



RURAL
SUSTENTÁVEL
CAATINGA



Tecnologias Agrícolas de Baixa Emissão de Carbono no Brasil e no Bioma Caatinga

CADERNOS PRS CAATINGA

EXECUÇÃO



REALIZAÇÃO



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Israel Klabin
Presidente

Walfredo Schindler
Diretor Executivo

PROJETO RURAL SUSTENTÁVEL CAATINGA

Pedro Leitão
Coordenador Geral

Renata Barreto
Analista Científico

Adriano A. Leitão
Analista Técnico

Liana Gemunder
Assistente Executiva

Carlos Alberto Alves
Especialista Financeiro

CADERNOS PRS CAATINGA

Anne Clinio
Consultoria de Comunicação

Isabel Lippi
Projeto Gráfico

Isabela Borsani
Diagramação

Elizabeth Barroso Lima
Revisão de Português

Tecnologias Agrícolas de Baixa Emissão de Carbono no Brasil e no Bioma Caatinga

Relatório Técnico

Bruna Guerreiro Tavares

Giselle Parno Guimarães

Vanina Zini Antunes de Mattos

Outubro 2020

Esta obra adota a licença Creative Commons BY-NC-SA



Você tem direito de:

- Compartilhar — copiar e redistribuir o material em qualquer suporte ou formato
- Adaptar — remixar, transformar, e criar a partir do material

O licenciante não pode revogar estes direitos desde que você respeite os termos da licença.

- Atribuição — Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso.
- Não Comercial — Você não pode usar o material para fins comerciais.
- Compartilha Igual — Se você remixar, transformar, ou criar a partir do material, tem de distribuir as suas contribuições sob a mesma licença que o original.
- Sem restrições adicionais — Você não pode aplicar termos jurídicos ou medidas de caráter tecnológico que restrinjam legalmente outros de fazerem algo que a licença permita.

Como citar:

TAVARES, Bruna G.; GUIMARÃES, Giselle P.; ANTUNES, Vanina Z. *Tecnologias Agrícolas de Baixa Emissão de Carbono no Brasil e no Bioma Caatinga*. Relatório Técnico. Projeto Rural Sustentável Caatinga (PRS Caatinga). Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), 2020.



Foto: Giselle Parno

SUMÁRIO

Apresentação	7
Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável	8
Antecedentes	9
1.Introdução	10
1.1.O bioma Caatinga e o Plano ABC.....	13
2. Agropecuária e convivência com a seca	17
3. Práticas agroecológicas	21
4. Tecnologias ABC	24
4.1 Fixação Biológica de Nitrogênio.....	26
4.2. Sistema Plantio Direto	29
4.3. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) / Sistemas Agroflorestais (SAF)	30
4.3.1. Considerações sobre Sistemas Agroflorestais (SAF)	36
4.4. Manejo Sustentável de Florestas Nativas (MSF)	37
4.5. Recuperação de áreas Degradadas com Florestas (RAD-F) e Recuperação de áreas Degradadas com Pastagem (RAD-P).....	39
4.5.1. Recuperação de áreas Degradadas com Florestas (RAD-F) / Florestas plantadas em propriedades agropecuárias	41
4.5.2. Recuperação de áreas Degradadas com Pastagem (RAD-P) em propriedades agropecuárias	44
4.6. Manejo de Dejetos Animais (MDA).....	47

4.7. Mitigação e adaptação às mudanças climáticas	50
5. Tecnologias ABC na Caatinga.....	56
5.1. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN).....	57
5.2. Sistema Plantio Direto (SPD)	60
5.3. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) / Sistemas Agroflorestais (SAF)	62
5.4. Manejo Sustentável de Florestas Nativas (MSF) - Manejo sustentável da Caatinga	66
5.5. Recuperação de áreas Degradadas com Florestas (RAD-F) e Recuperação de áreas Degradadas com Pastagem (RAD-P).....	70
5.5.1. RAD-F	72
5.5.2. RAD-P	73
5.6. Manejo de dejetos animais	75
5.7. Alimentação de ruminantes na Caatinga e o manejo alimentar para fermentação entérica com menor emissão de metano	76
5.8. Considerações a respeito das áreas de uso coletivo	78
6. Experiências de agricultura de baixo carbono na Caatinga	81
6.1. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN).....	83
6.2. Sistema Plantio Direto (SPD)	84
6.3. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) / Sistemas Agroflorestais (SAF)	85
6.4. Manejo Sustentável de Florestas Nativas (MSF)	92
6.4.1. Considerações a respeito das áreas de uso coletivo	93
6.5. Recuperação de áreas Degradadas com Florestas (RAD-F) e recuperação de áreas Degradadas com pastagem (RAD-P).....	94
6.5.1. RAD-F	95
6.5.2. RAD-P	100
6.6. Manejo de Dejetos Animais (MDA)	102
FONTE: AMAR ASSOCIAÇÃO.	104
6.7. Alimentação de ruminantes na Caatinga.....	104
7. Agricultura de baixo carbono na Caatinga.....	109
Referências	115
ANEXO 1: Roteiro das entrevistas semiestruturadas	133
ANEXO 2: Lista das entrevistas realizadas via internet e dos questionários respondidos via formulário online.	134
ANEXO 3: Formulário Online para preenchimento	137
ANEXO 4: Lista espécies vegetais - nome popular e científico	141

Apresentação

É com alegria que o Projeto Rural Sustentável Caatinga socializa os resultados de estudos sobre as tecnologias de agricultura de baixo carbono e outros temas relevantes para o desenvolvimento rural sustentável nesse bioma exclusivamente brasileiro. Nosso investimento em pesquisa visa preencher lacunas de conhecimento sobre a Caatinga, especialmente no que se refere aos limites e possibilidades da adoção dessas inovações por produtores da agricultura familiar no Nordeste brasileiro.

Neste volume dos “Cadernos PRS Caatinga”, apresentamos os resultados de um levantamento sobre as tecnologias agrícolas de baixa emissão de carbono (TecABC) consolidadas no país através do Plano ABC, as já implantadas ou em processo de implantação na Caatinga e informações sistematizadas sobre aquelas que exibem maior potencial de adequação às condições deste bioma. O estudo foi desenvolvido pelas consultoras Bruna Tavares, Giselle Parno e Vanina Antunes e oferece importantes subsídios para nossas ações e futuros investimentos em tecnologias de agricultura de baixo carbono na Caatinga.

As tecnologias de agricultura de baixo carbono são um conjunto de técnicas que orientam as atividades produtivas para a redução das emissões de gases de efeito estufa, a preservação dos recursos naturais e a manutenção do equilíbrio ambiental enquanto mantém ou ampliam a produção agropecuária de maneira sustentável. No entanto, na medida em que as tecnologias ABC foram desenvolvidas a partir de experiências de outros biomas, o Projeto pesquisa e constrói, em conjunto com os atores locais, estratégias para a adaptação destas tecnologias às especificidades da Caatinga. Ali, destacam-se as tecnologias sociais de convivência com o semiárido e a oportunidade de associar as atividades produtivas locais às agendas globais de sustentabilidade ambiental e social – especialmente no que se refere à conservação da biodiversidade e ao combate à desertificação.

O PRS Caatinga trabalha com o duplo objetivo de mitigar as emissões de gases de efeito estufa, principais agentes da mudança climática, e combater a pobreza na região. Para tal, sua principal estratégia é promover a adoção de tecnologias de agricultura de baixa emissão de carbono e o fortalecimento de arranjos produtivos regionais na perspectiva do desenvolvimento sustentável.

Boa leitura.

Pedro Leitão

Coordenador geral

Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável

www.fbds.org.br

A Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) é uma fundação privada, sem finalidades lucrativas, que há quase 30 anos vem trabalhando em projetos, pesquisas e estudos relativos ao meio ambiente e à sustentabilidade. Sua missão é difundir as melhores práticas de meio ambiente e sustentabilidade e influenciar públicos de interesse por meio da geração de conhecimento, contribuição na formulação de políticas públicas e realização de projetos de consultoria.

Objetivos

- Fomentar o conhecimento científico nas áreas de Mudanças Climáticas Globais, Ativos Ambientais (florestas, água, biodiversidade), Desenvolvimento Rural Sustentável e Sustentabilidade Urbana.
- Implementar projetos de energias renováveis, eficiência energética, mapeamento e monitoramento do uso do solo, recursos hídricos, recuperação de áreas degradadas, biodiversidade, gestão territorial, suporte a cadeias de produção sustentáveis, entre outros.
- Apoiar a formulação de políticas públicas, com isenção e independência.

Atuação

- Consultoria especializada, sempre que possível atuando em parceria com os mais conceituados especialistas e centros de pesquisa de excelência, para fornecer os melhores resultados para seus clientes.
- Think tank, com a realização de estudos e pesquisas; organização de seminários e workshops; e publicação de artigos técnicos, disponibilizando todo esse acervo ao público em geral e procurando subsidiar as políticas públicas brasileiras relativas ao meio ambiente e à sustentabilidade.
- Implementação, com pleno êxito, de cerca de 200 diferentes projetos. Os projetos e pesquisas da FBDS abrangem todos os biomas brasileiros: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal e Pampa.

Antecedentes

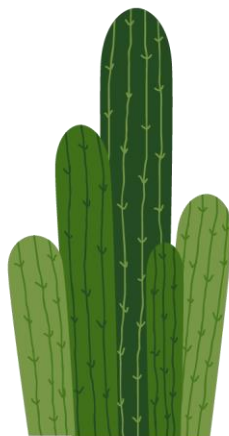
O presente estudo tem por finalidade contribuir com informações para o Componente 1 do Projeto Rural Sustentável Caatinga geração de conhecimento sobre o bioma referente: i) à avaliação do impacto das Tecnologias Agropecuárias de Baixa Emissão de Carbono (TecABC) na restauração e conservação do bioma Caatinga; ii) na adequação das tecnologias de baixo carbono presentes no Plano ABC para a Caatinga e iii) no estudo sobre estas tecnologias do Plano ABC com possibilidades demonstradas ou potenciais de adequação às condições do bioma Caatinga.

Este produto apresenta o levantamento sobre as tecnologias agrícolas de baixa emissão de carbono consolidadas em outros biomas, as já implantadas ou em processo de implantação na Caatinga e informações sistematizadas sobre as TecABC aplicadas na Caatinga.

O documento está dividido em oito seções. As três primeiras seções contextualizam as TecABC, as práticas agropecuárias e agroecológicas, e o bioma Caatinga. A seção 4 apresenta e descreve as TecABC consolidadas em outros biomas, que coincidem com aquelas presentes no Plano ABC. A partir deste levantamento, na seção 5 foi possível descrever como as TecABC estão presentes na Caatinga.

A seção 6 indica, a partir de entrevistas realizadas com especialistas de instituições locais e consultas bibliográficas, de que forma as práticas e técnicas agropecuárias de baixo carbono e as TecABC estão sendo implantadas na Caatinga. Estas conversas buscaram capturar as opiniões e avaliações sobre o tema, sob os pontos de vista técnico, econômico, financeiro, social e cultural. Nesse sentido, é interessante perceber que na Caatinga elas se misturam e se integram, uma vez que a estabilidade e a conservação do sistema são condições *sine qua non* para o estabelecimento das atividades agropecuárias na região.

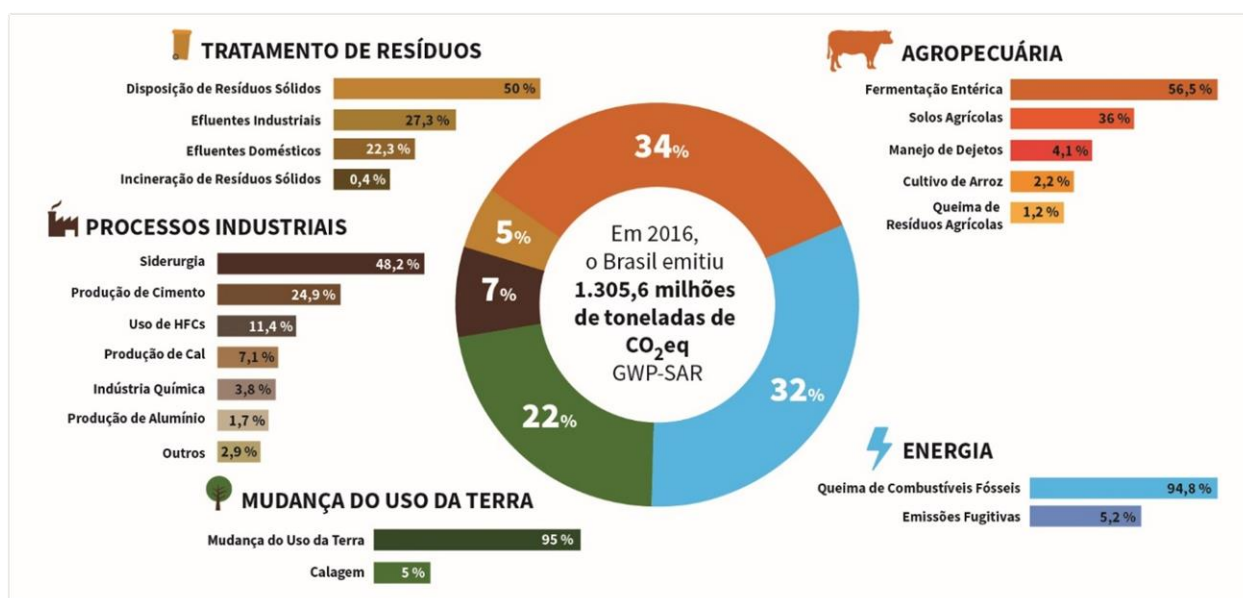
Na seção 7 buscou-se sintetizar as TecABC que seriam mais bem implementadas na Caatinga, considerando pontos fortes e fraquezas de cada uma delas, bem como o tempo de retorno no investimento da implantação. Foram ainda descritas considerações acerca da integração entre as tecnologias.



1. Introdução

O aumento excessivo de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera global, provenientes das mais diversas atividades humanas, tais como produção de energia, processos industriais, mudanças na cobertura do solo, entre outros, vem provocando alterações nas dinâmicas atmosféricas e, conseqüentemente, mudanças nos regimes de chuva, aumento dos períodos de secas, entre outras. De acordo com as estimativas brasileiras (BRASIL, 2019a), 34% das emissões brutas de GEE são provenientes das atividades agropecuárias (Figura 1). Além disso, a recorrente conversão de florestas nativas em áreas utilizadas para cultivos e pastagens fez com que o setor uso da terra, mudança do uso da terra e floresta (LULUCF) fosse o principal emissor destes gases no Brasil.

Figura 1: Estimativas das emissões brasileiras em 2016 por setor.



FONTE: ADAPTADO DE BRASIL, 2019A.

Por outro lado, sabe-se que sistemas agroflorestais podem assumir um papel importante na absorção de GEE, aumentando o estoque de carbono orgânico nos solos, mitigando as emissões e, portanto, sendo um efetivo componente para o balanço do CO₂, se utilizado um tipo de manejo adequado (BARRETO, 2009). Para tal, tem-se a **agricultura de baixo carbono (ABC)**, que busca reduzir ou evitar a emissão de GEE na atmosfera e ajudar na adaptação às mudanças climáticas, incentivando **práticas e técnicas sustentáveis** nas atividades agrícola e pecuária, as chamadas **Tecnologias Agrícolas de Baixa Emissão de Carbono (TecABC)**. Estas se baseiam em sistemas integrados, na reduzida movimentação do solo, na substituição de insumos, na melhoria da qualidade dos produtos de alimentação animal e dos dejetos gerados por eles, entre outras tecnologias que permitam preservar os recursos naturais, manter o equilíbrio ambiental e

reduzir as emissões de GEE, mantendo ou ampliando a produção agropecuária de forma sustentável (CERRI *et al.*, 2012; VIA VERDE, 2019; WRI BRASIL, 2019a).

No âmbito das discussões internacionais sobre mudanças climáticas, o Brasil assumiu na 15ª Conferência das Partes da ONU (COP-15) em 2009, em Copenhague, o compromisso voluntário de redução das emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% em relação às emissões projetadas até 2020. Para atingir essa meta foi criada a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) através da Lei nº 12.187/2009, que estabeleceu o desenvolvimento de planos setoriais de mitigação e adaptação à mudança do clima para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono (OBSERVATÓRIO ABC, 2019).

Um dos planos estabelecidos, entre outros, foi o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, um dos setores-chave das emissões brasileiras. Conhecido como Plano ABC, ele é uma política pública que contém ações voltadas à implementação de tecnologias para adaptar os sistemas produtivos do setor agrícola às mudanças climáticas e reduzir suas emissões de GEE (OBSERVATÓRIO ABC, 2019). Ele foi aprovado em maio de 2011 e teve participação ativa da sociedade civil, com representantes de instituições governamentais, não-governamentais e da iniciativa privada (BRASIL, 2012).

Os custos estimados para o Plano ABC foram de R\$ 197 bilhões para o período entre 2011 e 2020, financiados com fontes orçamentárias e por meio de linhas de crédito. Como principal linha de crédito e financiamento do Plano ABC, surgiu o Programa ABC, onde estão incluídos os Planos Agrícolas e Pecuários (PAP) como linha de investimento para a implementação das tecnologias para adaptar os sistemas produtivos do setor agropecuário às mudanças climáticas e reduzir suas emissões de GEE. Entretanto, este programa acabou ficando mais adequado à realidade do médio produtor (RODRIGUES, 2020). Já no caso dos estabelecimentos familiares, o Plano ABC cita outras fontes de financiamento, como o Programa Nacional de Agricultura Familiar - Pronaf Verde (BRASIL, 2012; OBSERVATÓRIO ABC, 2019).

No caso da Caatinga, o produtor é mais descapitalizado; portanto, a falta de regulamentação de recursos ambientais é sofrível para eles, os recursos destinados para a implementação dessas tecnologias são, até certo ponto, inacessíveis, e apenas os recursos de assistencialismo podem ser adquiridos para a região. Dessa forma, os recursos do Plano ABC nunca chegaram efetivamente na Caatinga, apesar dessas áreas apresentarem necessidades até maiores que outras regiões do agronegócio, tendo em vista o alto nível de degradação que apresentam (MORAES, 2020).

O Pronaf Verde teve seu início em 2003 e contempla quatro linhas de financiamento: Pronaf Agroecologia, Pronaf Semiárido, Pronaf Floresta e Pronaf ECO. O objetivo é acelerar o processo de transição da agricultura convencional (moderna) ¹ para uma alternativa sustentável, fortalecendo com apoio financeiro e assistência técnica as iniciativas que vêm sendo realizadas no âmbito das unidades familiares de produção (SAMBUICHI *et al.*, 2017).

Entretanto, é observada uma baixa demanda e desempenho do Pronaf Verde, atribuída aos obstáculos operacionais como a falta de divulgação e de conhecimento dos agricultores sobre as linhas de crédito, a

¹ Agricultura intensiva no uso de maquinários de grande porte, agrotóxicos e fertilizantes industriais, bem como redução considerável da mão de obra, de modo a ampliar a produtividade de cada sistema agrícola isoladamente. Mas que também é responsável pela redução da qualidade ambiental e da fertilidade das áreas agrícolas (SAMBUICHI *et al.*, 2017).

falta de assistência técnica adequada para elaborar os projetos de base ecológica, os custos elevados do processo de certificação orgânica por auditoria e as dificuldades burocráticas de acesso ao crédito junto aos bancos (SAMBUICHI *et al.*, 2017).

A estratégia do Plano ABC é investir em tecnologias mais eficientes na agricultura e na pecuária, buscando sistemas diversificados e o uso sustentável da biodiversidade e dos recursos hídricos, com apoio ao processo de transição por meio de algumas iniciativas, tais como organização da produção e desenvolvimento de pesquisas. O Plano também tem como meta promover esforços para reduzir o desmatamento de florestas decorrente dos avanços da pecuária e da fronteira agrícola (BRASIL, 2012) e prevê a implementação e desenvolvimento constante das TecABC, com técnicas e práticas agrícolas que proporcionam uma menor perda de carbono do solo na forma de CO₂ e aumentam a resiliência e eficiência dos sistemas produtivos, permitindo maior capacidade de adaptação para eventuais mudanças na temperatura, no regime hidrológico, características do solo, redução do desmatamento, entre outros.

Os dados da nota informativa do MAPA “Adoção e mitigação de Gases de Efeitos Estufa pelas tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC)”² indicaram que houve expansão de 27,35 milhões de hectares onde foram aplicadas as TecABC entre 2010 e 2018. Esta expansão representou 77% da meta de implementação das tecnologias e entre 68% e 105% da meta de mitigação (Mt CO₂eq.) que o Brasil assumiu para 2020 na COP-15 (BRASIL, 2019b).

De acordo com o Plano ABC, os sistemas de produção diversificados devem avaliar aptidões e características regionais para adequação das diferentes tecnologias, que devem estar baseadas na interação e integração entre agricultura, pecuária e floresta, ampliando a resiliência regional e o uso e a conservação dos recursos naturais. O desenvolvimento de pesquisas para melhoramentos das culturas para adaptação às mudanças climáticas e a organização de bancos de dados com as iniciativas de boas práticas em mitigação e adaptação são igualmente importantes para atingir o objetivo do plano (BRASIL, 2012). Todas essas medidas buscam a sustentabilidade ambiental, a geração de renda e a melhoria da qualidade de vida, reconhecendo prioridade de atuação no segmento da agricultura familiar.

O Plano ABC não estabeleceu nenhum recorte dos biomas brasileiros para atuação, porém algumas exigências para financiamentos dificultaram a entrada das áreas de Caatinga como beneficiárias. As dificuldades se relacionam basicamente a dois problemas: a dificuldade de acesso à assistência técnica, pois para conseguir financiamento é preciso desenvolver um projeto mais robusto, o que não é tão simples para os pequenos produtores; e a configuração do Plano em relação ao valor de faturamento da propriedade para ter acesso a ele, que é incompatível com o produtor de baixa renda da realidade local, de modo que o Pronaf se adequa melhor a essas demandas (RODRIGUES, 2020).

De acordo com o monitoramento do Plano ABC, todas as metas já foram atingidas e o MAPA está construindo a nova fase, que pretende lançar ainda em 2020, de modo a se alinhar ao compromisso nacionalmente determinado (NDC) do Brasil. Neste contexto, o Projeto Rural Sustentável Caatinga pretende avaliar e promover a adoção de tecnologias de baixo carbono para produção agropecuária que

² Gerada a partir da Nota Técnica de Estimativas Periódicas apresentadas pela Plataforma Multi-institucional de Monitoramento das Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Agricultura (Plataforma ABC) ao Comitê Diretor da Plataforma ABC, em outubro de 2018.

melhor se adequem ao bioma Caatinga, buscando, principalmente, aumentar a renda de pequenos e médios agricultores.

O objetivo deste produto é apresentar as tecnologias de baixa emissão de carbono existentes no Plano ABC, presentes em todos os biomas, e avaliar quais as tecnologias já implantadas ou em implantação na Caatinga. Para finalizar, serão indicadas e avaliadas tecnologias que ainda não são consideradas e contextualizadas como TecABC, além da sistematização de informações sobre as tecnologias ABC e técnicas e práticas agropecuárias de baixa emissão de carbono aplicadas na Caatinga.

1.1.O bioma Caatinga e o Plano ABC

A Caatinga é um bioma único no mundo e por isso, abriga muitas espécies endêmicas, uma riqueza muito própria e pouco conhecida. Porém, até o século XX, por falta de conhecimento e de estudos representativos acreditava-se que a Caatinga era um ecossistema sem fauna própria, composto por espécies comuns à Mata Atlântica e ao Cerrado (NICOLA *et al.*, 2016). Segundo KIILL & PORTO (2016), o baixo conhecimento do Bioma Caatinga é decorrente da carência de profissionais especializados envolvidos em projetos de levantamento sobre o bioma, da distância das instituições de pesquisa, e da descontinuidade de programas de apoio e linhas de pesquisa de longa duração.

A ocupação pelo “homem branco”, no início do século XVII, intensificou os desmatamentos e as queimadas, práticas que se tornaram, desde então, predominantes na agricultura de subsistência (ARAÚJO FILHO, 2020). Além disso, o governo brasileiro valorizava as áreas sem vegetação nativa, pois acreditava-se que as plantas da Caatinga não forneciam nenhum benefício. Criaram-se então argumentos para derrubar árvores, tais como: que atraem raios, que retiram água das plantas, entre outros, quando na verdade era uma estratégia para exploração de madeira na região (SANTOS, 2020a). Nesse contexto, ao longo de mais de 370 anos, enormes áreas foram desmatadas e queimadas em um processo extrativista e predatório, tornando mínima a área de vegetação original ainda existente na maioria dos estados nordestinos, com indicações de avanço dos processos de desertificação provocados pelas alterações climáticas (ARAÚJO FILHO, 2020). Além das queimadas e desmatamentos, outras atividades antrópicas são realizadas de forma desregrada na Caatinga, como a agropecuária com uso excessivo de fertilizantes químicos, herbicidas e agrotóxicos, que propiciam a redução da diversidade agrícola e de linhagens de rebanhos, gerando uma perda genética das espécies mais adaptadas à região (AZEVEDO *et al.*, 2015).

Outro ponto importante, que aumenta a pressão por desmatamentos na Caatinga, é o consumo de madeira para estacas (cercas) e como lenha para cocção, que tem base no alto preço dos recursos energéticos, como por exemplo o gás de botijão (MAZORRA *et al.*, 2019; CAETANO, 2020). Segundo VIEIRA (2020), 30% da matriz energética do Nordeste é proveniente de lenha e carvão da Caatinga. Entretanto, o uso dessa lenha de desmatamento não é apenas para consumo próprio dos sertanejos, pois há também uma crescente demanda por lenha para ser usada como fonte de energia para indústrias (cerâmicas, olarias, calcinação da gipsita) e pelos grandes consumidores na cidade, (fornos de padarias, pizzarias, etc) que usam lenha ilegal da Caatinga, pois o licenciamento e a fiscalização ambiental não são capazes de acompanhar esse ritmo.

Todas estas características, aliadas à irregularidade das chuvas, deficiência hídrica, baixa capacidade de adaptação e pobreza da população fazem da Caatinga um dos biomas mais vulneráveis, onde a criação de metas específicas dentro de um contexto nacional se torna muito importante para a adaptação da agricultura nesta região.

As regiões ocupadas pela Caatinga detêm apenas 2% da água disponível no país. Além disso, para cada 1 litro de água da chuva que cai sobre a terra, 3 litros evaporam de modo que a água precisa estar protegida do sol, a partir de estratégias como cisternas, barragens subterrâneas, entre outras. Portanto, a água é uma questão chave e qualquer prática sugerida para o semiárido tem, necessariamente, que estar vinculada à agenda da água, considerando modelos de captação e de armazenamento (PIRES, 2020; FERNANDES, 2020).

A flora da Caatinga tem uma capacidade de aproveitar a água de forma muito eficaz. As plantas armazenam água e florescem rapidamente após as primeiras chuvas, em cerca de 15 dias. Logo em seguida, suas folhas caem para evitar a perda de água e permitir a sobrevivência até a próxima chuva, florescendo quando está novamente se aproximando o período chuvoso. Tudo isso mostra a alta adaptação da flora às condições de aridez (CARVALHO, 2020a).

De acordo com VIEIRA (2020), a seca é uma questão inerente à Caatinga e portanto, não se deve tentar combater, mas sim aprender a conviver com ela, afinal, longos períodos de estiagem fazem parte do contexto local. Porém, é importante ressaltar que períodos mais longos e intensos de estiagem vêm sendo observados nos últimos anos, como a seca ocorrida entre 2011 e 2018.

O semiárido nordestino é a região com maior presença de agricultura familiar no país, onde vivem 1.700.000 famílias, e encontram-se 80% das comunidades quilombolas do país e várias etnias indígenas (PIRES, 2020). Na estrutura fundiária, a maior parte dos produtores possuem minifúndios (propriedades entre 2 e 3 ha) e são responsáveis por cerca de 60% da produção, porém em um baixíssimo percentual de terras e, portanto, com uma agricultura muito intensa (ARAÚJO FILHO, 2020; CARVALHO, 2020a). Soma-se a isso o fato de boa parte das pequenas propriedades do Nordeste estarem localizadas em áreas susceptíveis à desertificação e, conseqüentemente, sob o risco eminente ou, de alguma forma, já atingidas por esse processo (ACCIOLY *et al.*, 2019). A recorrência de secas na Caatinga faz com que a agricultura seja uma atividade naturalmente arriscada. Isso torna os agricultores familiares ainda mais vulneráveis devido ao impacto causado pela deficiência hídrica na produção agrícola (ANDRADE *et al.*, 2013).

A Caatinga, por suas características, é um bioma chave nas metas de redução de desmatamento e precisa de investimentos para implementação de projetos. Para AZEVEDO *et al.* (2015), a proposta de produzir alimentos e, simultaneamente, reduzir a emissão de carbono está baseada na capacidade de se observar o bioma Caatinga a partir de suas potencialidades e não de suas limitações. Assim, é necessário investir em uma lógica produtiva que se adapte às condições ambientais, ao invés de tentar transformá-las.

Com uma área pequena para produzir um pouco além do necessário para o sustento das famílias, e sob condições desfavoráveis de clima e solo, há muita pressão sobre os recursos naturais renováveis, resultando em superexploração e grande degradação dos sistemas produtivos dos pequenos proprietários ao longo do tempo. Segundo ARAÚJO FILHO (2020), isso leva ao declínio da produção agrícola e pastoril, para níveis incompatíveis com a geração de uma renda sustentável para as famílias agrícolas da região.

Por outro lado, segundo AZEVEDO *et al.* (2015), as famílias agricultoras acumulam um grande conhecimento sobre a flora e fauna da Caatinga, passado através das gerações pela oralidade; no entanto, a concorrência de todas estas informações com os meios de comunicação mais modernos põe em risco os saberes ancestrais. Este conhecimento abrange práticas de convivência com o semiárido e agroecológicas, que auxiliam o aumento da produtividade, reduzem as emissões de GEE e contribuem para a resiliência socioecológica da agricultura familiar, mas que, sozinhas, não são consideradas TecABC (GUYOT *et al.*, 2015). Ainda assim, é possível observar uma grande sinergia entre as Tecnologias ABC e as práticas agrícolas na Caatinga, principalmente no que tange à conservação do solo, ao controle da erosão, ao armazenamento de água e à garantia da segurança alimentar.

O Plano ABC cita a necessidade de especificar metas regionais de ações para controle das mudanças climáticas a partir do mapeamento de vulnerabilidades, priorizando a agricultura familiar. E, apesar do bioma Caatinga ser muito propício para o desenvolvimento de projetos voltados para a agricultura familiar, o Plano trata apenas dos biomas Amazônico e Cerrado, envolvendo ações que diminuem a pressão por desmatamento de novas áreas (BRASIL, 2012; ANDRADE *et al.*, 2013).

A estrutura de governança do Plano ABC é dividida em três níveis: nacional estratégico, nacional tático e estadual operacional. De acordo com o Plano ABC (BRASIL, 2012), cada estado pode (e deve) fazer seu próprio Plano ABC Estadual, o qual deve ser aprovado por meio de decreto. Estes planos institucionalizam o compromisso formal de cada estado em contribuir para a redução das emissões de GEE oriundas das atividades agrícolas e pecuárias. Eles são constituídos por grupos gestores estaduais, compostos por entes públicos, empresas e representantes da sociedade civil, incumbidos de promover a coordenação, a articulação e a elaboração dos Planos ABC Estaduais.

Segundo o Relatório nº 201700337 da CGU, em 2017, os Planos Estaduais de 25 unidades da Federação estavam elaborados, porém apenas 11 desses foram publicados nos respectivos diários oficiais e/ou em sites oficiais. Entre os 10 estados que compõem a Caatinga, foram encontrados os decretos ou resoluções que aprovam os Planos ABC estaduais de sete deles, como descrito na Tabela 1.

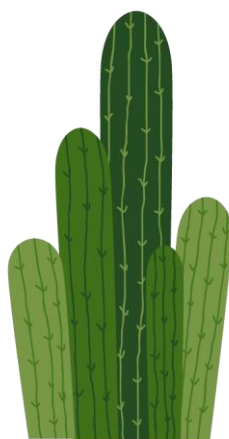
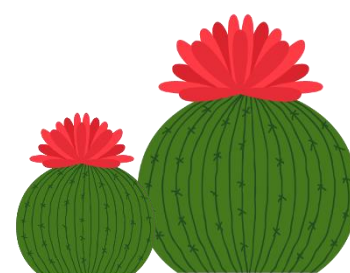


Tabela 1: Status das legislações sobre os Planos ABC no semiárido.

ESTADO	LEGISLAÇÃO DO PLANO ABC	STATUS
ALAGOAS	Decreto nº 47.825/2016	Versão parcial encontrada
BAHIA	Resolução SEAGRI nº 01/2013	Versão integral
MARANHÃO	Resolução SAGRIMA nº 02/2014	Versão parcial encontrada
MINAS GERAIS (parte norte)	Resolução Seapa nº 1.233/2013	Versão não encontrada
PARAÍBA	Decreto nº 36.407/2015	Versão integral
PERNAMBUCO	Decreto nº 45.165/2017	Versão integral
PIAUI	Decreto nº 15.518/2014	Versão parcial encontrada

Desse modo, entre os estados que abrangem o bioma Caatinga, apenas os Planos ABC Estaduais da Bahia, de Pernambuco e da Paraíba foram localizados em sua versão integral. Para os demais foram encontrados apenas os números de resolução e decretos, e os Planos de Sergipe, Rio Grande do Norte e Ceará não foram encontrados. Esse cenário mostra a dificuldade de acesso a esses documentos, dificultando a análise das ações, programas e projetos que foram propostos para cada estado. Para um melhor acesso às informações dos Planos ABC, seria interessante que estes fossem disponibilizados de forma transparente junto com o Plano ABC nacional.

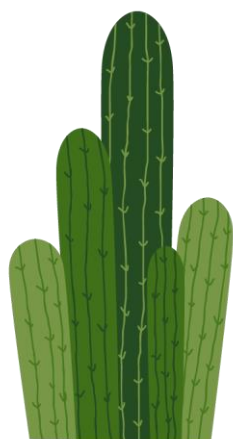


2. Agropecuária e convivência com a seca

As **práticas** agropecuárias são um conjunto de ações que partem de conhecimentos empíricos e/ou científicos, resultantes de tentativa e erro sendo melhorados ao longo do tempo. Já as **técnicas** agropecuárias são organizadas em métodos que podem estruturar uma prática para que ela seja melhorada ou adaptada a novos lugares e realidades. A técnica é elaborada a partir do conhecimento científico formal, com base em estudos e experiências controladas. Finalmente, as **tecnologias** abarcam um conjunto de técnicas ou práticas específicas que buscam o melhoramento dos sistemas produtivos. Vale ressaltar que esses termos têm uma sobreposição semântica, de acordo com o contexto aplicado, e que esta será a definição adotada neste trabalho, que pode não coincidir com o formato adotado em outros trabalhos.

As principais técnicas de produção agropecuária e de manejo de recursos naturais são adubação, plantio, controle de doenças e pragas, conservação do solo e da água. Elas são importantes para o desenvolvimento adequado das culturas, mas podem gerar impactos ao meio ambiente nas áreas onde são implantadas, caso não haja controle do uso de produtos químicos, dos processos de revolvimento do solo, da irrigação, entre outros (EMBRAPA MEIO NORTE, 2020). A conceituação de algumas dessas técnicas é importante para o desenvolvimento deste trabalho, de modo a esclarecer algumas questões relativas ao consumo de água nas propriedades agropecuárias da Caatinga.

