficiente dentro de uma agrofloresta.

Ernst Götsch descreve no livro “Homem e natureza: cultura na agricultura”

Se tu queres cultivar feijão e milho, planta também a cana e umas laranjeiras, além de muitas outras espécies. Isto significa plantá-las todas juntas, no mesmo tempo e no mesmo lugar. Nesse consórcio de milho, feijão e outras espécies, cabe ainda, por exemplo, bananeiras, capim elefante, mandioca, inhame, pimenta malagueta, sapoti, leucena, mulungu, sapucaia, mangueira e ainda pimenta do reino nas árvores altas do futuro. Cada espécie contribuirá para completar o consórcio e para que todas as outras prosperem melhor (GÖTSCH, 1997, p. 49).

Contudo, para ser bem sucedido nesse processo é indispensável um conhecimento acerca do formato das plantas que serão introduzidas. Espécies de estratos diferentes não concorrem entre si, então, um bom princípio de manejo será aquele em que associam-se plantas pertencentes aos diferentes estratos (SOUZA, 2014). Esse é um fator chave para que se possa aproveitar ao máximo uma área,

antes de pensar em interferir em alguma outra. Além das características ecofisiológicas, deve ser analisado o estrato em que cada uma ocupa, (identificando espécies de estratos baixo, médio, alto e emergente em cada consórcio) (PENEIREIRO, 2014).

As agroflorestas são planejadas para que em cada uma das etapas de duração, tenham plantas ocupando os diferentes estratos (PENEIREIRO, 2003). Dessa forma, ocorre uma maior utilização dos diferentes estratos obtendo-se melhor aproveitamento da produção, comercialização e serviços ecossistêmicos (RIBASKI; VILCAHUAMAN; RODIGHERI, 2002). Com isso, as plantas podem se relacionar de forma positiva e o agricultor não ficará à mercê de um produto apenas, pois haverá substitutos em diferentes estratos. Assim, utilizar esse princípio irá proporcionar benefícios como um todo para o agroecossistema e para a produção vegetal.

3.2.3 Fertilidade do solo

A sucessão ecológica e a formação dos ecossistemas naturais podem ser divididos em três estágios: colonização, acumulação e abundância (GÖTSCH, 1997). Dessa forma, para que seja possível cultivar plantas do estágio de abundância é necessário criar nos agroecossistemas os espaços de abundância. Na prática, a criação desses espaços está ligada à elevação do nível de fertilidade do solo, fazendo as devidas correções, sobretudo na acidez do solo e no aumento da disponibilidade de nutrientes essenciais. Essas operações devem ser realizadas já na implantação dos sistemas agroflorestais sintrópicos, para que as plantas mais exigentes em termos nutricionais e em biodiversidade, possam crescer e prosperar.

No caminho natural de sucessão, perpassa o momento de acumulação em que ocorre uma explosão fotossintética com a presença hegemônica das plantas colonizadoras ou pioneiras. Essas plantas crescem em grande velocidade e em quantidade, proporcionando uma enorme produção de biomassa e carbono. Dessa forma, com o decorrer do tempo é possível a sustentação de espécies mais exigentes. Entretanto, isso pode demorar para acontecer no agroecossistema como um todo. Assim, criar espaços de abundância, núcleos ou ilhas para aumentar a fertilidade do solo é uma alternativa para que haja condições de introduzir plantas mais exigentes já na implantação dos SAFs.

A natureza pode se regenerar, mas, dependendo da profundidade da destruição, esse processo pode levar muitos anos, e até séculos, para chegar aos estágios e consórcios pertencentes aos sistemas de abundância (REBELLO; SAKAMOTO, 2021). Dessa forma, é necessário uma intervenção para que alguns atributos limitantes do solo sejam corrigidos dentro de um tempo razoável e que a produção econômica na área se inicie em um período mais reduzido.

Dessa forma, independentemente do estágio de destruição em que se encontra um lugar, seja ele um deserto, uma área degradada, uma capoeira abandonada, uma cava de mineração ou uma terra de cultura, o objetivo é levá-lo a ser um sistema de abundância (REBELLO; SAKAMOTO, 2021). Assim, a ação antrópica pode ser positiva, pois a elevação do nível de fertilidade do solo pode acelerar esse processo. Dessa forma, contribui para aumentar a produtividade do sistema agroflorestal, podendo significar um aporte de rendimentos financeiros para abater no custo de implantação ou mesmo ser uma fonte de renda para o agricultor.

Segundo Natale et al. (2012), citado por Aular; Natale (2013), a aplicação de adubos é necessária quando as plantas demandam uma quantidade de nutrientes maior do que a capacidade do solo em supri-la. Essa necessidade é uma prática quase que universal, especialmente em regiões tropicais como o Brasil, onde os solos são frequentemente caracterizados por baixa fertilidade. Dessa forma, ao melhorar a fertilidade do solo, ocorre um estímulo ao crescimento e desenvolvimento das plantas mais exigentes, além de promover o florescimento de diversas ervas e o surgimento de uma ampla variedade de vida, incluindo insetos e microrganismos. Esse processo contribui para o aumento da biodiversidade no ambiente, aproximando-o de um ecossistema natural. Como resultado, ocorre uma maior diversificação das espécies vegetais, com destaque para aquelas que desempenham um papel fundamental no próprio ecossistema.

Em resumo, a criação de espaços de abundância consiste no aumento da fertilidade de canteiros, berços e outras estruturas apropriadas que permitam o estabelecimento de plantas do estágio da abundância, enquanto que o sistema como um todo ainda se encontra no estágio de acumulação.

Para que esse processo ocorra, existem técnicas que devem ser executadas. Com isso, ao iniciar um sistema de acumulação, podem ser plantadas espécies frutíferas mais adiantadas na sucessão natural, cada uma em seu estrato adequado, porém, dependendo do nível de fertilidade do solo, pode ser necessário um *input*

externo (REBELLO; SAKAMOTO, 2021). Como o solo e o ambiente como um todo não estão adequados para receber essas espécies, é necessário auxiliá-las com pós de rocha, calcário, fosfatos de rocha, cinzas, compostos orgânicos, etc. Esses insumos podem ser utilizados para melhorar a fertilidade do solo.

O pó de rocha é um produto natural que pode ser utilizado na agricultura para melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade das culturas. O pó de rocha é uma fonte de nutrientes minerais, como cálcio, fósforo, potássio, magnésio, ferro, zinco e outros elementos. É uma alternativa ou um complemento de fertilização que tem sido indicada especialmente para as pequenas propriedades, como na agricultura familiar e até mesmo na agricultura orgânica (LAPIDO-LOUREIRO; NASCIMENTO, 2009).

O pó de rocha, antes da sua aplicação, pode ser misturado com o adubo orgânico; como esterco, compostagem, vermicomposto ou biofertilizante; para potencializar a ação dos nutrientes. Tito et al. (2019) estudando o Efeito do vermicomposto enriquecido com pó de rochas concluíram que o uso de doses crescentes de vermicomposto enriquecido com pó de rocha melhorou as condições de fertilidade do solo proporcionando maior eficiência produtiva favorecendo os componentes da produção das plantas cultivadas.

O calcário, largamente utilizado na produção agrícola, é um corretivo de solo que tem como principal função elevar o pH do solo, tornando-o menos ácido e mais propício para o crescimento de plantas. Em sistemas agroflorestais sintrópicos, o uso de calcário pode ser uma estratégia para criar espaços de abundância em menos tempo e ajudar no desenvolvimento das árvores e plantas mais exigentes em saturação por bases. Vários experimentos têm mostrado efeito positivo com o uso do calcário como é o caso de Vieira; Silva; Carneiro (2015), que verificaram que o crescimento em altura, a produção de biomassa, bem como a nutrição de mudas de Jatobá (*H. courbaril*) foram influenciadas positivamente pela elevação da saturação por bases.

A aplicação de calcário pode ser feita de forma estratégica, em áreas específicas onde se deseja criar condições favoráveis para o crescimento das espécies cultivadas. É importante ressaltar que a aplicação de calcário deve ser feita após uma análise de solo, para determinar a quantidade necessária e a profundidade de aplicação.

A respeito da adubação e correção do solo, Luz et al. (2020) fala que a calagem promove importante modificação no ambiente radicular, pois diminui a acidez do solo, fornece cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e aumenta a disponibilidade e eficiência na utilização de vários nutrientes. Dessa forma, ele pode contribuir para a melhoria da qualidade do solo e o aumento da produtividade das culturas. Ressalta-se que, dependendo do nível de fertilidade do solo e da presença de altas concentrações de alumínio e manganês tóxicos, vale a pena considerar a aplicação do calcário em área total. No entanto, é importante lembrar que a utilização de calcário não é uma solução isolada para a melhoria do solo em sistemas agroflorestais sintrópicos.

Os compostos orgânicos desempenham um papel crucial na promoção da melhoria na fertilidade do solo e na criação de condições favoráveis para a vida microbiana e da mesofauna. Ele é produzido a partir da decomposição de resíduos orgânicos (folhas, palha, esterco e outros materiais biodegradáveis) e contém uma série de nutrientes importantes para o crescimento das plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio.

Nesse sentido, a concentração de esterco e urina bovina age como catalisador da vida do solo, cuja ação resulta em recuperar, melhorar e incrementar a sua fertilidade, agindo como forte acelerador da biocenose (PINHEIRO, 2010). A aplicação de composto orgânico pode ser feita de diversas formas, como em berço de plantio, incorporado aos canteiros e na cobertura de solo. Contudo, a aplicação deve ser feita de acordo com a análise do solo e as necessidades específicas das culturas mais exigentes no agroecossistema.