Os sistemas produtivos podem seguir diferentes modelos em relação ao consumo de água, conforme a disponibilidade local, entre eles: agricultura irrigada (Box A), agricultura de sequeiro (Box B) e agricultura biossalina (Box C). Algumas culturas são bastante afetadas pela condição hídrica do solo, de modo que a falta ou o excesso de água, bem como as características físico-químicas do solo, em diferentes momentos do ciclo da cultura, podem causar redução na produtividade (CARDOSO, 2020). Portanto, é imprescindível conhecer a disponibilidade hídrica da região e as necessidades da cultura elegida.



BOX A - AGRICULTURA IRRIGADA

A irrigação é um importante mecanismo para obtenção de boa produtividade agrícola e deve ser planejada para priorizar as fases de maior necessidade de água da lavoura.

Neste sistema não há risco de perda por estresse hídrico, pois a lavoura pode ser implantada tanto durante o período chuvoso, com irrigação suplementar, quanto fora do período chuvoso, com irrigação total (CARDOSO, 2020). De acordo com a REVISTA AGROPECUÁRIA (2020), a irrigação pode se dar de diversas formas, conforme a disponibilidade de recursos e a cultura adotada. Entre elas:

- Irrigação por aspersão: a água é aspergida como uma chuva bem fina;
- Irrigação por microaspersão: a água é aspergida de forma mais localizada e uniforme;
- Irrigação autopropelidos: usa aspersores de médio ou grande alcance, conhecidos como canhões hidráulicos; e
- Irrigação por gotejamento: a água é transportada até cada planta caindo gota a gota por cima do solo. Este formato fornece o insumo de forma gradual e permite manter a umidade do solo mais próxima das necessidades reais da planta

BOX B - AGRICULTURA DE SEQUEIRO

Neste sistema, a lavoura precisa ser implantada durante o período chuvoso e o sucesso da safra depende do regime de chuvas. Quando há estiagem em períodos críticos de desenvolvimento da cultura, como o florescimento ou o enchimento de vagens, pode haver decréscimo no rendimento final, por isso é considerada uma agricultura de risco (CARDOSO, 2020).

BOX C - AGRICULTURA DE BIOSALINA

É uma prática decorrente do uso de água com teores de sal elevados para irrigar os plantios. É recorrente quando a água disponível na localidade tem uma qualidade inferior (rica em sais, com quantidades variáveis) e não há outras fontes de água disponíveis. Então o produtor vai usá-la para garantir a sobrevivência do rebanho e a irrigação da cultura anual (terminar o ciclo), mesmo com uma produtividade aquém do desejado (MORAES, 2020). Porém, o uso recorrente dessa água para irrigação, somado à elevada taxa de evaporação, aumenta o risco de salinização do solo (CAMPELLO, 2020; CARVALHO, 2020a).

No semiárido é comum que as águas dos poços sejam salobras, por conta da formação cristalina do subsolo presente na maior parte da região (CARVALHO, 2020a). De acordo com MORAES (2020), busca-se trabalhar junto aos agricultores para que organizem seu consumo de água: coletar água da chuva para os animais ou irrigação de suplementação, e, somente como último recurso, usar a água subterrânea, de forma a evitar esse processo de salinização do solo.

A relação com a água é importante em qualquer sistema agropecuário, para garantir o crescimento das culturas e o desenvolvimento dos animais. Na Caatinga é preciso trabalhar com a baixa disponibilidade hídrica, com a reduzida precipitação anual que ocorre em poucos dias (chuva muito concentrada) e com a elevada evaporação. Mesmo nas cidades onde existe água encanada, a água é intermitente. Portanto, a captação e a gestão da água são fundamentais para a implantação, aceitabilidade e permanência de qualquer tecnologia nesta região (CARVALHO, 2020a; VIEIRA, 2020).

As cisternas e estruturas de captação de água da chuva são importantes, principalmente para obtenção de água potável (CARVALHO, 2020a). As cisternas de primeira água (consumo humano e animais), com cerca de 16.000L, são comuns e bem aceitas pelos sertanejos e, em geral, uma casa consegue enchê-la a depender da intensidade da chuva. Mas a cisterna cheia não é suficiente para toda a época de estiagem e os agricultores compram água com carro-pipa para enchê-la novamente. Já as cisternas de segunda água (para produção agropecuária e usos menos nobres), com cerca de 32.000L (Figura 2), não são tão comuns. Elas contribuem muito para pequenas áreas de produção, como os quintais produtivos e hortas, porém não são suficientes para atender uma área de produção extensa. É possível também o estabelecimento de um conjunto de cisternas, composto, por exemplo, por 2 cisternas para a casa e 2 ou 3 para a irrigação (CAETANO, 2020; SANTOS, 2020a; VIEIRA, 2020).

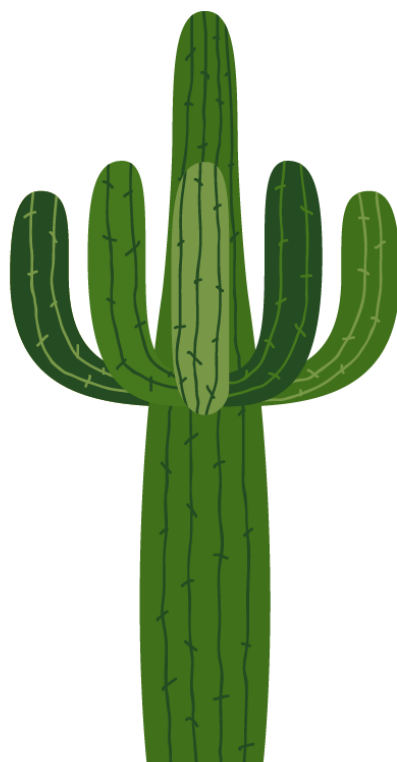
Figura 2: Cisterna de 2ª água



FONTE: AMAR ASSOCIAÇÃO

Na Caatinga, de acordo com CARVALHO (2020a), é perto das tecnologias sociais de captação e armazenagem de água que há plantio de pomares e hortas, além do estabelecimento de quintais produtivos. Todos eles têm maiores exigências por água, mas são importantes tanto para a segurança alimentar, quanto para a melhoria da qualidade alimentar dos agricultores, com a introdução de frutas e hortaliças.

No cenário de escassez hídrica da Caatinga, é importante também pensar no reaproveitamento de águas cinzas, utilizando um sistema simples de filtragem, como também de águas negras, em processos como a biodigestão. Porém essas ainda são iniciativas e tecnologias muito incipientes (CAETANO, 2020; VIEIRA, 2020).



3. Práticas agroecológicas

A agroecologia aplica os princípios e os conceitos da ecologia ao estudo e manejo de agroecossistemas sustentáveis por meio de práticas que buscam melhorar sua produtividade, imitando os processos naturais e criando sinergias e interações biológicas favoráveis entre os componentes do sistema. Para isso, aplica-se um conjunto de princípios básicos, tais como: reciclar os nutrientes e a energia em vez de introduzir insumos externos; diversificar espécies e recursos genéticos; focar nas interações e na produtividade do agrossistema como um todo e não nas espécies individuais (AECID, 2018).

Na Caatinga, o uso dessas práticas agroecológicas são comuns, principalmente pelo fato de serem passadas de geração em geração, como forma de manter a cultura regional viva, uma vez que as práticas agroecológicas se baseiam nos processos naturais, proporcionando, portanto, o resgate e a valorização dos conhecimentos tradicionais (AZEVEDO *et al.*, 2015). Além disso, sistemas de produção agroecológicos são biodiversos, resilientes, energeticamente eficientes, socialmente justos e podem ser a base para estratégias de soberania alimentar e energética, bem como para lidar com as presentes e futuras mudanças climáticas (GUYOT *et al.*, 2015).

Por outro lado, segundo CARVALHO (2020a), os tipos de cultivos mais dependentes de água estão próximos aos mananciais, como cebola, melancia e melão, e mais envolvidos com os modelos produtivos da agricultura irrigada. Portanto, a conversão para agroecologia nestes casos é mais difícil uma vez que os agricultores acreditam que precisam usar agrotóxicos e adubo. Além disso, como o sistema está degradado e com poucos nutrientes, é mais difícil ser produtivo sem o uso de insumos artificiais.

Atualmente, são cada vez mais frequentes as críticas ao passivo ambiental que vem sendo provocado pela agricultura moderna convencional, que é incentivada pelo crédito subsidiado (SAMBUICHI *et al.*, 2017), enquanto a agricultura orgânica, que produz alimentos sem a utilização de produtos químicos, desenvolve-se em apenas 1,4% do total de estabelecimentos agropecuários no Brasil. O incentivo econômico para a produção orgânica ainda é baixo, mesmo com o crescimento exponencial registrado entre 2006 e 2017, que saltaram de 5.106 para 68.716 estabelecimentos (CNM, 2019). De acordo com SAMBUICHI *et al.* (2017), é provável que apenas uma parcela ínfima dos recursos do Programa ABC tenha sido destinada para a produção orgânica de médios e grandes agricultores, sendo que, na safra 2015/2016, apenas 0,026% dos recursos foram destinados para essa finalidade. Em se tratando de estabelecimentos familiares, dentre as linhas de financiamento que formam o Pronaf Verde, o Pronaf Agroecologia representa apenas 0,01% do total dos contratos (SAMBUICHI *et al.*, 2017).

As práticas agroecológicas podem auxiliar no aumento da produtividade e reduzir as emissões de GEE, e não necessariamente são consideradas TecABC. Por outro lado, quando combinadas entre si e/ou executadas de maneiras específicas, compõem e complementam essas tecnologias. Dessa forma, pode-se dizer que as TecABC, formadas por um conjunto de técnicas agrícolas, podem ou não serem compostas por práticas agroecológicas.

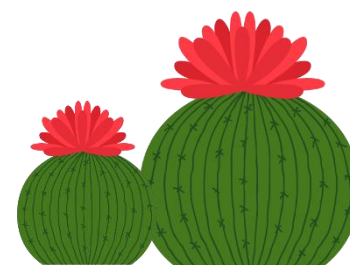
Na Tabela 2 estão listadas algumas das principais práticas agroecológicas (BRASIL ECOLÓGICO, 2017; SEMEAR INTERNACIONAL, 2017; CAMPELLO, 2020; CARVALHO, 2020a):

Tabela 2: Principais práticas agroecológicas

PRÁTICA AGROECOLÓGICA	O QUE É?	QUAL A FUNÇÃO?
Sistemas Agroflorestais	Cultivo de árvores junto aos cultivos de leguminosas, hortaliças e também à criação de animais.	Equilibrar a disponibilidade de água e nutrientes para as espécies, entre outros benefícios associados aos serviços ecossistêmicos.
Rotação de Culturas	Prática mais importante no manejo agroecológico. Consiste na troca planejada de culturas em cada parte da terra. Pode ser realizada dentro de uma mesma parcela de terra, ou entre parcelas diferentes.	Quando o manejo permite esperar alguns cultivos para retornar ao mesmo local, ocorre a quebra do ciclo das doenças e dos insetos prejudiciais. Isso também mantém os nutrientes equilibrados na terra, amenizando o desgaste do solo.
Consórcio de Plantas	Cultivo de duas ou mais culturas de diferentes portes em uma mesma área, de forma intercalada e simultânea. Por exemplo: milho, feijão, ervas medicinais e árvores frutíferas.	Aproveitar de modo racional o potencial das áreas e sua conservação. Além de reduzir o ataque de insetos prejudiciais aos cultivos.
Controle da vegetação espontânea com restos vegetais ou cobertura seca	Plantas do cultivo anterior são deixadas sobre o solo ou incorporadas levemente, propiciando o aumento da matéria orgânica no solo e a diversificação dos microrganismos.	Melhora a qualidade do solo; promove o controle das plantas espontâneas e indesejadas; cria também um abrigo seguro para a recomposição da fauna, como, por exemplo, os insetos polinizadores.
Biomineralização	Adição de minerais que são ricos em nutrientes ao solo, como, por exemplo, o pó de rocha.	Os microrganismos, como fungos e bactérias, em contato com os diversos minerais brutos promovem a transformação destes em alimento para as plantas.
Biofertilização	Produção de adubos, de forma aeróbica ou anaeróbica, a partir da utilização de resíduos da propriedade (como esterco,	Fertilizar o solo, evitar a dependência de insumos externos e

PRÁTICA AGROECOLÓGICA	O QUE É?	QUAL A FUNÇÃO?
	leite, caldo de cana, restos de plantas, cinzas, etc). Podem ainda ser enriquecidos com pó de rocha, microorganismos específicos, entre outros.	reciclar os resíduos orgânicos gerados na produção.
Peletização de sementes	Revestir a semente com substâncias que agreguem qualidades benéficas à própria semente e à vida da planta.	Proteção contra fatores externos (funciona como uma “roupa” da semente).
Barramento do solo	Construção de colunas nos locais onde a água produz alguma erosão na terra, enfileirando pedras e/ou troncos de árvores. O cultivo de plantas com raízes profundas também é eficiente.	Impedir a erosão do solo, recuperar a fertilidade e conservar água.
Rotação de Pastagem	Divisão do espaço em pequenas áreas, de modo que os animais façam um rodízio entre elas.	Garantir o tempo de renovação da forragem e assim, a segurança alimentar dos animais. Além disso, evitar a compactação do solo pelo pisoteio excessivo.

Segundo FERREIRA (2016), o manejo agroecológico necessita de estratégias de ação coletivas entre a comunidade científica e a comunidade local. A relação entre a mão de obra e o processo produtivo é fundamental para que essas práticas promovam uma agricultura moderna, eficiente e sustentável. Assim, será possível perceber a relevância da agroecologia para a agricultura familiar em pequenas e médias propriedades, propiciando o aumento da produtividade sem que sejam necessários altos investimentos.



4. Tecnologias ABC

As TecABC são formadas por um conjunto de técnicas e práticas agrícolas e pecuárias, que podem ser consideradas convencionais, agroecológicas, ou ainda, de convivência com o semiárido.

Por exemplo: a tecnologia SPD (Sistema de Plantio Direto) é um conjunto das técnicas de rotação de cultura, cobertura do solo e semeadura direta, sendo que a rotação de cultura e a cobertura do solo podem ser consideradas práticas agroecológicas; a tecnologia ILPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta) abarca várias técnicas agrícolas (rotação, manejo do solo, etc) e pecuárias (forragem, tipo de pasto, silagem, etc), e pode contar ainda com outras tecnologias ABC, como o SPD.

Desta forma, percebe-se a importância das TecABC no cenário agropecuário, tanto para redução de emissões de GEE por mudanças de uso do solo, quanto para a adaptação dos sistemas produtivos às mudanças climáticas. É preciso, então, incentivar a adoção de sistemas de produção sustentáveis que assegurem a redução de emissões de GEE e elevem simultaneamente a renda dos produtores, sobretudo com a expansão das tecnologias mencionadas a seguir.

Uma vez que as definições acerca de cada uma das TecABC são bastante variadas, e de modo a evitar conflitos e descontextualizações, foram estabelecidas definições para as tecnologias abordadas neste trabalho e, além disso, indicadas suas especificidades e funções, conforme a

Tabela 3.

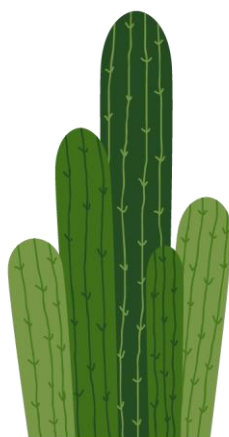
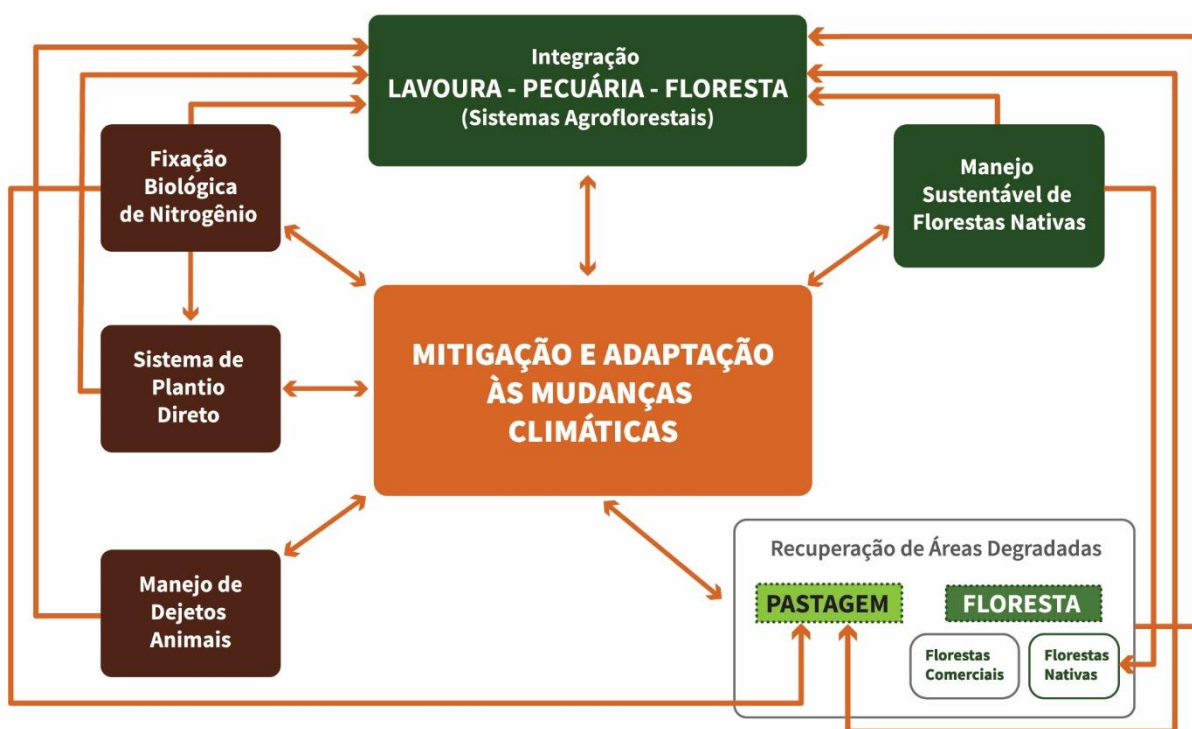


Tabela 3: Caracterização inicial das Tecnologias ABC.

TECNOLOGIA	CARACTERÍSTICAS	FUNÇÃO
<p>FBN - Fixação Biológica de Nitrogênio</p>	<p>Consiste no enriquecimento, com o uso de inoculantes, das sementes de gramíneas e de leguminosas com bactérias diazotróficas capazes de captar o nitrogênio atmosférico. Algumas leguminosas possuem naturalmente a associação com essas bactérias fixadoras de nitrogênio e o uso destas espécies nas técnicas agrícolas de consórcio ou rotação com outras culturas é chamada de adubo verde.</p>	<p>Suprir a necessidade de nitrogênio das culturas reduzindo a aplicação de fertilizantes, economizando com adubo e contribuindo para a redução das emissões de óxido nitroso (N₂O). O uso de inoculantes também aumenta a resistência aos estresses ambientais e promove maior eficiência na absorção de água e de outros nutrientes disponíveis no solo.</p>
<p>SPD - Sistema Plantio Direto</p>	<p>Conjunto de técnicas agrícolas que objetivam não revolver o solo, evitando a perda de carbono e aumentando a produtividade da plantação. As principais técnicas agrícolas desta tecnologia são: o recobrimento permanente do solo, a rotação de culturas e a semeadura direta. No SPD, o recobrimento do solo é feito com os restos de uma das culturas usadas na rotação e a semeadura ocorre sem preparo do solo e com a presença desses resíduos vegetais.</p>	<p>Melhoria das condições de fertilidade, do condicionamento físico e da umidade do solo, e diversificação do sistema produtivo, aumentando a eficiência do uso de fertilizantes e corretivos.</p>
<p>ILPF / SAF - Integração Lavoura- Pecuária-Floresta / Sistemas Agroflorestais</p>	<p>Estratégia de produção que permite combinar e organizar diferentes componentes produtivos (agrícolas, pecuários e florestais) numa mesma área. Eles podem ser combinados e organizados nos seguintes sistemas de integração: Silviagrícola ou Agroflorestal/SAF (lavoura e floresta/ ILF); Silvipastoril (pecuária e floresta/ IPF); Agrossilvipastoril (lavoura, pecuária e floresta /ILPF) e Agropastoril (lavoura e pecuária/ILP). No SAF, a presença do componente florestal é essencial.</p>	<p>Alternativa para recuperar ecológica e economicamente ecossistemas degradados, de modo a promover: o incremento e conservação do aporte de matéria orgânica, a proteção do solo contra a erosão, o incremento da atividade biológica do solo e o restabelecimento da circulação de nutrientes.</p> <p>O componente arbóreo traz ainda a conservação dos mananciais e da qualidade da água pela retenção dos sedimentos, além da redução da emissão e do sequestro de gás carbônico.</p>

A Figura 3 mostra as tecnologias citadas, de forma a esclarecer a relação entre elas. Percebe-se que a adaptação às mudanças climáticas é o ponto central e comum a todas elas e que os sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF/SAF) podem ser formados agregando-se boa parte das outras tecnologias, como a FBN e o SPD.

Figura 3: Relação entre as tecnologias ABC.

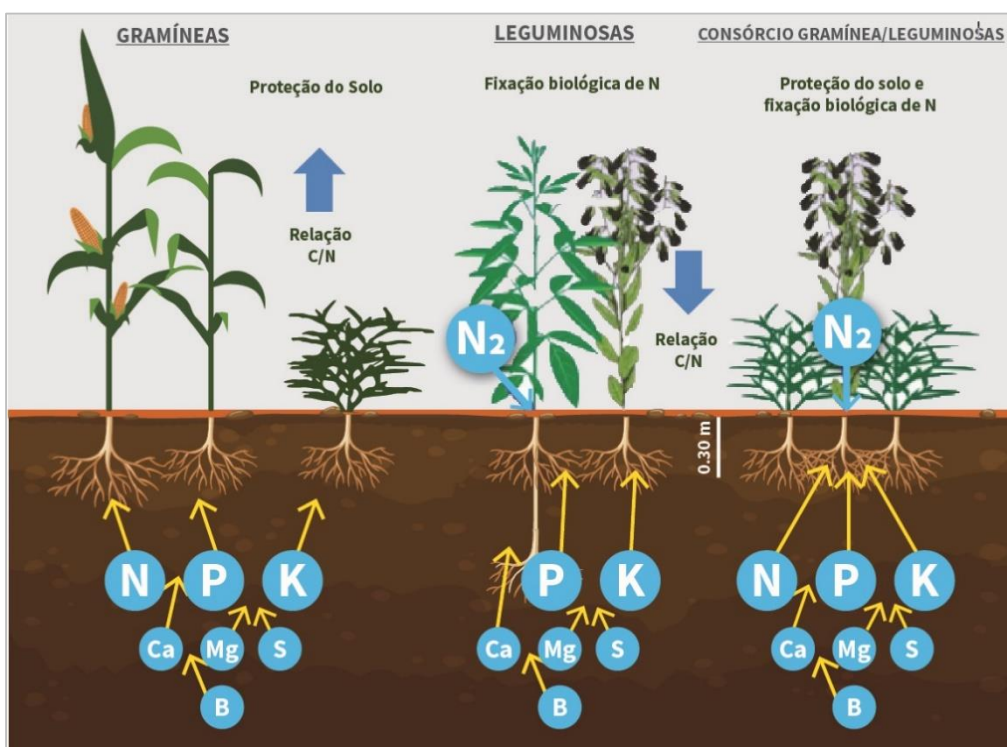


FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA

4.1 Fixação Biológica de Nitrogênio

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma TecABC utilizada para promover o enriquecimento da semente de algumas culturas com bactérias capazes de transformar o nitrogênio presente no ar em nutriente (Figura 4). As bactérias que realizam essa transformação são chamadas de diazotróficas ou nodulíferas e vivem junto com certas plantas. Algumas leguminosas possuem naturalmente a associação com essas bactérias fixadoras de nitrogênio e o uso destas espécies nas práticas agrícolas de consórcio ou rotação com outras culturas é chamada de adubo verde.

Figura 4: Modelo esquemático da fixação de Nitrogênio.



FONTE: ADAPTADO DE NOGUEIRA, 2019

A FBN é realizada com a utilização de biofertilizantes com alta concentração de diazotróficas, também chamados de inoculantes, aplicados em sementes ou toletes para produção de mudas; e seu uso pode suprir total ou parcialmente a necessidade de nitrogênio das culturas. Várias espécies de diazotróficas podem ser utilizadas, de acordo com a cultura pretendida, na produção de inoculantes para plantas de importância agrícola e florestal. Existem importantes diferenças no processo de fixação em plantas leguminosas (soja e feijão, por exemplo) e gramíneas (como milho e arroz). Nas leguminosas ocorre a formação de estruturas radiculares conhecidas como nódulos, nos quais se dá a fixação (Figura 5). Nas gramíneas, a FBN é realizada por bactérias que vivem próximas às raízes ou no interior dos tecidos do vegetal. Enquanto para a maioria das leguminosas a FBN consegue suprir todo o nitrogênio necessário à cultura, para as gramíneas são esperadas contribuições menores. Contudo, diversas pesquisas têm mostrado que a inoculação de bactérias em gramíneas é economicamente viável (BRASIL, 2020a).

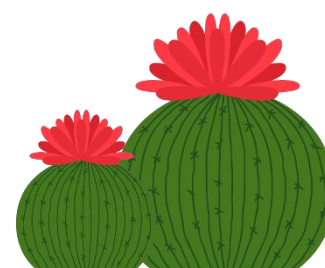


Figura 5: Raiz bem nodulada por efeito da inoculação.



FONTE: HUNGRIA & CAMPO, 2020

Portanto, a FBN reduz substancialmente a quantidade de nitrogênio aplicada via fertilizantes, promovendo a economia com adubo e contribuindo para a mitigação de GEE mediante redução das emissões de óxido nitroso (N_2O). Vale ressaltar que o uso de fertilizantes nitrogenados, principalmente os que contêm amônia, inibe a atividade dessas bactérias. O uso de inoculantes também aumenta a resistência aos estresses ambientais - como o estresse hídrico - e promove maior eficiência na absorção de água e de outros nutrientes, que se encontram disponíveis no solo (EMBRAPA, 2020a). Na cultura do milho, por exemplo, os custos de produção da cultura podem ser reduzidos em 7,5%, substituindo entre 80 e 130 kg de nitrogênio por hectare na adubação nitrogenada. Já o nitrogênio oriundo da FBN em cana-de-açúcar pode ocasionar uma economia de R\$ 150 milhões em fertilizantes nitrogenados (MARIN *et al.*, 2001).

As culturas que mais se beneficiam desta técnica no Brasil são a soja, a cana-de-açúcar, o milho, o feijoeiro comum junto com feijão-caupi, o arroz e o trigo. Juntas, essas culturas ocupam 61,3 milhões hectares (Mha) e consomem 1.890 milhões de toneladas (Mt) de fertilizantes nitrogenados (EMBRAPA 2020b). Dentre as leguminosas utilizadas desta forma, têm-se destacado a mucuna-preta e o feijão-de-porco, pois elas incorporam altos teores de nitrogênio que são absorvidos pela cultura subsequente. A mucuna-preta pode acumular, em 12 semanas, até 313 kg N/ha (EMBRAPA, 2020c).

Em 2009, o Brasil assumiu o compromisso de ampliar o uso da FBN na agricultura em 5,5 Mha, ocasionando uma redução de emissão equivalente a 10 milhões de toneladas anuais de CO_2eq em 2020. Até 2016, foram plantados 9,97 milhões de ha utilizando FBN calculados a partir dos dados da Plataforma ABC baseados no Censo Agropecuário (2006 e 2017), ultrapassando a meta. Foram então mitigados 18,25 Mt CO_2eq (coeficientes definidos no Plano ABC) ou 16,88 Mt CO_2eq (coeficientes propostos pela Plataforma ABC)

(BRASIL, 2019b). Atualmente, com a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil, espera-se que a expansão do uso de inoculantes para promover a FBN atinja cerca de 47 milhões de hectares em 2050, mitigando de 0,3 a 0,4 Mt CO₂eq (RÉGIS-RATHMANN *et al.*, 2017).

4.2. Sistema Plantio Direto

O Sistema Plantio Direto (SPD) é um sistema de manejo conservacionista, inicialmente utilizado no sul do Brasil e que hoje é amplamente utilizado em todo o território nacional. Reúne um conjunto de técnicas agrícolas com o objetivo de não revolver o solo, evitando a perda de carbono e aumentando a produtividade da plantação. As principais técnicas agrícolas desta tecnologia são o recobrimento permanente do solo, a rotação de culturas e a semeadura direta (DENARDIN *et al.*, 2012). No SPD, o recobrimento do solo é feito com os restos orgânicos de uma das culturas usadas na rotação e a semeadura ocorre sem o preparo do solo e com a presença destes resíduos vegetais (SALTON, 1998). Esta semeadura, feita diretamente no solo sem que haja revolvimento, evita perdas de carbono por erosão, aumenta a matéria orgânica e melhora a agregação, a qualidade e a fertilidade do solo, o que, conseqüentemente, melhora a produtividade da plantação e diminui as perdas de carbono por emissões de CO₂ (BARRETO, 2009). No SPD devem ser respeitados alguns requisitos como a rotação de culturas e o uso de culturas de cobertura para formação de palhada (BARRETO, 2009; DENARDIN *et al.*, 2012).

A mobilização do solo para a implantação ocorre apenas na linha ou na cova de semeadura ou de plantio, em conjunto com a manutenção de resíduos culturais na superfície do solo e a diversificação de espécies estruturadas em modelos de produção agrícola ou agropastoril, via rotação, sucessão e/ou consorciação de culturas (DENARDIN *et al.*, 2012). O planejamento é muito importante, uma vez que requer o uso de equipamentos, implementos e mão de obra, visando ao aumento da eficiência do uso da terra. Os restos culturais devem cobrir pelo menos 80% da superfície do solo, mantendo 5 t/ha de matéria seca para cobertura do solo (SALTON, 1998).

O SPD pode ser realizado com diversas culturas anuais produtoras de grãos e fibras. As principais culturas produtoras de palhada são: trigo, sorgo, milheto, cevada, centeio, canola, aveia, triticale, feijão (segunda e terceira safra), girassol e o milho safrinha, de segunda e terceira safras (Anexo 4). Dentre as culturas de segunda safra, temos o principal sistema, compreendendo a soja semeada na safra sucedida pelo milho na segunda safra (milho safrinha) (PASSOS *et al.*, 2020).

Para o estabelecimento pleno do sistema são necessários aproximadamente 10 anos. Durante a implantação, o uso de maquinários para a semeadura e a aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas podem resultar numa compactação do solo superficial, numa baixa atividade de organismos, com baixa infiltração de água, e numa estrutura não adequada para o cultivo, além da possibilidade de aumento das emissões de GEE até que o sistema se consolide (BARRETO, 2009). Após 3 ou 4 anos, inicia-se um processo de melhoria, com aumento da matéria orgânica, de minhocas, maior porosidade e estabilidade de agregados e a camada superficial de 0 a 5 cm torna-se mais fértil. Após esse período, o solo consolida-se com bons teores de nutrientes e alta qualidade de matéria orgânica (PASSOS *et al.*, 2020).

A partir da consolidação do sistema, são observados diversos benefícios já citados, como a melhoria nas condições de fertilidade e do condicionamento físico do solo, além da diversificação do sistema produtivo, aumentando a eficiência do uso de fertilizantes e corretivos, melhorando a umidade do solo e ainda possibilitando o uso de leguminosas em sistemas de sucessão e/ou rotação de culturas, as quais geram benefícios oriundos da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (DENARDIN *et al.*, 2012).

Devido à drástica redução da erosão, pela água da chuva e pelos sistemas de irrigação, o SPD reduz o potencial de contaminação do ambiente por sedimentos e proporciona ao agricultor maior garantia de renda, pois a estabilidade da produção é ampliada em comparação aos métodos tradicionais de manejo do solo. Por seus efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pode-se afirmar que o SPD é uma ferramenta essencial para alcançar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários e consequentemente reduzir as emissões de GEE provenientes dos solos (BARRETO, 2009; DENARDIN *et al.*, 2012).

Para atender o compromisso assumido no acordo de Paris, o Brasil se comprometeu a estimular a adoção de 8,0 milhões de ha de SPD até 2020, a fim de contribuir com a mitigação de 16 a 20 Mt CO₂eq. Até 2016, haviam sido implementados 9,97 milhões de hectares utilizando SPD, de acordo com Censo Agropecuário, o que corresponde a 125 % de alcance da meta. Esta área corresponde a uma mitigação de 18,25 Mt CO₂eq e um alcance de 101% da meta (BRASIL, 2019b). Além dessas metas, como opções de mitigação para a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), existe a intenção de expansão de 34,1 milhões de hectares de SPD para promover a mitigação de 2,1 Mt CO₂eq (RÉGIS-RATHMANN *et al.*, 2017).

4.3. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) / Sistemas Agroflorestais (SAF)

A integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é uma estratégia de produção que permite combinar diferentes sistemas produtivos (agrícolas, pecuários e florestais) numa mesma área. Este sistema cria benefícios mútuos para todas as atividades envolvidas, em busca de uma produção sustentável, por meio de uma sinergia positiva entre seus componentes formando um agroecossistema (BALBINO *et al.*, 2011; BRASIL, 2012; LASCO *et al.*, 2014; KALKAVAN, 2017; SOARES, 2020). Os componentes precisam estar integrados, de modo que atividades distintas funcionem no mesmo espaço ou, de alguma forma, tragam benefícios (troca de insumo, benefício para animais) ou remunerem um ao outro. A tecnologia permite também uma adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2015; RODRIGUES, 2020; SOARES, 2020).

O sistema ILPF começou no Brasil pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, em 2008, como um pacote tecnológico para integrar várias tecnologias (FBN, SPD, RAD-P, RAD-F) e logo depois tornou-se política pública pelo Plano ABC (RODRIGUES, 2020). A ILPF surgiu no Cerrado e no sul do país como uma forma do produtor recuperar o pasto degradado e amortizar os custos de recuperação, e não para adotar alternativas mais sustentáveis de produção. Os modelos iniciais de ILPF tinham como objetivo permitir a intensificação agrícola nessas regiões, o Cerrado como celeiro e a região sul com pastagens intensificadas (MORAES, 2020).

Este sistema de produção integrada otimiza o uso da terra, aumentando a produtividade, a diversidade dos produtos gerados e a renda do produtor sem a necessidade de abertura de novas áreas, reduzindo assim a pressão sobre o desmatamento. Além disso, este sistema é favorável economicamente, porque reduz a mão de obra e insumos utilizados pelo agricultor e aumenta sua renda e segurança alimentar devido à diversificação de sua produção (KICHEL *et al.*, 2014).

Na tecnologia ILPF, os componentes florestal, agrícola e pecuário podem ser combinados e organizados nos seguintes sistemas de integração (VILAR & CARVALHEIRO, 2016a; RODRIGUES, 2020):

- Silviagrícola ou Agroflorestal/SAF (lavoura e floresta/ ILF);
- Silvipastoril (pecuária e floresta/ IPF);
- Agrossilvipastoril (lavoura, pecuária e floresta /ILPF);
- Agropastoril (lavoura e pecuária/ILP).

Figura 6: Tipos de ILPF / SAF, a partir de seus componentes base.



FONTE: ADAPTADO DE EMBRAPA, 2020E

Dentre as modalidades possíveis, ilustradas na Figura 6, a mais adotada no Brasil tem sido a produção Agropastoril - ILP (CORDEIRO *et al.*, 2015). Porém, levando-se em conta o Plano ABC e suas metas é preciso ampliar e dar mais incentivo à inserção do componente arbóreo no sistema, pois o Brasil se comprometeu a implementar 5 milhões de hectares de sistemas ILPF até 2030 através da NDC ao UNFCCC (FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL, 2016).

Os sistemas de ILPF são considerados tecnologias de baixa emissão de CO₂ por acumularem uma grande quantidade de carbono na matéria orgânica sobre o solo e em sua vegetação, além de contribuírem para evitar que novos desmatamentos sejam realizados (KICHEL *et al.*, 2014; CORDEIRO *et al.*, 2015; VILAR & CARVALHEIRO, 2016a; GONTIJO NETO *et al.*, 2018). Vale ressaltar que o sistema ILPF tem capacidade de sequestrar mais carbono que pastagens e culturas agrícolas plantadas isoladamente, pois contribui com a

reciclagem de nutrientes que se encontram em maiores profundidades e não acessíveis pelas culturas anuais (NAIR *et al.*, 2009; GONTIJO NETO *et al.*, 2018).

A tecnologia é indicada para a recuperação de áreas degradadas, áreas agrícolas ou para adequação ambiental das propriedades rurais pois contribui para aumentar a oferta de serviços ambientais. Entre eles estão: melhorar a qualidade física, química e biológica do solo, proporcionando, além da fixação de carbono e nitrogênio, a redução da emissão de GEE; aumentar a fertilidade com o acúmulo de matéria orgânica e proteção contra erosão; assim como favorecer o controle natural de insetos-pragas, ervas daninhas e doenças, contribuindo com a redução do uso de adubos e defensivos químicos (BALBINO *et al.*, 2011; LIN, 2011; BRASIL, 2012; ARAÚJO FILHO, 2013; DUBOC, 2015; SENAR, 2018a; CAMPELLO, 2020, GUILHERME, 2020; PIRES, 2020). Finalmente, os serviços ambientais podem promover a manutenção e melhoria da qualidade dos recursos hídricos e aumentar a recarga de aquíferos (DUBOC, 2015; VILAR & CARVALHEIRO, 2016a; SENAR, 2018a).

Para a implementação de um ILPF é preciso pensar em disponibilidade de recursos como: água, sementes, nutrientes para o solo, que podem vir de tecnologias como compostagem e biodigestão, e nutrientes para os animais (silagem, feno). As tecnologias devem ser pensadas no contexto e na realidade local, como: tipo de solo, acesso à água na propriedade, qual a composição agrícola e como ocorrerá o pastejo de animais, de forma a estruturar quais criações animais entrarão no sistema e em que momento (FERNANDES, 2020, RODRIGUES, 2020).

O componente florestal do sistema ILPF pode ter como função principal a produção de bens, como forragem, madeira, lenha, serrapilheira, frutos, etc. ou de serviços como quebra-ventos, cercas-vivas, paisagismo, proteção e conservação do solo, refúgio para fauna silvestre, rebanhos e outros animais domesticados, que ganham conforto térmico na sombra e aumentam sua produtividade (ARAÚJO FILHO, 2013; KICHEL *et al.*, 2014; DUBOC, 2015; FARIAS *et al.*, 2018; GONTIJO NETO *et al.*, 2018). As árvores e arbustos, ao servirem de proteção contra os ventos, formam um microclima local ameno e reduzem a poluição atmosférica e sonora (GONTIJO NETO *et al.*, 2018). Além disso, pode fornecer renda extra para o pequeno produtor, devido à diversidade de produtos madeireiros (madeira para construções, ferramentas, móveis, celulose para o papel, lenha e carvão) e não-madeireiros (forragem, medicamentos, óleos, resinas, gomas, mel, frutos, flores, semente, cipós, alimento para a fauna, ambiente para turismo rural e lazer) (DUBOC, 2015; VILAR & CARVALHEIRO, 2016a; SENAR, 2018a). Deve-se observar que a densidade das árvores deve alcançar valores que criem um impacto significativo no sistema (ARAÚJO FILHO, 2013). Entretanto, como o elemento arbóreo tem um retorno financeiro mais demorado com o cultivo agrícola o produtor consegue amortizar os custos de sua implantação e obter uma renda mais rápida, diversificando sua fonte ao longo do tempo (CORDEIRO *et al.*, 2015; DUBOC, 2015; MORAES, 2020).

Os sistemas ILPF/SAF ainda podem ser classificados de acordo com critérios estruturais, funcionais, ecológicos e socioeconômicos (ARAÚJO FILHO, 2013). A seguir estão apresentados alguns modelos possíveis (Boxes D, E e F).

BOX D - OS MODELOS AGROSSILVIPASTORIS (ILPF) INCLUEM:

i) Quintais produtivos com animais – Semelhante aos quintais produtivos dos sistemas agrossilviculturais, mas associados com animais, tais como cabras leiteiras, galinhas e patos.

ii) Roçado ecológico – Consórcio de leguminosas forrageiras plantadas em aleias (geralmente leucena, gliricídia, guandu, sabiá e camaratuba, são as de melhor desempenho), culturas diversas e animais. O sistema funciona em uma sequência temporal, ou seja, na época das chuvas é usado para cultivos alimentares, adubo verde e feno, e na época seca é submetido a pastejo controlado. Seus produtos mais importantes são grãos, feno e mel, e os serviços prestados consistem em: proteção do solo, deposição de matéria orgânica e manutenção da fertilidade.

BOX E - OS MODELOS SILVIPASTORIS (IPF) INCLUEM:

i) Árvores em pastagens naturais nativas ou introduzidas – Trata-se de pastagens arborizadas. Neste modelo estão inseridos os diferentes métodos de manejo da Caatinga, isto é, raleamento, rebaixamento e enriquecimento. Os produtos mais importantes são madeira, mel, carne, pele, leite e esterco. Já os serviços prestados pelo componente arbóreo constam de forragem, conforto térmico, proteção do solo contra a erosão, reposição da matéria orgânica e recuperação da fertilidade do solo e controle das enxurradas.

ii) Áreas florestadas associadas a pastejo – Trata-se de implantação de florestas comerciais em que os espaços entre as árvores são ressemeados com forrageiras, para incrementar a renda do empreendimento. Seus principais produtos são madeira, forragem e animais.

iii) Banco de proteína – Plantio intensivo de leguminosas forrageiras arbustivas e arbóreas para suplementação animal nos períodos críticos, via pastejo direto ou produção de feno. Seus produtos mais importantes são forragem e mel.

BOX F - DENTRE OS MODELOS AGROSSILVICULTURAIS (ILF) DESTACAM-SE:

i) Capoeira melhorada – plantio de árvores na fase de repouso, continuação da exploração da área com as culturas tradicionais, ou seja, transiciona-se de uma capoeira para um sistema agrossilvicultural. Os bens produzidos consistem nos alimentos para a família e seus animais, madeira, mel e frutos. Já os serviços prestados constam da proteção e recuperação da fertilidade do solo.

ii) Taungya – Destina-se ao estabelecimento de lotes florestais. Para tanto, nos primeiros anos, o plantio de árvores é associado com o de culturas alimentares, a fim de baratear a implantação do lote. Os bens produzidos são alimentos para a família e seus animais, mel e madeira, e os serviços prestados constam da proteção e recuperação da fertilidade do solo.

iii) Cultivo em aleias – As árvores são plantadas em fileiras regularmente espaçadas, entre as quais são estabelecidas as culturas. Os bens produzidos são alimentos para a família e feno para os animais e mel. Os serviços prestados consistem na recuperação e manutenção da fertilidade do solo, bem como em sua proteção contra a erosão.

iv) Cultivo de árvores em padrão multiestratificado – Espécies arbóreas em plantio aleatório são associadas com outras culturas perenes ou anuais. Os bens produzidos são alimentos para a família, frutos, mel e outros produtos agrícolas. O papel mais importante das árvores é o sombreamento, como no caso do plantio de café e cacau, ou suporte, como no caso da pimenta do reino.

v) Pomares domésticos ou quintais produtivos – Combinação de árvores frutíferas, plantas medicinais, hortaliças e culturas agrícolas em torno da casa. A produção é muito variada e depende das combinações culturais locais. Já os serviços consistem na recuperação da fertilidade e proteção do solo.

vi) Cercas-vivas e quebra-ventos – O sistema envolve o plantio de árvores em torno das culturas, com o objetivo de proteger e de causar mudanças no microclima para melhorar as condições de produção. Os principais produtos são de origem agrícola e madeira. O papel mais importante das árvores é proteção dos cultivos e do solo.

A maior vantagem econômica da tecnologia ILPF, esquematizada na Figura 7, é o fornecimento de produtos diversificados, como leite, carne, grãos, tubérculos, fibras, forragens, frutos, madeira, entre outros, uma vez que incorpora vários sistemas de produção, como criação animal, culturas anuais e perenes (DUBOC, 2015; SENAR 2018a). Desta forma, o produtor pode variar sua renda ao longo do ano ou compensar safras, além de ampliar sua qualidade de vida e segurança alimentar (ARAÚJOFILHO, 2013; DUBOC, 2015).

Figura 7: Desenho esquemático da ILPF.



FONTE: ADAPTADO DE MAGALHÃES, 2011

Com relação ao investimento, a ILPF é uma tecnologia que permite a amortização dos recursos empregados na recuperação da pastagem degradada com a produção dos cultivos agrícolas associados, por terem um retorno financeiro mais rápido (DUBOC, 2015). Esta tecnologia favorece a produção de forragem de melhor qualidade, e a pastagem permanece verde por mais tempo aumentando a produtividade de carne e/ou leite e o ganho de peso dos animais (DUBOC, 2015; SENAR, 2018a).

A ILPF pode ser utilizada em propriedades rurais de qualquer tamanho, porém antes de implementá-la, o produtor precisa escolher a área, que não pode ser desmatada nem queimada para a implantação do sistema (FARIAS *et al.*, 2018; SENAR, 2018a). Em seguida, faz-se um diagnóstico da realidade local e das potencialidades agropecuárias e ecológicas da propriedade, assim como avalia-se a infraestrutura e logística disponíveis para a seleção adequada da modalidade de ILPF que atenderá à demanda do produtor e do mercado local (SENAR, 2018a).

O planejamento para a implementação da tecnologia inclui a avaliação do solo acerca da necessidade de adubação, correção ou outro manejo e a definição das culturas e espécies arbóreas a serem plantadas. A

ordem e arranjo destas é um fator essencial para garantir que convivam em harmonia e sem competição por recursos (água, solo, luz, espaço, etc). Para isso, é importante definir o distanciamento entre as árvores e fazer o consórcio entre as culturas agrícolas que tenham raízes em diferentes profundidades (SENAR, 2018a). Para o plantio das árvores e arbustos, deve-se dar preferência a espécies nativas e, em caso de uso de plantas exóticas, é importante garantir que as mesmas já sejam utilizadas na região e que existam pesquisas que comprovem que seu comportamento ecológico é adequado ao ecossistema local, para não haver competição e colonização indesejada, como a algaroba, que espalhou-se pelo semiárido (PIRES, 2020).

Já no plano de implementação, deve-se prever o momento em que os animais entram e saem do sistema e a duração da interação, para que a pastagem consiga se recompor adequadamente (VILAR & CARVALHEIRO, 2016a). Também se projeta o manejo da estrutura como podas, colheitas, desbastes e sucessão das culturas.

A produção rural por sistemas agrossilvipastoris existe desde a época romana (século I d.C.) com plantios associados entre diferentes culturas anuais e perenes ou entre frutíferas e árvores madeireiras, bem como a criação de animais entre árvores (KLUTHCOUSKI *et al.* 2015). Esta retomada de práticas tradicionais é uma forma de garantir a segurança alimentar e minimizar impactos ambientais com a produção agropecuária. Ademais, as florestas podem ter significados na identidade, culinária, festejos tradicionais, religiosos e compor a história de comunidades e povos, mostrando grande importância cultural (VILAR & CARVALHEIRO, 2016a).

Dentre as tecnologias ABC, a integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é a mais abrangente por envolver os três principais tipos de produção rural, sobrepondo-se e intercalando-se com outras TecABC como: FBN, SPD, RAD-P e RAD-F. Todas elas se remetem ao ILPF como uma forma mais completa e com maior potencial de uso e aproveitamento de uma propriedade rural de modo sustentável.

4.3.1. Considerações sobre Sistemas Agroflorestais (SAF)

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são sistemas produtivos de uso e ocupação do solo de uma mesma área em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas ou forrageiras, ou com espécies animais em arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações desses componentes (BRASIL, 2012; ARAÚJO FILHO, 2013).

A presença do componente florestal é essencial nestes sistemas - o que o diferencia da tecnologia ILPF - e igualmente pode ser utilizado para restaurar florestas e recuperar áreas degradadas (BALBINO *et al.*, 2011; KICHEL *et al.*, 2014). De acordo com o modo de integração, os SAFs são classificados em: silviagrícola (árvore em consórcio com espécies agrícolas e/ou arbóreas), silvipastoril (floresta integrada com pecuária) e agrossilvipastoril (árvore em associação com culturas agrícolas e pecuária) (NAIR *et al.*, 2009). Observa-se que há uma sobreposição com as modalidades de sistemas praticado pelo ILPF, com exceção da integração lavoura-pecuária (ILP), que por não apresentar espécies arbóreas não se configura como um SAF.

Nesse sistema agrossilvipastoril, o produtor planta as culturas agrícolas junto com as árvores, e obtém primeiro a renda proveniente das culturas agrícolas, em seguida dos produtos não-madeireiros e, por fim,

faz a exploração da madeira, se for o caso. Vale ressaltar que durante a sucessão das culturas agrícolas pode haver consórcio com espécies forrageiras e entrada de rebanhos na área manejada, desde que as espécies arbóreas já tenham atingido um tamanho suficiente para não serem danificadas pelos animais.

Ambas as TecABC (ILPF e SAF) seguem o princípio de integração, que busca a diversificação das atividades de produção rural, para que ocorra uma sinergia entre as atividades produtivas desenvolvidas na mesma área ao longo do tempo, com retorno financeiro entre 3 a 5 anos.

Geralmente nos SAFs os animais ficam confinados para evitar que comam as plantas, ou alguns produtores preferem cercar o roçado (de 2 a 3 ha) para que fique protegido dos rebanhos (CAMPELLO, 2020; SANTOS, 2020a). O consórcio e a rotatividade entre culturas aumentam a diversidade de plantas de um agroecossistema e favorece uma maior riqueza de animais como insetos e outras pragas das culturas agrícolas (CAMPELLO, 2020; GUILHERME, 2020). Por outro lado, seus respectivos inimigos naturais também estarão presentes no sistema, promovendo o controle populacional sem a necessidade do uso de agrotóxicos e pesticidas (LIN, 2011). Desta forma, acontece a redução da emissão de óxido nitroso (N₂O) que ocorreria com a manipulação destes produtos (KALHAPURE *et al.*, 2019).

A discussão sobre qual das duas terminologias é mais adequada se mostra bastante ampla entre diversos autores. Porém, como citado anteriormente, o termo ILPF é mais abrangente por incluir a modalidade ILP e o termo SAF acaba sendo incorporado pelas modalidades de ILPF que incluem o componente florestal (BALBINO *et al.*, 2011). O termo SAF foi mais difundido entre os pequenos produtores, devido a projetos de agroecologia e geralmente não tem as três atividades produtivas (pecuária, lavoura e floresta), produz pouco grão e é mais extrativista (RODRIGUES, 2020).

Na realidade, independente da nomenclatura, o fundamental é avaliar a situação da propriedade, o perfil e as necessidades do produtor, para então planejar o manejo de produção ideal, que pode ser semelhante para pequenos produtores de uma mesma região (KICHEL *et al.*, 2014).

No Plano ABC (2009), estava prevista a expansão de 4 milhões de ha com implementação de ILPF/SAF que teriam um potencial de mitigar entre 18 e 22 Mt CO₂eq até 2020. Entretanto, as bases de dados da Rede ILPF, da Plataforma ABC e da EMBRAPA mostram que entre 2010 e 2016 essa meta já havia sido ultrapassada, chegando a 5,83 milhões de hectares de ILPF implementados, totalizando uma área de 12,61 milhões de ha de ILPF em todo o Brasil. Com a expansão desta tecnologia, foram sequestrados entre 22,11 e 36,40 Mt CO₂eq, com uma mitigação de emissão entre 111 e 182 % da meta estipulada pelo Plano ABC (BRASIL, 2019b). Para cumprimento da NDC o Brasil prevê a expansão dos sistemas ILPF em 200 mil ha/ano e uma mitigação de 0,5 Mt CO₂eq até 2030 (RÉGIS-RATHMANN *et al.*, 2017).

4.4. Manejo Sustentável de Florestas Nativas (MSF)

Segundo a Lei de Gestão de Florestas Públicas (Lei Federal nº 11.284/2006), o Manejo Florestal Sustentável é a “administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se,

cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não-madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços de natureza florestal”.

O Manejo Sustentável de Florestas é considerado uma tecnologia de baixo carbono por conservar grande quantidade deste elemento em sua biomassa, tanto nas árvores como no próprio solo e evitar a emissão de GEE para a atmosfera, por não ter manejo do solo. É também uma forma de incentivar o produtor a manter a vegetação nativa de sua propriedade e preservar seus serviços, importantes para o ambiente e para a sua propriedade, de modo direto ou indireto. Os benefícios ecológicos desta técnica são inúmeros, entre eles, a conservação da biodiversidade local, enriquecimento e proteção do solo, proteção da água (rios, nascentes) e favorecimento de um microclima mais ameno para a região (KICHEL *et al.*, 2014).

A manutenção da floresta e seu manejo sustentável também podem trazer melhorias econômicas para o produtor com a comercialização de produtos madeireiros, não-madeireiros (frutos, cipó, casca, entre outros) e para usos múltiplos, bem como a oportunidade de entrar no mercado de carbono, de serviços ambientais e de turismo ecológico, que estão disponíveis o ano todo, podendo trazer uma renda extra ao produtor (CORDEIRO *et al.*, 2015).

O manejo florestal também pode ser feito de forma comunitária pelos pequenos produtores, dividindo assim os esforços e despesas entre eles e somando os benefícios a nível local, sendo que o retorno financeiro pode ser aplicado para infraestrutura e bens comunitários (VILAR & CARVALHEIRO, 2016d).

A tecnologia divide-se em diferentes tipos de acordo com uso, local, mercado, normas e perfil dos proprietários: i) Manejo Florestal Madeireiro de Baixo Impacto, com técnicas de extração de mínimo impacto, protegendo solo, água e biodiversidade; ii) Manejo de Produtos Florestais não Madeireiros, como extrativismo de castanhas, frutos, cipós, resinas, óleos, sementes, plantas medicinais ou promoção de turismo e serviços ecossistêmicos; iii) Manejo Florestal de Uso Múltiplo, combina dois ou mais objetivos de uso; iv) Manejo Florestal Comunitário, com a gestão compartilhada de uma área florestal por pequenos produtores sobre a qual possuem direito de uso, por meio de associação ou cooperativa; e v) Manejo Florestal Empresarial, gestão da floresta feita por uma empresa (VILAR & CARVALHEIRO, 2016d).

Para sua implementação existem três etapas a serem seguidas. Inicialmente é feito um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) contendo os objetivos do manejo e os produtos a serem obtidos; para isso, o produtor é assistido por um Agente de Assistência Técnica – ATEC. O PMFS deve conter a descrição das características físicas e biológicas do sistema, as espécies a serem exploradas e as técnicas que serão adotadas no manejo para condução, exploração e reposição florestal (VILAR & CARVALHEIRO, 2016d). Em seguida, o plano é executado, com as atividades de exploração, processamento e medidas de regularização junto aos órgãos competentes. E por fim, as áreas exploradas são monitoradas, com acompanhamento dos tratamentos silviculturais e realização das medidas de aprimoramento técnico necessárias (VILAR & CARVALHEIRO, 2016d).

4.5. Recuperação de áreas Degradadas com Florestas (RAD-F) e Recuperação de áreas Degradadas com Pastagem (RAD-P)

As diversas técnicas para recuperação de áreas degradadas objetivam recuperar a qualidade e a estrutura do solo, restabelecendo os fluxos e dinâmicas físicas, químicas e biológicas, recobrando, assim, condições produtivas (função), seja na produção de alimentos e/ou matérias-primas ou em suas funções ecológicas e ecossistêmicas (PRS-I, 2018a).

As áreas degradadas são aquelas que, após impactos provocados pelas ações antrópicas, tiveram sua vegetação suprimida e seu ecossistema modificado de tal forma que perderam seus mecanismos naturais e, com eles, os seus meios de regeneração natural, apresentando baixa resiliência. Desse modo, as áreas degradadas apresentam menor diversidade de espécies, ausência de estrutura vegetal, ausência de solo fértil e baixíssima ou nenhuma capacidade de regeneração natural; necessitando, portanto, de nova intervenção humana para que possa retornar a uma condição viável de uso (BAKONY, 2012).

Esta degradação pode ser proveniente de variadas fontes: mineração, uso intensivo do solo para fins agropecuários, queimadas consecutivas ou desmatamento (UFRRJ, 2010). Entretanto, este trabalho tem como foco as **áreas degradadas em propriedades agropecuárias**, cujos proprietários buscam recuperar para melhorar sua produtividade, seja de culturas, de animais ou combinando ambos. Ou ainda, para terem sua propriedade regularizada perante a legislação com reflorestamento de áreas de vegetação nativa (RAD-F) em Áreas de Proteção Permanente (APP) e Reserva Legal (RL). Neste caso, alguns motivos para a degradação são o uso de herbicidas e o superpastejo, como também: a salinização e a compactação dos solos, o assoreamento dos corpos hídricos, a desertificação, entre outros.

De acordo com estudos da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (2015) e da EMBRAPA SOLOS (2008), os solos agrícolas do mundo vêm se degradando a uma taxa de 0,1% a 0,4% ao ano, com previsão de perda anual de 4,5 milhões de hectares de terras aráveis até 2050. Esse cenário deve-se, entre outras causas, às más práticas agrícolas e às secas, que têm se intensificado em algumas áreas como consequência do aquecimento global.

A degradação das terras ameaça sua fertilidade e a qualidade das águas, pois o solo perde a sua funcionalidade e o equilíbrio ecológico em geral. Deste modo, a recuperação de uma área degradada tem por objetivo o seu retorno a uma condição viável de uso, visando à obtenção de um meio ambiente mais estável, proporcionando benefícios ambientais, econômicos e sociais (EMBRAPA SOLOS, 2008; VILAR & CARVALHEIRO, 2016b).

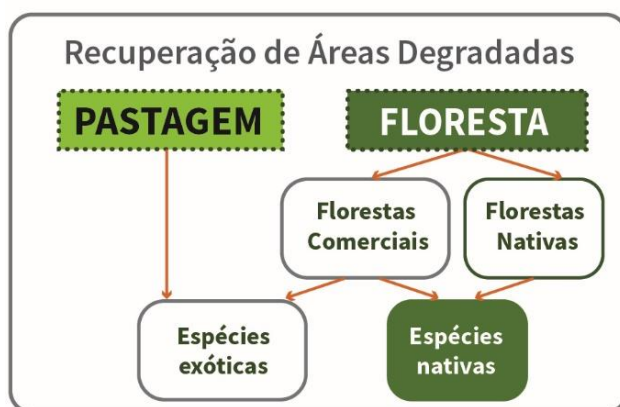
Segundo AFUBRA (2016), a recuperação de áreas degradadas é composta por algumas etapas: planejamento, análise do solo, seleção de espécies e plantas, plantio, manejo da área após plantio e controle dos agentes poluidores. Isso permite que os modelos de recuperação estejam em consonância com as necessidades específicas da área, buscando o melhor resultado possível, o que conta também com o acompanhamento posterior para garantir a estabilidade e o bom desempenho dos sistemas agropecuários.

Esta definição engloba tanto a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD), definida pela EMBRAPA, quanto a Recuperação de Áreas Degradadas com Pastagem (RAD-P) e a Recuperação de Áreas Degradadas

com Florestas (RAD-F), definições utilizadas pelo PRS-1, que contemplou os biomas Amazônia e Mata Atlântica.

Os modelos para recuperação de áreas degradadas estão esquematizados na Figura 8. A pastagem utilizada para a recuperação pode ser composta por espécies forrageiras nativas ou exóticas, de acordo com o bioma e o tipo de rebanho. Já a recuperação com floresta varia de acordo com sua função; se for comercial, pode ser tanto com espécies nativas quanto exóticas, conforme a produção desejada. Mas ao se tratar de florestas nativas, é preciso empregar espécies endêmicas ao bioma em questão.

Figura 8: Esquema sobre modelos de recuperação de áreas degradadas.



FORTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA

Em propriedades agropecuárias, a **Recuperação de Áreas Degradadas com Florestas (RAD-F)** realiza-se com o plantio de árvores para recuperar as áreas; já a **Recuperação de Áreas Degradadas com Pastagem (RAD-P)** realiza esse trabalho utilizando pastagens e outros cultivos, podendo ser integrados como no sistema ILPF. Ressalta-se que a chamada Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD), da EMBRAPA, também recupera com pastagens, porém em áreas que já eram pastagens anteriormente, foram degradadas com o tempo e que continuarão a ser pastagens.

É importante ressaltar que as técnicas de recuperação de áreas degradadas podem ser intensivas no uso de energia e insumos (fertilizantes, correções no solo) ou podem utilizar a própria natureza para sua recuperação, o que é mais duradouro e menos custoso a longo prazo. O foco deste trabalho está naquelas práticas e técnicas que tornam o agricultor mais independente, sem que seja necessário comprar insumos externos continuamente para consertar os danos no solo, mas sim aproveitar os recursos ecossistêmicos providos pela associação entre culturas ou pelas florestas.

4.5.1. Recuperação de áreas Degradadas com Florestas (RAD-F) / Florestas plantadas em propriedades agropecuárias

A Recuperação de Áreas Degradadas com Florestas (RAD-F) é o plantio de espécies arbóreas lenhosas em áreas de propriedades agropecuárias a serem recuperadas. O tipo de plantio a ser feito na área depende do objetivo e da função que o produtor busca, podendo ser para preservação e resgate dos serviços ecossistêmicos ou para fins comerciais, mas sem interação com outro sistema de produção em ambos os casos.

Os benefícios ecológicos da RAD-F, independentemente do tipo escolhido, são: recuperar a estrutura físico-química e biológica do solo; restabelecer as funções ecológicas e ecossistêmicas como melhoria da qualidade da água, das nascentes, das matas ciliares, da biodiversidade e do microclima local; além de capturar gás carbônico da atmosfera, contribuindo para a redução dos efeitos do aquecimento global (UNFCCC, 2007; FAO, 2012; THORTON & HERRERO, 2015; DHANYA & RAMACHANDRAN, 2016; AECID, 2018; STADEL, 2019; WRI BRASIL, 2019b).

As etapas de implementação de uma RAD-F são: i) diagnóstico da área; ii) elaboração do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), iii) execução do PRAD e iv) monitoramento (VILAR & CARVALHEIRO, 2016b). A implementação desta tecnologia tem incentivo do Programa Nacional de Florestas (PNF), instituído pelo Decreto nº 3.420/ 2000, que tem entre seus objetivos: fomentar as atividades de reflorestamento, notadamente em pequenas propriedades rurais e recuperar florestas de preservação permanente, de reserva legal e de áreas degradadas.

O RAD-F voltado para preservação ambiental é um reflorestamento que inicia ou acelera a recuperação de um bioma, sua integridade e sustentabilidade, utilizando apenas espécies nativas (SER, 2004). É uma técnica geralmente utilizada em propriedades agropecuárias para recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL), em cumprimento à legislação.

Para a implementação de uma RAD-F voltada à preservação ambiental é necessário, portanto, identificar o ecossistema da área a ser recuperada, a causa da degradação e qual dos dois métodos a seguir é mais adequado para a restauração: i) regeneração natural (ENGEL & PARROTTA, 2003) ou ii) plantio de sementes ou de mudas (Figura 9). O segundo método tem uma resposta mais rápida, embora seja mais caro.

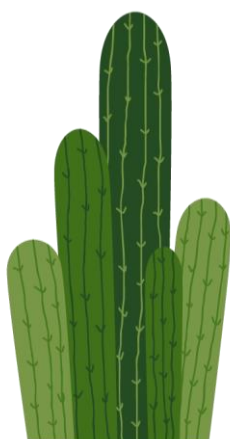


Figura 9: RAD-F - Etapas de implementação de recuperação de áreas degradadas com floresta nativa.



FONTE: ADAPTADO DE UFRRJ, 2020.

Uma forma de reduzir os custos deste método é plantar espécies vegetais diversificadas (ervas, arbustos, lianas e árvores) e agrupá-las em "ilhas de alta diversidade" (KAGEYAMA & GANDARA, 2000), que podem servir de conexão entre os fragmentos de vegetação nativa remanescentes, contribuindo para a restauração do ecossistema (KAGEYAMA, *et al.*, 2003). Outra metodologia eficiente para alcançar este objetivo é a transposição de solo (*topsoil*) e de serrapilheira de áreas de vegetação nativa próximas à área a ser recuperada, para ajudar a povoar a nova região com microorganismos, banco de sementes, propágulos, microorganismos, fungos, bactérias, minhocas e algas, de forma a favorecer uma maior variedade de espécies (VIEIRA, 2004). Esta técnica é mais eficiente que realizar somente o plantio de determinadas mudas, o que a longo prazo não gera tanta biodiversidade local, prevalecendo basicamente as espécies que foram introduzidas e que podem não garantir a autossustentabilidade do sistema (SOUZA & BATISTA, 2004; DAMASCENO, 2005).

Outra estratégia eficiente é plantar sementes pré-germinadas de espécies arbóreas a fim de aumentar as chances de sobrevivência num ambiente seco e degradado e usar, preferencialmente, espécies que sejam resistentes ao estresse hídrico (HOUÉROU, 2000; CATIE, 2009 *apud* AECID, 2018). Um fator importante é favorecer a presença de polinizadores na área de cultivo, pois eles não só contribuem para a manutenção e prosperidade da floresta como também aumentam consideravelmente a produtividade das lavouras cujas culturas precisam de polinização (GAGLIANONE, *et al.*, 2015; KIILL *et al.*, 2015; PIRES *et al.*, 2015). O algodoeiro, por exemplo, embora não necessite de polinização para se reproduzir, tem um aumento em sua

produtividade, de 18,4% de Kg de fibra/ha a mais quando plantado próximo a áreas florestadas por ter uma presença 57% maior de polinizadores (PIRES *et al.*, 2015).

Outra forma de **RAD-F** que pode ser implementada nas propriedades rurais, é o **plantio de florestas comerciais**, que além dos benefícios ambientais e ganhos de produtividade, também pode ajudar a desenvolver uma economia florestal, com diversificação de produtos e aumento da renda do produtor (VILAR & CARVALHEIRO, 2016b).

O plantio de florestas para fins comerciais é uma forma de reduzir a exploração intensiva sobre as florestas nativas, e assim, evitar o desmatamento (BRASIL, 2012; VILAR & CARVALHEIRO, 2016c). A floresta pode ser plantada tanto com espécies arbóreas exóticas quanto com espécies nativas, conforme a exploração econômica planejada, cujos principais objetivos podem ser fornecer matéria-prima para fins industriais (celulose, papel, móveis e painéis de madeira), energéticos (carvão vegetal e lenha) e construção civil. No caso das espécies nativas, elas permitem também o extrativismo, ao fornecer frutos, castanhas e sementes, que podem estar em consórcio com outras culturas arbóreas como café, cacau ou erva-mate (VILAR & CARVALHEIRO, 2016c). É importante ressaltar que nesta tecnologia há apenas plantio de espécies arbóreas, sem que esteja inserido num sistema de integração com componentes agrícolas e/ou pastoris, como no ILPF (SENAR, 2018b).

O Plano ABC (BRASIL, 2012) previu, inicialmente, atingir a meta de 5 milhões de hectares de florestas plantadas com o plantio de *Pinus* e *Eucalyptus*, em associação ao plano setorial de siderurgia. Se considerarmos o plantio dessas espécies, o RAD-F torna-se uma tecnologia ABC bastante onerosa e com implementação complexa, devido à infraestrutura e logística necessárias (VILAR & CARVALHEIRO, 2016c). Como expansão das metas estipuladas pelo Plano ABC, o Brasil se comprometeu na NDC a incentivar o reflorestamento e o manejo de florestas nativas (FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL, 2016).

Para implementação de uma floresta comercial é essencial atenção às demandas legais para plantio, corte e comercialização de produtos florestais. No caso de espécies exóticas, deve-se certificar que já sejam utilizadas na região para evitar colonização indesejada. Para iniciar o investimento nesta atividade são necessárias: análise da viabilidade econômica e de mercado, e disponibilidade de mão de obra, equipamentos e assistência técnica. Além disso, é importante o produtor considerar que o retorno financeiro é de longo prazo.

Para a escolha da área ideal para o plantio é preciso avaliar a logística e o escoamento da produção. A etapa seguinte é escolher a espécie florestal mais adequada, de acordo com a demanda local e regional, experiência e objetivos do produtor, além da aptidão da propriedade e do bioma.

A seleção das mudas e sementes deve ser feita com antecedência e recomenda-se a aquisição de uma quantidade de 15% a 20% superior à demanda, para garantir o replantio de mudas que não se estabelecerem. O plantio deve estar programado para o início da época de chuvas, pois demanda uma elevada quantidade de água, sendo a utilização de polímeros de Hidrogel³ uma opção a ser considerada no plantio, como prevenção em caso de veranicos e secas prolongadas (SENAR, 2018b).

³ Hidrogel: polímero hidroabsorvente usado na agricultura para fornecer água para mudas e plantas em ambientes semiáridos, misturado no solo (SABADINI, 2015).

O planejamento do plantio e o manejo da floresta também são etapas essenciais para uma boa produção e devem considerar questões como: espaçamento, abertura de covas, adubação de cobertura, irrigação, replantio, coroamento⁴, controle de formigas e de espécies invasoras (SENAR, 2018b). Adicionalmente, o monitoramento da muda deve contar com a realização de desramas e desbastes, visando garantir uma madeira de melhor qualidade e maior valor comercial.

No Plano ABC (2009), estava prevista a expansão de 3 milhões de ha de Florestas Plantadas, com uma mitigação de 8 a 10 Mt CO₂eq até 2020. Com base em informações do Instituto Brasileiro de Árvores (IBA) e do Programa ABC, observou-se que entre 2013 e 2018 houve uma expansão de 1,10 milhões de ha de Florestas Plantadas, atingindo 37% da meta proposta no Plano ABC, num total de 7,84 milhões de ha de Florestas Plantadas no Brasil até 2018. Com a expansão desta tecnologia houve um sequestro de carbono de 2,01 Mt CO₂eq com uma mitigação de apenas 7% da meta do Plano ABC. Ao ser considerado o sequestro de carbono na biomassa, o valor é de 15,57 Mt CO₂eq, atingindo 173 % e ultrapassando a meta estipulada pelo Plano ABC (BRASIL, 2019b). Como metas futuras para cumprimento da NDC, o Brasil prevê a expansão do cultivo de florestas comerciais, que totalizariam 14 milhões de hectares em 2050 e ampliação da recomposição de vegetação nativa para 21 milhões de hectares até 2050, incluindo todos os biomas brasileiros. Com isso, a previsão de mitigação é de 25,3 a 33,1 Mt CO₂eq até 2050 (RÉGIS-RATHMANN *et al.*, 2017).