A utilização de cinzas no aumento da fertilidade do solo é uma técnica ancestral amplamente utilizada na agricultura. A prática de utilizar cinzas como fonte de nutrientes para as plantas era conhecida e utilizada por civilizações antigas, como os egípcios, gregos e romanos. Essas civilizações reconheciam o valor das cinzas como uma forma de enriquecer o solo e melhorar a produtividade das culturas. Elas são ricas em potássio, fósforo, cálcio e outros nutrientes que são essenciais para o crescimento das plantas. Apesar de possuir composição variável, esse material apresenta certas características gerais que indicam benefícios para o seu uso agrícola. De acordo com Saarsalmi; Mäkelä; Kukkonen (2010), a aplicação de cinzas no solo pode fornecer a maioria dos minerais essenciais para as plantas, além de corrigir a acidez do solo. Isso pode ser benéfico para o crescimento e

desenvolvimento das plantas. Essa prática consiste em espalhar cinzas provenientes da queima de material vegetal sobre o solo, o que pode ajudar a melhorar a fertilidade e a estrutura do solo, além de fornecer nutrientes para as plantas.

Segundo Arruda et al. (2016), as principais alterações químicas resultantes da aplicação de cinza de biomassa são a elevação no pH e dos teores de Ca, Mg, K e P, além da redução dos teores de Al^{3+} . No entanto, é importante lembrar que a aplicação excessiva de cinzas no solo pode levar a problemas de salinização e perda de nutrientes.

Outra técnica eficaz para aumentar a fertilidade do solo e criar os espaços de abundância, em sistemas agroflorestais sintrópicos é a colocação de madeira sobre o solo. Essa prática tem sido utilizada, também, para melhorar a estrutura do solo. Consiste em adicionar pedaços de madeiras nas áreas laterais dos canteiros, de forma que elas se decomponham lentamente e liberam nutrientes para as plantas.

Ao colocar a madeira em contato com o solo, ocorre um processo de decomposição lenta, no qual os fungos e as bactérias do solo começam a quebrá-la em componentes básicos, concentrando e liberando nutrientes que ficam disponíveis para as plantas no decorrer do tempo. Além de melhorar a fertilidade do solo, a adição desse material também pode ajudar a aumentar a capacidade de retenção de água, reduzir a erosão e aumentar a biodiversidade. Visto que, fornece um habitat para organismos do solo, criando um nicho para o estabelecimento de cadeias e teias tróficas, ambiente indispensável para as culturas do estágio de abundância.

Na agricultura sintrópica esse auxílio externo tende a diminuir com o tempo, à medida em que o agroecossistema se aproxima dos sistemas de abundância, pois o processo caminha no fluxo da natureza, em que pequenas mudanças geram grandes transformações (REBELLO; SAKAMOTO, 2021). Dessa forma, essa perspectiva pode ser considerada como uma das ideias centrais, reduzir de forma gradativa a dependência de insumos externos.

3.2.4 Cobertura do solo

O princípio de manter o solo sempre coberto é um dos fundamentos essenciais de sistemas agroflorestais bem-sucedidos. Esse princípio consiste em manter uma cobertura vegetal permanente no solo, seja ela com plantas cultivadas

(árvores, arbustos ou plantas herbáceas) ou com cobertura morta (folhas, galhos e outros detritos vegetais). A utilização de plantas de cobertura é importante para a qualidade física do solo, tanto na proteção da superfície quanto no aporte de fitomassa proveniente da parte aérea e das raízes (SOUZA, 2014).

Há várias razões pelas quais esse princípio é tão importante em SAFs. Em primeiro lugar, a cobertura vegetal ajuda a manter a umidade do solo, o que é especialmente importante em regiões onde a água é escassa. A cobertura de solo também ajuda a evitar a erosão, reduz a perda de nutrientes e diminui o efeito da compactação. Além disso, favorece a reciclagem biológica de nutrientes, pois mantém a temperatura adequada à vida e ajuda a controlar plantas espontâneas.

Outrossim, a cobertura vegetal pode fornecer habitat para animais silvestres, incluindo polinizadores, e ajudar a controlar pragas e doenças. Também pode fornecer nutrientes para as plantas ao longo do tempo, à medida que a biomassa vegetal se decompõe no solo. As diversas florestas existentes no mundo apresentam em sua maioria um fator em comum que é a cobertura permanente do solo; seja por material seco proveniente das árvores ao seu redor, seja por outras plantas que vão se decompondo no entorno.

A prática da cobertura do solo é amplamente recomendada em sistemas agroecológicos ou orgânicos devido às suas múltiplas funções (SOUZA; RESENDE, 2006). Além de contribuir para a conservação e a preservação do solo, a cobertura vegetal desempenha papéis fundamentais, como reter a umidade do solo, reduzindo a perda excessiva de água por evaporação. Para mais, atua na mitigação do impacto das chuvas sobre o solo, prevenindo processos erosivos indesejados. Esses benefícios tornam a cobertura do solo uma prática essencial para promover a sustentabilidade e a saúde dos sistemas agrícolas. Outrossim, a cobertura do solo evita variações bruscas de temperatura, reduz gastos com capinas e enriquece o solo com nutrientes após a decomposição do material orgânico, o que permite melhorar o desempenho das culturas.

A cobertura vegetal funciona como um reservatório de nutrientes para os microrganismos e plantas, colabora com o aumento do teor de água no solo e diminui as variações de temperatura (VOOS; SIDIRAS, 1985). Dessa forma, é possível manter a planta e o solo nutrido sem ter que inserir insumos artificiais. Além disso, a cobertura do solo serve como proteção contra as entempéries e estabiliza a temperatura. Alvarenga et al. (1995) destacam que uma cobertura uniforme de 20%

do terreno é capaz de reduzir as perdas de terra em aproximadamente 50%, quando comparado com solo descoberto.

Para que o solo esteja adequado ao cultivo pode demorar milhares de anos, então é fundamental protegê-lo e mantê-lo dentro da área. Isso pode ser feito de diversas formas, respeitando a realidade local e utilizando os materiais disponíveis. Com a cobertura, o solo fica sempre protegido evitando a perda de nutrientes e a erosão, pois o acúmulo de nutrientes no material vegetal é liberado durante sua decomposição, possibilitando a manutenção e a melhoria da fertilidade do solo (SILVA; FERREIRA; FREITAS, 2014). Em geral, o monocultivo ou a sucessão de culturas agravam este problema que poderia ser solucionado com o uso de espécies para cobertura do solo antecedendo os cultivos comerciais (WOLSCHICK, 2014).

Nas florestas, a cobertura do solo permite que uma série de fenômenos benéficos aos seres vivos possam ocorrer. A floresta Amazônica, por exemplo, é tida como detentora de solos pobres, pela baixa presença de nutrientes disponíveis para as plantas. O início da ruptura do paradigma da baixa fertilidade dos solos amazônicos somente foi possível ao se desconsiderar a magnitude do efeito do clima na formação dos solos dessa região e dar maior ênfase aos outros fatores de formação (QUESADA et al., 2011). Apesar disso, sustenta a maior floresta tropical do mundo e permite que árvores gigantescas possam se desenvolver, por conta da alta reciclagem de nutrientes realizada por microrganismos beneficiados pela cobertura contínua e permanente do solo.

3.2.5 Adensamento e biodiversidade

Outra estratégia comum na natureza é a dispersão de sementes, as plantas costumam produzir grandes quantidades de descendentes para que se tenha um saldo positivo, suprimindo as perdas e assim a multiplicação fica garantida de forma exponencial. Sobre esse tema, Götsch (1995, p. 22) comenta que “o fator crítico e determinante da saúde e das taxas de crescimento e produtividade do sistema não é a qualidade inicial do solo, mas sim a composição e a densidade dos indivíduos da comunidade de plantas”. Esses princípios se interligam de forma natural, pois além de plantar em grande quantidade a natureza planta com muita diversidade. A tendência é a de que as plantas mais vigorosas permaneçam, enquanto que as outras vão cumprir outra função como cobrir o solo.

Os indígenas são os precursores da implantação de sistemas agroflorestais na Amazônia, inclusive são citados como responsáveis pelo adensamento de espécies como a castanheira (EMBRAPA, 2017). População essa, que provavelmente ainda estaria em maioria nas Américas, se não fosse o genocídio e a invasão iniciada pelos europeus ainda no século XV. Dessa forma, pode-se considerar esses ensinamentos como ancestrais e por isso devem ser agregados nos cultivos atuais, pois podem beneficiar muito uma plantação.

As espécies “adubadoras”, inclusive aquelas arbóreas, devem ser plantadas de forma adensada para que possam ser podadas, raleadas e incorporadas como a matéria orgânica (MICCOLIS et al., 2016). Além de beneficiar a natureza é possível melhorar a qualidade de todo o sistema, sem mesmo ter que implementar coisas onerosas. A introdução de árvores em alta densidade, em conjunto com as espécies de ciclo de vida curto e médio, reduz, inclusive, a mão-de-obra e viabiliza um bom desenvolvimento das plantas (SOUZA, 2014). Nesse sentido, sobra pouco espaço para que as espécies não desejadas pelo produtor se multipliquem, diminuindo os custos relacionados ao controle das plantas espontâneas.

Existem diversas espécies que quando plantadas em consórcio se beneficiam, outras nem tanto. Para compreender melhor esse saber, existem relatos na literatura e o dia a dia no campo mostra bem a relação de uma com a outra. Na dúvida quanto à combinação das plantas, é melhor plantar, e depois, se for o caso, fazer a poda do que tentar preencher depois os espaços vazios (SOUZA, 2014).

A alta densidade de plantio permitirá as podas de manejo, fornecerá carbono para adubação e para manter o solo coberto. Além disso, o aumento da biodiversidade garantirá a resiliência do sistema. De acordo com Cardinale et al. (2012) a variedade de genes, espécies e atributos funcionais, têm impacto no funcionamento ecossistêmico e, por consequência, nos serviços que os ecossistemas fornecem para a humanidade. Dessa forma, é benéfico buscar uma similaridade com o ambiente florestal não antropizado, onde inúmeras espécies podem coexistir em cooperação e gerar diversos benefícios.