4.5.2. Recuperação de áreas Degradadas com Pastagem (RAD-P) em propriedades agropecuárias

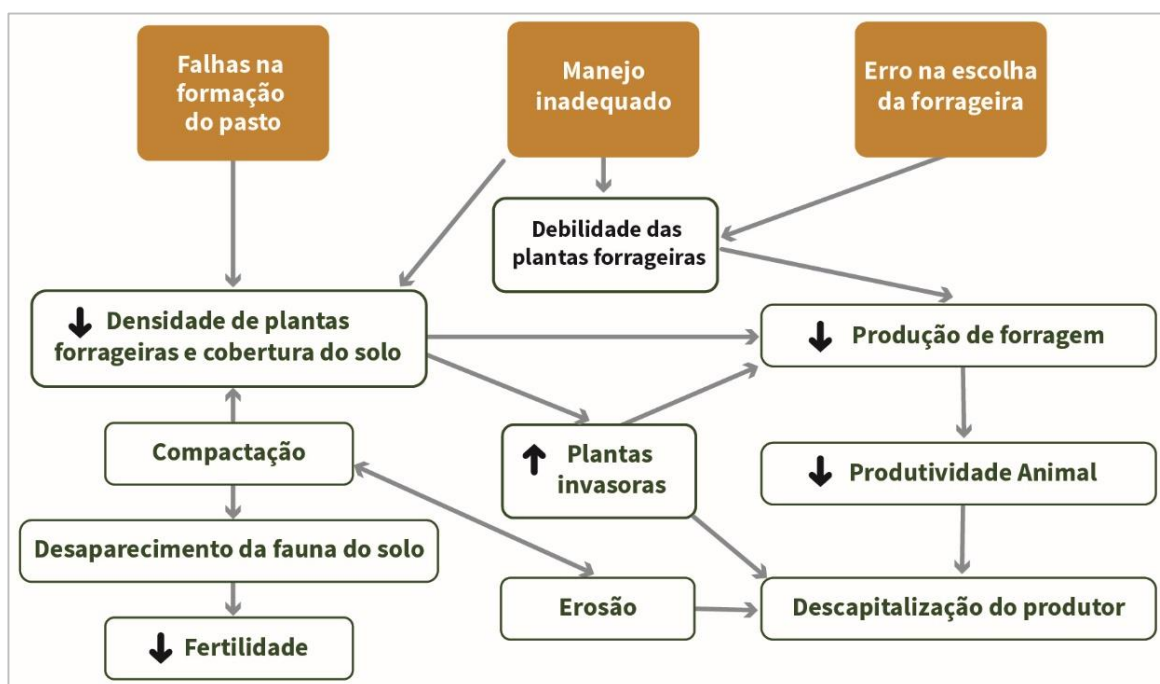
A Recuperação de Áreas Degradadas com Pastagens (RAD-P) busca recuperar tanto áreas que já eram utilizadas para pastagens, quanto áreas que foram degradadas por outras atividades, em relação às suas características físicas, químicas e biológicas, a fim de melhorar sua capacidade produtiva de alimentos e/ou de matérias-primas, isto é, torná-las capazes de garantir alimento para os rebanhos (PRS-I, 2018; BORGHI *et al.* 2020).

As pastagens sofrem um processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural para sustentar os níveis de produção e de qualidade exigidas para a criação dos animais, e assim, começam também a não conseguir superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e espécies invasoras (MACEDO *et al.*, 2012). Dessa forma, segundo DIAS-FILHO (2006), a pastagem degradada pode ser definida como uma área com acentuada diminuição da produtividade, podendo ou não ter perdido a capacidade de manter-se produtiva do ponto de vista biológico, isto é, conseguir acumular carbono. De forma complementar, RODRIGUES (2020) explica que o uso do termo pastagem degradada não significa necessariamente que o solo está descoberto, mas sim que já não é tão produtivo, independentemente de ter ou não espécies adaptadas.

A Figura 10 apresenta possíveis origens da perda de qualidade e consequente degradação da pastagem, que levam também à perda da fertilidade do solo.

⁴ Coroamento: limpeza ao redor da muda, com retirada de ervas daninhas para evitar competição por nutrientes, água e luz (SENAR, 2018b).

Figura 10: Origens e consequências da degradação das pastagens.



FONTE: ADAPTADO DE SALMAN, 2007

De acordo com BORGHI *et al.* (2020), há três tipos de técnicas de recuperação para as pastagens degradadas: i) recuperação (direta e indireta), ii) renovação e iii) reforma. Todas visam tornar a pastagem novamente produtiva e com vigor suficiente para garantir o sustento do rebanho. A escolha da técnica necessária depende do grau de degradação da pastagem, do objetivo do produtor, do sistema de produção pecuário adotado, das possibilidades de mercado na região e da disponibilidade de recursos financeiros e insumos. Nesse sentido, realizar um bom diagnóstico da área é fundamental para melhorar as chances de uma escolha adequada de qual procedimento adotar.

Entre os benefícios da recuperação de pastagens e manutenção de sua produtividade estão: a redução na emissão de GEE, a redução do desmatamento para a criação de novos pastos, os ganhos de produtividade e o aumento na renda do beneficiário (PRS-I, 2018). De acordo com CERRI *et al.* (2012), pastagens bem manejadas atuam como drenos de carbono, enquanto as pastagens degradadas, ou de baixa produtividade, podem ter um balanço geral de emissões de GEE negativo.

Uma questão fundamental dentro da recuperação com pastagens é a continuidade do manejo da área, respeitando o crescimento das plantas, controlando pragas e doenças e otimizando a alimentação dos animais. O chamado “Manejo de Pastagem Ecológica” objetiva a utilização sustentável da forragem disponível na área para garantir o máximo de produtividade, sem prejudicar as plantas forrageiras e proporcionando um ambiente de bem-estar aos animais. Para atingir esse objetivo, consideram-se alguns requisitos⁵ (CALIXTO, 2019; SALMAN, 2007):

⁵ Os quatro últimos requisitos compõem o chamado Método de Pastoreio Racional ou “Método Voisin”, que se baseia em quatro leis, que buscam respeitar a capacidade de rebrote das plantas e ainda o melhor aproveitamento do pasto (CALIXTO, 2019 e SALMAN, 2007).

- Busca por uma diversidade de forrageiras (gramíneas e leguminosas) adequadas ao solo e ao clima;
- Arborização adequada das pastagens (com preferência por espécies nativas);
- Exclusão do uso de adubações químicas altamente solúveis, herbicidas, roçadas sistemáticas e fogo;
- Garantia do tempo de repouso necessário entre um corte (pastejo) e outro, permitindo a regeneração do pasto (armazenar reservas nas raízes para rebrota e produzir massa verde);
- Garantia que o tempo de ocupação de um piquete (parcela do pasto) seja curto o suficiente para não permitir que uma planta cortada pelos animais no início da ocupação, seja novamente cortada antes que os animais deixem o piquete;
- Auxílio aos animais com exigências alimentares mais elevadas, de modo que consumam mais pasto e de melhor qualidade; e
- Permanência dos animais, um dia em cada piquete, para que tenham o máximo rendimento e se alimentem de uma vegetação de melhor qualidade.

O cumprimento destes requisitos garante, entre outras questões, menor compactação do terreno, cursos de água mais limpos, menos gasto energético dos rebanhos, garantia do crescimento das plantas, entre outros.

Vale ressaltar que a reforma de pastagem tem alto custo para o proprietário; portanto, o uso conjunto da agricultura no processo ajuda a reduzir despesas, pois com a venda dos grãos pagam-se os gastos com a correção do solo e o plantio do capim. Assim, a entrada da agricultura no sistema, somada à correção do solo com aditivos e à adubação necessária melhoram os aspectos químicos do solo, que serão aproveitados pela cultura forrageira. Portanto, os custos de adubação e o plantio do capim/forrageira entram na conta da agricultura, que tem os grãos como receita, deixando um pasto estabelecido após a safra (EMBRAPA, 2013).

Dessa forma, o terreno degradado, que está com baixa disponibilidade de forragem, é o ponto de partida para a instalação de sistemas como o ILPF, que permitem utilizar serviços ecossistêmicos para melhorar a estrutura química e física do solo, além de torná-lo mais resiliente. Outras tecnologias podem ainda ser utilizadas, como a FBN, para agregar maior valor nutricional às forragens.

Além disso, o cuidado adequado e constante com a pastagem é importante não só para garantir sua estrutura e manutenção, mas também para propiciar uma digestão adequada dos animais, reduzindo, conseqüentemente, a liberação de gases pelo rebanho (ver seção 5.7).

Ressalta-se ainda que o Programa ABC destinou 48% dos recursos contratados na safra 2017/18 para a recuperação de pastagens (ABC Recuperação), com R\$ 746 milhões contratados, uma redução de 32% em comparação com a safra 2016/17 (R\$ 1,1 bilhão) (OBSERVATÓRIO ABC, 2019).

A chamada Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) do Plano ABC tinha como meta estimular a recuperação de 15,0 milhões de hectares, contribuindo com a mitigação de 83 a 104 Mt CO₂eq (BRASIL,

2019b). Em relação à área de expansão, entre os anos de 2010 e 2018 foram recuperados entre 4,6 milhões de ha (dados de financiamento Programa ABC *apud* BRASIL, 2019b) e 10,45 milhões de ha (dados do SEEG *apud* BRASIL, 2019b), o que representa 18% e 70% de alcance da meta, respectivamente. A RPD mitigou nestes oito anos entre 16,9 Mt CO₂eq (coeficientes definidos no Plano ABC *apud* BRASIL, 2019b) e 57,48 Mt CO₂eq (coeficientes definidos por BUSTAMANTE *et al.* 2006 *apud* BRASIL, 2019b), o que representa 18% e 62% de alcance da meta, respectivamente. A partir de 2020, para o cumprimento da NDC, o Brasil pretende intensificar a pecuária, através do aumento da recuperação das pastagens degradadas, que totalizariam 74 milhões de hectares em 2050 e mitigariam até 7,4 Mt CO₂eq (RÉGIS-RATHMANN *et al.*, 2017).

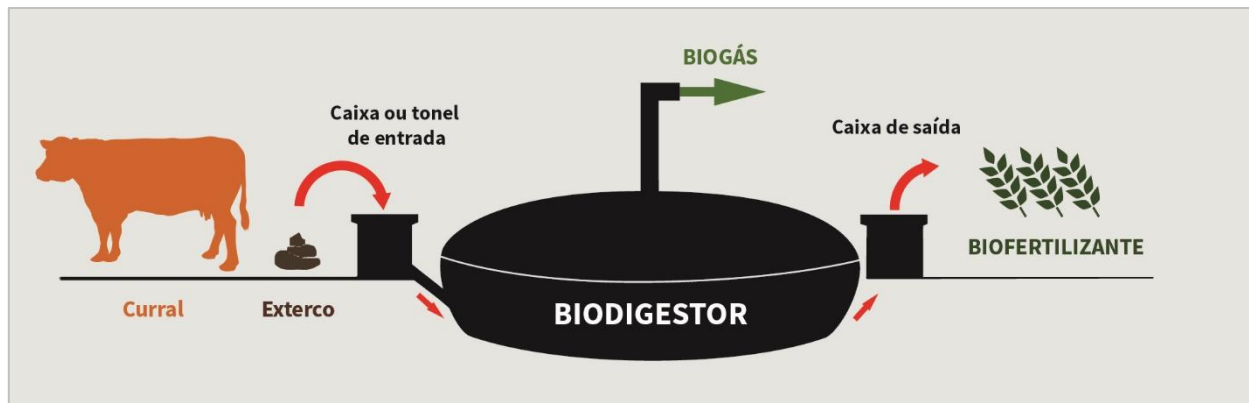
4.6. Manejo de Dejetos Animais (MDA)

Esta tecnologia consiste no manejo adequado de dejetos da pecuária, referindo-se à coleta, armazenamento, tratamento e utilização agrícola de maneira ambientalmente sustentável. O manejo e o tratamento dos dejetos devem ser vistos como parte do processo produtivo. Esses resíduos orgânicos, quando manejados e reciclados adequadamente no solo, deixam de ser poluentes e passam a constituir valiosos insumos para a produção agrícola sustentável. Dentro do Programa ABC, recomenda-se o manejo de dejetos para a produção de biogás e de composto orgânico, através dos processos de biodigestão e compostagem, respectivamente (BRASIL, 2019c).

No Brasil, a maior parte da criação de animais é realizada de maneira extensiva, onde os dejetos são depositados diretamente no campo, dificultando o recolhimento e manejo adequado. Contudo, grande parte da criação de aves, suínos e gado de leite é realizada de forma intensiva, sendo necessário um plano de manejo destes dejetos, uma vez que ficam acumulados e se tornam poluidores, caso sejam manejados inadequadamente. São comuns técnicas de manejo utilizando lagoas de decantação, esterqueiras, bioesterqueiras, biodigestores, compostagem, cama sobreposta, etc (KUNZ & OLIVEIRA, 2006). A técnica escolhida depende de características do esterco, que pode ser classificado em: sólido (16% ou mais de sólidos), semissólido (12 a 16% de sólidos) e líquido (12% ou menos de sólidos) (CAMPOS, 2020). De acordo com a EMBRAPA, no Brasil, os sistemas de manejo de esterco estão distribuídos em: 1% - lagoa anaeróbica, 3% - lodo, 45% - pastagem; 20% - esterco seco no local de origem (*daily spread*); 20% - estocagem sólida, 11% - outros (BRASIL, 2016).

A biodigestão consiste em depositar os dejetos em câmaras fechadas, onde ocorrerá a digestão anaeróbica da matéria orgânica para a produção de biogás e biofertilizante (Figura 11). Existem diversos tipos de biodigestores, porém o mais comum é a lagoa coberta. Neste modelo, pode ser aproveitada a geometria do sistema de tratamento de lagoas anaeróbicas, executando a cobertura para o aproveitamento do biogás. É um sistema barato e muito utilizado em granjas. O biogás produzido pode substituir o GLP (gás liquefeito de petróleo) e a lenha para aquecimento de aviários, o combustível usado em motores, ou ainda gerar energia elétrica. Já o resíduo da biodigestão pode ser usado como biofertilizante (KUNZ & OLIVEIRA, 2006).

Figura 11: Esboço de um sistema de biodigestão.



FONTE: TORRES ET AL., 2011.

A compostagem consiste na decomposição aeróbia dos rejeitos, de modo que as bactérias e os fungos transformam a matéria orgânica em fertilizante orgânico sólido com elevado teor de nutrientes. Ela acontece a partir da mistura dos dejetos com um material rico em carbono, como maravalha, serragem, palha, sabugos, bagaço de cana etc. O processo acontece em duas etapas: impregnação, quando ocorre a fermentação aeróbia provocando o aumento da temperatura e maturação, quando ocorre a estabilização do composto para ser empregado de forma segura como fertilizante. O tempo para a formação de fertilizante é de 16 a 26 semanas. A qualidade do dejetos é uma questão-chave para a escolha desse processo, uma vez que dejetos com teores menores que 4% de matéria seca não possuem concentração suficiente de matéria orgânica para o processo (CAMPOS, 2020). A Tabela 4, a seguir, indica as principais características de cada um dos sistemas.

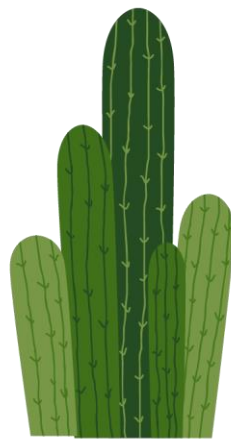


Tabela 4: Características da biodigestão e da compostagem.

PRINCIPAIS TECNOLOGIAS	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	FATORES MAIS IMPORTANTES	PONTOS POSITIVOS
Biodigestão	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamento anaeróbio dos dejetos para a produção de biogás (CH₄) e fertilizante. - Recomendado para a criação intensiva de bovinos, suínos ou aves. 	<ul style="list-style-type: none"> - Composição do resíduo (que é influenciada pela dieta do animal) - Oxigênio (a presença promove a produção de CO₂) - Temperatura (maiores temperaturas aumentam a produção de biogás) - pH (preferencialmente entre 6,6 a 7,4) - Nutrientes (em raros casos é necessária a complementação) 	<ul style="list-style-type: none"> - Saneamento e geração de energia. - Após a produção do gás é formado o biofertilizante que pode ser usado como adubo.
Compostagem	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamento aeróbio através da mistura de matéria orgânica seca com esterco, em que é produzido um fertilizante de elevado valor agrônômico. - Recomendado para a criação intensiva de bovinos, suínos ou aves. 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura (elevada durante a fermentação) - Oxigênio (necessária boa disponibilidade durante todo o processo) 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução de até 95% do volume dos dejetos através da evaporação; - Diminuição de patógenos no composto; - Redução do odor através do processo aeróbico; - Produção de um composto com alto valor agrônômico; - Maior flexibilidade e menores custos de armazenamento e transporte; - Exportação e comercialização; - Permite alojar mais animais no sistema de criação.

FONTE: PLANO ABC - BOLETIM TÉCNICO -TRATAMENTO DE RESÍDUOS. (BRASIL, 2019c)

Como compromisso assumido durante o Acordo de Paris, o Brasil tinha a meta de estimular o tratamento de 4,40 milhões de m³ de dejetos animais e contribuir com a mitigação de 6,9 Mt CO₂ eq. Até 2018, as estimativas eram de que haviam sido tratados de 1,70 a 4,51 milhões de m³ de dejetos de suinocultura com financiamento dos recursos do Programa ABC, correspondendo de 39 % a 103% de alcance da meta de volume de tratamento (BRASIL, 2019b). Com a NDC, o Brasil espera aumentar a pecuária intensiva, necessitando investimentos no manejo de dejetos (BRASIL, 2020b).

4.7. Mitigação e adaptação às mudanças climáticas

Conforme indicado na Figura 3, a mitigação e adaptação às mudanças climáticas é transversal a todas as TecABC. No entanto, o Plano ABC possui um programa específico sobre estratégias de adaptação às mudanças climáticas, cujo objetivo é promover sistemas variados, o uso sustentável da biodiversidade e dos recursos hídricos, com apoio ao processo de transição de tecnologia, à organização da produção, à garantia de geração de renda, à pesquisa, dentre outras iniciativas.

Um dos conceitos fundamentais dentro deste contexto de adaptação é a resiliência que, segundo GUYOT *et al.* (2015), indica a capacidade intrínseca de um sistema em manter sua integridade no decorrer do tempo, com flexibilidade para criar alternativas de enfrentamento das situações imprevistas e pressões externas. Esses autores citam como exemplos de indicadores de resiliência a produção de abelhas e a diversidade na produção animal e de alimentos.

A agricultura resiliente às mudanças climáticas considera formas de planejar a agricultura a partir de estratégias de adaptação, diversificação, aproveitamento da biodiversidade e prevenção de riscos para que se possa enfrentar a variabilidade climática e seus respectivos fenômenos extremos, garantindo ainda a segurança alimentar da população. Frente a esses desafios, segundo AECID (2018), é importante buscar soluções que considerem a gestão dos solos, dos cultivos, da água e das sementes, além de práticas agroecológicas, reflorestamento, treinamento, conscientização e envolvimento institucional. Como exemplos dessas soluções podemos citar: a diversificação de culturas, com rotação e consórcio, o plantio de variedades resistentes à seca, às pragas, à salinidade, somadas às medidas para conservação da umidade e dos nutrientes do solo (ADGER *et al.*, 2003; LASCO *et al.*, 2014; KALHAPURE *et al.*, 2019; MULIMBI *et al.*, 2019).

De acordo com AECID (2018), as estratégias de mitigação e adaptação mais adequadas para se desenvolver uma agricultura resiliente às mudanças climáticas deveriam se apoiar na promoção da pequena agricultura - familiar e camponesa - baseada em técnicas e práticas agrícolas sustentáveis capazes de aumentar a produtividade, conservando adequadamente as bases produtivas e a biodiversidade.

Outro ponto fundamental é o cuidado com o solo, pois ele, junto com a água, irá propiciar o crescimento das plantas e, logo, o desenvolvimento dos sistemas agropecuários. De acordo com XIMENES *et al.* (2019), cada centímetro de solo pode levar centenas de anos para se formar e as perdas anuais de um solo descoberto podem ser 600 vezes maior do que quando este se encontra com cobertura. Logo, o solo não é um recurso renovável na escala de vida humana e há necessidade de se criar normas e adotar estratégias que garantam seu adequado manejo e conservação.

Os impactos do clima sobre o solo, a vegetação, o ciclo hidrológico e suas implicações no uso da terra têm influência direta na desertificação, que é uma das consequências mais extremas das mudanças climáticas, principalmente quando se consideram áreas de grande aridez, como o semiárido nordestino.

A maior frequência de eventos extremos, como secas e inundações, é uma das possibilidades apontadas pelos estudos sobre mudanças climáticas. De acordo com ACCIOLY *et al.* (2019), as secas afetam com maior intensidade os ecossistemas degradados, pois eles já não são resilientes e, assim, há uma redução da taxa de produtividade biológica após a ocorrência de uma seca. Os autores indicam como exemplos de processos que conduzem à desertificação a superexploração das terras, o sobrepastejo e o desmatamento.

A fim de sintetizar as características relativas às tecnologias apresentadas nesta seção, foram selecionados alguns aspectos importantes acerca das TecABC, bem como as emissões dos GEE evitadas pelo Brasil com a implantação das tecnologias impulsionadas a partir dos compromissos do Acordo de Paris. Constam também as metas assumidas no Compromisso Nacionalmente Determinado (NDC) a Conferência do Clima (UNFCCC).

As características a respeito da geração de energia (BOX G), necessidade de espécies ou grupos de plantas específicas (BOX H), necessidade de insumos específicos (BOX I) e informações sobre emissões de GEE de cada uma das tecnologias encontram-se na Tabela 5.

BOX G – GERAÇÃO DE ENERGIA

Algumas TecABC ao serem implantadas permitem o desenvolvimento de produtos que são utilizados como fontes de geração de energia, notadamente a lenha e o biogás provenientes dos cortes/manejos de florestas e dos sistemas de biodigestão dos dejetos animais, respectivamente.

BOX H – NECESSIDADE DE ESPÉCIES OU GRUPOS DE PLANTAS ESPECÍFICAS

Algumas tecnologias exigem algumas espécies ou grupos de plantas específicas para a sua implantação. Como por exemplo, no SPD é necessário haver espécies que forneçam palha para a cobertura do solo, na RAD-P as forrageiras e as gramíneas são os tipos de plantas mais comumente usadas para os pastos, e na FBN é necessário o plantio de leguminosas.

BOX I – NECESSIDADE DE INSUMOS ESPECÍFICOS

Algumas tecnologias exigem algumas espécies ou grupos de plantas específicas para a sua implantação. Como por exemplo, no SPD é necessário haver espécies que forneçam palha para a cobertura do solo, na RAD-P as forrageiras e as gramíneas são os tipos de plantas mais comumente usadas para os pastos, e na FBN é necessário o plantio de leguminosas.

Tabela 5 : Características da geração de energia, necessidade de espécies e insumos específicos e informações sobre emissões de GEE das TecABC.

TECNOLOGIA	GERAÇÃO DE ENERGIA	NECESSITA ESPÉCIES OU GRUPOS DE PLANTAS ESPECÍFICOS?	NECESSITA INSUMOS ESPECÍFICOS?	COMPROMISSO ASSUMIDO NA COP-15		PERCENTUAL ATINGIDO DA META		É CONTEMPLADO NO NDC?	META DESCRITA NO NDC PARA 2030	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO ATÉ 2030 DESCRITO NO NDC
				ÁREA DE IMPLANTAÇÃO	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO	ÁREA DE IMPLANTAÇÃO	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO			
	SIM / NÃO			MHA	T CO2EQ	%	%		MHA	MT CO2EQ
FBN	NÃO	leguminosas e gramíneas simbiotes com diazotróficas	Biofertilizantes com alta concentração de diazotróficas	5,5	10	181	169 a 182	INDIRETAMENTE	40	2,1
RAD-F (Plantio de Florestas Nativas)	NÃO	arbóreas e arbustivas nativas	fertilizantes, corretivos de solo, herbicida	3	8 a 10	37	7 a 173	INDIRETAMENTE	9,3	9,5
RAD-F (Plantio de Florestas Comerciais)	SIM	arbóreas e arbustivas comerciais	fertilizantes, corretivos de solo, herbicida					INDIRETAMENTE	10	23,6
RAD-P	NÃO	forrageiras e gramíneas	fertilizantes, corretivos de solo, herbicida	15	83 a 104	30 a 70	18 a 62	SIM	33,2	7,4

TECNOLOGIA	GERAÇÃO DE ENERGIA	NECESSITA ESPÉCIES OU GRUPOS DE PLANTAS ESPECÍFICOS?	NECESSITA INSUMOS ESPECÍFICOS?	COMPROMISSO ASSUMIDO NA COP-15		PERCENTUAL ATINGIDO DA META		É CONTEMPLADO NO NDC?	META DESCRITA NO NDC PARA 2030	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO ATÉ 2030 DESCRITO NO NDC
				ÁREA DE IMPLANTAÇÃO	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO	ÁREA DE IMPLANTAÇÃO	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO			
MSF	SIM	arbóreas e arbustivas nativas						INDIRETAMENTE		
ILPF/SAF	SIM			4	18 a 22	146	111 a 182	SIM	5	
ILPF (ILP)	NÃO							INDIRETAMENTE		
ILPF/SAF (IPF)	SIM							INDIRETAMENTE		
ILPF/SAF (ILF)	SIM							INDIRETAMENTE		
SPD	NÃO	Espécies que produzam palhada	Semeadoras para SPD, Controle Químico de	8	16 a 20	125	101	INDIRETAMENTE	34,1	2,1

TECNOLOGIA	GERAÇÃO DE ENERGIA	NECESSITA ESPÉCIES OU GRUPOS DE PLANTAS ESPECÍFICOS?	NECESSITA INSUMOS ESPECÍFICOS?	COMPROMISSO ASSUMIDO NA COP-15		PERCENTUAL ATINGIDO DA META		É CONTEMPLADO NO NDC?	META DESCRITA NO NDC PARA 2030	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO ATÉ 2030 DESCRITO NO NDC
				ÁREA DE IMPLANTAÇÃO	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO	ÁREA DE IMPLANTAÇÃO	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO			
			Plantas Daninhas							
MDA (Compostagem)	NÃO			4,4	6,9	39	39 a 103	INDIRETAMENTE		
MDA (Biodigestores)	SIM		Biodigestores							
Adaptação às Mudanças Climáticas	N/A	N/A	N/A	35,5	132,9 a 162,9	77	68 a 105			

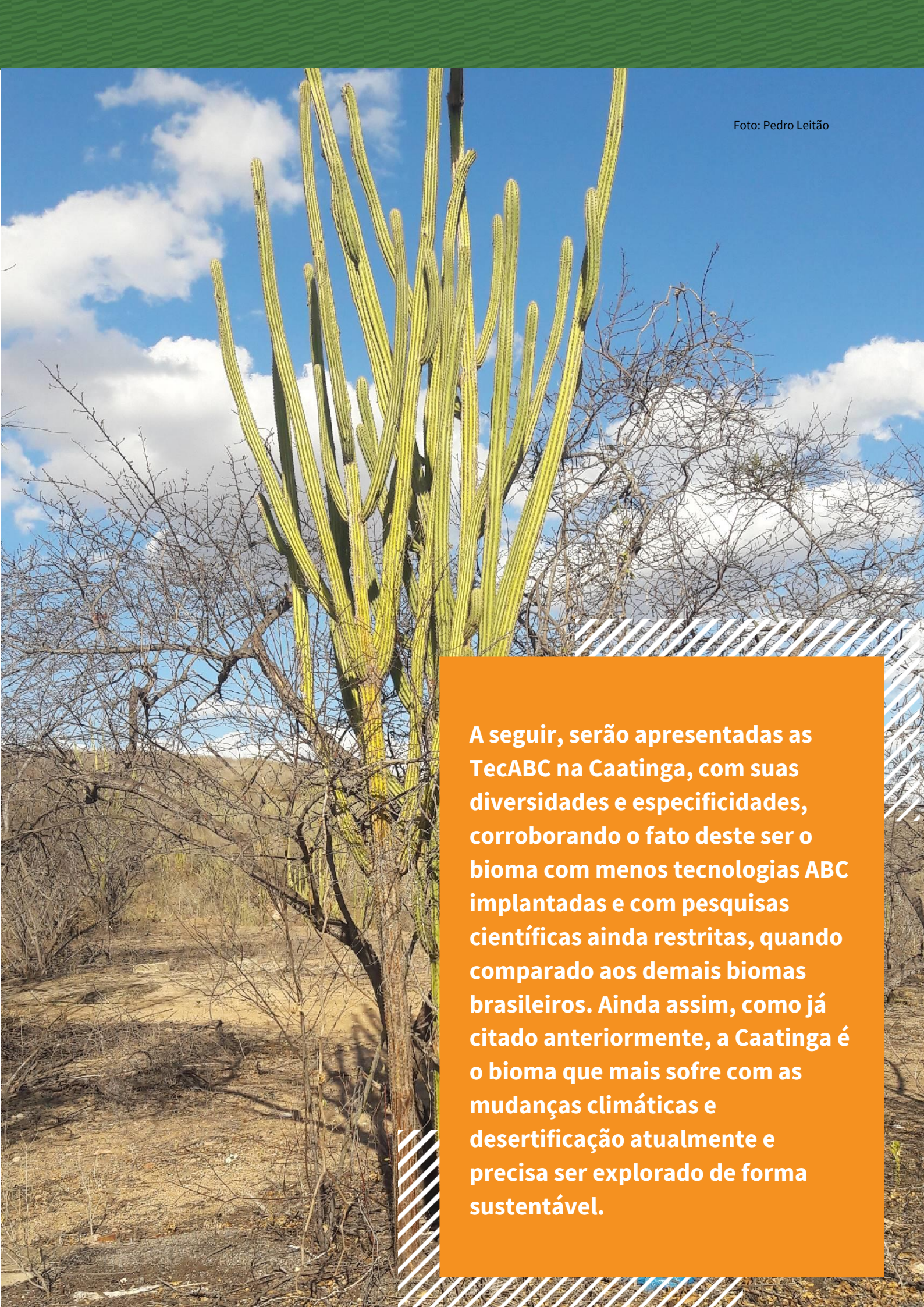
A tall, columnar cactus with multiple stems stands in a dry, open landscape. The cactus is green and has a ribbed texture. The background shows a blue sky with white clouds and some bare, dry trees. The ground is sandy and sparsely vegetated.

Foto: Pedro Leitão

A seguir, serão apresentadas as TecABC na Caatinga, com suas diversidades e especificidades, corroborando o fato deste ser o bioma com menos tecnologias ABC implantadas e com pesquisas científicas ainda restritas, quando comparado aos demais biomas brasileiros. Ainda assim, como já citado anteriormente, a Caatinga é o bioma que mais sofre com as mudanças climáticas e desertificação atualmente e precisa ser explorado de forma sustentável.

5. Tecnologias ABC na Caatinga

A utilização de um sistema de cultivo itinerante em partes do semiárido nordestino perdurou por muitos anos, de modo que se praticava a sustentabilidade na região. Ele consistia em roçar manualmente a área escolhida durante o período seco, fazer um aceiro⁶, queimá-la logo após o início do período chuvoso e em seguida plantar. Esta área era então usada por aproximadamente 2 a 3 anos e depois os agricultores partiam para outro pedaço da propriedade, permitindo assim, a recuperação da vegetação original por um período de pousio de 5 a 20 anos, antes de retornar a ela. Desta forma, ocorria a recuperação da fertilidade e da estrutura do solo (CAMPELLO, 2020). Entretanto, com o passar do tempo, a mecanização e a maior demanda por alimentos, devido ao crescimento populacional e à necessidade de geração de excedentes produtivos para venda, levaram a encurtamentos cada vez maiores dos períodos de repouso, chegando a menos de 10 anos. Esta dinâmica resultou em uma extensa degradação dessas terras (SCALÉA, 2015). De acordo com NUNES *et al.* (2006), atualmente, a perda da vegetação primária da Caatinga alcança 2,7% ao ano e a agricultura familiar de subsistência é praticada em locais onde a vegetação se encontra em estágio sucessional arbustivo e a fertilidade do solo ainda não foi recuperada.

A pecuária e a agricultura de sequeiro são as principais atividades econômicas na Caatinga e a fonte de subsistência de muitas famílias, tanto que 95% delas criam animais (GIONGO *et al.*, 2011; PIRES, 2020). Segundo MORAES (2020) e RODRIGUES (2020), a pecuária é a maior vocação da Caatinga, pois o solo não apresenta muita aptidão para a agricultura, como por exemplo a produção de grãos, e por isso, os manejos inadequados do solo e o superpastejo passam a ser práticas bastante preocupantes.

Portanto, as atividades agropecuárias precisam de atenção e manejo adequado, o que pode ser realizado por meio do uso de TecABC, tais como os sistemas silvipastoris, que integram as partes do bioma e buscam melhorar a resiliência dessas áreas (GIONGO *et al.*, 2011). A tendência deve ser sempre buscar sistemas mais biodiversos, no sentido de aumentar sua complexidade, o que também precisa estar aliado à intensificação de uma pecuária mais sustentável para que as áreas não sejam sobre-exploradas com o número de animais (MORAES, 2020).

De acordo com MORAES (2020), as tecnologias estabelecidas para a região Nordeste são totalmente específicas e, em geral, já mostram resultados para qualquer alteração que se faça. Isto porque, originalmente, a vulnerabilidade de solos e de recursos hídricos na Caatinga é tão grande que não há outra saída que não seja empregar princípios técnicos conservativos⁷, buscando melhorar a qualidade e fertilidade dos solos e recuperar a degradação. E, para garantir que estes princípios sejam aplicados, não há muitas opções possíveis, senão buscar espécies mais tolerantes, principalmente leguminosas para a produção de forragens para esses sistemas de produção pecuária, e o uso da própria Caatinga como um sistema silvipastoril, já que é mais inteligente usá-la assim do que desmatá-la para implantar uma pastagem cultivada, que faz com que a resiliência seja totalmente perdida.

⁶ Desbaste de um terreno em volta de propriedades, matas e coivaras, para impedir propagação de incêndios.

⁷ As técnicas conservacionistas buscam, de fato, a conservação do solo e a escolha dos métodos leva em conta aspectos socioeconômicos e ambientais de cada propriedade. Algumas das mais utilizadas são: adubação mineral, plantio em nível, adubação orgânica, reflorestamento, controle de queimadas, cobertura morta, rotação de cultura, adubação verde e cordões de vegetação perenes (PENSAMENTO VERDE, 2014).