A biodiversidade não é apenas uma coleção de componentes isolados em vários níveis, mas principalmente é a maneira como eles estão organizados e como interagem (BORSATO; FEIDEN, 2011). Quanto maior a biodiversidade, melhor é a fertilidade do solo, pois haverá contribuição de matéria orgânica com diferentes

teores de nutrientes, que será disponibilizado em períodos diferentes, dependendo do tempo de decomposição de cada espécie (PENEIREIRO, 2014).

Dessa forma, a densidade e a biodiversidade das espécies interagem durante todo o processo sucessional, trazendo a sincronia de crescimento entre as plantas presentes nos consórcios (PENEIREIRO, 2014). Além disso, com a intensificação na dispersão das sementes - assim como acontece na natureza - é possível potencializar ainda mais a produção, deixar excedentes para a recuperação e um local como refúgios para outros seres vivos.

Nesse sentido, um dos principais fatores que chamam a atenção do mundo nas florestas brasileiras é a diversidade de espécies, isso corresponde a uma incalculável riqueza biológica que possui infinitas utilidades. Existem muito mais espécies por quilômetro quadrado (km²) nos trópicos do que nas áreas mais frias (BROWN, 2014). Estamos rodeados de vida, nas suas mais diversas formas.

O Brasil é o país que detém a maior biodiversidade do planeta, com mais de 103.870 espécies animais e 43.020 espécies vegetais conhecidas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002). Por outro lado, a biodiversidade está sendo perdida numa velocidade nunca antes vista na história (NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2002). A principal causa dessa perda é a ação antrópica, sobretudo as atividades agropecuárias industriais que artificializam o ambiente natural. A redução das fisionomias florestais ocasiona a diminuição do valor intrínseco da biodiversidade, havendo perda de variabilidade genética de espécies, de habitats e ecossistemas (NAKAJIMA, 2006).

De acordo com Ewing et al. (2009) os ecossistemas naturais devem ser imitados para manter o equilíbrio ambiental e produzir alimentos, fibras, madeira e outros bens de consumo no mesmo espaço em que se produza biodiversidade, de forma que o balanço de carbono seja positivo. Portanto, é possível constatar que as florestas possuem muito mais valor quando estão em pé. Com isso, alternativas baseadas na natureza devem ser utilizadas nos sistemas produtivos para promover também a conservação. Segundo Togni et al. (2009) os monocultivos expõem as culturas e favorecem a localização das plantas e, por isso, ocorre um rápido crescimento populacional dos insetos herbívoros.

Risch et al. (1983) verificaram que 53% de espécies de insetos herbívoros foram menos abundantes em sistemas diversificados. A presença deles de forma

exacerbada, se bem observada, serve como indicador de que o sistema está inadequado e de que precisa melhorar.

Os serviços ecossistêmicos são fundamentais para que ocorra a produção de alimentos, sem isso seria inimaginável. Segundo Cardinale et al. (2012) a análise de resultados de vários estudos sugere que o nível e a estabilidade de serviços dos ecossistemas tendem a melhorar com o aumento da biodiversidade. Os agroecossistemas também podem contribuir para a produção desses serviços ecossistêmicos, como a regulação da qualidade do solo e da água, o sequestro de carbono, o suporte à biodiversidade e aos serviços culturais (POWER, 2010).

4. MATERIAL E MÉTODOS

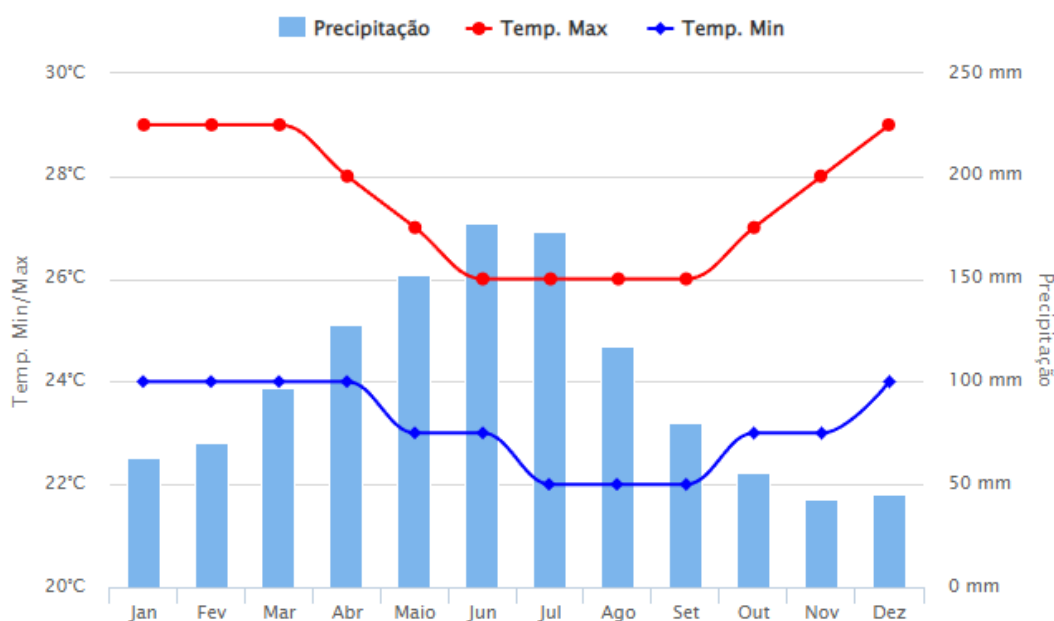
A metodologia para confecção desta monografia consistiu em estudo de casos, revisão bibliográfica e observação participante. Os princípios naturais estudados e apresentados neste trabalho foram extraídos da pesquisa realizada em dois sistemas agroflorestais instalados em dois biomas distintos.

4.1 Caracterização e localização das áreas

Esse trabalho foi realizado entre os meses de outubro de 2021 a março de 2022, nos biomas Mata Atlântica e Caatinga, no estado de Alagoas. O primeiro está localizado no Assentamento Flor do Bosque, no município de Messias (9°17'36.7"S 35°48'52.6"W) e representa o bioma Mata Atlântica. O segundo está localizado no município de Inhapi (9°13'21.5"S 37°44'51.2"W) e representa o bioma Caatinga.

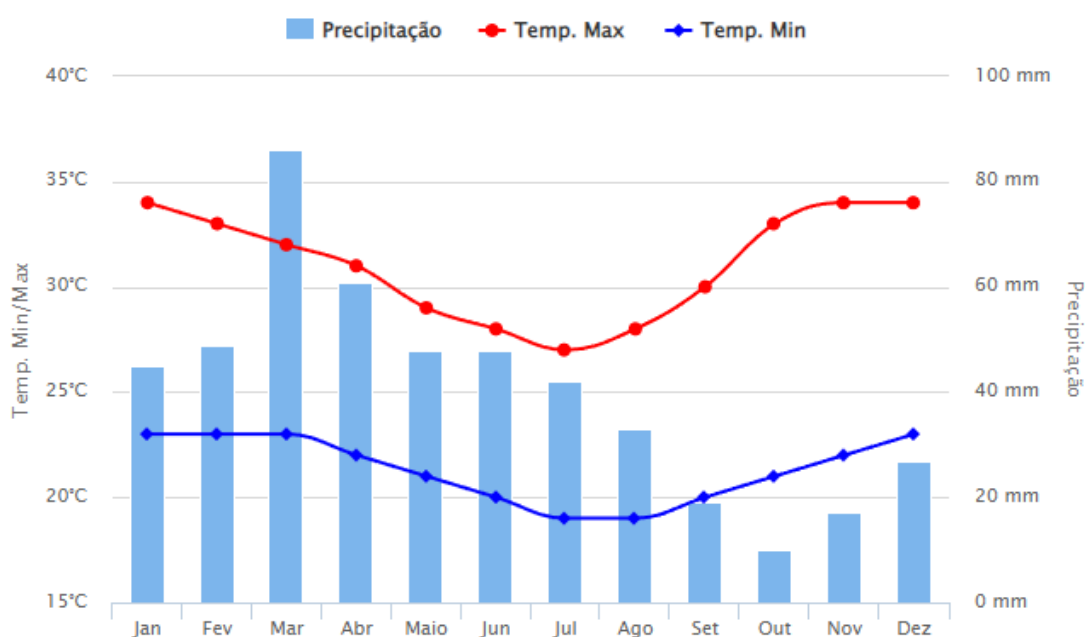
As características climáticas dessas regiões encontram-se representadas nos gráficos 1 e 2, respectivamente.

Gráfico 1 – Médias climatológicas calculadas a partir de uma série de dados correspondentes a 30 anos, das chuvas e das temperaturas máximas e mínimas mensais no município de Messias - AL.



Fonte: Climatempo, 2023.

Gráfico 2 – Médias climatológicas calculadas a partir de uma série de dados correspondentes a 30 anos, das chuvas e das temperaturas máximas e mínimas mensais no município de Inhapi - AL.



Fonte: Climatempo, 2023.

4.2 Princípios estudados

Nas duas áreas estudadas foram observados e descritos os seguintes princípios: 1) Sucessão Ecológica; 2) Estratificação; 3) Fertilidade do solo; 4) Cobertura do solo; 5) Adensamento e biodiversidade.

Os canteiros de agrofloresta foram preparados com 12 metros de comprimento e com 6 metros de espaçamento entre as linhas de plantio, para que os agricultores possam utilizar as entrelinhas para outros fins. Todas as espécies foram plantadas em conjunto e de forma biodiversa. As informações acerca das espécies utilizadas nos dois SAFs, bem como os espaçamentos e a densidade, encontram-se nas Tabelas 1 e 2. A escolha das plantas foi realizada pelos agricultores, com base em critérios técnicos, pessoais, econômicos e de acordo com a disponibilidade local de propágulos para o plantio.