Há tecnologias de baixa emissão de carbono que já fazem parte do dia a dia de alguns produtores da Caatinga, apesar de não as conhecerem com esse nome, por ser este um termo relativamente novo para a maioria das famílias locais. Porém, elas sabem e observaram que, durante os grandes períodos de seca, quem mantém a vegetação da Caatinga em pé, consegue atravessar melhor o período, e, assim, o uso dessas tecnologias passa a ser difundido e adotado (AZEVEDO *et al.*, 2015). De fato, GIONGO *et al.* (2011) apresentaram dados que mostram que a Caatinga preservada possui maior estoque de carbono quando comparada a outros sistemas de cultivo em monocultura, como o de frutas.

Dentro do bioma já existem diversas iniciativas que buscam reduzir as emissões de carbono na agricultura, principalmente aquelas associadas à agricultura familiar, com uso de práticas agroecológicas e de tecnologias sociais. Por outro lado, apesar do potencial existente junto aos pequenos proprietários, o Plano ABC não prevê metas ou programas específicos para a implantação das TecABC na Caatinga.

É importante ressaltar que a ampliação e disseminação das TecABC na Caatinga é fundamental para conter o avanço da desertificação, uma vez que promovem a diversificação de espécies, o cuidado com o solo e a conservação dos serviços ecossistêmicos. Isso é urgente, pois segundo ARAÚJO FILHO *et al.* (1995) e NORDESTE RURAL (2016), 15% da área ocupada pelo bioma já apresenta sinais extremos de degradação, formando os chamados Núcleos de Desertificação.

Porém, devido às especificidades da Caatinga, as TecABC descritas na seção anterior precisam ser trabalhadas e empregadas de forma diferenciada em comparação com os outros biomas. Deve-se respeitar a cultura local e o modo de produção, fazer uma adaptação ao que é feito no dia a dia e respeitar o tamanho da propriedade (CARVALHO, 2020a; RODRIGUES, 2020). É preciso também considerar os aspectos socioeconômicos e ambientais específicos de cada localidade e inserir as tecnologias sociais no processo; além disso, é necessário se apoiar no manejo sustentável da Caatinga e privilegiar a biodiversidade local para, então, desenvolver TecABC adaptadas ao bioma (FERNANDES, 2020).

Por fim, outro ponto importante a considerar é a baixa disponibilidade financeira dos pequenos proprietários de terra da Caatinga para realizar investimentos altos e de longo prazo. Dessa forma, segundo FERNANDES (2020), as tecnologias precisam ser adaptadas à realidade do agricultor ao invés da realidade do agricultor ter que se adaptar às tecnologias criadas com muito rigor científico, mas que desconsideram as necessidades reais dos camponeses.

5.1. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

A baixa fertilidade do solo devido à exploração agrícola intensiva é um dos principais problemas que os produtores enfrentam na Caatinga, pois é desta forma que a agricultura de subsistência é praticada em áreas não recuperadas do bioma. No passado, o pousio da terra entre dois cultivos era prática comum, promovendo a recuperação da vegetação original e da fertilidade do solo; entretanto, a pressão demográfica fez com que o período de repouso se tornasse menor que 10 anos (NUNES *et al.*, 2006).

O uso de fertilizantes nitrogenados é uma prática comum em solos com pouca fertilidade, mas possui um custo elevado para pequenos agricultores, o que o torna pouco viável em uma agricultura de sequeiro

(SAMPAIO *et al.*, 1995). Neste cenário, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é peça-chave para a disponibilização de nitrogênio assimilável pelas plantas, o que se dá através do cultivo de leguminosas em rotação de culturas. A FBN apresenta-se então como uma estratégia eficiente e ambientalmente sustentável, por suprir a demanda de nitrogênio do solo sem o uso de fertilizantes químicos, proporcionando economia e mitigando a emissão de GEE, além de ser muito recomendada e útil para a Caatinga, podendo ser combinada com outras TecABC, como SPD, ILPF e RAD (BOSCO *et al.*, 2019; VIDIGAL *et al.*, 2019). A fixação de nitrogênio melhora as condições biológicas e a qualidade do solo, aumenta a biomassa vegetal, promove a estabilidade da produção de grãos, atua na diminuição de doenças e pragas na lavoura e na diminuição de ervas daninhas (GOMES JÚNIOR, 2020).

As leguminosas utilizadas na recuperação de áreas degradadas possuem um papel fundamental no bioma, que vai além da importância ecológica e agrícola na fixação de nitrogênio no solo. Elas produzem grãos muito nutritivos e são a base para a manutenção da segurança alimentar, no combate à fome e à miséria (VIDIGAL *et al.*, 2019). Também possuem grande potencial para utilização como madeira, pastagens naturais, adubação verde, carvão, material para construção, produtos medicinais, recuperação de áreas degradadas e até mesmo como parte do folclore e de rituais religiosos (QUEIROZ, 2009).

A família Fabaceae (leguminosas) é uma das famílias de plantas mais importantes da Caatinga como fixadoras de nitrogênio, por fazerem parte da cultura do sertanejo e pela sua grande contribuição para a diversidade florística do bioma (QUEIROZ, 2009). A realização da chamada adubação verde, utilizando espécies dessa família, pode proporcionar: melhor agregação do solo e incremento do carbono orgânico; aporte de nutrientes e de matéria orgânica nas áreas cultivadas; fornecimento de nitrogênio através da fixação biológica; manutenção da umidade do solo; diminuição das temperaturas máximas e da amplitude térmica; proteção permanente contra os principais agentes causadores da degradação dos solos; e controle de plantas espontâneas (TEODORO *et al.*, 2011).

O sucesso da técnica depende de conhecimentos específicos, uma vez que, para garantir o êxito como cobertura permanente, a escolha da espécie deve ser avaliada a partir das características da região (TEODORO *et al.*, 2011). Existem alguns trabalhos com leguminosas exóticas, como a leucena, porém são poucos os estudos relacionados à FBN, que focam na biodiversidade da Caatinga (FERNANDES, 2020). Ressalta-se então que, apesar desses trabalhos na Caatinga ainda serem escassos, existe uma infinidade de espécies de leguminosas, muitas esquecidas e pouco produzidas, que geralmente são resistentes à seca e que deveriam ser introduzidas na variedade de culturas para subsistência, visando melhorar a segurança alimentar, econômica e o empoderamento social (FAO, 2019; VIDIGAL *et al.*, 2019).

A capacidade de incorporação de nitrogênio varia muito, dependendo da especificidade da simbiose e das características ambientais, que afetam a produção de biomassa vegetal (STAHL *et al.*, 2002 e RADDAD *et al.*, 2005 *apud* FREITAS *et al.*, 2015). FREITAS *et al.* (2015) avaliaram a FBN em algumas espécies comuns do semiárido, entre elas, o feijão-caupi/ feijão-de-corda, leguminosas herbáceas, arbustivas (ILPF/SAF) e gramíneas.

O feijão-caupi é geralmente cultivado em consórcio com o milho e integrado à pecuária. É um sistema dominante na agricultura familiar em pequenas e médias propriedades da Caatinga, e apresenta baixa produtividade, determinada principalmente pela irregularidade e deficiência das chuvas. Estudos no

agreste da Paraíba mostram que a FBN no cultivo do feijão pode representar entre 51% e 79% do nitrogênio absorvido por diversas variedades cultivadas por agricultores familiares (FREITAS *et al.*, 2015).

As leguminosas herbáceas são pouco pesquisadas apesar da grande variedade de espécies nativas. Algumas espécies exóticas, apesar de bastante estudadas em outras regiões, também têm sido pouco pesquisadas nos solos da região. Contudo, algumas demonstram potencial para formar simbiose efetiva quando cultivadas como adubos verdes (FERREIRA NETO, 2013; DANTAS, 2014 *apud* FREITAS *et al.*, 2015). A fixação por espécies como a jureminha, o feijão-de-rolinha e a orelha-de-onça contribui com proporções altas de nutrição nitrogenada, podendo chegar a mais de 85% (FREITAS *et al.*, 2011 *apud* FREITAS *et al.* 2015). Algumas das espécies de leguminosas herbáceas consideradas adubos verdes podem ser cultivadas de forma espontânea em pastos, apresentando alto desempenho simbiótico e resultando em adições de nitrogênio que podem ser comparáveis às de espécies tradicionalmente utilizadas com adubos verdes, como a crotalaria e o feijão-guandu. Os benefícios do uso de adubos verdes dependem da escolha correta da espécie fixadora e do manejo dessas espécies. Estas informações ainda são escassas na Caatinga e são necessários esforços para gerar estimativas do potencial suprimento de nitrogênio pela FBN (FREITAS *et al.*, 2015).

O nitrogênio fixado em espécies arbustivas e arbóreas pode representar uma fonte adicional desse elemento para as culturas comerciais consorciadas e sua utilização é uma alternativa à aplicação de fertilizantes. Elas são muito utilizadas em sistemas ILPF com algumas espécies como a jurema-preta, unha-de-gato e jurema-branca (Anexo 4), que possuem grande potencial de fixação de nitrogênio, podendo superar os 80 % (FREITAS *et al.*, 2015) (Figura 12).

Figura 12: Nódulos de jurema-preta (A), angico (B) e mulungu (C).



FONTE: SILVA, 2015.

A simbiose de gramíneas com bactérias diazotróficas é bastante conhecida, sendo o milho a principal espécie cultivada no semiárido. Mas também existem cultivos de cana-de-açúcar, sorgo e capins diversos utilizados como pasto ou para corte e forragem. Para as condições dessa região, ainda não existem evidências de FBN e, conseqüentemente, não existem estimativas do nitrogênio fixado por essas plantas. Em outras regiões foram relatadas FBN para cana-de-açúcar (URQUIAGA *et al.*, 2012 *apud* FREITAS *et al.*

2015), milho (MONTAÑEZ *et al.*, 2009 *apud* FREITAS *et al.* 2015) e capim-elefante (MORAIS *et al.*, 2012 *apud* FREITAS *et al.* 2015), mas não para o sorgo e muitas outras espécies.

Outras características também são importantes na escolha das espécies, como por exemplo, a boa capacidade de cobertura do solo de algumas espécies como a calopogônio, o amendoim-forrageiro e o cudzu-tropical (TEODORO *et al.*, 2011).

Além da baixa fertilidade do solo, a Caatinga tem uma outra característica muito importante que deve ser levada em consideração: a salinidade. Ela constitui um grande problema a ser enfrentado, principalmente em áreas irrigadas, onde a alta taxa de evaporação promove a concentração de sais que, dependendo da densidade, pode interferir no desenvolvimento vegetal (SOUSA, 2010). A salinidade afeta a simbiose leguminosa-Rhizobium, reduzindo o crescimento das plantas e a capacidade de fixação do nitrogênio (SASSI AYDI *et al.*, 2008). No entanto, a influência da salinidade no processo de fixação simbiótica do nitrogênio varia conforme a espécie, o nível de salinidade e a estirpe de rizóbio utilizada. SANTOS *et al.* (2010) relatam que as espécies nativas são potenciais candidatas a promover o crescimento vegetal, porque melhoram o uso de solos de áreas afetadas pela salinidade e contribuem para o desenvolvimento agrícola e remediação dessas áreas.

5.2. Sistema Plantio Direto (SPD)

De acordo com SCALÉA (2015), o SPD se espalhou pelo Brasil nos últimos 40 anos, porém há ainda “bolsões”, onde a adesão é baixa pelos seguintes motivos: barreiras técnicas ainda não totalmente equacionadas e impossibilidade de levar a tecnologia a certos segmentos produtivos, notadamente os pequenos e micro produtores, que dependem de incentivos oficiais e de extensão rural.

Há diversos questionamentos acerca da viabilidade do SPD na Caatinga, que passam por ele não ser um processo tradicional, mas principalmente pela baixa disponibilidade de matéria orgânica vegetal, que preferencialmente é direcionada para a alimentação dos animais. De maneira geral, realizar o SPD na Caatinga significa ter que optar, na maior parte do tempo, entre deixar a palhada sobre o solo ou utilizá-la como forragem para os rebanhos. Nesse sentido, a preocupação do produtor é primeiramente alimentar o rebanho, antes de pensar nos benefícios que a tecnologia pode trazer (MORAES, 2020).

Apesar da existência de estudos na área, há poucos trabalhos referentes ao uso do SPD neste bioma, uma vez que seu tempo de retorno é longo demais para a realidade do pequeno produtor sertanejo e, em geral, é uma técnica mais difundida nas plantações dos grandes latifúndios (SCALÉA, 2015). A implantação desta tecnologia sem o manejo e preparo correto do solo para receber chuvas intensas pode deixá-lo descoberto e causar erosão laminar (CAMPELLO, 2020).

No sertão, as precipitações são escassas, porém as poucas boas chuvas que caem são muito intensas. Dessa forma, quando caem sobre solos com preparo intensivo, compactados, descobertos e, eventualmente, com declividade acentuada, cria-se um problema sério de erosão, que leva, justamente, a pequena camada de solo fértil disponível para os plantios. Assim, a água que escorre não infiltra e ainda causa erosão no solo,

com eventual salinização pela liberação dos sais minerais presentes nos solos da região (SUASSUNA, 1995; SCALÉA, 2015).

De acordo com SCALÉA (2015), o uso intensivo da Caatinga, e sem o manejo adequado, gerou áreas degradadas que estão suscetíveis a sérios problemas de erosão, o que levanta uma perspectiva interessante sobre o uso do SPD como alternativa para exploração sustentável destes solos ameaçados de desertificação. Entretanto, o modelo tradicional de cultivo não consegue absorver esta tecnologia.

Neste modelo tradicional, o pequeno produtor implanta sua roça de sequeiro seguindo algumas etapas para tentar fazer o plantio o mais cedo possível, aproveitando melhor a época das chuvas para maximizar o uso da escassa umidade disponível. Estas etapas consistem basicamente em: aguardar as primeiras chuvas, fazer o preparo do solo para o plantio, enquanto ele está úmido, e então realizar o plantio propriamente dito com as chuvas subsequentes. Porém, se a chuva não acontece na sequência do preparo do solo, esse trabalho se perde e precisa ser novamente realizado em outro momento, deixando o solo duplamente exposto.

Este processo, portanto, acaba indo na contramão de uma gestão sustentável, pois ao preparar o solo o agricultor joga fora boa parte da pouca umidade disponível (15 a 25 mm de umidade por operação) e assim atrasa o plantio; na sequência deste ciclo acaba perdendo o melhor momento e se arrisca a plantar quando resta pouca chuva. Além disso, cada chuva provoca a erosão do solo preparado, e leva embora solo e trabalho (SCALÉA, 2015).

Neste contexto, o uso do SPD na Caatinga poderia ser uma opção, porém fica comprometido em propriedades sem o manejo adequado, onde a pouca palhada obtida é essencial para complementar a alimentação dos animais, e assim não há sobras para permitir um bom SPD. SCALÉA (2015) propõe então um sistema alternativo de plantio semidireto, no qual é preciso:

- Quebrar apenas a camada superficial adensada do solo, sem uso de arado;
- Repousar o terreno até ter mais umidade e germinar as sementeiras de mato;
- Aplicar herbicida dessecante e posterior eliminação do mato germinado;
- Plantar a cultura desejada e também de algum silageiro ou forrageiro em parte do terreno, aproveitando a umidade.

Este modelo adaptado, por assim dizer, é importante para ganhar umidade e tempo, e seria capaz de evitar preparos de solo desnecessários, bem como revolver apenas o solo essencial para melhorar a infiltração da água e evitar a compactação. Além disso, a substituição de parte da cultura por forrageiras mais resistentes à seca busca reduzir o efeito das possíveis estiagens e gerar excedente de palhada, garantindo que haja o suficiente para recobrir o solo (SCALÉA, 2015).

Além desta possibilidade alternativa de uso, é importante ressaltar que algumas das técnicas que compõem o SPD são largamente difundidas como práticas agroecológicas e importantes para garantir a qualidade dos plantios realizados na Caatinga. O uso de cobertura seca na área produtiva é uma delas e ajuda a manter a estrutura e a fertilidade do solo, isto porque o protege contra a intensa radiação solar, evitando a

queima da matéria orgânica e reduzindo a amplitude térmica da superfície, a perda de água por evaporação e o impacto das gotas de chuva sobre a superfície (SEMEAR INTERNACIONAL, 2017).

Finalmente, vale salientar que nas áreas da região Nordeste onde há maior disponibilidade de chuvas (cerca de 800mm anuais), como na região do Agreste, existe mais indicação ao uso do SPD, por exemplo, em algumas culturas irrigadas, usando o capim como forrageira para o plantio direto do milho, conforme indicam PEREIRA *et al.* (2009) e SALLES *et al.* (2016). Este modelo produz duas safras com a água disponível: o grão e a matéria verde, sendo esta usada para o plantio direto (proteção do solo) ou para a alimentação dos ruminantes. Entretanto, a agricultura de sequeiro, que é a principal da Caatinga, não usa este tipo de tecnologia, conforme descrito acima.

5.3. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) / Sistemas Agroflorestais (SAF)

A produção agropecuária da Caatinga é própria e bastante peculiar devido às adaptações necessárias às condições climáticas, aos tipos de solo e à escassez de água. Portanto, o uso de espécies vegetais e animais resistentes a essas adversidades é imprescindível para viabilizar a produção rural no semiárido, assim como é primordial identificar uma forma de estocar água no solo ou acima dele (CARVALHO, 2020a). Nesse sentido, a estratégia da produção agrossilvipastoril (ILPF) de otimizar o uso de recursos acaba aumentando a produtividade como um resultado natural (GONTIJO NETO *et al.*, 2018). Esta estratégia, portanto, é um dos sistemas produtivos mais indicados para a Caatinga, a fim de manter a diversidade de espécies arbóreas nativas, por meio da interação entre as atividades agrícolas, silvícolas e pastoris, utilizando-se técnicas de manejo arbóreo-arbustivas (ARAÚJO FILHO, 2013; CORDEIRO *et al.*, 2015; RODRIGUES, 2020).

A Caatinga tem grande potencial de adoção de TecABC, principalmente os sistemas integrados, para a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas, para redução da perda de solo e de água e para a diminuição da temperatura do sistema para conforto animal; porém, faltam assistência técnica e linha de crédito adequadas (RODRIGUES, 2020). Contudo, para implantação do ILPF no Nordeste, é preciso resgatar o histórico da agricultura e da pecuária local, a fim de analisar a melhor forma de implementação (MORAES, 2020).

O Nordeste possui quase 50 milhões de hectares destinados para a agropecuária sendo que, pouco mais de um milhão de hectares tem implantada alguma modalidade de ILPF, o que representa cerca de 3% da área total ocupada pela agropecuária na região (RANGEL *et al.*, 2019). Há o predomínio de sistemas de produção agrossilvipastoril (ILPF) nas áreas mais úmidas e próximas de centros consumidores, e silvipastoril (IPF), nas áreas mais secas (ARAÚJO FILHO, 2013).

Na ILF, o componente lavoura pode ser transitório, pois dependendo da densidade e do arranjo das árvores, o sombreamento pode interferir na produtividade da lavoura a partir do terceiro ano. Por isso, em alguns modelos, as árvores estão em linhas e mais espaçadas ou precisam ser raleadas para que haja entrada de luz suficiente para o desenvolvimento das herbáceas e da lavoura anual por mais tempo, principalmente ao se considerar o tempo de retorno do investimento que pode levar de 3 a 5 anos (GONTIJO NETO *et al.*, 2018; CAMPELLO, 2020). A presença do componente arbóreo no sistema é relevante para a recuperação do solo e da complexidade ecológica e também como produtor de forragem (MORAES, 2020).

As integrações produtivas na Caatinga surgiram com os sistemas agroflorestais (SAFs), em 2001, pela Associação Cristã de Base (ACB), como uma alternativa agroecológica para promover a transição de um modelo extrativista e predatório para um modelo mais conservacionista, com uso sustentável dos recursos naturais, formado por uma diversificação de culturas agrícolas, sem uso de insumos e herbicidas e com preservação da Caatinga, pecuária e da produção de alimentos (FARIAS *et al.*, 2018; CAMPELLO, 2020; GUILHERME, 2020). O termo ILPF foi emergindo aos poucos no Nordeste, com os grupos de pesquisa fazendo um diálogo entre os dois conceitos (ILPF e SAF), que se referem às mesmas integrações (FERNANDES, 2020; RODRIGUES, 2020).

Os modelos de ILPF na Caatinga costumam ser voltados para a adequação do manejo pastoril, buscando a redução do superpastejo e o manejo adequado da vegetação lenhosa. Para isso, as técnicas de rebaixamento, raleamento e enriquecimento das espécies promovem o aumento da oferta de forragens e uma racionalização da extração madeireira, estabelecendo assim uma agricultura sustentável (ARAÚJO FILHO, 2013; FARIAS *et al.*, 2018; CAMPELLO, 2020; LUCENA, 2020; MORAES, 2020).

O sistema ILPF é manejado no tempo e no espaço; logo, as culturas entram no sistema de acordo com o período de chuvas, que se inicia com o plantio das espécies arbóreas em consórcio com a lavoura de grãos e forrageiras, por um período de 3 anos até a espécie lenhosa se estabelecer. Depois, até o sétimo ano do sistema, é inserido o componente animal (rebanho) e o uso da pastagem dura até a colheita do componente florestal, geralmente utilizado para carvão vegetal e lenha. No ano seguinte, o ciclo se reinicia (KICHEL *et al.*, 2014; CORDEIRO *et al.*, 2015; GONTIJO NETO *et al.*, 2018; CAETANO, 2020; FERNANDES, 2020; PIRES, 2020).

O período em que cada tipo de produção permanece na área interfere no agroecossistema e no tempo de retorno do investimento, sendo que a lavoura e a pecuária permanecem de 5 meses a 5 anos e as árvores de 6 a 12 anos (

Tabela 6). Vale ressaltar que a lavoura tem um importante papel para a geração de renda a curto prazo e para a amortização do investimento na implantação do sistema ILPF (KICHEL *et al.*, 2014; GONTIJO NETO *et al.*, 2018).

O resultado e a produtividade da ILPF são reconhecidos pelos produtores na forma de bens e serviços gerados como lenha, estacas para cerca, madeira, forragem, cultivos agrícolas, segurança alimentar, Caatinga preservada, produtos medicinais, sombreamento, sementes nativas e crioulas para banco de sementes, frutos, além de maior produtividade do rebanho com menor custo e mão de obra (FARIAS *et al.*, 2018). Porém não há um modelo ideal de integração de sistemas para a Caatinga. É necessário conhecer o produtor, a propriedade, o maquinário existente, a produção; saber se tem animais; analisar o mercado local e regional, pois ele tem que produzir o que consegue vender, para que então se possam agregar tecnologias, novos produtos e fortalecer a cadeia produtiva (RODRIGUES, 2020).

Na Caatinga, os componentes mais utilizados em cultivos simultâneos são: feijão-comum, feijão-caupi, milho, mandioca, jerimum, melancia e forrageiras como gramíneas e elementos arbustivos (Anexo 4), sendo que os consórcios de cultura em ILP são os mais praticados na região semiárida (CORDEIRO *et al.*, 2015; FARIAS *et al.*, 2018; RANGEL *et al.*, 2019; CAETANO, 2020; FERNANDES, 2020; MORAES, 2020, PIRES, 2020; RODRIGUES, 2020).

Com relação às espécies forrageiras as mais indicadas são o capim-buffel e a braquiária para solos mais férteis, e o capim-andropogon para solos de baixa fertilidade natural (CORDEIRO *et al.*, 2015; CARVALHO, 2020a; LOPES, 2020).

Já as espécies florestais exóticas mais indicadas são: leucena, gliricídia; algaroba e eucalipto. Em geral, os eucaliptos são opções indicadas para sistemas de ILPF em áreas com objetivo madeireiro, mas eles não são tão adaptados ao solo e ao clima semiárido quanto a acácia australiana, cujo crescimento é tão rápido quanto o do eucalipto (CORDEIRO *et al.*, 2015; GUILHERME, 2020; OLIVEIRA, 2020a; SOARES, 2020).

As espécies arbóreas nativas, embora tenham crescimento lento, são as mais adaptadas e indicadas para compor os sistemas ILPF na Caatinga, entre elas: sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*) e angico (*Anadenanthera colubrina*) (CORDEIRO *et al.*, 2015; LOPES, 2020; OLIVEIRA, 2020a; SANTOS, 2020b). Outras espécies com potencial para serem inseridas no sistema ILPF, mas que ainda estão sendo pesquisadas são: jatobá (*Hymenaea courbaril*), pequi (*Caryocar brasiliense*), ipê/pau-d'arco (*Handroanthus impetiginosus*), faveira-de-bolota (*Parkia platycephala*), catingueira (*Poincianella pyramidalis*), feijão-bravo (*Capparis flexuosa*), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), jucá (*Caesalpinia férrea* var. *leiostachya*), pau-branco (*Auxemma oncocalyx*) e babaçu (*Orbignya phalerata*) (CORDEIRO *et al.*, 2015; FARIAS *et al.*, 2018; MORAES, 2020).

Em geral, o componente florestal não tem sido muito introduzido nos sistemas de integração na região Nordeste, em comparação com os componentes lavoura e pecuária. Provavelmente devido às dificuldades em inserir um novo tipo de produção, com investimento inicial alto e retorno a longo prazo, que precisa de assistência técnica, além dos cuidados para proteger a muda dos animais ou aguardar um período de dois anos para que a área possa ser compartilhada com rebanhos (CORDEIRO *et al.*, 2015; CASSIMIRO *et al.*, 2019; CAMPELLO, 2020; MORAES, 2020).

Entretanto, o componente florestal é muito recomendado para a Caatinga sendo que os tipos mais adequados são os voltados para o extrativismo não-madeireiro e para o conforto animal na pecuária. Pode-se também fazer consórcio de frutíferas com pecuária e extração de madeira que é geralmente utilizada na propriedade como lenha, cerca ou portão e outros usos diversos que vão sendo ajustados ao longo do tempo de acordo com a necessidade e percepção da família (CARVALHO, 2020b; FERNANDES, 2020; PIRES, 2020; RODRIGUES, 2020). Deve-se ter atenção na escolha das espécies exóticas, como no caso da algaroba, que se adaptou bem às condições da Caatinga e se espalhou pelo bioma (PIRES, 2020).

A ILPF pode ser implementada em estabelecimentos rurais de pequeno porte, com áreas menores que 1 ha e divididas em duas partes: uma para o sistema agrossilvipastoril (40%), com vegetação manejada e a outra área (60%) correspondente à parte do sistema com Caatinga preservada (FARIAS *et al.*, 2018). As espécies arbóreas existentes na área a ser manejada são mantidas para uso como forragem, preservação do solo, extrativismo (uso medicinal e frutas) e obtenção de lenha e madeira para estacas de cercas (Figura 13) (FARIAS *et al.*, 2018; CARVALHO, 2020b; FERNANDES, 2020; RODRIGUES, 2020). O ideal é implantar a tecnologia no período seco, por não ser época de plantio de culturas agrícolas e facilitar a escolha e distribuição aleatória das árvores para serem manejadas (vide Manejo da Caatinga/MSF). A madeira retirada com o manejo florestal é picotada e usada para formação de leiras em cordões perpendiculares ao

declive do terreno, onde são plantadas culturas agrícolas em consórcio, evitando que novas áreas sejam desmatadas e protegendo o solo (FARIAS *et al.*, 2018; FERNANDES, 2020).

Figura 13: Retirada de lenha para cerca.



FONTE: AMAR ASSOCIAÇÃO.

Diversos modelos de integração para a Caatinga, usam espécies frutíferas nativas como componente arbóreo na ILPF, como: licuri, umbu, maracujá-da-caatinga, aroeira, angico, murici, jatobá, araticum, cajá, buriti, caju, carnaúba (Anexo 4), entre outras (SABOURIN *et al.*, 1999; CAMAROTE, 2010; ALVES & COELHO, 2019; CORRÊA, 2019; CERRATINGA, 2020; CAMPELLO, 2020; SANTOS, 2020). Elas são resistentes à seca e não precisam de irrigação, diferentemente das frutíferas cultivadas em perímetros irrigados, onde já são realizados ILF como leguminosas, grãos, melão e manga (SALVIANO, 2020). O principal cuidado necessário ao integrar o cultivo de frutas nativas com a pecuária, é que os animais podem pisoteá-las ou ingeri-las, o que reduz a produtividade (MORAES, 2020; SOARES, 2020). Atualmente, estas frutas são obtidas pelo extrativismo (MORAES, 2020).

Outra possibilidade importante a partir da preservação e manejo do bioma é o uso das plantas medicinais identificadas na Caatinga, tais como: a ateira, cuja casca é utilizada para tratar cólicas abdominais; o mofumbo, considerado anti-hemorrágico; a ameixa, com propriedades anti-inflamatórias e o marmeleiro que é usado para tratar distúrbios estomacais (FARIAS *et al.*, 2018; SANTOS, 2020).

A partir do Plano ABC, a ILPF tornou-se uma política pública, e assim, o histórico de sistemas agrossilvipastoril da Caatinga foi resgatado e valorizado com tecnologias específicas da Caatinga (MORAES, 2020; RODRIGUES, 2020). A maior contribuição foi o ILP e o uso integrado do SPD na lavoura, que permite

maior aproveitamento da área, e sobretudo da pastagem formada após a colheita da lavoura (CORDEIRO *et al.*, 2015).

Por fim, é importante ressaltar que a Integração Lavoura-Pasto-Floresta (ILPF) é a tecnologia ABC mais abrangente, pois além de integrar até três sistemas produtivos, incorpora diversas outras TecABC (RODRIGUES, 2020), como: a Recuperação de Áreas Degradadas com Pasto (RAD-P) e com Florestas (RAD-F), por serem locais indicados para se iniciar um ILPF; o Sistema de Plantio Direto (SPD), utilizado no consórcio entre culturas; o Manejo Sustentável de Florestas (MSF), principalmente na Caatinga, onde a vegetação nativa serve de pastagem; a Fixação de Nitrogênio (FBN), pela forte recomendação do uso de leguminosas no componente arbóreo-arbustivo; o Manejo de Dejetos Animais (MDA), no caso de pecuária semiextensiva; e, finalmente, o próprio sistema produtivo coletivo das comunidades de fundo de pasto, tradicionais em algumas regiões da Caatinga, se enquadra nesta TecABC tão integrativa.

5.4. Manejo Sustentável de Florestas Nativas (MSF) - Manejo sustentável da Caatinga

O manejo da vegetação da Caatinga é muito utilizado na criação de ruminantes e busca incrementar a oferta de forragem ao alterar a estrutura e composição florística (ARAÚJO FILHO, 2014; CARVALHO, 2020a; MORAES, 2020). A partir de técnicas de manipulação das plantas como rebaixamento, raleamento e enriquecimento das espécies forrageiras, o produtor rural consegue manter a pecuária em regiões semiáridas da Caatinga de forma sustentável (ARAÚJO FILHO, 2013; CARVALHO, 2020a; GOMES JÚNIOR, 2020). O uso destas técnicas, e suas possíveis combinações pode incrementar em até 80% a oferta de forragem da Caatinga (CAVALCANTE *et al.*, 2013).

O **rebaixamento** é uma técnica de manejo de plantas forrageiras recomendada para áreas com predomínio de espécies lenhosas, e indicadas para pastagem de caprinos ou combinados com ovinos e/ou bovinos. A técnica consiste em aumentar o acesso à forragem, proveniente de árvores e arbustos, a partir de um corte seletivo (broca manual) da vegetação lenhosa, isto é, a poda de folhas e galhos de espécies como o sabiá, o mororó, a jurema-preta e a quebra-faca, nutritivas e ricas em vitamina A, para serem usadas como forragem e silagem nas épocas de seca (ARAÚJO FILHO, 2013; CAVALCANTE *et al.*, 2013; PEREIRA-FILHO *et al.*, 2013; ARAÚJO FILHO, 2014; MORAES, 2020). O rebaixamento é considerado uma das melhores técnicas de manejo para forrageamento e preservação da Caatinga (ARAÚJO FILHO 2013; GOMES JÚNIOR, 2020; LUCENA, 2020).

Este manejo inclui ainda, no período de seca, o corte raso de espécies lenhosas para que na rebrota estejam mais baixas e acessíveis à alimentação do rebanho (ARAÚJO FILHO, 2013; GOMES JÚNIOR, 2020); sendo que, as espécies sem valor nutritivo, quando rebrotam, são cortadas para controle e garantia do melhor desenvolvimento das plantas nutritivas (ARAÚJO FILHO, 2013; CAVALCANTE *et al.*, 2013; GOMES JÚNIOR, 2020). Nas áreas de Caatinga rebaixada, cerca de 40% da forragem vem do estrato herbáceo e 60% do estrato arbustivo arbóreo (ARAÚJO FILHO, 2014). Após o rebaixamento, caso tenha havido plantio de espécies lenhosas, deve-se aguardar cerca de dois anos antes do rebanho de bovinos regressar à área (ARAÚJO FILHO, 2013).

O **raleamento** consiste em realizar cortes seletivos em espécies arbóreas e arbustivas de pouco valor nutritivo e madeireiro, na época seca, para permitir maior entrada de luminosidade, e o maior

desenvolvimento e aumento da biodiversidade e da forragem do estrato herbáceo e o aumento da biodiversidade (CAVALCANTE *et al.*, 2013; ARAÚJO FILHO, 2014; FARIAS *et al.*, 2018; CARVALHO, 2020a; GOMES JÚNIOR, 2020). Esta técnica é usada preferencialmente para criação de bovinos e ovinos, que têm sua dieta composta basicamente por gramíneas (ARAÚJO FILHO, 2013) e leguminosas (ARAÚJO FILHO, 2013; CARVALHO, 2020a).

Já no período chuvoso, faz-se a roçagem dos brotamentos das espécies menos nutritivas, para permitir o melhor desenvolvimento das plantas forrageiras, o que deve ser feito a cada três anos (ARAÚJO FILHO, 2013). A área raleada só poderá ser utilizada para pastagem após a maturação e queda das sementes das espécies herbáceas, ou seja, um ano após o manejo (ARAÚJO FILHO, 2014).

As plantas forrageiras, as de sistema radicular profundo e as de valor madeireiro ou paisagístico são mantidas, assim como também as ameaçadas, raras e endêmicas, entre elas: pau-ferro, juazeiro, catingueira e umbu. As espécies sem valor nutritivo e recomendadas para raleamento são: marmeleiro, velame e mofumbo (CAVALCANTE *et al.*, 2013).

Nesta técnica também são podadas folhas e ramos das espécies lenhosas mais nutritivas aos animais para serem estocadas e oferecidas como forragem durante a estiagem sendo a principal fonte de nutrientes para caprinos e ovinos do semiárido neste período (PEREIRA-FILHO *et al.*, 2013; CARVALHO, 2020a). Desta forma, o raleamento é feito para se aproveitar a matéria orgânica da Caatinga que não se encontra ao alcance dos pequenos ruminantes durante o pastejo; afinal, apenas 10% da vegetação herbácea e arbustiva fica disponível ao pastejo dos animais (PEREIRA-FILHO *et al.*, 2013). O raleamento não é recomendado em áreas com declividade acima de 25%, devido ao risco de erosão e maior exposição do solo (ARAÚJO FILHO, 2013).