Cada cultura foi plantada respeitando os espaçamentos das espécies, de acordo com o seu cultivo tradicional e de acordo com o que consta na literatura. Os espaçamentos entre diferentes espécies, por sua vez, seguiram os princípios da sucessão e da estratificação. A tabela a seguir apresenta a diversidade das espécies, a densidade e os seus respectivos espaçamentos.

Tabela 1 – Relação das plantas e dos espaçamentos utilizados nos canteiros de Agrofloresta no bioma Mata Atlântica.

Espécie	Espaçamento em metros.	Quantidade de plantas por canteiro
Acácia (<i>Acacia mangium</i>)	5	2
Acerola (<i>Malpighia emarginata</i>)	5	2
Aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>)	10	1
Banana (<i>Musa</i> spp.)	5	3
Gliricídia (<i>Gliricidia sepium</i>)	6	2
Ingá (<i>ingá edulis</i>)	10	1
Juçara (<i>Euterpe edulis</i>)	5	2
Macaxeira (<i>Manihot esculenta</i>)	1	10
Melancia (<i>Citrullus lanatus</i>)	2	6
Mamão (<i>Carica</i> spp.)	5	2
Margaridão (<i>Tithonia rotundifolia</i>)	4	3
Maxixe (<i>Cucumis anguria</i>)	2	6
Quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i>).	2	6

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa.

Tabela 2 – Relação das plantas e dos espaçamentos utilizados nos canteiros de Agrofloresta no bioma Caatinga.

Espécie	Espaçamento em metros	Quantidade de plantas por canteiro
Abóbora (<i>Cucurbita</i> spp.)	2	6
Angico (<i>Anadenanthera macrocarpa</i>)	6	2
Banana (<i>Musa</i> spp.)	5	3
Feijão Guandú (<i>Cajanus cajan</i>)	1	12
Macaxeira (<i>Manihot esculenta</i>)	1	12
Mamão (<i>Carica</i> spp.)	5	2
Maxixe (<i>Cucumis anguria</i>)	2	6
Milho (<i>Zea mays</i>)	1	12
Moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	4	3
Laranja (<i>Citrus sinensis</i>)	5	2
Ora-pro-nobis (<i>Pereskia aculeata</i>)	4	3
Quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i>)	2	6

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa.

As amostragens de solo nos SAFs de ambos os biomas estudados, foram coletadas e levadas para realização das análises químicas no Laboratório de Análise de solo da Central Analítica (Maceió/AL) conforme instruções da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA, 1997).

As correções dos atributos químicos dos solos, nos dois SAFs, foram realizadas nos canteiros e nos berços utilizando-se: calcário, cinzas, hiperfosfato de

Gafsa, torta de filtro de cana-de-açúcar (bioma Mata Atlântica) e esterco de caprino (bioma caatinga), cujas doses seguiram as recomendações do Boletim 100 do Instituto Agrônomo de Campinas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Sucessão ecológica

Analisando as duas áreas, observou-se de um modo geral que os dois SAFs, tanto o da Zona da Mata como o do Semiárido alagoano, apresentaram alta diversidade de plantas e produção de massa verde. Isso se deve a utilização de grande biodiversidade de plantas por ocasião da implantação do SAF, bem como ao crescimento vegetativo vigoroso nos dois biomas. Vale salientar, que ambos os SAFs foram dotados de sistemas de irrigação por gotejamento.

Apesar dos SAFs estarem localizados em biomas distintos, constatou-se uma estrutura de sucessão similar. Para isso, foram empregados grupos de plantas representativos de todos os estágios de sucessão, incluindo espécies colonizadoras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax. Além disso, introduziram-se plantas de interesses econômicos seguindo a mesma lógica da sucessão. Normalmente, essas culturas são plantadas nos chamados canteiros contínuos de árvores. Dessa forma, obtém-se a integração da porção agro com a porção florestal. Nos espaços das entrelinhas desses canteiros, existe a possibilidade de cultivar outras plantas e de fazer a criação de animais para uma exploração econômica mais completa na área. No Bioma Mata Atlântica, esse espaço geralmente é utilizado para o cultivo de hortaliças, cultivo de abacaxi e outras. Já no Bioma Semiárido, para o cultivo da palma forrageira, sisal e diversas outras plantas resistentes à estiagem.

Os dados de distribuição de plantas utilizadas nos SAFs, de acordo com a sucessão ecológica, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Grupos de plantas utilizadas nos Sistemas Agroflorestais implantados na Zona da Mata e no Semiárido alagoano, classificadas em função do tempo médio de vida de cada espécie.

Pioneiras	Secundárias Iniciais	Secundárias Tardias	Clímax
até 6 meses	1 a 3 anos	5 a 50 anos	mais 100 anos
		Árvores de crescimento rápido	Árvores de crescimento lento
Abóbora (Cucurbita spp.)	Macaxeira (Manihot esculenta)	Acácia (Acacia mangium)	Angico (Anadenanthera macrocarpa)
Feijão Guandú (Cajanus cajan)	Mamão (Carica spp.)	Acerola (Malpighia emarginata)	Aroeira (Myracrodruon urundeuva)
Maxixe (Cucumis anguria)	Margaridão (Tithonia rotundifolia)	Gliricídia (Gliricidia sepium)	
Melancia (Citrullus lanatus)	Ora-pro-nobis (Pereskia aculeata)	Ingá (ingá edulis)	
		Juçara (Euterpe edulis)	
		Laranja (Citrus sinensis)	
		Moringa (Moringa oleifera)	
Milho (Zea mays)			
Tomate cereja (Solanum lycopersicum)			
Quiabo (Abelmoschus esculentus)			

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa.

A sucessão das espécies nos dois SAFs estudados seguem um padrão de evolução vegetativa em direção a um estágio clímax, em que a comunidade vegetal atinge um equilíbrio ecológico estável e duradouro. Nesse processo, as espécies pioneiras, que têm o crescimento mais rápido, logo darão lugar a espécies secundárias e tardias, que têm crescimento mais lento e que são mais adaptadas às condições climáticas e do solo. As espécies arbóreas nos estágios iniciais da sucessão ecológica desempenham um papel crucial, facilitando o surgimento de outros indivíduos (BRAGA, 2008). Dessa forma, a agricultura sucessional atribui intensificação ecológica à produção agropecuária (PASINI, 2017).

Nas condições naturais, as plantas pioneiras ajudam a melhorar as condições do solo, protegem as culturas contra diversos efeitos ambientais, além de fornecerem condições para a geração posterior na linha de sucessão. Normalmente, essas plantas possuem um ciclo de vida curto como as gramíneas e os arbustos nativos de cada bioma. De acordo com Brancalion et al. (2015), com a sucessão vegetal contínua, o solo fica protegido e coberto permanentemente. Nos SAFs, entretanto, algumas das plantas de ciclo curto são de interesse econômico, como é o caso da melancia, da abóbora, do feijão, do tomate etc. Elas podem ser utilizadas para cumprir essa função ecológica de plantas pioneiras e geram outros benefícios ao agricultor, porém, normalmente são mais exigentes na fertilidade do solo. Nesses casos, os canteiros para implantação dos SAFs devem ter a sua fertilidade corrigida para atender as necessidades dessas plantas.

Imagem 1 – Sistema agroflorestal no bioma Mata Atlântica, com a utilização das entre linhas para horticultura.



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Imagem 2 – Sistema agroflorestal no bioma Caatinga, com a utilização de Palma forrageira consorciada a outras espécies de plantas.



Fonte: Acervo pessoal do autor.

5.2 Estratificação

A estratificação da floresta é um dos princípios de consociações (PENNEREIRO, 2002). Ela foi estudada e utilizada em ambos os SAFs, mostrou ser uma estratégia eficaz para aumentar a biodiversidade e a sustentabilidade desse sistema. Combinar espécies distintas em diferentes estratos permitiu que a luz solar fosse utilizada de forma mais eficiente, criando um ambiente favorável para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

A banana, que é uma cultura perene, foi usada como planta de estrato alto nos estágios iniciais de desenvolvimento em ambos os SAFs. A gliricídia e o ingá foram plantadas ao lado da bananeira, para compor o estrato alto do SAF no bioma Mata Atlântica. Verificou-se que essa combinação pode ser benéfica para a bananeira, que fica protegida contra o vento por essas culturas e também pode aproveitar o nitrogênio fixado por essas árvores leguminosas.

A acerola, a laranja e o mamão foram utilizados como estrato médio, fornecendo frutas e aumentando a biodiversidade do sistema. São excelentes opções de renda para o agricultor, pois apresentam alta demanda no mercado e podem ser colhidos ao longo de vários meses. Além disso, a presença dessas árvores frutíferas no sistema agroflorestal sintrópico contribui para melhoria da qualidade do solo e para atração de polinizadores.

A macaxeira, o tomate cereja, o feijão guandu e o quiabo foram cultivados para compor a camada baixa na estratificação. Essas culturas, além de fornecerem alimentos para o consumo humano e animal, são ótimas opções de renda para a família do agricultor e ainda contribuem para a melhoria da fertilidade do solo. Visto que, devido a grande quantidade de massa vegetal que produzem, beneficiam o desenvolvimento das demais culturas.

A melancia, a abóbora, o maxixe e a ora-pro-nóbis foram utilizadas nos estratos rasteiro e usadas como uma cobertura do solo, auxiliando na redução da evaporação da água e controle de plantas espontâneas. Vale salientar que no período de 80 a 120 dias é possível realizar colheitas dessas culturas, fazendo com que esse rendimento seja incrementado ao sistema agrofloresta. Além disso, essas culturas também podem ajudar a melhorar a fertilidade do solo através da adição de matéria orgânica e nutrientes essenciais, contribuindo para a saúde e produtividade do sistema como um todo.