Nas áreas de Caatinga manejadas com rebaixamento e raleamento, alguns cuidados fundamentais devem ser tomados, como: i) manter 40% da cobertura arbórea (400 árvores de porte médio por hectare), incluindo espécies cujas folhas secas sejam consumidas pelos animais em pastejo; ii) repor estas 400 árvores no caso de áreas degradadas; iii) picotar os garranchos no local, para acelerar sua decomposição; iv) não usar fogo em nenhuma fase do manejo; v) preservar a mata ciliar, espécies madeireiras, árvores de grande porte e espécies que estão em risco de extinção, para que assim a biodiversidade vegetal seja mantida e a Caatinga forneça forragem o ano inteiro (ARAÚJO FILHO, 2013; CAVALCANTE *et al.*, 2013; ARAÚJO FILHO, 2014; FARIAS *et al.*, 2018).

O **enriquecimento**, por sua vez, é uma técnica que busca melhorar a oferta de pastagem para caprinos, ovinos e/ou bovinos com o plantio de espécies forrageiras, tanto no estrato herbáceo quanto no arbustivo-arbóreo, com espécies nativas ou exóticas adaptadas ao bioma (CAVALCANTE *et al.*, 2013). Este plantio é feito no início do período de chuvas, em áreas que foram raleadas ou para recuperação de áreas de pastagens degradadas, como forma de retomar a diversidade florística (ARAÚJO FILHO, 2014). O tempo de resposta do enriquecimento pode ser medido pelo aumento da oferta de alimento e do aumento da capacidade de suporte, quantidade de animais que podem ser inseridos em determinada área (DEON, 2020). Antes de se realizar o plantio recomenda-se fazer uma adubação fosfatada, na base de 100 kg/ha, visto que os solos da Caatinga tendem a ter deficiência de fósforo (ARAÚJO FILHO, 2014).

Esta técnica busca melhorar as condições de pastagem com a introdução de espécies perenes adaptadas e a preservação do estrato herbáceo nativo, rico em leguminosas forrageiras e pode ser integrado com

culturas agrícolas alimentares, num sistema ILPF (ARAÚJO FILHO, 2013; CAVALCANTE *et al.*, 2013; FARIAS *et al.*, 2018). As espécies anuais costumam ser evitadas pelos produtores por terem custos elevados e manejo mais intenso e por produzirem apenas uma vez ao ano (MORAES, 2020). É importante que seja adotada a técnica de cultivo mínimo, para que não se torne uma monocultura de gramíneas; para isso, é necessário diversificar as espécies e os estratos a serem manejados (ARAÚJO FILHO, 2014). Dentre as espécies mais recomendadas para o enriquecimento, visando à alimentação dos rebanhos da Caatinga estão (ARAÚJO FILHO, 2013; CAVALCANTE *et al.*, 2013; ARAÚJO FILHO, 2014; FARIAS *et al.*, 2018; RAMOS, 2019):

Estrato herbáceo:

- Dicotiledôneas: mata-pasto-liso (*Senna obtusifolia*), mata-pasto-“peludo” (*Senna uniflora*), alfazema-brava (*Hyptis suaveolens*), malva-branca (*Sida cordifolia*), malva-almiscarada (*Malva moschata*); feijão-de-rola (*Phaseolus patyróides*), feijão-guandu/andu (*Cajanus cajan*), centrosema (*Centrosema* sp.), erva-de-ovelha (*Stylosanthes humilis*), manda-pulão (*Croton* sp.), breo (*Amaranthus* sp.), lã-de-seda/saco-de-velho (*Calotropis procera*), dentre outras.
- Gramíneas nativas: milhãs (*Brachiaria plantaginea* e *Panicum* sp.), capim-rabo-de-raposa (*Setaria* sp.); capim-panasco (*Aristida setifolia*).
- Gramíneas exóticas: capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), capim-gramão (*Cynodon dactylon* cv. Callie), capim-massai (*Megathyrsus maximus*), capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*), o capim-andropogon (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina), milho (*Zea mays*), milheto (*Pennisetum glaucum*) e sorgo (*Sorghum bicolor*).

Espécies lenhosas: as pioneiras como marmeleiro (*Croton sonderianus*) e jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) são as mais frequentes; catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), camaratuba (*Cratylia mollis* e *Cratylia argentea*), faveleira (*Cnidocolus quercifolius*), icó (*Capparis yco*), icó/incó (*Neocalyotrocalyx longifolium*), mororó (*Bauhinia cheilantha*), mofombo (*Combretum leprosum*), sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), quebra-faca (*Croton conduplicatus*), aroeiras (*Myracrodruon urundeuva*; *Schinus terebinthifolius*), angico-de-bezerro (*Piptadenia moniliformis*), mandioca (*Manihot esculenta*), a gliricídia (*Gliricidia sepium*), a leucena (*Leucaena leucocephala*), maniçoba/mandioca brava (*Manihot pseudoglaziovii*), pornúncia/pornunça (mandioca-forrageira) - híbrido natural da mandioca (*Manihot esculenta*) com a maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*), que resulta numa mandioca arbórea com/ maior qualidade e disponibilidade de forragem, moringa (*Moringa oleifera*), capa-carneiro (*Melochia tomentosa*), sisal (*Agave Sisalana*) - utiliza os restos do desfibramento, notadamente o bagaço, umburana-de-cambão (*Bursera leptophloeos*), dentre outras.

As **Cactáceas:** xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), facheiro (*Pilosocereus pachycladus*), palmatória (*Tacinga palmadora*) e a bromélia macambira (*Bromelia laciniosa*) desenvolvem-se bem em solos degradados (FERRARO, 2008; POMPEU *et al.*, 2015; FARIAS *et al.*, 2018; RAMOS, 2019). No entanto, essas cactáceas têm crescimento lento e alto custo de mão de obra no corte da planta, na queima ou retirada dos espinhos e na trituração do material forrageiro, fatores limitantes ao seu aproveitamento (POMPEU *et al.*, 2015). A palma-forrageira (*Opuntia cochenillifera*; *Opuntia ficus-indica*) é uma planta exótica muito bem adaptada e difundida em toda a Caatinga. As cactáceas são excelentes alimentos para os rebanhos e são utilizadas como importante fonte de água para os animais durante a época seca (CAMAROTE, 2010; CAVALCANTE *et al.*, 2013; POMPEU *et al.*, 2015).

As leguminosas arbustivas e arbóreas, como leucena, sabiá, catingueira, gliricídia e feijão-guandu são mais tolerantes à seca que as leguminosas herbáceas e têm a capacidade de permanecerem verdes mesmo após o período chuvoso, devido às raízes profundas; portanto, são importantes fontes de proteína usadas como feno na suplementação nutritiva do caprino leiteiro e ovino de corte (CAVALCANTE *et al.*, 2013; POMPEU *et al.*, 2015). O rebanho só pode voltar a pastar na área a partir do segundo ano após o enriquecimento, na época seca e com carga animal leve (ARAÚJO FILHO, 2013).

O manejo da Caatinga proporciona a restauração da vegetação nativa e da biodiversidade, bem como a recuperação de diversos serviços ecológicos. Isso tem uma importância econômica vital para o bioma, porque mantém a qualidade nutricional da pastagem extensiva e da forragem, que é conservada para os caprinos e os ovinos durante o período de estiagem, aumentando assim a produtividade pecuária, principal atividade produtiva da região.

Portanto, ao se utilizar a Caatinga para criação de rebanhos é essencial seguir corretamente os procedimentos para que as estratégias de manejo tenham efeito e a biodiversidade do bioma possa ser conservada (ARAÚJO FILHO, 2013; CAVALCANTE *et al.*, 2013). A preservação da Caatinga ocorre quando são conservados os recursos naturais da área manejada, pois assim o produtor não sente necessidade de avançar com o rebanho para novas áreas mais preservadas do bioma (CAVALCANTE *et al.*, 2013).

As técnicas de manejo da vegetação da Caatinga apresentadas aqui (rebaixamento, raleamento e enriquecimento) são indicadas para a ILPF, em todas as suas modalidades, bem como para a prática de fundo de pasto.

As espécies mais tolerantes são as mais recomendadas para os sistemas silvipastoris pois, desta forma, ao invés de se derrubar a Caatinga para implantação de pastos compostos basicamente de gramíneas, prioriza-se a inserção do componente arbóreo, principalmente leguminosas, por serem também muito nutritivas (MORAES, 2020). Portanto, as árvores da Caatinga são muito importantes como fornecedoras de forragem e outros produtos, com impacto direto na produção. Além disso, o componente arbóreo aumenta o sequestro de carbono, proporciona conforto térmico, melhora a estrutura do solo e fornece serviços ecossistêmicos (FARIAS *et al.*, 2018).

Em relação ao custo de implementação, o manejo sustentável da Caatinga para recursos energéticos florestais é uma tecnologia de baixo custo de implementação e pode ser produzida a partir dos recursos já existentes. Segundo RIEGELHAUPT & PAREYN (2010), o investimento inicial varia de 12 a 18 USD/ha, incluindo a formulação e aprovação do plano de manejo, de acordo com a legislação vigente, e a assistência técnica.

Entretanto, as técnicas de manejo (rebaixamento, raleamento e enriquecimento) são muito trabalhosas e requerem mão de obra pesada. E, devido ao perfil familiar dos pequenos produtores da Caatinga, somado ao êxodo rural dos mais jovens, falta pessoal para realizar este trabalho. A solução é a mecanização dos manejos, com maquinário simples e adaptado para realizar o rebaixamento, o raleamento, a picotagem, o forrageamento e o plantio de sementes. Torna-se, desta forma, uma tecnologia cara para a realidade do sertanejo. Além do mais, na etapa inicial do manejo, o cercamento de pequenas áreas também tem um custo elevado (FARIAS *et al.*, 2018; MORAES, 2020).

A Caatinga conservada e corretamente manejada é a pastagem ideal para o semiárido, por fornecer alimentos, serviços ambientais e, economicamente, ser muito menos vulnerável à seca que uma pastagem de monocultura de gramíneas.

5.5. Recuperação de áreas Degradadas com Florestas (RAD-F) e Recuperação de áreas Degradadas com Pastagem (RAD-P)

As áreas degradadas da Caatinga têm diversas origens, entre elas: o sobrepastejo, proveniente da atividade agropastoril extensiva; o extrativismo predatório, principalmente de madeira para produção de lenha; o manejo inadequado do solo e da água, proveniente da substituição da vegetação nativa por culturas agrícolas inapropriadas; as queimadas, utilizadas para “limpar” os terrenos, entre outras. Todas estas atividades alteram os ciclos do carbono e do nitrogênio, importantes para a manutenção da dinâmica dos ecossistemas, além de causarem perdas consideráveis na biodiversidade da Caatinga (NUNES *et al.*, 2006; GIONGO *et al.*, 2011).

De acordo com LIMA (2004), em geral, a recuperação das áreas degradadas (RAD) no semiárido brasileiro carece de técnicas que permitam restaurar os fragmentos da vegetação de Caatinga e de matas ciliares ainda existentes. Além disso, este autor considera que os altos custos de recuperação por processos físicos fazem com que áreas degradadas, com problemas de salinização, por exemplo, sejam abandonadas e então recobertas por espécies exóticas ao bioma. CAMPELLO (2020) acredita que o pousio é uma forma interessante de fazer o solo voltar a ser fértil, recuperando assim as áreas que foram degradadas sem a necessidade de grandes intervenções.

A recuperação de áreas degradadas na Caatinga perpassa diversas tecnologias, tipos de plantas e combinações entre elas, buscando assim, sistemas que sejam mais adaptados às características do bioma. Mas um ponto importante é o cuidado com a seleção das espécies nativas, visando à composição do estrato vegetal, cada qual com sua função (LIMA, 2004):

- A cobertura vegetal rasteira é fundamental no controle inicial do processo erosivo;
- O uso de leguminosa melhora a composição química do solo (FBN);
- As espécies arbóreas-arbustivas garantem o sustento das espécies animais e ampliam o controle da erosão (ILPF).

Nos processos de RAD, as árvores são importantes também para repor carbono e nitrogênio no ecossistema em recuperação (FERNANDES, 2020).

De acordo com RESENDE & CHAER (2010), nos projetos de recuperação das áreas degradadas na Caatinga é importante avaliar e conhecer as espécies vegetais, bem como o seu potencial de crescimento em solos que perderam sua camada superficial, responsável pela fertilidade. No preparo de mudas, é importante inocular bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos para aumentar a capacidade da planta de retirar água e nutrientes do solo, deixando-a mais resistente. Vale ressaltar que, junto a esse processo, é importante também adequar os taludes antes do plantio, realizar o coveamento do terreno e a adubação

das mudas. Além disso, o plantio das mudas só deve ocorrer quando elas já estiverem bem desenvolvidas, assim que se iniciam as chuvas e devem ser colocadas junto com o adubo no solo. Finalmente, o acompanhamento da área para combate a pragas e para adubação das plantas, se necessário (RESENDE, 2012).

O tempo de regeneração da Caatinga está atrelado ao tipo de solo e à chuva. Isto é, se chover adequadamente, num período de 15 anos, já há plantas maiores que uma pessoa; porém, caso haja secas recorrentes, a vegetação rasteira se sobressai e a recuperação das árvores torna-se muito lenta, cerca de 30 anos. Algumas áreas, de fato, não se recuperam mais sem intervenção (SANTOS, 2020a).

Vale ressaltar que o tempo de recuperação da Caatinga é maior quando comparado ao de outros biomas, devido às condições climáticas mais restritivas, podendo demorar até 40 anos para se restabelecer. De acordo com NUNES *et al.* (2006), os estágios de sucessão secundária na Caatinga, em geral, se desenvolvem a partir da seguinte sequência de recuperação: 1 a 3 anos para o estágio herbáceo, 10 a 15 anos para o estágio arbustivo, 20 a 25 anos para o estágio arbustivo-arbóreo e, finalmente, o estágio arbóreo-arbustivo após 40 anos. De acordo com NUNES *et al.* (2006) e CAMPELLO (2020), o pousio por 5 anos de uma área afetada por queimadas foi capaz de favorecer a restauração inicial da qualidade de um solo, por meio de melhorias nos indicadores químicos, físicos e biológicos.

Segundo SALVIANO (2020) e SANTOS (2020a), devido ao longo período de recuperação de uma área degradada da Caatinga (cerca de 20 anos para atingir seu equilíbrio original), é importante o envolvimento da comunidade nas estratégias de preservação, aliado ao manejo, para que assim passe a atuar como vigilante local, além de adquirir consciência acerca da valorização da vegetação nativa e o que pode ganhar com isso.

Os modelos de recuperação de áreas degradadas em comunidades pobres, e que dependem exclusivamente dos recursos naturais vegetais para sua sobrevivência, precisam considerar que é necessário utilizar estes recursos de forma racional, a fim de mantê-los para as gerações futuras. Portanto, é imprescindível explorar apenas o necessário e utilizar princípios ecológicos e práticas silviculturais oriundos do conhecimento básico do ecossistema para programar sua recuperação (LIMA, 2004).

Considerando-se a recuperação do ecossistema, os custos desta atividade aumentam em relação à sua complexidade; e entre os benefícios do aumento da biodiversidade estão a redução da pegada hídrica e da emissão de carbono. Porém, convencer o produtor é difícil, pois o primeiro ponto de análise será sempre o custo. Logo, o modelo precisa se mostrar economicamente viável e atrativo, porque o discurso de melhoria ambiental e sustentabilidade não é suficiente num primeiro momento (SALVIANO, 2020).

Na Caatinga, o RAD-P e o RAD-F se misturam, uma vez que o conceito de pastagem formado primordialmente por gramíneas não se aplica à Caatinga porque elas sozinhas não sobrevivem à seca. Logo, é preciso contar com espécies mais adaptadas às restrições climáticas, e por isso, a pastagem na Caatinga é, na verdade, a própria floresta, com suas espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, nos três estratos da vegetação. De acordo com ARAÚJO FILHO *et al.* (1995), a preservação do componente arbóreo é um fator importante na manutenção da produtividade das pastagens.

5.5.1. RAD-F

O termo **Recaatingamento (Plantio de Florestas Nativas)** surgiu como uma tecnologia para a recuperação de áreas degradadas da Caatinga com o plantio de espécies arbóreas arbustivas nativas. É um reflorestamento local, com uma nomenclatura própria, e que pode ser considerada uma modalidade de RAD-F exclusiva para a Caatinga. O recaatingamento tem como objetivo reverter a desertificação do bioma através do uso sustentável de seus recursos naturais (IRPAA, 2020a). Além disso, CAETANO (2020) considera que espécies arbóreas podem ser plantadas para propiciar bem estar para os animais, sombra, entre outros ganhos. De acordo com ele, esse plantio pode ser realizado tanto dentro dos bancos de proteínas quanto nas bordas do terreno, rente às cercas.

Para que a recuperação da Caatinga tenha êxito, é necessário que o recaatingamento seja feito num período chuvoso abundante, para manter o solo úmido e as mudas e sementes se consolidarem. Outro fator ambiental importante para o sucesso da tecnologia é o tipo de solo; se for profundo, de base sedimentar, como nas áreas das chapadas, somado às chuvas orográficas, a recuperação da mata é garantida. A realização do processo em si varia conforme o grau de degradação das áreas de produção. Pode ser via semeadura direta ou apenas deixando a área isolada para se recuperar sozinha, mas em lugares onde o solo se encontra muito compactado é necessário cavar para afofá-lo e permitir que as raízes se desenvolvam (CAMPELLO, 2020).

As espécies arbóreas nativas da Caatinga usadas para o recaatingamento como a uvaia (*Eugenia uvalha*) e a aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*), por exemplo, são resistentes às condições locais mesmo nos períodos de estresse hídrico, sem necessidade de suplementação de água por Hidrogel (CASSIMIRO *et al.*, 2019). O umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), ouricuri (*Syagrus coronata*), carnaúba (*Copernicia cerifera*), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), pau-ferro/jucá (*Caesalpinia ferrea* var. *leiostachya*), ipê-amarelo (*Tabebuia caraiba*) e caneleiro (*Cenostigma macrophyllum*), usada para produção madeireira, também são espécies nativas com alta taxa de sobrevivência, muito utilizadas no recaatingamento e que podem ser aproveitadas comercialmente por comunidades extrativistas (DE LIMA *et al.*, 2015; FARIAS *et al.*, 2018; ALVES & COÊLHO, 2019; RAMOS, 2019; IRPAA, 2020a).

O recaatingamento promove também um ambiente adequado para a criação de pasto para cabras, ovelhas e abelhas, com grande oferta alimentar, água e ambiente para pastoreio, como a criação semiextensiva de rebanhos pelas comunidades tradicionais de fundo de pasto, por exemplo. Desta forma, não é necessária a abertura de novas áreas para esta atividade, evitando-se assim desmatamentos e queimadas (FARIAS *et al.*, 2018; SANTOS, 2020).

A Caatinga é fonte de produtos e serviços essenciais para a sobrevivência da população rural e de comunidades tradicionais do semiárido, fornecendo matérias-primas como folhas, frutos silvestres, forragem, fibras e plantas medicinais (GIONGO *et al.*, 2011; SANTOS, 2020). Esses benefícios só tornam-se disponíveis quando há conservação, reflorestamento e uso sustentável da vegetação da Caatinga, garantindo o bem-estar e a permanência das famílias no campo, que reconhecem e valorizam a importância e a conservação do bioma.

Entretanto, a vegetação original da Caatinga já foi reduzida em até 50%, principalmente por práticas inadequadas de extrativismo, de produção agropecuária, como sobrepastejo, de substituição da vegetação

nativa por culturas (e monoculturas), de queimadas, de retiradas de madeira e de caça indiscriminada de animais silvestres. (GIONGO *et al.*, 2011; PEREIRA-FILHO *et al.*, 2013; FREIRE *et al.*, 2018). Dessa forma, a vegetação encontra-se predominantemente em sucessão secundária com muitas espécies invasoras e de baixo valor nutricional, como as lenhosas marmeleiro e jurema-preta.

Ao se fazer o recaatingamento, a vegetação nativa é recuperada e aumenta-se também a produção animal e vegetal, melhorando, conseqüentemente, a produtividade (ARAÚJO FILHO, 2013; PEREIRA-FILHO *et al.* 2013). E numa perspectiva de convivência com o semiárido, o IRPAA tem implantado o recaatingamento em comunidades agropastoris e extrativistas, envolvendo a população das próprias comunidades como os agentes responsáveis pelas transformações socioambientais.

Pode-se então concluir que o recaatingamento é uma TecABC tipo RAD-F/ Plantio de Florestas Nativas para conservação, porque busca restaurar uma área com floresta da Caatinga para fins comerciais não-madeireiros. Tem ainda uma inter-relação com o Manejo Sustentável de Florestas (MSF), pois a área pode ser manejada com extrativismo. O recaatingamento também tem uma intersecção com o fundo de pasto, desde que não haja o manejo madeireiro das espécies arbóreas, para que a Caatinga seja mantida com suas características e serviços ecossistêmicos.

Na Caatinga há também o **Plantio de Florestas Comerciais** para produção de móveis, bem como o plantio de florestas energéticas, em geral feitas com espécies exóticas como eucalipto, para suprir a demanda de lenha de fornos para produção de gesso, como em Araripina/PE (SILVA, 2008; SNA, 2017) ou para outras produções industriais como: cerâmica vermelha, ferro gusa, cal, farinha, entre outros (RIEGELHAUPT & PAREYN, 2010; ALVES & MODESTO-JÚNIOR, 2019). As dificuldades de adaptação das espécies exóticas de eucalipto à Caatinga vão desde o solo, a escassez de água e a necessidade de quebra-vento junto ao plantio, para evitar que as pontas das plantas jovens se quebrem até o tempo de cultivo, porque pode levar até 15 anos para o corte (FREIRE, 2014).

Há também o plantio de florestas comerciais e energéticas com espécies nativas da Caatinga para extração de madeira e obtenção de carvão vegetal como a catingueira/ pau-de-rato/ caatinga-de-porco (*Poincianella pyramidalis*), com maior rendimento em carvão vegetal e o pau-d'arco (*Handroanthus impetiginosus*), com melhores características para fins energéticos (MEDEIROS-NETO *et al.*, 2014). MENEZES & ARAÚJO (2008) destacam a importância de se aproveitar a produção de biomassa vegetal da Caatinga, principalmente para madeira, por ser um bioma rico em biodiversidade e produtividade. Deste modo, se evitaria uma intensificação do plantio de florestas exóticas, mesmo que de forma integrada, como no ILPF.

5.5.2. RAD-P

As pastagens nativas da Caatinga são áreas geralmente impróprias para a agricultura intensiva, mas que podem ser utilizadas para o apascentamento dos rebanhos domésticos, como abrigo para os animais silvestres, para a produção de madeira, para a conservação de serviços ecossistêmicos e para a preservação ambiental (ARAÚJO FILHO, 2013). Assim, é importante esclarecer que o conceito de pastagem na Caatinga é diferente da ideia comum de uma área coberta por gramíneas, isto porque as pastagens do bioma em geral não são tão verdes e nem formadas prioritariamente por espécies de gramíneas. De acordo com

RODRIGUES (2020), estes pastos não são formados apenas por capim; eles compõem uma integração entre os três estratos da Caatinga o que não impede que sejam englobados pela categoria RAD-P e pelo Plano ABC.

Ainda segundo RODRIGUES (2020), o capim não resiste a longos períodos de seca (mais de 2 anos). Entretanto, FERNANDES JÚNIOR (2012) cita uma espécie de gramínea tolerante à dessecação que ocorre na Caatinga, a *Tripogon spicatus*, que apresenta grande diversidade de bactérias diazotróficas associadas, e que é capaz de crescer em um meio isento de nitrogênio. Foram encontradas comunidades bacterianas com diferentes características, tanto no solo próximo às raízes, quanto nos tecidos radiculares. De acordo com a pesquisa, há possibilidade de que novos táxons bacterianos sejam encontrados em associação com a gramínea *T. spicatus*, pois as bactérias analisadas junto a essas gramíneas não apresentaram similaridade com as bactérias associativas comumente estudadas.

O estrato herbáceo da Caatinga sofre uma mudança de cenário entre a estação chuvosa e a seca, com espécies mais produtivas diferentes em cada fase e variação na oferta de forragem. Dessa forma, quando se desmata, substituindo a complexa comunidade original pela monocultura como a algaroba ou uma espécie forrageira, como o capim-buffel, há um grande impacto sobre os ecossistemas já frágeis do bioma (perda de plasticidade e sustentabilidade ambiental), que demoram a se recuperar (ARAÚJO FILHO *et al.*, 1995). Dito isto, é preciso ratificar que a recuperação das áreas utilizando pastagens, bem como a recuperação de pastagens preexistentes contam com o uso de outras TecABC para sua realização, tais como o ILPF e a FBN, que ajuda muito no aumento da fertilidade dos solos degradados.

Alguns dos benefícios do uso de pastagens nativas são: certeza de boa produtividade e alto valor nutricional; gratuidade (pastagem natural do bioma) e alimentação diversificada, pois permite a manutenção de outras espécies vegetais (não forrageiras). Além disso, é preciso cuidado para evitar a perda da biodiversidade local e a pressão sobre os recursos naturais (RAMOS, 2019).

Para que a preservação ocorra e a área de pastagem seja eficiente é necessário seu manejo adequado e principalmente o controle da quantidade de animais para se evitar o sobrepastejo⁸, que pode levar à degradação e diminuição da qualidade das pastagens, restando apenas aquelas de baixo valor nutricional. Para se realizar este controle, a primeira medida é delimitar e cercar a área a ser manejada, para em seguida dividi-la em talhões (porções) de pastagem. Assim é possível promover uma rotação, evitando o superpastejo e permitindo que a Caatinga se recupere e continue a ter qualidade e biodiversidade para seguir conservada e alimentando os rebanhos (CAVALCANTE *et al.*, 2013; PEREIRA-FILHO, *et al.*, 2013; CORDEIRO *et al.*, 2015; MORAES, 2020).

Segundo RAMOS (2019), são exemplos de técnicas usadas para se evitar a degradação da pastagem: a rotação de pastagens, o plantio de palmas, o recaatingamento (vide seção 5.5.1, sobre recaatingamento) e a divisão em piquetes. O mesmo autor indica que, para garantir a conservação da pastagem na Caatinga, mais importante que empregar muita mão de obra, é conhecer os ciclos dos pastos nativos, analisar e compreender os períodos chuvosos e evitar as superlotações de pastagens. Assim, entende-se que a sustentabilidade é condição essencial ao manejo de pastagens nativas na Caatinga, de modo que a produção sustentada a longo prazo, mesmo que abaixo do ótimo biológico, seja mais importante que a

⁸ Sobrepastejo: quando há uma carga animal acima da capacidade de suporte do ecossistema (CAVALCANTE *et al.*, 2013).

produção máxima a curto prazo, abaixo do ótimo ecológico (ARAÚJO FILHO *et al.*, 1995). A garantia de estabilidade das pastagens nativas na Caatinga é, portanto, fundamental para a continuidade das atividades agropecuárias.

De acordo com RAMOS (2019), historicamente, a criação de animais é realizada em sistema extensivo – pastejo direto – e, por isso, é costume os agricultores acreditarem que essa é a única forma de alimentar seus rebanhos. Por outro lado, a certeza de que haverá épocas de estiagem cria no produtor uma consciência de que ele precisa se preparar para estes eventos, como, por exemplo, realizar o armazenamento de forragens. Infelizmente, o autor aponta ser notório que diversos agricultores não utilizam essa prática e assim desperdiçam alimentos de grande utilidade e valor proteico para os animais. Assim, apesar de existirem diversas experiências de armazenagem em silos, sacos, trincheiras, galpões, além do plantio de palma e montagem de fenos, falta planejamento e empenho para tornar a silagem mais concreta e comum na Caatinga. Afinal, quando ela não é feita, os agricultores acabam perdendo alimento na época de chuva e depois precisam comprar ração no comércio na época seca, necessitando de grande investimento financeiro.

Finalmente, outra questão importante para garantir a integridade da pastagem e evitar perdas financeiras é realizar sua manutenção, a partir de atividades como: combate às formigas, roçadas em caso de necessidade e adubação de cobertura (RESENDE & CHAER, 2010).

5.6. Manejo de dejetos animais

A grande importância da pecuária para pequenos e médios proprietários na Caatinga se dá em função da maior resistência à seca quando comparada às explorações agrícolas e, assim, se constitui em uma das principais atividades para a garantia da segurança alimentar das famílias rurais e geração de emprego e renda na região (COUTINHO *et al.*, 2012). A grande vocação surge uma vez que a atividade pastoril fornece a alimentação, couro e matéria-prima para o rico artesanato sertanejo, além de viabilizar o transporte de carga (ARAÚJO FILHO, 2014).

Historicamente, a pecuária na Caatinga, tanto de bovinos, caprinos e ovinos, quanto de galinhas, é realizada em um regime ultra extensivo, onde os cuidados com os animais e com as pastagens são os mínimos possíveis (SILVA *et al.*, 2012; ARAÚJO FILHO, 2014). Dessa forma, os dejetos são depositados diretamente no campo e produzem óxido nitroso pelo mecanismo de transformação da urina (ureia) em N_2O (ALVES *et al.*, 2018). Alguns estudos para desenvolvimento de sistemas de criação semiextensivos e intensivos têm sido realizados, contudo, não há registros de trabalhos de pesquisa para sistemas mais avançados de tratamento e estabilização de dejetos de animais. Assim, o esterco é disposto no solo de maneira empírica, sem qualquer preocupação com o equilíbrio ecológico do sistema e suas consequências (RICARDO, 2016).

Os caprinos e ovinos são as criações de animais mais relevantes na região, sendo que o rebanho caprino brasileiro se concentra quase todo na região Nordeste (93,2%). Os estados com os maiores rebanhos são Bahia (38,0%), Pernambuco (15,8%), Piauí (15,3%) e Ceará (8,9%). Os ovinos também são mais numerosos

no Nordeste, onde se concentram 53,6% dos animais, sendo mais representativos na Bahia (37%), no Ceará (20%) e no Piauí (18%).

Apesar deste panorama de pecuária ultraextensiva, algumas regiões possuem criação de animais semiextensiva e intensiva, como é o caso da Bacia Leiteira de Alagoas. O nome do território “Bacia Leiteira” ocorre pela tradição da atividade produtiva há mais de 80 anos. Esta atividade, no entanto, possui uma carência de tecnologia desde a produção até a logística de distribuição, bem como de investimento para apoio ao pequeno produtor familiar (IADH & MDA, 2011). Mesmo com as adversidades ambientais, a tradição da região faz com que a maioria dos agricultores familiares priorizem a bovinocultura leiteira como principal atividade produtiva, associada à agricultura de sequeiro (feijão, milho e mandioca). A produção nesta região, atualmente, é realizada em minifúndios, contudo, os pequenos agricultores e pecuaristas familiares ficam em desvantagem em relação aos grandes fazendeiros produtores de leite oriundos das famílias tradicionais, uma vez que não conseguem competir com a produção leiteira em grande escala e com o porte genético de seus animais (IADH & MDA, 2011).

A partir desse cenário, o manejo de dejetos na Caatinga é quase inexistente, tendo em vista o atual estágio de desenvolvimento da pecuária. Apesar das intenções do Brasil, a partir do compromisso assumido através da NDC para incentivar a pecuária intensiva e o uso de biogás, as perspectivas do desenvolvimento desta tecnologia na Caatinga ainda são muito incipientes.

No sertão, existem algumas iniciativas disponíveis para orientar boas práticas na criação de bovinos, caprinos e ovinos. A recomendação é sempre no sentido de manter a higiene nas áreas de criação, assegurando a remoção de dejetos e evitando a contaminação das áreas de pastagem e de criação (RICARDO, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2011, VOLTOLINI *et al.*, 2011). Contudo, orientações e pesquisas relacionadas ao manejo sustentável dos dejetos são bastante escassos.

Os manejos mais indicados como TecABC são a biodigestão e a compostagem. De acordo com a nota técnica emitida pelo MAPA “Diagnóstico da expansão da adoção da tecnologia de Tratamento de Dejetos Animais (TDA) no território brasileiro”, entre 2010 e 2019, nos estados do semiárido nenhum sistema de biodigestão havia sido implementado e os dados de compostagem não haviam sido localizados (BRASIL, 2019b).

Contudo, ambas as práticas possuem iniciativas dentro das tecnologias sociais, e talvez, se difundidas em toda a Caatinga, possam produzir significativa redução na emissão de GEE pelos dejetos. A biodigestão e a compostagem podem ser usadas como ferramentas tecnológicas para o desenvolvimento sustentável dessas comunidades, de forma a contribuir para a melhoria da qualidade de vida das pessoas (TEIXEIRA *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

5.7. Alimentação de ruminantes na Caatinga e o manejo alimentar para fermentação entérica com menor emissão de metano

A ideia sobre o manejo alimentar com o objetivo de mitigar emissões de GEE relativas à fermentação entérica é uma proposta baseada em estudos realizados na Caatinga (ALVES *et al.*, 2018; ARAÚJO FILHO,

2014). Os ruminantes, devido ao processo digestivo de fermentação entérica, são reconhecidos como importante fonte de emissão de metano (CH₄) para a atmosfera. Entretanto, a produção desse gás pode variar em função da alimentação. Logo, estratégias para o uso correto das pastagens podem proporcionar maior fixação de carbono no solo e maior produção animal por área, reduzindo a emissão por quilogramas de produto animal gerado e, conseqüentemente, reduzindo as emissões de CH₄ pelos ruminantes. Essa proposta está relacionada ao RAD-P a partir da combinação de técnicas da tecnologia ILPF e ao MSF.

A agropecuária é responsável por 74,4% das emissões de CH₄ no Brasil. Desse total, a emissão de CH₄ proveniente da fermentação entérica de animais foi estimada, em 2010, em 11,16 Mt/ano, correspondendo a 89,9% do total de CH₄ emitido pela agropecuária. O gado de corte é responsável por 75% da emissão de CH₄ devido ao tamanho da população bovina, seguida por gado de leite com 12% (BRASIL, 2016).

É importante entender que a dieta animal influencia na produção de GEE uma vez que, quanto maior o conteúdo de energia e a digestibilidade do alimento maior a capacidade de produção de CH₄. Um gado alimentado com uma dieta de alta qualidade produz um dejetos altamente biodegradável, com maior potencial de gerar metano, ao passo que um gado alimentado com uma dieta mais fibrosa produzirá um dejetos menos biodegradável, contendo material orgânico mais complexo, tal como celulose, hemicelulose e lignina.

A produção de metano é parte do processo digestivo dos herbívoros ruminantes e acontece em parte do seu estômago compartimentado (rúmen e retículo). A fermentação do material vegetal ingerido no rúmen é um processo anaeróbico efetuado pela população microbiana ruminal. As bactérias presentes no rúmen obtêm energia para seu crescimento reduzindo CO₂ e formando CH₄, que é então eructado ou exalado para a atmosfera. A contribuição de animais monogástricos às emissões globais de metano é considerada não significativa, representando apenas cerca de 5% das emissões totais de metano por animais domésticos e silvestres (JENSEN, 1996).

O uso das espécies vegetais da Caatinga, manejadas de forma sustentável para servir de alimento à produção agropecuária, pode elevar a produtividade, aumentar a resiliência, e reduzir as emissões de GEE, além de promover a segurança alimentar e o desenvolvimento (FAO, 2010 *apud* ALVES *et al.*, 2018). Dessa forma, a diversidade da vegetação da Caatinga oferece uma oportunidade para exploração das espécies que apresentem menores taxas de emissão de metano ruminal e melhor desempenho animal (ALVES *et al.*, 2018).

Mais de 70% das espécies de plantas nativas da Caatinga estão incluídas na dieta dos ruminantes, distribuídas nos três estratos da mata: herbáceo, arbustivo e arbóreo, sendo que os caprinos se alimentam da vegetação dos três estratos, enquanto os bovinos e ovinos apenas do herbáceo (ARAÚJO FILHO, 2013; CAVALCANTE *et al.*, 2013; ARAÚJO FILHO, 2014).

Ainda não existe um protocolo-orientador sobre o tema, mas aplicar este conceito na prática pode aliar aumento de produtividade à redução de emissões de GEE (NEGRA *et al.*, 2014). Nesse sentido, é imprescindível conhecer a linha de referência de emissões entéricas envolvidas com as formas de produção pecuária utilizadas na Caatinga, para então possibilitar a identificação de opções de mitigação (ALVES *et al.*, 2018).

5.8. Considerações a respeito das áreas de uso coletivo

Na Caatinga existem áreas que são de uso coletivo por pequenos produtores familiares e comunidades tradicionais, conhecidas como “terras tradicionalmente ocupadas”, que se caracterizam pelo uso comum de recursos naturais como florestas, recursos hídricos, campos e pastagens para diversas atividades produtivas: extrativismo, agricultura, pesca, caça, artesanato e pecuária (ALMEIDA, 2008; MARQUES, 2016).

Os chamados Fundos de Pasto, no nordeste da Bahia, são um exemplo específico deste tipo de comunidade antiga de produção tradicional, cujo uso da terra associa parcelas de apossamento individual (uso familiar) com parcelas de uso comum dos recursos naturais (CAMAROTE, 2010; MARQUES, 2016; FERRARO *et al.*, 2017; SANTOS, 2020a). As áreas utilizadas por estas comunidades são originárias das sesmarias em terras de fazendas pecuárias abandonadas, que foram usadas por posseiros após seus desmembramentos, de modo livre, tornando-se um assentamento coletivo (CAMAROTE, 2010; REIS, 2015; SANTOS, 2020a).

Segundo GAIVIZZO *et al.* (2019), estima-se que existam mais de 500 comunidades de fundo de pasto na Bahia, numa área de aproximadamente 1,2 milhões de hectares, concentrada principalmente na região do município de Uauá/BA. Há relatos de que essas comunidades existem em todo o semiárido, como nos estados de Pernambuco e da Paraíba, conhecidas por Comunidades de Pasto Livre (CAMPELLO, 2020). Já em Monte Santo/BA, um dos municípios prioritários do PRS Caatinga foram registradas 44 destas comunidades; dessa forma, o município detém o segundo maior número dessas comunidades no estado (SANTOS, 2020a).

Essas comunidades vivem do modo de produção agrossilvipastoril há cerca de 200 anos, o que ratifica a resiliência deste modelo produtivo, além de sua adaptação ao estresse climático e hídrico e à capacidade de preservação da Caatinga, devido à dependência de seus recursos. Portanto, a resistência deste tipo de comunidade ao longo dos séculos indica que seu sistema comunitário de gestão e manejo colaborou efetivamente para a conservação do bioma, devido ao seu uso sustentável (FERRARO, 2008; GAIVIZZO *et al.*, 2019; SANTOS, 2020a).

As comunidades de fundo de pasto possuem uma organização de trabalho tradicionalmente instituída: agricultura familiar, cultivo de hortaliças e manejo de aves e suínos feitos nas posses individuais e o extrativismo vegetal e o manejo extensivo de rebanhos nas terras de uso comum, com pasto livre, sem cercas e com uma situação fundiária que não é muito bem definida. Às vezes pode gerar conflito devido a estes usos distintos (SANTOS, 2020a). Mostram também uma estrutura sociocultural organizada em associações e redes de articulação para o fortalecimento da comunidade e da tradição sertaneja (CAMAROTE, 2010; MARQUES, 2016; GAIVIZZO *et al.*, 2019; SANTOS, 2020a).

A diversidade vegetal nativa numa área de fundo de pasto é essencial para a manutenção do sistema, e mantém o sequestro e estoque de carbono. Ademais, o conhecimento e as experiências, incluindo as práticas de convivência com o semiárido, passadas entre as gerações, contribuem para o uso sustentável dos recursos naturais da Caatinga, mantendo-a “em pé” (GAIVIZZO *et al.*, 2019).

A agricultura é voltada para a subsistência, por ser uma atividade arriscada e de resultados incertos devido às adversidades do clima e do solo e à escassez de água; por isso é feita a agricultura de sequeiro, com produção baseada em milho, mandioca, abóbora e feijão. Este último é indispensável na dieta da

população local e importante para a segurança alimentar; além disso, a plantação de feijão é necessária para a fixação de nitrogênio no solo (CAMAROTE, 2010).

Desta forma, a pecuária é a base da economia do sertanejo, tanto extensiva quanto semiextensiva, principalmente a caprinocultura e a ovinocultura, pois as áreas são pequenas para a criação de bovinos, de 10 a 30 ha (CORDEIRO *et al.*, 2015; MORAES, 2020; SANTOS, 2020a). A caprinocultura é mais simples pois, por serem animais mais adaptados ao clima semiárido e à pastagem nativa, e com uma alimentação bem vasta, tanto no estrato herbáceo quanto no arbóreo, ficam soltos na Caatinga e encontram água e alimento sozinhos o ano todo (CAMAROTE, 2010; GAIVIZZO *et al.*, 2019). Para a manutenção deste pastoreio livre é essencial a criação de animais mais rústicos, que são mais resistentes e selecionam as plantas mais nutritivas; por outro lado, esta rusticidade das raças impede o melhoramento genético para aumentar sua produtividade (CAMAROTE, 2010).

A produção de ovinos, por sua vez, tem um desempenho melhor, pois uma ovelha costuma se reproduzir até duas vezes ao ano e o animal ganha mais peso e maior valor de mercado. Entretanto, sua criação tem custos mais elevados pois é semiextensiva, e demanda o plantio de gramíneas, como o capim-buffel, nas áreas familiares, de modo que o pastoreio na área coletiva é apenas uma alimentação complementar, realizada somente no período em que a Caatinga está com pasto verde e deve ser acompanhado pelo produtor para os animais não se perderem (CAMAROTE, 2010).

Nesta época, inclusive, médios e grandes produtores soltam seus animais para pastar nas áreas de uso comum, aumentando a competição pela forragem (que pode não ser suficiente) o que, conseqüentemente, gera superpastejo e seus respectivos impactos ambientais. Para evitar esta situação, as comunidades começaram a cercar as áreas, o que é importante para delimitar a área de pastagem do rebanho; porém, isso é feito aos poucos, devido ao custo elevado (CAMAROTE, 2010; MARQUES, 2016; FARIAS *et al.*, 2018; MORAES, 2020).

O extrativismo é feito a partir do aproveitamento de lenha e de madeira para uso familiar, além do mel, das plantas medicinais e dos frutos principalmente de: umbu, maracujá-do-mato/ maracujá-da-caatinga, licuri, angico, murici, urucum, jatobá, araticum, cajá/ umbu-cajá, buriti, caju, carnaúba, entre outros (SABOURIN *et al.*, 1999; CAMAROTE, 2010; ALVES & COELHO, 2019; CERRATINGA, 2020, SANTOS, 2020a).

Outros trabalhos e esforços são divididos de forma coletiva entre as famílias, e realizados pelas mulheres, tais como: a busca pela água, na cacimba comunitária, e pela lenha e o processamento de polpas de fruta e de farinha de mandioca, feito em mutirão (CAMAROTE, 2010; GAIVIZZO *et al.*, 2019)

Conforme já mencionado, a sustentabilidade do bioma e de seus recursos naturais é essencial para a manutenção das comunidades de fundo de pasto, assim como é fundamental para o sustento do pequeno produtor rural da Caatinga, principalmente em períodos de estiagem. Por isso, os camponeses têm suas próprias regras antigas de uso do espaço comum, independentemente da regulação oficial do direito de propriedade. Além disso, os fundos de pasto estão organizados em associações ou cooperativas, que auxiliam a redefinir e aprimorar as técnicas, as regras e os direitos de uso das áreas comuns, em prol da conservação, tanto da Caatinga, quanto deste tipo antigo de prática entre os sertanejos (CAMAROTE, 2010; GAIVIZZO, 2019; SANTOS, 2020a).

Essas comunidades vivem um conflito de autodeterminação e precisam estar bem articuladas para lutarem pelo direito de terem sua tradição e espaço respeitados (MARQUES, 2016; IRPAA, 2020b). A dificuldade de regularização fundiária dessas terras acontece devido às lacunas jurídicas e ao modo específico com que cada comunidade tradicional constrói socialmente seu território e o uso que faz de seus recursos naturais (ALMEIDA, 2008).

O fundo de pasto promove a segurança alimentar, por meio da troca de alimentos e sementes entre as comunidades e a segurança do direito à terra, devido ao fortalecimento das instituições e articulações com regras comunitárias, que proíbem, por exemplo, vender a terra a outros que não estejam dentro da comunidade (GAIVIZZO *et al.*, 2019).

O fundo de pasto proporcionou a manutenção da diversidade de espécies vegetais da Caatinga, promovendo diversos serviços ambientais como melhoria da qualidade da água, dos alimentos, obtenção de medicamentos, energia, sementes entre outros, principalmente em períodos de escassez (SABOURIN *et al.*, 1999; CORDEIRO *et al.*, 2015). Portanto, essas áreas de uso coletivo são as mais preservadas e com maior biodiversidade da Caatinga, devido ao seu manejo sustentável para o sustento rural familiar, contribuindo também para a conservação em contraponto com as áreas dominadas pela pecuária extensiva puramente comercial (MARQUES, 2016; SANTOS, 2020).

Esse modelo de comunidade contempla sistemas sociais dependentes de ecossistemas naturais conservados e portanto, vulneráveis às mudanças climáticas. Dessa forma, é importante estudar o manejo e as características destas comunidades para assimilação de experiências e lições aprendidas na adaptação e resiliência de sistemas sociais integrados à natureza e que promovem mecanismos de permanência do homem no campo (MARQUES, 2016; GAIVIZZO *et al.*, 2019).

A partir do associativismo forte nessas comunidades, notam-se mudanças e adaptações nas práticas agropecuárias, tais como: adoção de pecuária semiextensiva para complementação alimentar; uso de raças mais rústicas e resistentes; aquisição e uso compartilhado de equipamentos para manejo da vegetação; melhor organização do uso da área comum com o cercamento de talhões para que seja feita uma rotatividade do rebanho (após ter consumido 60% da forragem) e um controle da lotação a fim de se evitar o superpastejo e a degradação da Caatinga (CAMAROTE, 2010; CORDEIRO *et al.*, 2015; VILAR & CARVALHEIRO, 2016c; FARIAS *et al.*, 2018; GAIVIZZO *et al.*, 2019; MORAES, 2020).

Desta forma, o modo de produção das comunidades de fundo de pasto pode estar relacionado às seguintes TecABC: ILPF, modalidade IPF (silvipastoril), com o rebanho criado em meio à vegetação natural e arbórea; Manejo Sustentável de Florestas (MSF), na modalidade de Manejo Florestal Comunitário da Vegetação, para pastagem de forragem e para o extrativismo; Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), pelo incentivo ao plantio de leguminosas e Manejo de Dejetos da pecuária intensiva (aves e suínos) e semiextensiva (ovinos e alguns caprinos), tanto para a compostagem quanto para a biodigestão. Finalmente, a classificação da prática silvipastoril das comunidades de fundo de pasto em uma das TecABC é importante para obtenção de recursos financeiros por possibilitar o enquadramento nos critérios definidos pelas instituições financiadoras que apoiam as tecnologias do Plano ABC.

6. Experiências de agricultura de baixo carbono na Caatinga

A compreensão do nível de conhecimento e da utilização das tecnologias ABC na Caatinga é muito importante para entender de que forma elas são aplicadas e com qual profundidade esse tema é abordado junto à população local. Portanto, foi identificada a necessidade de conhecer as experiências regionais, mapeadas a partir de levantamento bibliográfico e da identificação de instituições que desenvolvem estudos e promovem ações relacionadas às tecnologias ABC na Caatinga. Assim, foram obtidas informações sobre uso e aplicação de TecABC, os pontos fortes e outros a serem melhorados, a abrangência da implementação, da divulgação, e o nível de acessibilidade e replicabilidade, principalmente pelos pequenos produtores.

As instituições atuantes na Caatinga foram obtidas a partir do levantamento feito no Panorama do Municípios Prioritários do PRS Caatinga. Dentre elas, foram selecionadas aquelas de grande abrangência na Caatinga, independentemente da atuação direta nas microrregiões prioritárias, como é o caso da: Sabiá, IRPAA, Caatinga, Coopercuc, entre outras. Muitas redes de articulação, que têm parceria com instituições menores - ASA, RESEA, ANA, ABA - também foram contactadas, assim como órgãos governamentais e instituições de pesquisa e desenvolvimento, como universidades públicas e unidades da Embrapa atuantes na Caatinga. Foram priorizadas as instituições que fornecem assistência técnica e capacitação, e excluídas as associações de pequenos produtores, por terem uma pequena área de abrangência e já dialogarem com cooperativas e outras instituições regionais.

A primeira aproximação com essas instituições selecionadas foi por meio de contato nas redes sociais, pela equipe de TecABC, e pelo envio de *mailing* padrão, pela equipe de comunicação do PRS Caatinga, com apresentação do projeto e algumas informações sobre as Tecnologias ABC, incluindo convite para colaboração e troca de conhecimento. Também foram contactadas instituições recomendadas/indicadas pela equipe da FBDS. A lista de instituições e representantes contactados foi compartilhada com as outras equipes do Componente 1 (ATER, Financiamento e Tecnologias Sociais) do PRS Caatinga a fim de criar uma sinergia e otimizar as entrevistas.

As entrevistas ocorreram via internet, através dos softwares ZOOM e JITSI, para discussão sobre as TecABC com as instituições que demonstraram interesse e disponibilidade ao retornar nosso contato inicial. As entrevistas abordaram os seguintes temas: nível de entendimento e percepção das tecnologias ABC, de que forma elas são utilizadas na região de atuação do entrevistado, quais das tecnologias são empregadas, entre outros questionamentos. Para isso, foi aplicada uma entrevista semiestruturada (Anexo 1).

As instituições que entraram em contato após o período estipulado para entrevistas foram convidadas a responder um questionário sobre TecABC, desenvolvido pela equipe de consultoria em formato *online* (Google Form), cujo conteúdo está no Anexo 3. Após as entrevistas e o retorno dos questionários, a comunicação com as instituições interessadas continuou com a equipe de TecABC, para esclarecer dúvidas, complementar as informações e o envio de material, como referências e imagens.

Foram contactadas inicialmente 60 instituições pelas redes sociais; destas, apenas 14 responderam e 12 concordaram em fazer a entrevista. As 12 entrevistas ocorreram entre os dias 20/05 e 30/06, conforme a tabela do Anexo 2. Foram também obtidas 12 respostas do questionário de TecABC desenvolvido.

A partir dos resultados das entrevistas e respostas dos questionários, as informações obtidas foram organizadas nesta seção e informações acerca do tempo de retorno do investimento na tecnologia, compiladas na seção 7. Adicionalmente, foi construída uma nuvem de palavras com as informações a respeito do entendimento dos entrevistados sobre as TecABC (Figura 14).

Figura 14: Nuvem de palavras acerca do entendimento sobre TecABC pelos entrevistados.



FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA.

Por meio da nuvem de palavras foi possível identificar que as principais TecABC conhecidas na Caatinga são ILPF e SPD. Também foi possível verificar os equívocos no reconhecimento destas tecnologias, principalmente a grande confusão delas com as tecnologias sociais e as práticas agroecológicas. Apesar do reconhecimento do ILPF, muitos não reconheciam o SAF, termo muito utilizado e difundido entre os pequenos produtores da Caatinga, como uma TecABC.

6.1. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

Na Caatinga, a FBN não é vista e discutida da mesma forma que em outros biomas, como no Cerrado, onde esta tecnologia é muito utilizada nas lavouras de soja e milho (FERNANDES, 2020; RODRIGUES, 2020). Para a obtenção de crédito dentro do Programa ABC é necessário que a FBN seja realizada com o uso de inoculantes, disponíveis no mercado apenas para culturas específicas, como gramíneas, soja, milho, etc. Desta forma, seria interessante o incentivo ao uso desta tecnologia na lavoura de milho em toda a Caatinga (RODRIGUES, 2020).

Contudo, é comum neste bioma o uso de leguminosas naturalmente fixadoras de nitrogênio para fertilizar o solo (RODRIGUES, 2020). Portanto, em quase toda Caatinga as leguminosas são utilizadas para a fixação de nitrogênio e descompactação do solo, tanto em consórcios quanto em rotação de culturas (MATOS, 2020; OLIVEIRA, 2020a; SANTOS, 2020; SOARES, 2020). Alguns consórcios são bastante comuns como o feijão e o milho. Em Alagoas, tradicionalmente, inicia-se o plantio de inverno pelo feijão e na colheita do feijão planta-se o milho (SOARES, 2020). Em Sergipe, é comum consorciar o milho (cultura principal de muitos produtores) com os adubos verdes (girassol, crotalária, feijão-guandu, outras leguminosas) (CAETANO, 2020). Este consórcio favorece a fertilidade do solo através da FBN, e traz equilíbrio contra inimigos naturais na produção, tanto do grão quanto das sementes.

O cultivo de feijão em rotação é muito utilizado e algumas espécies são usadas em toda a Caatinga, como o feijão-guandu e feijão-de-porco (CARVALHO, 2020a; GOMES JUNIOR, 2020; LOPES, 2020; OLIVEIRA, 2020a; PIRES, 2020; SILVA, 2020; SOUZA, 2020). De acordo com SOUZA (2020), na Bahia, em 2012, aconteceu um projeto que utilizou o feijão-de-porco e feijão-branco-de-corda, e obteve resultados significativos e promissores. Entretanto, atualmente, são poucos os produtores que fazem essa prática de rotação com feijão. Na Bahia, a agricultura de sequeiro não utiliza com frequência as espécies fixadoras de nitrogênio, diferente da agricultura irrigada, na qual se cultivam 3 ciclos ao ano e, após a cultura, planta-se feijão (OLIVEIRA, 2020a; SANTOS, 2020a). Apesar do baixo uso de leguminosas na agricultura de sequeiro da Bahia o uso em consórcio de milho e feijão é um sucesso (OLIVEIRA, 2020a). Já na região de Ouricuri/PE, além do feijão-guandu e do feijão-de-porco outros feijões também são bastante usados como o feijão-de-ananta, feijão-de-corda, feijão-de-rolinha, feijão-trivicia e muitas sementes crioulas. O feijão-de-corda e o feijão-trivicia, que tolera 1 mês sem receber chuva, são muito usados no roçado dessa região pois são bem adaptados e servem de alimento ao produtor e à criação de animais (CARVALHO, 2020a).

É também usual o uso de espécies arbóreas como leucena e gliricídia (LOPES, 2020; OLIVEIRA, 2020a; PIRES, 2020; SOARES, 2020). Espécies nativas como sabiá, catingueira, jurema-preta, jucá, pau-ferro, pereiro, entre outras também são utilizadas (RODRIGUES, 2020; VIEIRA, 2020). As espécies arbóreas são bastante usadas para a recuperação de áreas degradadas em sistemas agrosilvipastoris e devem ser escolhidas de acordo com o uso da família (PIRES, 2020). Pensando a nível local, para um bom resultado, é importante a orientação de quais leguminosas precisam estar em maior densidade (FERNANDES, 2020). Em Sergipe existe uma tentativa de criação de “corredores ecológicos” com o uso de gliricídia. Inicialmente, se pensou na inserção de espécies nativas, mas, de acordo com CAETANO (2020), os agricultores geralmente assumem o que é mais simples/comum: passar o trator, plantar milho e adubar. Dessa forma, verifica-se que a complexificação dos sistemas tem que ser inserida aos poucos, a partir daqueles produtores que são mais

propensos a aceitar e a investir. É necessário um trabalho de mudança de conceitos junto aos agricultores, para evitar a supressão vegetal, mostrando a importância das espécies arbóreas nativas (CAETANO, 2020).

6.2. Sistema Plantio Direto (SPD)

A principal questão envolvendo a tecnologia SPD em toda a Caatinga é a competição pelo uso da palhada para a alimentação animal, de forma que dificilmente ela é deixada sobre o solo (CAETANO, 2020; FERNANDES, 2020; GOMES JÚNIOR, 2020; OLIVEIRA, 2020a; SANTOS, 2020a; SOARES, 2020; VIEIRA, 2020). Existe também uma escassez de mecanização na lavoura, condição importante para o acesso ao crédito que possui a prerrogativa do uso de máquina nesta tecnologia (FERNANDES, 2020; RODRIGUES, 2020). A Caatinga tem elementos para apostar nesse tipo de tecnologia, mas ainda falta muita pesquisa, pois ela é um mosaico heterogêneo e existe a dificuldade em se adaptar a algo muito especializado. Há a possibilidade de rotação de culturas, como milho, sorgo e girassol, mas elas têm sido utilizadas de forma isolada (FERNANDES, 2020).

Hábitos como a retirada da cobertura com a matéria orgânica devido à crença de que a roça precisa estar “limpa” também dificultam a implementação da tecnologia (CARVALHO, 2020a). Na Bahia, o plantio direto sobre a palhada de cultura acontece em pouquíssimas áreas (SOARES, 2020). De acordo com LOPES (2020), na EFASE - Escola Família Agrícola do Sertão, onde trabalha, em Monte Santo/BA, todos os plantios são diretos sem utilização de aração ou gradagem. No entanto, a palha é rapidamente degradada pois as temperaturas médias são de 26° a 37°C com dias longos durante a maior parte do ano (de 9 a 10 meses). Ainda na região da Bahia, SOUZA (2020) e OLIVEIRA (2020a) relatam que no passado aconteceram experiências com o SPD envolvendo o plantio de milho e feijão.

Atualmente, CAETANO (2020) relatou que na região de Sergipe, logo após a colheita anual, os animais são soltos na área para se alimentarem dos restos culturais (palhada) que ficam sobre o solo. Essa prática promove a limpeza da área, mas faz com que o solo fique mais compactado e praticamente nu de dezembro a maio, pois toda a matéria orgânica é retirada e há intenso pisoteio da área pelos animais. A mesma dinâmica acontece em outras regiões da Caatinga (FERNANDES, 2020; SANTOS, 2020; SOARES, 2020). No Ceará, é uma prática tradicional uma área com palhada ser arrendada para a utilização pelo pecuarista (FERNANDES, 2020). Tanto em Sergipe quando no Ceará, VIEIRA (2020), nas poucas experiências encontradas, relata-se que o equilíbrio entre o uso da palhada para a cobertura do solo e para alimentação animal foi alcançado somente entre os criadores de caprinos. Ainda vale ressaltar que, seria possível, em anos de boas chuvas, manter a palhada no solo após terem conseguido uma produção boa que garanta fazer silagem e guardar para a alimentação, mas de maneira geral é mais difícil pela questão cultural (CAETANO, 2020).

6.3. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) / Sistemas Agroflorestais (SAF)

As experiências agropecuárias de integração produtiva relatadas na Caatinga foram citadas como SAF ou outros tipos de integrações sem nomenclatura, entretanto, o termo ILPF foi eleito para este tipo de sistema produtivo neste trabalho.

Em geral, nos modelos de ILPF na Caatinga prevalece o adensamento de culturas, em consórcio ou rotação, numa agricultura de sequeiro. A base dos cultivos agrícolas é composta por milho e feijão, geralmente consorciados com mandioca na Bahia e Pernambuco; com soja no Piauí; com sisal e mamona na Bahia; com hortaliças e plantas medicinais em Pernambuco e com jerimum, mandioca e melancia, no Ceará (CAETANO, 2020; CARVALHO, 2020a; FERNANDES, 2020; LOPES, 2020; OLIVEIRA, 2020a; SANTOS, 2020a; SANTOS, 2020b; SILVA, 2020).

Alguns arranjos produtivos estão mais direcionados para o consumo da família. Dependendo do solo, são compostos por milho, feijão, abóbora, gergelim, fruticultura (banana, mamão, maracujá), abobrinha e hortaliças. Outro modelo de sistema ILPF empregado na Caatinga associa o cultivo de milho e sorgo, plantado na estação chuvosa, com as leguminosas lenhosas leucena e gliricídia, enfileiradas, que servem de fonte de proteína para caprinos e ovinos na época seca, com pastoreio de uma hora por dia. Em um exemplo citado por AGUIAR, *et al.* (2019), antes da implementação do sistema, foi feito o manejo da vegetação nativa, com preservação de 20% da cobertura arbórea. As leucenas foram plantadas a cada 3m, perpendiculares ao declive predominante e, após 8 anos, foram substituídas por gliricídia e sorgo. Iniciou-se então a fase silvipastoril (IPF) do sistema e a área foi subdividida em duas partes iguais, uma para caprinos e outra para ovinos com controle de lotação.

Entretanto, o ideal para pastagem e forragem, é a integração (ILPF) bastante comum entre milho, capim e leguminosas (muito proteicas), onde os capins mais usados são: sorgo, milheto, capins (buffel, urocloa e andropogon) em associação com leguminosas lenhosas, por exemplo: i) milho, capim-braquiarião e gliricídia ou ii) milho, sorgo e gliricídia ou leucena (AGUIAR, *et al.*, 2019; CORDEIRO *et al.*, 2015; CARVALHO, 2020a; LOPES, 2020; OLIVEIRA, 2020a). É comum esses capins amarelarem no local, numa espécie de fenação natural, e os animais consumirem assim ao pastar, apesar de serem menos nutritivos que o pasto verde (CARVALHO, 2020a).

A pecuária na Caatinga é, em sua maioria, tradicionalmente extensiva, caracterizando-se como uma modalidade de ILPF, uma vez que usa a vegetação nativa (componentes arbóreos e herbáceos) como pastagem e, na estação seca, o componente agrícola plantado na época chuvosa que serve de alimento para os animais, como também as cactáceas (palma, mandacaru) e culturas anuais (CARVALHO, 2020a; FERNANDES, 2020; MORAES, 2020). A presença dessas cactáceas é marcante nas integrações onde há rebanhos, pois são plantas que, além da forragem, fornecem frutos para a família e, ainda, são depósitos de água acima do solo por captarem bastante água no período de chuva e assim economizá-la no período de escassez (CARVALHO, 2020a; GOMES JÚNIOR, 2020; PIRES, 2020).

De acordo com os entrevistados, os principais rebanhos na Caatinga são, em geral, de caprinos e ovinos (Figura 15), bem como criação de suínos e aves, sendo que o gado de leite e de corte (Figura 15) também foi citado para a Bahia e Piauí (LOPES, 2020; OLIVEIRA, 2020a; OLIVEIRA, 2020b; SILVA, 2020; SOUZA, 2020).

Figura 15: Caprinos e ovinos na Caatinga.



FONTE: GUYOT ET AL., 2015.

Durante a implantação de um ILPF/SAF não se retiram totalmente as árvores, de modo a permitir um manejo e um planejamento da estrutura do componente arbóreo, de acordo com sua funcionalidade produtiva: alimento humano, forragem animal, sombreamento (FERNANDES, 2020).

Em relação ao componente arbóreo da ILPF na Caatinga, algumas espécies são importantes por seu crescimento rápido e resiliência ao estresse hídrico, dentre elas: maniçoba (arbusto para a produção de forragem), faveleira (bastante consumida pelos animais, dá sombra e faz ciclagem dos nutrientes), gliricídia, moringa, leucena e jurema (MORAES, 2020). As árvores frutíferas são comuns, geralmente espécies nativas: goiaba, pinha, seriguela, umbu e umbu-cajá devido à comercialização das polpas para o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e para Cooperativas (PIRES, 2020).

Dentre as culturas permanentes, as mais utilizadas para alimentação de ruminantes são: gliricídia, palma forrageira, leucena, mandacaru, maniçoba, erva-sal, maracujá-do-mato e palha da carnaúba (Anexo 4) (CORDEIRO *et al.*, 2015; ALVES & COELHO, 2019; GOMES JÚNIOR, 2020; LOPES, 2020; OLIVEIRA, 2020a; SANTOS, 2020b).

Em Alagoas, foi realizada uma experiência usando sabiá como componente arbóreo, devido ao seu valor madeireiro, pois para os produtores da região o componente florestal precisa gerar renda. Eles também plantaram eucalipto e fizeram cortes com 3, 4, 6 e 12 anos (SOARES, 2020). Com relação ao uso do umbuzeiro no sistema ILPF, existem dois inconvenientes: a árvore demora a se desenvolver e o gado pastando acaba pisoteando as mudas e se alimentando delas (MORAES, 2020; SANTOS, 2020a; SOARES,

2020). Há também testes de consórcios da algaroba com capim-buffel em propriedades de Alagoas, mas a algaroba não supre outra função além de gerar sombra (SOARES, 2020). Além disto, deve-se ter atenção na escolha das espécies exóticas, a exemplo da algaroba, que se adaptou muito bem às condições da Caatinga e acabou se espalhando por todo o bioma (Figura 16) (PIRES, 2020).

Figura 16: Boi e algaroba.



FONTE: GISELLE PARNO.

Nesta região, no período chuvoso, é plantada lavoura de milho e, nos períodos de seca, a palma para alimentação animal. O pasto é composto por gramíneas e leguminosas da Caatinga, e costuma-se fazer o manejo de raleamento (SOARES, 2020). Na Bacia Leiteira de Alagoas, além da pecuária bovina leiteira predominante, também existe ovinocultura que geralmente compartilham a mesma área de pastagem, sendo que o gado leiteiro também pode ser tratado no cocho.

No Agreste nordestino, norte da Bahia e sul de Sergipe, onde há a predominância da cultura do milho, o sistema ILPF se inicia com o plantio do milho em consórcio com o capim-braquiarião, logo no começo da estação chuvosa. Assim que eles emergem, são plantadas mudas de gliricídia em linhas. Depois que o milho é colhido, o capim está pronto para a entrada do rebanho no sistema, que é dividido em piquetes para garantir uma rotação da área de pasto e lotação controlada (7 dias de uso e cerca de 40 dias de descanso), permanecendo assim até a próxima estação chuvosa (CORDEIRO *et al.*, 2015; CAETANO, 2020).

Na Bahia, no que podemos classificar como sistemas ILPF e IPF, os animais geralmente são caprinos e ovinos criados de modo semi-intensivo, e as culturas agrícolas e árvores nativas são: sisal (usado para a realização de mucilagem alimentar), leucena, jurema, mandacaru, gliricídia, palma, aroeira-do-sertão,

entre outros (RANGEL *et al.*, 2019; GOMES JÚNIOR, 2020). SOUZA (2020) cita um consórcio entre culturas de milho com feijão, abóbora, macaxeira, inhame e batata-doce, que são plantados na mesma linha e intercalados. Outras árvores e arbustos encontrados são: incó, licurizeiro, umbuzeiro, araticum, aroeira, umburana, algaroba, nim, favela, juazeiro, quixabeira, pitomba, catingueira, caçatinga, cajarana, mandacaru; e as herbáceas: melancia, melão (Anexo 4) (LOPES, 2020, OLIVEIRA, 2020b, SANTOS, 2020a).

Em Sergipe, é mais comum o rebanho bovino, principalmente leiteiro, apesar das dificuldades de criação. Para o sergipano é “uma questão de honra não deixar o gado morrer”, fazendo com que, muitas vezes, o sertanejo e sua família deixam de comer para alimentar o gado (VIEIRA, 2020). Nesta região, costuma-se fazer a supressão da vegetação nativa para plantar milho. Existem poucas experiências de ILPF na região, sendo algumas com irrigação, compostas por: banana em consórcio com o capim-massai e milho; ou uma integração ILP, também comum no sertão do Ceará, onde se planta a semente do milho junto com o capim para, após a colheita do milho, o rebanho entrar na área para pastar no capim (CAETANO, 2020; FERNANDES, 2020). Porém, este processo tende a degradar o solo por conta do pisoteio animal e do uso de métodos tradicionais de produção (trator, adubação química e solos descobertos). O solo fica ainda mais exposto às altas temperaturas e assim, todo o nitrogênio que poderia estar acumulado se perde, e o solo fica seco e duro (CAETANO, 2020). A produção de feno e silo e a manutenção dos animais pastando na Caatinga manejada são alternativas para evitar que a degradação do solo ocorra, além de aumentar também a produtividade da pecuária (CARVALHO, 2020a).

A pecuária tem grande importância em todo o semiárido e é importante mantê-la integrada à Caatinga, como na modalidade ILP + Caatinga (vegetação nativa), onde o capim é mesclado com o componente arbóreo, de fácil manejo, parte da tradição local, e que, além da sombra e folhas, ajuda na preservação do solo – quanto mais árvores, melhor para o processo de recuperação do bioma (CARVALHO, 2020a; RODRIGUES, 2020). Este modelo foi implantado em Sergipe, no assentamento de Jacaré Curitiba e por cerca de metade dos cooperados da Cooperativa Nordestina. Não há um modelo de integração fechado, porém os mais utilizados no estado contém: ovinos, bovinos, milho, feijão, mandioca, abóbora, girassol, maxixe, quiabo e árvores nativas dentro da propriedade (RODRIGUES, 2020).

Em Sobral/CE, a EMBRAPA tem um modelo de produção agrossilvipastoril (ILPF), denominada SAF-Sobral, que integra a lavoura com a pecuária e o uso estratégico da Caatinga para terrenos a partir de 3 hectares. A área é dividida em três partes de tamanhos variáveis sendo: uma para agricultura (20% da área); a segunda para pecuária (60% da área) e a terceira correspondente à reserva legal (20% da área). No talhão para agricultura, grãos e feno são plantados em fileiras na estação chuvosa, que também servem como banco de proteína na estação seca. A parcela pastoril é composta por uma Caatinga manejada, para rebanhos bovinos, ovinos ou caprinos com o pastoreio mantido ao longo do ano. A terceira área, a da reserva legal, pode ser manejada e mantida como floresta ou ainda sediar um apiário (ARAÚJO FILHO, 2013; ARAÚJO FILHO, 2014). Na mesma propriedade, existem estudos de sistemas agroflorestais para criação de bovinos, caprinos, ovinos e suínos associados à lavoura de milho e feijão e à produção de hortaliças e de ervas medicinais. O sistema é caracterizado como de baixa utilização de insumos, o que contribuiu para a diminuição dos custos de implantação (FARIAS *et al.*, 2018, CAMPELLO, 2020). Em Sobral, já se faz ILP junto com o manejo de Caatinga, raleando a área com a retirada de faixas da Caatinga e enriquecendo-a com espécies forrageiras, sendo ainda preciso intensificar a diversidade do componente arbóreo (MORAES, 2020, PIRES, 2020; RODRIGUES, 2020).

A EMBRAPA Algodão tem uma Unidade de Referência Tecnológica (URT) em Barbalha/CE, onde um sistema ILP foi implementado para divulgar o sistema ILPF por meio de técnicas de cultivo que melhoram o solo, como o sistema plantio direto, que integra ao mesmo tempo o cultivo de grãos e a forragem para os animais. A adoção do consórcio de capim-massai com culturas anuais (milho, feijão-guandu e sorgo) e o cultivo de oleaginosas (algodão, amendoim e gergelim) em rotação são outros exemplos (RANGEL *et al.*, 2019).