O margaridão foi usado nos canteiros do bioma mata atlântica com o objetivo de fornecer massa vegetal rica em fósforo para o sistema, servir de barreira contra o vento e criar um microclima para o plantio futuro de plantas ombrófilas, além de fornecerem sombra e abrigo para a fauna local.

A aroeira e o angico foram duas espécies utilizadas para compor o estrato mais alto nas agroflorestas, junto às outras plantas. Com isso, forma-se uma estratificação vertical diversificada que certamente contribui para a sustentabilidade do sistema, garantindo assim a floresta do futuro. A aroeira é uma árvore que pode variar de 8 a 15 metros de altura, apresenta tronco tortuoso e copa densa. Além disso, seu fruto é muito valorizado na gastronomia, possui propriedades medicinais e terapêuticas. O angico é uma planta típica do bioma caatinga, apresenta tronco tortuoso e casca grossa, podendo chegar até 30 metros de altura. Ele é utilizado na medicina popular para tratar diversas doenças, na construção civil e na produção de carvão vegetal.

A moringa foi utilizada com o espaçamento de 4 em 4 metros, por conta da estratificação utilizada nesse sistema sintrópico, mas ela pode ser cultivada em diferentes estratos, como o estrato (arbóreo), médio (arbustivo) ou baixo (herbáceo), devido às suas múltiplas funcionalidades e facilidade de manejo. No estrato alto, a moringa pode ser plantada junto com outras árvores frutíferas, como a acerola e a laranja, fornecendo sombra e diversidade ao sistema. No estrato médio, a moringa pode ser plantada junto com outras plantas de porte médio, auxiliando na formação de barreiras de proteção contra o vento e a erosão do solo.

Já no estrato baixo, a moringa pode ser cultivada juntamente com outras plantas como o feijão guandu e o quiabo, ajudando a fixar nitrogênio no solo e aumentando a fertilidade do sistema, pois aceita bem a poda, tendo facilidade na rebrota. A Moringa apresenta propriedades medicinais, o que a torna uma opção interessante para quem busca diversificar a produção em sistemas agroflorestais. Além disso, a moringa é uma espécie comestível e suas folhas e sementes possuem alto valor nutricional, sendo utilizadas na alimentação humana e animal.

Em resumo, observou-se que a estratificação em sistemas agroflorestais sintrópicos pode ajudar a aumentar a resiliência do sistema, reduzindo a dependência de uma única cultura e criando um ambiente mais favorável para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Além disso, a estratificação pode contribuir para a recuperação de áreas degradadas, aumentando a biodiversidade e melhorando a qualidade do solo. Dessa forma, cada uma das espécies utilizadas nos SAFs, possuem a capacidade de contribuir para complementar o consórcio e fazer com que as outras prosperem melhor (GÖTSCH, 1997).

Imagem 3 – Canteiros agroflorestais com a presença da estratificação, nos biomas Mata Atlântica e Caatinga, respectivamente.



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Na imagem 3, encontra-se ao lado esquerdo a Bananeira (*Musa* spp.), planta herbácea perene que funciona como facilitadora para o cultivo da Abóbora (*Cucurbita* spp.), que é uma planta rasteira e mantém o solo sempre coberto. Ao lado direito encontra-se a Moringa (*Moringa oleifera*), árvore de rápido crescimento junto da trepadeira ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*), sem trazer prejuízo para ambas. Esse consórcio funciona porque cada espécie ocupa um estrato diferente, permitindo esse tipo de arranjo e facilitando o manejo Agroflorestal.

5.3 Fertilidade do Solo

A natureza possui a capacidade de se auto regenerar, contudo dependendo do nível de impacto que sofreu, esse processo pode ser muito custoso (REBELLO; SAKAMOTO 2021). A intervenção humana pode auxiliar nesta etapa e diminuir esse

tempo, pois a melhoria do solo pode facilitar a regeneração edáfica e biológica, isso permitirá um melhor desenvolvimento das plantas. Além disso, muitos solos apresentam baixa fertilidade de forma natural, com isso a utilização da análise de solo e as possíveis correções são indispensáveis em qualquer que seja a área que esteja sendo utilizada para o plantio, pois facilita o desenvolvimento vegetal inicial.

As análises dos solos, nos dois biomas, mostraram variações significativas na maioria dos atributos químicos analisados (Tabela 4). A correção realizada no início da implantação dos SAFs trouxe melhorias nas condições do solo, com isso as culturas mais exigentes em nutrição puderam se desenvolver adequadamente. É importante ressaltar que a área dos SAFs não foi corrigida integralmente, mas apenas nos canteiros e nos berços onde as culturas foram plantadas. Dessa forma, é possível reduzir custos e priorizar as áreas que serão mais utilizadas.

Tabela 4 – Atributos químicos dos solos da área de cultivo, antes e depois da implantação dos Sistemas Agroflorestais em dois biomas no estado de Alagoas.

Atributos químicos do solo	Mata Atlântica		Caatinga	
	Antes	Depois	Antes	Depois
pH (em água)	4,83	5,7	5,6	5,9
P (ppm)	3,67	18	24	29
K (Cmolc/dm ⁻³)	0,16	0,33	0,14	0,2
Ca (Cmol _c /dm ⁻³)	1,80	2,6	0,8	1,8
Mg (Cmol _c /dm ⁻³)	0,73	1,3	0,8	1,1
Al (Cmol _c /dm ⁻³)	0,62	0,00	0,00	0,00

H + Al (Cmol _c /dm ⁻³)	5,23	3,63	1,4	0,5
S (Soma das Bases)	2,69	4,23	1,74	3,1
CTC. Efetiva	3,31	4,23	1,74	3,1
CTC pH 7.0	7,92	7,87	3,14	3,5
% V (Sat. de Bases)	33,9	53,7	55,4	88,5
% M (Ind. Sat. de Al)	18,73	0,0	0,0	0,0
Mat. Org. Total (%)	3,45	3,29	0,61	0,72

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa.

De forma geral, antes da implementação dos Sistemas Agroflorestais, observou-se que o solo no bioma Mata Atlântica estava mais degradado em termos químicos em comparação ao solo do bioma Caatinga. Essa constatação é baseada na baixa acidez do solo (pH), na baixa quantidade de bases presentes, no baixo teor de fósforo e na presença de níveis moderadamente tóxicos de alumínio no solo daquele bioma. No solo da Caatinga, por sua vez, os fatores limitantes ficaram por conta dos baixos teores de cálcio e potássio. Por se tratar de um solo arenoso, era esperado que o mesmo tivesse baixa CTC, o que torna esse solo bastante dependente da matéria orgânica.

Os insumos utilizados demonstraram eficiência na correção do solo, proporcionando melhores condições para o crescimento das plantas. Para a correção desses fatores limitantes, foram utilizados insumos de base agroecológica nos dois SAFs. Os principais foram: calcário para a correção de cálcio e magnésio; fosfato natural reativo para a correção do fósforo; matéria orgânica na forma de torta de filtro de cana-de-açúcar no bioma Mata Atlântica e esterco caprino no bioma Caatinga, pois são os materiais orgânicos mais abundantes em cada região.

A utilização do calcário foi fundamental para o aumento dos níveis de cálcio e magnésio. Nos dois biomas, a aplicação do calcário dolomítico ajudou a neutralizar a acidez do solo, elevando o pH para níveis mais adequados para o desenvolvimento das plantas. No bioma Mata Atlântica o nível de cálcio teve um leve aumento enquanto que o magnésio teve um aumento mais expressivo em relação à amostragem antes do plantio. A escolha do calcário dolomítico pode estar diretamente relacionada ao efeito observado, uma vez que esse tipo de calcário possui um conteúdo de magnésio maior em comparação com o calcário calcítico e o calcário magnesiano.

O fósforo teve seus níveis aumentados nos dois biomas estudados. É possível que o aumento nos níveis de fósforo seja atribuído ao uso do hiperfosfato de Gafsa. Essa fonte de fósforo é conhecida por ser rica em fósforo de baixa solubilidade, frequentemente utilizada na agricultura para fornecer este nutriente essencial às plantas perenes. No presente trabalho, esse fosfato natural reativo se mostrou eficiente para a elevação do fósforo para níveis considerados adequados. No entanto, é importante destacar que outros insumos utilizados, como os esterco de animais e as cinzas, também podem ter contribuído para esse efeito. Os esterco de animais e as cinzas são conhecidos por serem fontes de nutrientes, incluindo o fósforo. Esses insumos podem liberar fósforo gradualmente no solo, fornecendo uma fonte adicional desse nutriente para as plantas. Portanto, a combinação desses insumos com o hiperfosfato de Gafsa pode ter contribuído para o aumento dos níveis de fósforo observados no estudo. Além disso, a elevação do pH do solo pode ter aumentado o teor de fósforo. O pH do solo desempenha um papel importante na disponibilidade de nutrientes para as plantas. Em solos com pH mais elevado, o fósforo tende a estar mais disponível para as plantas. Isso ocorre porque a alcalinidade pode ajudar a liberar o fósforo ligado aos minerais do solo, tornando-o mais acessível para as plantas.

A matéria orgânica teve comportamentos diferentes nos dois biomas estudados. No solo da Mata Atlântica, não houve grandes alterações na matéria orgânica, enquanto que no solo do bioma Caatinga observou-se um leve aumento nos níveis desse atributo. A matéria orgânica do solo é composta por resíduos vegetais e animais em diferentes estágios de decomposição. Ela desempenha um papel fundamental na fertilidade e na saúde do solo, influenciando sua capacidade de retenção de água, aeração, estrutura e disponibilidade de nutrientes. Contudo,

ela pode ser adquirida e incorporada ao solo no decorrer do tempo a partir da utilização da poda das espécies plantadas, auxiliando diversos processos como: aumento da taxa fotossintética, estímulo da microbiota do solo, melhoria da disponibilidade de nutrientes às plantas; esse material disposto sobre o solo recupera a fertilidade local (REBELLO; SAKAMOTO, 2021).

Na Mata Atlântica, a diminuição da matéria orgânica pode ter ocorrido devido a fatores como a remoção de vegetação nativa, a intensificação das atividades agrícolas ou a exposição a processos de degradação do solo. Esses fatores podem ter levado à perda de matéria orgânica do solo ao longo do tempo.

Por outro lado, no bioma Caatinga, o leve aumento nos níveis de matéria orgânica pode estar relacionado a fatores como a presença de plantas adaptadas a condições áridas, que produzem uma quantidade significativa de resíduos orgânicos. Além disso, práticas de cobertura do solo, plantio adensado e irrigação podem ter contribuído para o aumento da matéria orgânica nesse bioma.

É importante destacar que a matéria orgânica do solo é um recurso valioso e sua manutenção ou aumento é crucial para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e ecossistemas naturais. A diminuição da matéria orgânica pode levar à degradação do solo e à redução da sua capacidade produtiva. Portanto, estratégias de manejo do solo que visem à preservação e ao aumento da matéria orgânica são essenciais para garantir a saúde das plantas e a produtividade vegetal.

5.4 Cobertura do Solo

Diversos especialistas recomendam cobrir o solo com material vegetal, em especial para sistemas agroecológicos, por conta dos seus diversos benefícios e funções (SOUZA; RESENDE, 2006). Dentre os principais, se destaca: a conservação e a preservação do solo, a retenção da umidade no solo, a minimização do impacto das gotas de chuvas sobre o solo e a estabilização da temperatura do solo. Dessa forma, foi indispensável utilizar essa prática nos SAFs implantados em ambos os biomas. Nesse sentido, essa técnica foi realizada utilizando bastante material vegetal picado e plantas rasteiras cultivadas, como mostra a imagem a seguir.

Imagem 4 – Canteiros agroflorestais cobertos com material vegetal picado e plantas vivas, nos biomas Mata Atlântica e Caatinga, respectivamente.



Fonte: Acervo pessoal do autor.

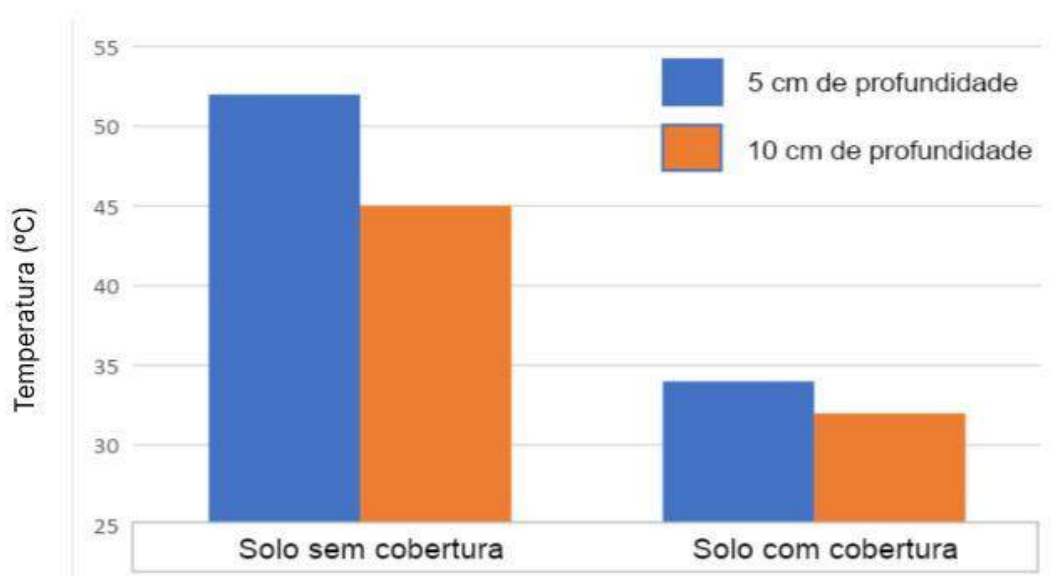
A temperatura média do solo foi estimada a partir de cinco medidas que foram feitas em duas profundidades nos canteiros do Sistema Agroflorestal localizado no Semiárido Alagoano, com o auxílio de um termômetro de solo. O bioma escolhido para essa análise foi a Caatinga, visto que é o local onde mais sofre com as incidências solares e a escassez hídrica. Dessa forma, as altas temperaturas tendem a ser mais frequentes e nocivas às plantas.

Imagem 5 – Temperatura do solo ao meio dia no canteiro do bioma Caatinga, com e sem cobertura vegetal, respectivamente.



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Gráfico 3 – Temperatura do solo em duas profundidades em canteiros de Sistema Agroflorestal localizado no Semiárido Alagoano, com e sem cobertura vegetal.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa.

A análise do gráfico acima mostra que a cobertura vegetal mantém a temperatura do solo mais baixa, quando comparada ao solo sem cobertura, independente da profundidade mensurada. Esses resultados evidenciam que ao adotar essa prática, evita-se flutuações extremas na temperatura do solo, o que prejudica as culturas plantadas. A temperatura mais estável e moderada proporciona um ambiente propício para o desenvolvimento das plantas, reduzindo o estresse nelas. Além disso, a cobertura constante protege o solo dos efeitos negativos do sol e da chuva, evita a perda de água por evapotranspiração e a erosão do solo.

Nesse sentido, a utilização de plantas de cobertura desempenha um papel crucial na melhoria da qualidade física do solo (SOUZA, 2014). Essas plantas desempenham duas funções importantes: proteger a superfície do solo e fornecer matéria orgânica proveniente de suas partes aéreas e raízes. Essa combinação contribui para aprimorar as características físicas do solo, promovendo a sua estruturação e evitando processos indesejados como a compactação.

Portanto, é fundamental adotar um manejo baseado em princípios agroecológicos para favorecer a recuperação de ambientes e ecossistemas (GOTSCH, 1997). Uma prática essencial nesse sentido é a utilização de cobertura permanente do solo. Essa abordagem visa não apenas proteger o solo contra a erosão e a perda de nutrientes, mas também promover a biodiversidade e a ciclagem de nutrientes, contribuindo para aumentar a quantidade e a qualidade de vida consolidada no local.

5.5 Adensamento e biodiversidade

A distribuição das plantas cultivadas, escolhidas para esse plantio, permitiu a obtenção de uma alta biodiversidade e densidade de espécie nos canteiros agroflorestais nos dois SAFs estudados. Nesse sentido, introduzir árvores e outras espécies de diferentes ciclos de vida juntas e em alta densidade reduz o trabalho e promove um bom desenvolvimento das plantas (SOUZA, 2014). Cada uma das espécies foi plantada considerando o espaçamento no cultivo tradicional, ou recomendado pela literatura. O aumento na biodiversidade se deve, também, ao fato de que foi utilizado diversos espaços verticais por meio da estratificação e assim permitiu que uma diversidade maior de espécies pudessem dividir o mesmo espaço. O adensamento, por sua vez, é criado pela formação de maciços de plantas de

diferentes espécies ou não. Com isso, sobra menos espaço para o crescimento de plantas indesejadas e garante assim a perpetuação da espécie de interesse. A figura a seguir elucida um pouco dessa ideia.

Imagem 6 – Espécies de diferentes linhas sucessionais plantadas juntas em dois Sistemas Agroflorestais nos biomas Mata Atlântica e Caatinga, mostrando o adensamento e a biodiversidade de plantas presentes nesses plantios.



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Com base no que se pode observar em uma floresta, as plantas tendem a crescer uma sobre as outras aparentemente de forma aleatória, conferindo ao local uma grande biodiversidade e densidade cada vez maior. Isso faz com que a área permaneça sempre coberta de vegetação e repleta de alimentos disponíveis para os seres vivos que ali vivem. Dessa forma, o mais sensato é buscar se assemelhar a esse ambiente que vêm progredindo com sucesso no decorrer dos séculos para que assim seja possível alcançar a sustentabilidade também em plantios comerciais.

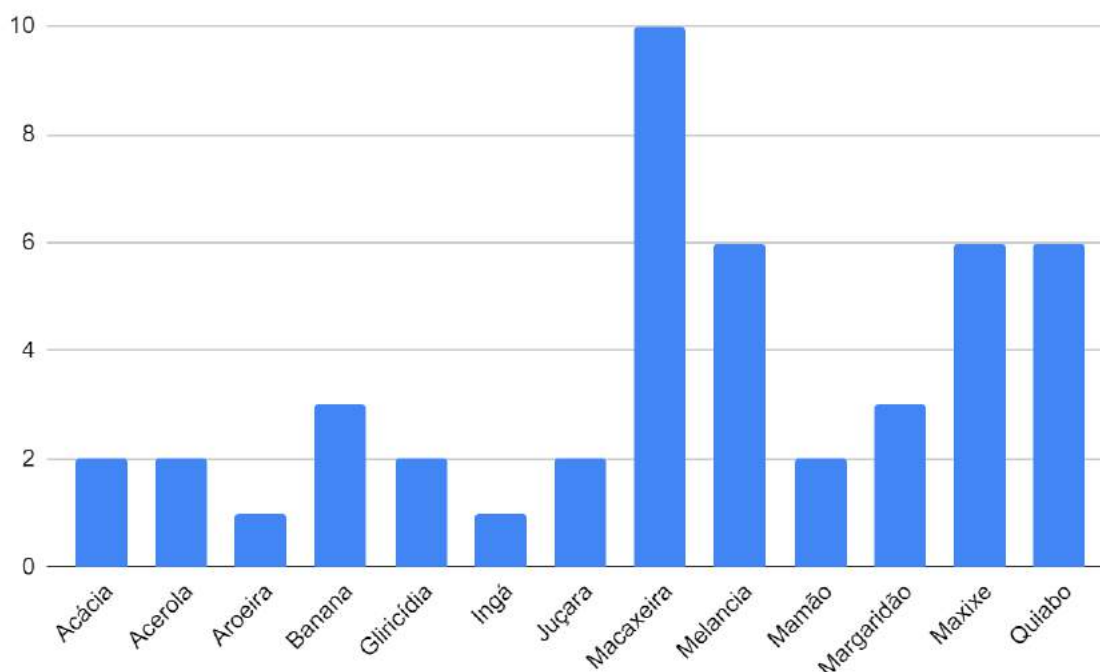
Ao utilizar essa lógica nos sistemas agroflorestais, é possível constatar uma cobertura da área bastante expressiva e rápida para os padrões locais em que se

utiliza em grande parte o plantio convencional. Com isso, após 30 dias já foi possível perceber uma quantidade considerável de vegetação se desenvolvendo e parte dos alimentos já puderam ser colhidos para o consumo humano.

O plantio adensado e biodiverso em sistemas agroflorestais é uma estratégia de manejo agrícola que busca maximizar a produção de alimentos e outros produtos, ao mesmo tempo em que promove a conservação e a regeneração do ecossistema. Assim como afirma Cardinale et al. (2012), os serviços ecossistêmicos tendem a melhorar com o aumento da biodiversidade.

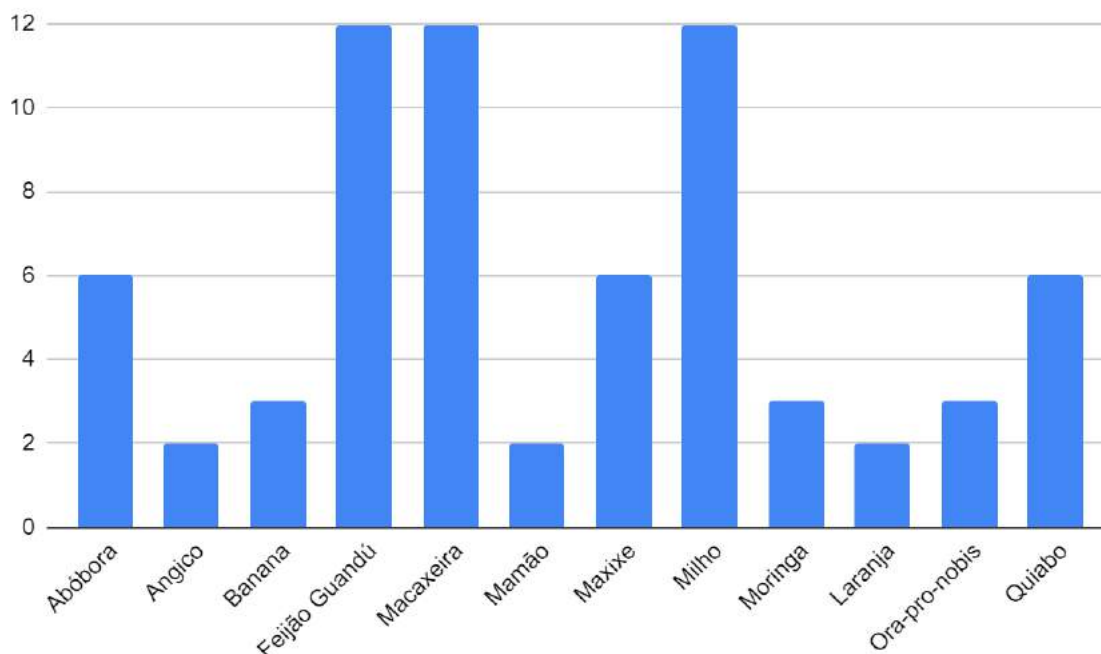
Esse tipo de plantio envolve o uso de uma grande variedade de espécies, incluindo árvores, arbustos e herbáceas. Essas plantas podem ser intercaladas e combinadas em diferentes padrões de plantio, com o objetivo de aumentar a biodiversidade e a interação entre elas. Nos dois SAFs estudados, foram utilizadas mais de dez espécies em cada canteiro.

Gráfico 4 – Distribuição de espécies plantadas no canteiro da Mata Atlântica.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa.

Gráfico 5 – Distribuição de espécies plantadas no canteiro da Caatinga



Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa.

Em um sistema convencional de cultivo é praticamente impossível colocar essa quantidade de plantas sem haver competição por luz, água e nutrientes. Nos sistemas agroflorestais, o plantio adensado tem como objetivo otimizar o uso do espaço disponível, aumentando a produtividade por unidade de área. Isso só é possível funcionar, com a utilização dos princípios supracitados.

O plantio adensado também tem a vantagem de melhorar a eficiência na absorção de nutrientes e de água no solo, visto que os insumos disponibilizados são melhor aproveitados, reduzindo assim a necessidade de fertilizantes e de irrigação. Por outro lado, o plantio biodiverso utilizado em sistemas agroflorestais busca aumentar a diversidade de espécies de plantas, promovendo a regeneração do solo e a melhoria da qualidade do ambiente como um todo. Essa estratégia pode ajudar a reduzir a pressão sobre as áreas naturais remanescentes, visto que os locais destinados para o plantio podem ser melhor aproveitados e assim diminui-se a necessidade de buscar novas áreas. Nesse sentido, é possível promover a produção de alimentos e de diversos outros tipos de produtos de origem vegetal. Além disso,

permite que se tenha um ambiente mais adequado para os diversos seres vivos, pois a tendência é a de que seja um local similar a uma floresta.

Vale salientar que algumas dessas plantas fazem parte da placenta, na ordem sucessional. Ou seja, elas ficam no sistema de seis meses a um ano e depois se despedem, dando lugar a outras plantas na ordem de sucessão. Então, para não diminuir a biodiversidade na área, é necessário plantar as culturas da ordem seguinte na sucessão. Esse plantio pode ser feito já na implantação, ou pode ser feito em um momento posterior. Por exemplo, a abóbora, o maxixe, o mamão, a macaxeira não estarão no sistema depois do primeiro ano. Em seus lugares podem ser plantadas outras espécies que fazem parte da ordem sucessional seguinte, como por exemplo, árvores frutíferas de médio porte, árvores nativas emergentes, entre outras, dependendo do planejamento e do objetivo do sistema agroflorestal. Esse manejo da sucessão é importante para garantir a sustentabilidade do sistema, mantendo a biodiversidade e a produtividade ao longo do tempo.

O plantio adensado em sistemas agroflorestais não tem apenas o objetivo de aumentar a produtividade por unidade de área, como é feito no plantio convencional. Trata-se de uma técnica de cultivo em que as plantas são colocadas mais próximas uma das outras, ou em maior quantidade, para que possam ser manejadas com o uso da poda. Com isso, garantir que a quantidade adequada de plantas chegue na idade adulta. Pode ser considerado um tipo de melhoramento vegetal, a utilização desse tipo de manejo ajuda a controlar o crescimento das árvores e das outras plantas, sem comprometer a sua produtividade. Além disso, a produção excedente de material vegetal garante a cobertura permanente do solo. Isso acontece de forma similar nas florestas por meio da seleção natural, a natureza planta com bastante generosidade, sempre de forma exponencial.

A utilização do princípio da biodiversidade em um reflorestamento, às vezes, se torna inviável devido ao alto custo. Por isso, construir ilhas de fertilidade, núcleos ou espaços de abundância pode resultar em uma floresta produtiva em um tempo mais hábil. Neste trabalho foi possível observar que após a construção de canteiros repletos de biodiversidades, os espaços circunvizinhos começaram a absorver essa energia, podendo também apresentar desenvolvimento. Mostrando que a tendência natural é a de que a vegetação recubra todo o lugar.

Por fim, é importante lembrar que o espaçamento adequado contribui para um bom desenvolvimento das plantas, favorece a incidência de luz solar e facilita a

circulação de ar, o que ajuda a prevenir o aparecimento de distúrbios ambientais. Dessa forma, o espaçamento ideal pode influenciar na produtividade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agrofloresta é uma técnica de cultivo que combina produção agrícola e conservação ambiental, utilizando princípios da natureza presentes nas florestas. Os SAFs são mais similares a ecossistemas naturais em termos de conservação da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos. Dessa forma, quando são construídos sob a ótica da agroecologia, apresentam externalidades positivas não só para os recursos naturais, mas também permitem benefícios econômicos, sociais e culturais.

Com base no que foi visto neste trabalho, é possível considerar os Sistemas Agroflorestais como alternativa bastante viável para a promoção do desenvolvimento sustentável. Em ambos os SAFs, o uso dos princípios foi determinante para a implantação dos mesmos. A utilização desse método de cultivo baseado nos princípios da sucessão ecológica, estratificação, construção da fertilidade do solo, manutenção da cobertura do solo, adensamento e alta biodiversidade contribuiu para tornar o sistema autossuficiente. Dessa forma, esses princípios devem ser respeitados para garantir que o sistema permaneça produtivo e se mantenha na direção da abundância.

A agrofloresta é um caminho promissor para a produção de alimentos mais saudáveis, sustentáveis e benéficos ao meio ambiente. Nesse sentido, é fundamental combinar os conhecimentos tradicionais com as técnicas atuais, potencializando a produção e adaptando-se ao funcionamento natural das florestas. Além disso, é essencial aplicar os princípios aprendidos e compreender a função de cada um, bem como entender sua inter-relação. Dessa forma, eles podem ser utilizados em diversas áreas e biomas do estado de Alagoas, do Brasil ou em qualquer lugar do mundo. Isso pode beneficiar toda a humanidade, caminhando em direção à redução da pobreza e à produção agroecológica. Portanto, promover o cultivo de alimentos em abundância e incentivar o desenvolvimento sustentável.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, R. C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 175-185, 1995.
- ANDERSON, A. B.; POSEY, D.A. Reflorestamento indígena. **Ciência Hoje**, v.6, p.31, n.44-50, 1987.
- AULAR, J. NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 4, p. 1214-1231, 2013.
- ARRUDA J. A. et al. Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos do solo e resposta das culturas. **Revista principia**, p. 30, João Pessoa, 2016.
- ASSIS, J.M.O.; LACERDA, F.F.; SOBRAL, M.C.M. Análise de detecção de tendências no padrão pluviométrico na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.2, p.320-331, 2012.
- BBC BRASIL. **A espécie humana evoluiu em uma taxa cem vezes mais alta nos últimos cinco mil anos, do que em qualquer outro período**. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/story/2007/11/071102_evolucao.shtml. Acesso em: 21 set. 2022.
- BEZERRA, J. M. et al. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18 (1), 73–84, 2014.
- BRAGA, D. V. V. **Áreas degradadas do Bioma Caatinga na região de Xingó**, Brasil: Processo de X Recuperação Ambiental (Dissertação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 2008.
- BRANCALION, P. H. S. et al. Iniciativas de Restauração Florestal no Brasil e a Nova Lei Florestal. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 303-328, 2015.
- BROWN, J.H. Why are there so many species in the tropics?. **Journal of Biogeography**, v. 41, p. 8-22, 2014.
- BUARQUE, C.; NASCIMENTO, M. O cio da terra. In: MILTON. São Paulo: **EMI Music Brasil**, 1981.
- CARDINALE, B.J., DUFFY, J.E., GONZALEZ, A., HOOPER, D.U., PERRINGS, C., VENAIL, P., NARWANI, A., MACE, G.M., TILMAN, D., WARDLE, D.A., KINZIG, A.P. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, 486(7401), p.59, 2012.
- CARDOSO, I. M. et al. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. **Agricultural Systems**, v.69, p.235-257, 2001.
- CLIMATEMPO. **Médias climatológicas de Messias - AL**. 2023. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/4885/inhapi-al>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- CLIMATEMPO. **Médias climatológicas de Messias - AL**. 2023. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/5722/messias-al>. Acesso em: 20 jul. 2023.

COSTA, T. G. A. et al. Dinâmica de Carbono do Solo em Unidade de Conservação do Cerrado Brasileiro sob diferentes fitofisionomias. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 4. p. 306-323, 2018.

DRUMOND, M. A. et al. Perda da diversidade florística e faunística e aceleração do processo de erosão e declínio da fertilidade do solo e da qualidade da água pela sedimentação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2000, Londrina. Anais. Londrina: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1-5, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, p. 212, 1997.

EMBRAPA. **Sistemas agroflorestais: uma alternativa para a Amazônia**. Brasília: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1083577/sistemas-agroflorestais-uma-alternativa-para-a-amazonia>. Acesso em: 17 janeiro de 2023.

EMBRAPA. **Uso de princípios agroecológicos na produção de alimentos**. Brasília, DF, 2015.

EWING, B. S.; GOLDFINGER, A.; OURSLER, A.; REED, D; WACKERNAGEL, M. The ecological footprint atlas. **Oakland**: Global Footprint Network, 2009.

FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura). Relatório sobre a fome no mundo em 2011: volatilidade e alta dos preços devem continuar. **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação**, 2011. Disponível em: <https://www.fao.org.br/rsfm2011vapdc.asp>. Acesso em: 18 de agosto de 2022.

FRANCO, F.S. Sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na zona da mata de Minas Gerais. **Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, MG, 2000.

GLOBO RURAL. O que é Agricultura Sintrópica? **Fazenda Ouro Fino**. [S.l.]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3P1DJXEFY84>. Acesso em: 20 de janeiro de 2023.

GÓMEZ-POMPA, A., A. Posible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical. **Biotropica**, Lawrence; 3: p. 125-35, 1971.

GÓMEZ-POMPA, A.; VASQUEZ-YANES, C. Estudios sobre la regeneración de selvas en regiones calido-húmedas de México. In: Gómez-Pompa, A.; Del Amo, R. (eds). Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Vera Cruz, México. México: **Compañía Editora Continental**. p. 1-27, 1985.

GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA. p. 22, 1995.

GÖTSCH, E. Homem e Natureza: cultura na agricultura. Recife: **Recife Gráfica Editora**, 1997.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; NASCIMENTO, R. L. do. **Biofertilizantes: alternativa para uma agricultura sustentável**. Viçosa, MG: UFV, 2009.

LUZ, J. M. Q. et al. Calagem em sistemas de produção agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v.17, n.32, p.1-16, 2020.

MICCOLIS, A. et al. **Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: Como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga**. Brasília: ISPN/ICRAF, p. 266, 2016.

Ministério do Meio Ambiente. (2023). **Áreas Degradadas**. Recuperado em 26 de agosto de 2023, de http://www.mma.gov.br/estruturas/166/_arquivos/areas_degradadas_250.pdf

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Biodiversidade brasileira: **avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA, 2002.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. **Long-term ecological research program: Twenty year review**. Estados Unidos, 2002.

NAKAJIMA, J.N. Diversidade e riqueza de espécies da flora do Cerrado e da Caatinga. **Congresso Mineiro de Biodiversidade**. Palestras. CD-RON, 15p, 2006.

ODUM, E. P. Ecologia. **Ed. Guanabara**, 1988.

PASINI, F.S. A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável. 104f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação)** - Universidade Federal Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

PENEIREIRO, F. M. Fundamentos da agrofloresta sucessional. **Agenda Gotsch**, Bahia, 2014.

PENEIREIRO, F. M. **Fundamentos da agrofloresta sucessional**. In: II Simpósio de Agrofloresta Sucessional, Aracaju, 2003.

PINHEIRO, L.C.M. Pastoreio racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio. São Paulo: **Expressão Popular**, p. 376, 2010.

PORTAL DIA DE CAMPO. (2011). **Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil**. Recuperado em 10 de fevereiro de 2022, de <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/876529/1/DegradaAEodoSoloeDesertificaAEo noNordestedoBrasilPortalDiadeCampo.pdf>

POWER, A.G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. Philosophical transactions of the royal society B: **biological sciences**, 365(1554), p. 2959-2971, 2010.

QUEIROZ, L. P. et al. Caatinga. IN: JUNCÁ, F.A.; FUNCH L.; R. WASHINGTON. **Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 96- 120, 2005.

QUESADA, C. A. et al. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. **Biogeosciences**, Göttingen, v. 8, p. 1415-1440, 2011.

RAMOS, S.F. et al. Sistemas agroflorestais: estratégia para a preservação ambiental e geração de renda aos agricultores familiares. **Informações Econômicas**, v. 39, n.6, p.37 - 48, 2009.

REBELLO, J. F S., & SAKAMOTO, D. G. **Agricultura sintrópica segundo Ernst Götsch**. São Paulo. Editora Reviver, 2021.

RIBASKI, J.; VILCAHUAMAN, L. J.M.; RODIGHERI, H. R. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2002.

ROSA, L. S. et al. Os quintais agroflorestais em áreas de agricultores familiares no município de Bragança-PA: composição florística, uso de espécies e divisão de trabalho familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 337-341, 2007.

SAARSALMI, A.; MÄKELÄ, M.; KUKKONEN, M. Ash fertilization--effects on soil acidity and plant nutrient availability. **Journal of Environmental Quality**, 39(5), 1625-1633, 2010.

SANQUETTA, C. R. Análise da estrutura vertical de florestas através do diagrama h-M. **Ciência Florestal**, v. 5, n. 1, p. 55-68, 1995.

SANTOS P.Z.F.; CROUZEILLES R; SANSEVERO J.B.B. Can agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem service provision in agricultural landscapes? A meta-analysis for the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management** ed. 433: p.140–145, 2019.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Sistemas Agroflorestais (SAFs): Conceitos e Práticas para Implantação no Bioma Amazônico**. 1. ed. Brasília: SENAR, 2017.

SILVA, J. R. M. da; FERREIRA, R. L. C.; FREITAS, M. A. V. de. Cobertura do solo com leguminosas e seus efeitos na fertilidade do solo e na produtividade das culturas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 8-15, 2014.

SOUZA, H. de C. S. Jardinagem Florestal. **Prelo**, 2014.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. Manual de Horticultura Orgânica. 2 ed. Viçosa: **Aprenda Fácil Editora**. 2006, p. 843, 2006.

TITO, G. A. et al. Efeito do vermicomposto enriquecido com pó de rochas na química do solo e cultura de rabanete. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, ISSN-e 1981-8203, Vol. 14, Nº. 4, págs. 506-511, 2019.

VAZ, P. Agroflorestas, clareiras e sustentabilidade. In: CANUTO, J. C. (Ed.). Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões. Aguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, p. 189-207, 2017.

VAZ, P. Agroforestería en Brasil: Una experiencia de regeneración análoga. **LEISA Boletín de ILEIA**. Lima, Peru. p. 5-7, 2001.

VIEIRA, L. C.; SILVA, M. L. da; CARNEIRO, J. P. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de *Hymenaea courbaril* L. submetidas a diferentes níveis de saturação por bases. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 37-45, 2015.

VOOS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília. v. 20, p. 775-778, 1985.

WOLSCHICK NH. Desempenho de plantas de cobertura e influência nos atributos do solo e na produtividade de culturas em sucessão. **Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)**. Lages: UDESC. p. 93, 2014.