Também no Ceará, na Fazenda Areia em Sobral, há uma área de implementação de ILPF nas propriedades menores que 1 ha são divididas em apenas duas partes: uma para o sistema agrossilvipastoril (40%) com vegetação manejada, e a outra área (60%) correspondente à parte da Caatinga preservada. Na área total da integração foram identificadas as seguintes espécies lenhosas nativas para alimentação animal (FARIAS *et al.*, 2018): catingueira, feijão-bravo, jurema-preta, jucá, pau-branco e sabiá. E dentre as lenhosas não utilizadas para alimentação animal estavam: ameixa, ateira, cajueiro, mofumbo, pereiro e sabonete. Ainda na área destinada à preservação da Caatinga foram encontradas: angico, pau-mocó, oiticica, mororó e imburana (FARIAS *et al.*, 2018).

No Ceará e no Rio Grande do Norte, há interação tipo IPF entre diversas espécies frutíferas, forrageiras e madeireiras com o capim. A arborização de pastagem também é utilizada na Paraíba (Zona da Mata/ Brejo Paraibano), Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, com o componente arbóreo formado por gliricídia, sabiá e eucalipto (RANGEL *et al.*, 2019). Ainda nestes estados, é comum lavoura de culturas anuais em rotação na modalidade ILP, como milho, feijão-caupi, sorgo, milheto, palma-forrageira, mandioca e pastagem (*Brachiaria decumbens*, *B. brizantha*, *Panicum maximum* cv. Mombaça; *Digitaria decumbens* ou capim-pangola) para bovinos de leite (RANGEL *et al.*, 2019).

Em Pernambuco, cultivam-se campos de forragem para produzir alimentos aos rebanhos em feno ou silo, chamados de banco de proteína, onde são plantados: sorgo, palma, capins mais resistentes (ex: colômbio), leguminosas nativas ou introduzidas, como a leucena, gliricídia, pinha, feijões (feijão-de-porco, feijão-de-ananta, feijão-de-corda, feijão-trivicia, entre outros de sementes crioulas), feijão-guandu em vagem (semiperene e muito resistente), que também servem de alimento para as pessoas (CARVALHO, 2020a). As plantas são colhidas ou manejadas no período de chuva para fazer feno e silo para os momentos de escassez. A palma fica verde o ano todo e está sempre disponível para ser preparada e oferecida como ração (CARVALHO, 2020a).

Na região de Araripina/PE, o roçado de milho, feijão e mandioca é o mais habitual (), mas há alguns produtores que diversificam, adicionando batata, abóbora, melancia, sorgo, gergelim, amendoim e palma para alimentação da família e dos animais, e para a comercialização (CAMPELLO, 2020; CARVALHO, 2020a).

Figura 17: Consórcio milho, feijão e mandioca.



FONTE: ADISBCAATINGA

Em Araripina/PE, a ovinocultura tem aumentado em relação à caprinocultura, pois as ovelhas são mais dóceis e, assim, com uma cerca de apenas quatro fios de arame é possível segurá-las dentro das áreas, enquanto que para os caprinos são necessários 8 fios, o que encarece o cercamento (CARVALHO, 2020a; VIEIRA, 2020). Na URT da EMBRAPA Semiárido, em Dormentes/PE, a ovinocultura de corte é a principal atividade tradicionalmente praticada de forma extensiva. Foi implantado um sistema silvipastoril (IPF) em pastagens nativas de Caatinga, no qual a vagem da algaroba é bastante utilizada como forragem ou em consórcio com pastagens cultivadas com capim-buffel. Esta URT contempla o componente arbóreo para recuperação de pastagens, somado com o aumento da oferta de forragem pelo enriquecimento com gliricídia e feijão-guandu, entre outras espécies resistentes à seca, como o sorgo e o milheto, que podem também ser conservadas na forma de silagem, conforme Figura 18 (RANGEL *et al.*, 2019).

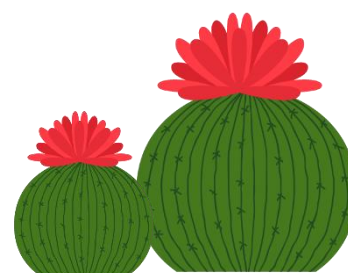


Figura 18: Integração na URT de Dormentes/PE, com: A: sorgo, feijão-guandu e melancia-forrageira; B: palma e gliricídia, banco de proteína.



FONTE: RANGEL ET AL., 2019.

Nesta mesma Unidade de Dormentes, também foi implementada, há 20 anos, a modalidade de ILPF denominada Caatinga-Buffel-Leguminosas (CBL), onde o produtor coloca o rebanho para pastar na Caatinga durante a época úmida, quando há disponibilidade de alimentos, e na época seca, em que a vegetação perde as folhas e já não consegue suprir a necessidade dos rebanhos, o produtor entra com o fornecimento do capim-buffel. Segundo CORDEIRO *et al.* (2015), o CBL é o sistema de ILPF mais bem adaptado às condições do semiárido, e também é acessível aos pequenos produtores por ser uma modalidade silvipastoril (IPF), com criação de caprinos de corte em associação com espécies arbóreas-arbustivas para forragem e suplemento alimentar. Entretanto, MORAES (2020) acredita que para considerar o CBL como um sistema de produção sustentável é preciso torná-lo ainda mais resiliente.

No Araripe/PE, existe uma cultura leiteira que recebeu muito crédito para plantar capim em monocultura, suprimindo-se a vegetação nativa para criar bovinos, mas muitos produtores estão revendo suas práticas de forma a torná-las mais sustentáveis (CARVALHO, 2020a). Inclusive, a seca mostrou que os monocultivos de capim não são eficientes para a Caatinga, mesmo com o capim-buffel, considerado mais resistente, mas que ainda assim não sobrevive a longos períodos de seca (CARVALHO, 2020a; MORAES, 2020). Portanto, nestes locais, para se realizar a transição para um sistema mais sustentável, o recomendado é aumentar sua complexidade, com a introdução de árvores, formando uma integração do tipo IPF. Como a implantação do componente arbóreo requer tempo, é importante pensar em suplementos (esterco, biocarvão, hidrogel) para aumentar a chance de sobrevivência das novas árvores (CASSIMIRO *et al.*, 2019; MORAES, 2020).

Para a recuperação da Caatinga é importante, além do manejo, agregar valor aos seus produtos, como a fabricação de geléias e doces com frutos típicos por exemplo, fortalecendo as cooperativas e produtores

locais e aumentando a renda, já que o incremento da produção dos cultivos perenes é difícil (RODRIGUES, 2020). Neste sentido, a cooperativa Coopercuc (Uauá/BA) está desenvolvendo junto aos cooperados, o plantio de frutíferas em consórcio com espécies de ciclo curto. Dentre as espécies arbóreas indicadas estão: umbu, maracujá-da-caatinga, aroeira, goiaba, manga e acerola em consórcio com espécies como milho, mandioca e melancia, que protegem o solo e garantem retorno econômico no curto prazo (CORRÊA, 2019). A CoopSertão e a fábrica Delícias do Jacuípe promovem também o processamento de polpas associado à restauração ambiental e desta forma, incentivam os produtores locais a restaurarem áreas de pasto degradado com o plantio de árvores nativas e outras, como: moringa, leucena, cajá, umbu, ipê, palma e feno. O intuito é tornar os agricultores familiares mais resilientes e fazer com que a agrofloresta garanta solo fértil, alimento abundante e conforto térmico para os rebanhos (CORRÊA, 2019).

6.4. Manejo Sustentável de Florestas Nativas (MSF)

O manejo da Caatinga é um importante conjunto de técnicas realizado para garantir a disponibilidade de lenha, de ervas medicinais e o aumento da disponibilidade de alimento animal (LOPES, 2020; LUCENA, 2020; OLIVEIRA, 2020b; SANTOS, 2020; SOUZA, 2020). Dentre as técnicas, há o raleamento, rebaixamento e o enriquecimento com culturas forrageiras como gramíneas, palma, capim-buffel, capim-elefante, sorgo, milho, além de gliricídia e leucena (MORAES, 2020; SANTOS, 2020; SOUZA, 2020).

O manejo da Caatinga vem reduzindo o desmatamento e as queimadas no bioma e contribui para a manutenção do carbono no ecossistema (FERNANDES, 2020). Entretanto, em Sergipe, muitos agricultores não aproveitam as árvores nativas da Caatinga e acabam por suprimi-las para plantar feijão, capim para pastagem e, principalmente, milho, que é a base da alimentação animal na região, tanto pelo grão quanto pela palha seca, para fazer silagem da palha seca e do grão (CAETANO, 2020; VIEIRA, 2020).

O importante é planejar quais espécies arbóreas devem ser preservadas no manejo, de acordo com a função desejada e não apenas considerar a quantidade de árvores a ser mantida (FERNANDES, 2020). Ao se fazer o rebaixamento, o sertanejo mantém o umbuzeiro, o juazeiro, o licuri, o araticum e o maracujá para aproveitamento de frutos, assim como o jatobá, para proveito da madeira (FERNANDES, 2020; SANTOS, 2020).

Normalmente, o raleamento (ver item 5.4) é feito com o intuito de permitir a incidência solar no estrato herbáceo para garantir o aumento de biomassa que, em geral, é muito baixa. Isto é importante porque é o estrato herbáceo que os animais mais consomem; apenas o caprino se alimenta também do estrato arbustivo. A matéria orgânica que sobra do raleamento é mantida no solo para degradação e decomposição (MORAES, 2020). É possível, portanto, fazer o manejo da Caatinga e entrar com a pecuária, como num sistema silvipastoril (IPF), prática já realizada pelas comunidades de fundo de pasto (CARVALHO, 2020a; GOMES JÚNIOR, 2020; RODRIGUES, 2020), embora segundo MORAES (2020), este manejo não seja muito comum nessas comunidades, devido à grande demanda por mão de obra. Nesse sentido, é necessária uma pequena mecanização para se realizar o manejo, pois o êxodo de jovens vem reduzindo a mão de obra disponível nas famílias, e os agricultores que ficam acabam tendo uma carga de trabalho muito pesada e cansativa (MORAES, 2020).

Segundo SANTOS (2020a), o IBAMA e o MMA têm uma iniciativa de trabalhar com fracionamento da propriedade para retirada de madeira. Ao se cortar plantas da Caatinga até a altura do joelho, elas brotam e, em 10 anos, estão grandes novamente; isso sem rebanhos na área, pois nesse caso, os animais raleiam e rebaixam a vegetação além do considerado ideal.

A riqueza da Caatinga permite a extração de diversos recursos, como a carnaúba, o babaçu, o buriti, o umbu a palha, além da palha remanescente do umbu (ALVES & COELHO, 2019; CARVALHO, 2020b; FERNANDES, 2020; SANTOS, 2020). Mas o principal gargalo é a dificuldade ou a inexistência de infraestrutura de beneficiamento em alguns locais da Caatinga e, muitas vezes, também a nível nacional, para os produtos extrativistas. De acordo com FERNANDES (2020), tem-se observado um enfraquecimento no uso de produtos extrativistas para o artesanato no Ceará. Já no norte da Bahia, há um forte beneficiamento de frutas para fazer doces advindas do extrativismo de licuri e umbu (CORRÊA, 2019; CAETANO, 2020; RODRIGUES, 2020; SANTOS, 2020), embora em Sergipe esta prática tenha se reduzido devido à supressão da Caatinga (CORRÊA, 2019; CAETANO, 2020; RODRIGUES, 2020; SANTOS, 2020) (CAETANO, 2020).

6.4.1. Considerações a respeito das áreas de uso coletivo

As áreas de Fundos de Pastos são áreas coletivas de Manejo Sustentável da Caatinga utilizadas para criação de caprinos, ovinos e bovinos de forma extensiva e ocorrem principalmente na região do Rio São Francisco, nos municípios baianos de Juazeiro, Curaçá, Uauá e Monte Santo e em Petrolina/PE (LOPES, 2020; SANTOS, 2020; VIEIRA, 2020).

Em Monte Santo/BA, nas 44 comunidades de fundo de pasto registradas observa-se áreas de 700 ha que pertencem a dez famílias, que acabam subutilizadas e contribuem para que a Caatinga se mantenha bem preservada. Por outro lado, existem áreas de aproximadamente 150 ha que abrigam mais de dez famílias, onde a pressão na Caatinga é muito maior, e soma-se ainda ao manejo inadequado da vegetação e ao sobrepastejo, ameaçando a atividade pecuária, na qual o rebanho de caprinos precisa de 100 a 1000 ha para pastar (SANTOS, 2020a).

No norte da Bahia, há superpastejo associado ao aumento populacional, pois para o sertanejo é um prestígio ter muitas cabras, independente da raça. Há uma tentativa de se mudar este conceito, buscando reduzir o número de animais do rebanho e, conseqüentemente, diminuir o superpastoreio e a pressão no bioma, mantendo assim o “cabrito ecológico”, que se alimenta exclusivamente da Caatinga e tem carne mais saborosa que os animais alimentados apenas com ração (SANTOS, 2020a).

As comunidades de fundo de pasto não gostam de cercas, pois associam aos grileiros que as usavam, e, por isso, as famílias tentam negociar entre si uma convivência harmônica sem cercas. Entretanto, há conflitos no uso destas áreas por rebanhos de produtores de fora da comunidade, mas com áreas vizinhas à área coletiva (SANTOS, 2020a). No sertão do Ceará há também conflitos deste tipo, mas pela invasão de porcos (FERNANDES, 2020). Fazer piquetes em toda a área do fundo de pasto e rotação de rebanho seria uma solução para diminuir o superpastejo, mas isto é caro e foge da cultura e da tradição, além de aumentar o trabalho para a escassa mão de obra familiar (MORAES, 2020; SANTOS, 2020a). Embora algumas comunidades na Bahia, no entanto, têm cercamento de um lado da área coletiva para evitar que os

fazendeiros vizinhos soltem os rebanhos no fundo de pasto (MORAES, 2020; SANTOS, 2020a). Segundo SANTOS (2020a), o piquete não descaracterizaria a tradição dessas comunidades; seria simplesmente uma nova técnica que poderia ser agregada à prática tradicional, mas que atualmente funciona apenas em pequenos piquetes, de 30 a 40 ha, nas áreas familiares individuais.

De acordo com MORAES (2020) propõe que, ao invés do raleamento e rebaixamento da Caatinga, seja feita a intensificação sustentável do pastejo no fundo de pasto, com cercamento de pequenas áreas onde é realizado o enriquecimento. Isso também facilita o monitoramento para regeneração das áreas, porém o custo de cercamento é muito alto e por isso está sendo feito aos poucos. Outra indicação seria a diminuição dos rebanhos, ao selecionar animais ou raças mais produtivas para, assim, reduzir a pressão de pastejo nas áreas de Caatinga.

Com relação ao extrativismo, para produção de lenha são utilizadas as espécies catingueira, pau-de-rato, jurema, aroeira e calumbi e, assim como para uso da madeira para cercas e currais, não é permitida sua comercialização (LOPES, 2020; LUCENA, 2020; OLIVEIRA, 2020b; SOUZA, 2020). Para cercas, a madeira é retirada principalmente de aroeira, angico, baraúna, pau-ferro, coração-de-nego, quebra-facão e jurema pelo raleamento de plantas não forrageiras (LOPES, 2020; SOUZA, 2020).

A tendência é que ocorra uma desconstrução do fundo de pasto original, porque com a urbanização e o cercamento ilegal de terras, as áreas disponíveis foram reduzidas e o número de animais aumentou, gerando forte impacto ambiental. Assim, mesmo nas áreas onde o associativismo é muito forte, vem ocorrendo a divisão em talhões, pois os próprios produtores vêm se organizando para evitar o superpastejo (CORDEIRO *et al.*, 2015; MORAES, 2020; SANTOS, 2020a). O intuito é melhorar o aproveitamento das áreas e promover a intensificação sustentável da pecuária, visando ampliar os índices econômicos desses produtores, com menor perda de animais. Pois, tendo em vista o aumento das adversidades climáticas, eles precisam se precaver, uma vez que a Caatinga sozinha já não consegue sustentar os rebanhos (MORAES, 2020).

6.5. Recuperação de áreas Degradadas com Florestas (RAD-F) e recuperação de áreas Degradadas com pastagem (RAD-P)

A recuperação de áreas degradadas na Caatinga perpassa diversas técnicas, tipos de plantas e combinações entre elas, buscando sistemas que sejam mais adaptados às características do bioma.

A unidade educacional do Serviço de Tecnologia Alternativa (SERTA), em Ibimirim/PE, compõe a Rede ECOLUMÉ⁹ e se encontra em uma área em plena desertificação há décadas. Desse modo, torna-se uma unidade experimental para sobrevivência em áreas desertificadas, e busca a transição de um cenário atual degradado para um semiárido que produza em pequenos espaços organizados em zoneamentos com conexões sustentáveis e com alta produtividade. A unidade conta com diversas tecnologias desenvolvidas localmente, como pátio solar e biodigestor, além de cactário com mais de 60 espécies, pomar, sistema de

⁹ A rede Ecolume atua em projetos de valorização das espécies do semiárido, trabalhando em três eixos básicos: sustentabilidade alimentar (plantas da Caatinga e Plantas Alimentícias Não Convencionais - Panc), produção de energia e segurança hídrica, essenciais em tempo de mudança climática. A rede atua em cidades, como Araripina, pelo projeto Socioeconomia Verde/CNPq (ECOLUMÉ, 2018).

aquaponia e criação de animais. Há um sistema de recirculação de água, que permite alta economia hídrica, além da produção de mudas, tanto para recaatingamento, quanto para comercialização. Outro ponto interessante do SERTA é o foco na juventude e na formação de agricultores, buscando a erradicação da pobreza através do conhecimento e do empoderamento das populações locais (ECOLUME, 2020; SANTOS, 2020a).

No Rio Grande do Norte, há áreas de Caatinga degradadas pela exploração de piçarra¹⁰ onde um trabalho de recuperação foi realizado em uma parceria entre a EMBRAPA Agrobiologia, a Petrobras e a Universidade Federal Rural do Semiárido (UFRSA). O projeto foi desenvolvido nos municípios de Assu e Mossoró, em jazidas desativadas, com o objetivo de preservação e recuperação de funções originais do ecossistema. Foram plantadas jurema-preta, jurema-branca, sabiá e jucá, a partir de mudas inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos (FBN), cujo desenvolvimento inicial foi realizado em viveiro para garantir a estabilidade. Depois de 3 anos após o plantio das mudas, as áreas apresentaram sinais claros de recuperação da Caatinga nativa (RESENDE, 2012).

Na divisa entre Ceará, Pernambuco e Piauí trabalha-se, de forma muito empírica, com muitas leguminosas da Caatinga e usa-se muito o banco de sementes, tanto destas para a recuperação de áreas, quanto de outras plantas nativas para fazer mudas e plantá-las (CARVALHO, 2020a). Já PIRES (2020) citou o trabalho com sistemas de reuso de água para irrigação de ILPF/SAFs no semiárido, ajudando a recompor áreas degradadas com uso de micro irrigação.

6.5.1. RAD-F

Existe um projeto intitulado **Recaatingamento**, promovido pelo IRPAA¹¹, com o **Plantio de Florestas Nativas**. Ele atua em comunidades de pequenos produtores de fundo de pasto na Bahia, envolvendo-as diretamente em atividades de preservação do meio ambiente. O projeto atua com cinco linhas de ação: 1- Conservação da Caatinga; 2- Recomposição da Caatinga; 3- Educação Ambiental Contextualizada; 4- Melhorias da Renda e 5- Políticas Públicas. A geração de renda é obtida com o beneficiamento dos produtos provenientes do agroextrativismo sustentável, com destaque para frutas silvestres como umbu e maracujá-do-mato, além do plantio de espécies nativas da Caatinga para recomposição de sua vegetação. Este projeto busca desenvolver atividades pastoris sustentáveis na Caatinga, utilizando-a em suas condições naturais, através do ajuste da carga animal para se evitar o sobrepastejo (ARAUJO FILHO, 2014).

Outro Projeto, o Bem Diverso, visa à promoção do desenvolvimento sustentável por meio do uso da biodiversidade e de sistemas agrofloretais (ILPF/SAF), a fim de assegurar os modos de vida das comunidades tradicionais e agricultores familiares, gerando renda e melhorando a qualidade de vida (EMBRAPA/PNUD/GEF, 2020). Há um Território da Cidadania em Sobral/CE, com ILPF/SAFs e outro no Sertão de São Francisco/BA, com extrativismo sustentável de umbu, maracujá-da-caatinga e licuri (EMBRAPA/PNUD/GEF, 2020). O Projeto Bem Diverso fez um monitoramento das ações de recuperação da

¹⁰ Material rochoso semelhante ao saibro produzido a partir da junção de fragmentos de rocha e outros elementos, mas que ainda possui a textura da rocha original. Este tipo de material é utilizado para revestir estradas, aterramentos, entre outras (DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS).

¹¹ Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada.

Caatinga feitas pelos produtores de forma voluntária e autônoma, com o uso de espécies nativas, em sistemas de ILPF e recaatingamento por meio do enriquecimento da Caatinga com umbuzeiros (SANTOS, 2020a; CORTEZ, 2020).

Uma iniciativa para o recaatingamento em áreas degradadas, do Laboratório de Ecologia da Restauração (LER)¹², acontece através de uma técnica que busca reduzir o estresse hídrico das plântulas em sua fase inicial, que é mais sensível, e assim, aumentar a taxa de sobrevivência nos processos de restauração e reflorestamento (IIS & BPBES, 2019). As pesquisas foram iniciadas em 2013, em uma área degradada da Floresta Nacional de Açu, no município de Assú/RN. A técnica se baseia numa característica evolutiva das espécies na Caatinga: investir em raízes extensas para facilitar a busca por água (ACAATINGA, 2019). Para isso, utilizam-se canos de PVC, com pequenas bolsas de água no fim, como vasos para as mudas, de modo que as plantas nativas da Caatinga são germinadas nas estufas dentro desses reservatórios. Assim, em poucos meses, as raízes atingem um metro de extensão e são levadas para o local de plantio, quando o cano é retirado (Figura 19). No momento em que chega ao solo do terreno degradado, a planta já possui grandes reservas de glicose, amido e água em suas raízes, que garantem sua sobrevivência até as próximas chuvas. As pesquisas testaram 16 espécies arbóreas nativas e, de acordo com ACAATINGA (2019), esta estratégia aumenta, em média, de 30% para 70% a taxa de sobrevivência de espécies de plantas nativas da Caatinga, quando comparada com as técnicas tradicionais de cultivo de mudas nativas.

É importante destacar que essa técnica permite o plantio sem sistemas de irrigação, reduzindo o custo de manutenção no campo, apesar da produção em viveiro ser mais onerosa. De forma complementar, a adoção dessas mudas em sistemas integrados, com milho, feijão e abóbora, por exemplo, mostra bons resultados, diminuindo os custos com a restauração (IIS & BPBES, 2019).

Figura 19: Plantio de muda de Juazeiro com raízes profundas.



FONTE: UFRN, 2020.

¹² O Laboratório de Ecologia da Restauração (LER) faz parte da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e tem como coordenadora a Phd e professora Gislene Ganade.

Nos municípios do norte da Bahia, o RAD-F é realizado a partir do cercamento¹³ das áreas mais degradadas da Caatinga para que se regenerem sem a influência dos animais, que comem os brotos, deixando-as isoladas durante cerca de 15 anos. Ao longo desse período, as comunidades de fundo de pasto desenvolvem manejos de solo, plantio de mudas (que geralmente não vingam), barramentos para infiltração de água (com pedras nas áreas de voçorocas), dispersão de sementes com adubo, entre outras técnicas para ajudar a recuperar essas áreas. As plantas da Caatinga têm um tempo de dormência grande, como a baraúna (que só germina quando há muita chuva); desse modo, para incentivar a regeneração da área é preciso promover a manutenção de água e matéria orgânica no solo para garantir que, quando a planta germinar, tenha condições de se desenvolver (SANTOS, 2020a).

Segundo SANTOS (2020a), no norte da Bahia e oeste de Pernambuco, inicialmente o foco do recaatingamento eram apenas as plantas lenhosas (para frutas e madeira), mas atualmente, há incentivo também para a produção do estrato herbáceo, pois este, quando regenerado, cobre o solo e ainda melhora o desenvolvimento do estrato lenhoso.

No centro norte da Bahia, de acordo com LOPES (2020), o recaatingamento é realizado em duas etapas: 1º plantam-se as pioneiras (maniçoba, pinhão-bravo, incó, catingueira, licurizeiro, catuaba, caçatinga); 2º plantam-se umbuzeiro, umburana, aroeira, baraúna, faveleira, angico, pau-ferro e caraíba (Anexo 4), sendo que, todas as espécies são plantadas com o objetivo de preservação (Figura 20). No Piauí, há produtores que fazem RAD-F plantando sabiá, tanto com o objetivo de preservação, quanto comercial (LUCENA, 2020; OLIVEIRA, 2020a). Segundo MACEDO (2020), na região do Alto-Médio Canindé, no Piauí, o reflorestamento não é realizado ativamente por parte do produtor, que em sua maioria deixa de cultivar a área e a natureza se encarrega de se restabelecer.

Figura 20: Preparo do solo para o recaatingamento e orientação para o plantio de mudas no Centro Norte da Bahia.



¹³ Isso não é considerado piqueteamento, pois os piquetes são na verdade áreas para os animais entrarem evitando superpastejo (SANTOS, 2020a).



FONTE: EQUIPE MULTIDISCIPLINAR DA AMAR.

De acordo com OLIVEIRA (2020b), na Bahia, geralmente as espécies encontradas na Caatinga são conservadas por motivos de subsistência entre as que mais se destacam, estão: algaroba, juazeiro, favela, aroeira (branca e vermelha), umbuzeiro, mandacaru, xique-xique (Anexo 4), entre outras, com finalidades medicinais, alimentares e de sombreamento para animais, além de preservação. Já SOUZA (2020) explica que, ainda na Bahia, na RAD-F são plantados pau-de-rato, juazeiro e mandacaru-chaveiro, com o objetivo de garantir a alimentação animal, como alternativa para o rebanho, e também para a preservação ambiental.

Em Pernambuco, na parte oeste, CARVALHO (2020a) explica que a produção de gesso é uma grande consumidora de lenha na região e tem um impacto bastante negativo para a Caatinga (mais de 80% da lenha usada por gesseiros é ilegal). Muitas famílias desmatam sem licença e vendem a madeira para essa indústria como fonte de renda, porém paga-se basicamente o valor do dia de trabalho como se a lenha não tivesse valor, permanecendo apenas o impacto ambiental. Por conta disso, muita gente que desmatou intensamente agora não tem mais madeira disponível para consumo próprio. Buscando reverter esse cenário, existem famílias mais sensíveis que têm viveiros de mudas e coletam sementes. E há também intercâmbios e doações dessas sementes e mudas para que seja plantada madeira para consumo da própria família e, eventualmente, como fonte de renda com a venda para gesseiros. São utilizadas espécies originais da Caatinga, e também a algaroba (bem adaptada e boa produtora de estacas e lenha) e o nim, que é uma madeira boa e que brota muito rápido com qualquer chuva e se alastra facilmente, além de ter uso medicinal (CARVALHO, 2020a). Muitos produtores pensam ainda em plantar árvores de lei ou umbuzeiros como opção para o extrativismo. Outra espécie exótica utilizada é a leguminosa albízia-guachapele (DE LIMA *et al.*, 2015).

Em Sergipe, o uso de hidrogel para o plantio de mudas é utilizado, por ser mais barato que o adubo químico e evitar a perda da muda e o respectivo investimento (VIEIRA, 2020). Entretanto, é necessário realizar mais estudos para utilizá-lo como uma tecnologia geral. Este polímero realmente pode aumentar a chance de

sobrevivência das novas árvores, embora não seja necessário para algumas espécies nativas e bastante resistentes como a uvaia e a aroeira-do-sertão (CASSIMIRO *et al.*, 2019).

Com o recaatingamento, outro serviço ambiental que se restabelece é a polinização por abelhas nativas da Caatinga, importante tanto para a restauração vegetal quanto para a produção agrícola e pelo valor nutricional. Muitas espécies vegetais são beneficiadas pela polinização, entre elas: a quixabeira (fabricação de geleias, sucos, licores e cachaças), a jurubeba (usada como conserva, bebida e cozida com arroz) e plantas medicinais como o pau-fava e a faveleira, que tem também o potencial de produzir biodiesel (ECOLUME, 2018). As abelhas não precisam de grandes áreas e geram um produto de alto valor agregado; por isso, CARVALHO (2020a) e MORAES (2020) consideram a criação de abelhas (Figura 21) um elemento muito importante para ajudar as famílias a produzirem alimentos e renda e a valorizarem as plantas da Caatinga. Segundo CARVALHO (2020a), o Sertão e a Chapada do Araripe têm floradas em diferentes épocas, aumentando o potencial da região.

Figura 21: Exemplo de apiário na Caatinga



FONTE: GUYOT ET AL., 2015.

Na Caatinga, para o **Plantio de Florestas Comerciais** divide-se a área em talhões, de modo a explorar um por ano até voltar ao primeiro (VIEIRA, 2020). Em Sergipe, o período entre cortes no talhão é de 15 anos atualmente, porém, há 10 anos, era de apenas 12 anos. O autor acredita que provavelmente essa alteração está relacionada às mudanças climáticas.

Segundo CAETANO (2020), na região semiárida não há estímulo para o plantio de espécies exóticas para gerar lenha. De acordo com VIEIRA (2020), no Ceará, há florestas de mogno-africano sendo plantadas para a venda de tora da madeira, chamada de “ouro verde”. Entre o Ceará e o Rio Grande do Norte há plantio de jurema-preta para a produção de tinta, porém, essas iniciativas são, em geral, voltadas para grandes

produtores e investidores e não para médios e pequenos agricultores, o que pode ser explicado pela carência de extensionismo rural, que dificulta um planejamento a longo prazo.

Na região do Sisal e sul da Bahia, há uma grande preocupação com o desmatamento; logo, diversas comunidades e empresas da região plantam para reflorestar, visando à preservação, mas na maioria das vezes esse reflorestamento tem fins comerciais, pois é realizado por empresas legalizadas para o comércio de lenha. As espécies mais utilizadas são a algaroba para alimentação animal, principalmente na época da seca; o eucalipto para lenha, celulose e construção civil; e há ainda alguns produtores que plantam cedro (GOMES JÚNIOR, 2020).

Há muita plantação de eucalipto no Nordeste, mas são de grandes produtores e estão mais no agreste e litoral da Bahia e Rio Grande do Norte (CAETANO, 2020; RODRIGUES, 2020). Em Sergipe e Alagoas, há algumas iniciativas desse plantio na região do São Francisco como fonte de recursos para a indústria de celulose. Os galhos e desbastes dessa produção são comprados por indústrias de cerâmicas da região; entretanto, cerca de 50% delas acaba usando, de forma desregrada, a lenha nativa da Caatinga (VIEIRA, 2020).

Apesar da considerável presença desses plantios na região Nordeste, RODRIGUES (2020) não considera o eucalipto ideal para o pequeno produtor, pois não faz parte da sua cultura; e MORAES (2020) acredita que os problemas climáticos da região não facilitam a introdução desse componente arbóreo na região.

De acordo com CARVALHO (2020a), na Chapada do Araripe/PE, há pesquisas para a criação de florestas comerciais energéticas para o parque gesseiro, porém esta ideia ainda não está suficientemente estruturada para garantir a redução do desmatamento na Caatinga. Logo, ainda há muito acesso à lenha barata e ilegal, inclusive a própria indústria chega a usar até mesmo coque para a queima, gerando problemas respiratórios. É importante construir um pacto com o setor gesseiro, de como gerar energia a partir de processos que gerem renda para as famílias e que tenham impacto social e ambiental forte, integrados com o manejo sustentável da Caatinga.

De forma complementar, CARVALHO (2020a) considera que a inserção dessas espécies exóticas não deve ser feita em monoculturas e sim plantadas de modo integrado com outras culturas (mandioca, caju, feijão, milho), para enriquecer a diversidade da Caatinga e evitar os problemas recorrentes em outras regiões do Brasil. Evitar, então, os “desertos de eucalipto”, que para a agricultura familiar é um sistema de morte. Inclusive, uma reportagem do MAPA DE CONFLITOS (2013) denuncia o avanço da monocultura de eucalipto na região de Araripina/PE, a partir do modelo geral imposto pelas grandes empresas, desconsiderando o impacto direto nas comunidades de entorno.

6.5.2. RAD-P

De acordo com MORAES (2020), nas regiões da Bahia com histórico de atividade leiteira extensiva, as áreas de pastagem plantada/cultivada sofreram superpastejo e estão altamente degradadas, com manchas de desertificação. Desse modo, há necessidade de inserir tecnologias capazes de recuperar essas áreas, como

o terraceamento e o plantio de multiespécies nas bordas das curvas de nível para segurar a água, que são procedimentos custosos e demorados. A Figura 22 mostra exemplos de pastos em recuperação.

Figura 22: Pastos em recuperação na Bahia.



FONTE: ADISBCAATINGA.

Na região do Alto-Médio Canindé, no Piauí, muitos produtores aproveitam as áreas de capoeiras para a implantação de pastos com capim-buffel. Nesse processo de recuperação são plantadas no primeiro ano também culturas anuais (milho, sorgo, feijão). O capim serve de alimento para bovinos, ovinos e caprinos em áreas divididas em piquetes (MACEDO, 2020).

Na Caatinga, em particular, o cultivo de forrageiras deve ser estudado sob percentuais diferentes de raleamento da vegetação lenhosa, objetivando a preservação do componente arbóreo, fator importante na manutenção da produtividade das pastagens (ARAÚJO FILHO *et al.*, 1995).

De acordo com RODRIGUES (2020) e PIRES (2020), a ruziziensis, o capim-elefante e o capim-buffel se adaptam bem à Caatinga, pois são resistentes às pragas e à falta de água. Na região central do Ceará, há pesquisas com algumas espécies: capim-buffel, capim-gramão, andropogon e o capim-corrente (FERNANDES, 2020). No caso do capim-buffel, apesar de indicado para a Caatinga, sua semente não é tão acessível, pois é preciso ter acesso às empresas para comprá-la (RODRIGUES, 2020). Na Bahia, como um todo, na RAD-P é utilizado o capim-buffel, além de leguminosas forrageiras típicas, como maxixe, maracujá e feijão (OLIVEIRA, 2020b). Já na região do sisal e no sul da Bahia, as espécies utilizadas são: pau-de-rato, maniçoba, umbuzeiro, juazeiro, mandacaru, xique-xique, favela, icó (Anexo 4), entre outras; e os animais são os caprinos (GOMES JÚNIOR, 2020).

Já na região do sisal e do norte da Bahia, as espécies vegetais mais utilizadas no RAD-P são: umbuzeiro, baraúna, licurizeiro, angico, em consórcio com as gramíneas (capim-buffel e capim-urocloa). O manejo é realizado na entrada e saída dos animais para o pastejo e na roçagem de invasoras junto às gramíneas cultivadas. Os animais mais comuns são caprinos e ovinos (GOMES JÚNIOR, 2020; LOPES, 2020).

O piqueteamento, realizado para evitar o sobrepastejo e garantir o restabelecimento da forragem, não é muito utilizado no semiárido. O que geralmente acontece é a separação de áreas de Caatinga e de lavoura. Pode-se recorrer ao pastejo alternado, no qual é realizada a introdução alternada de caprinos e ovinos, lavoura e outros animais (FERNANDES, 2020; SOARES, 2020). Na região do sisal e no norte da Bahia praticamente a divisão das áreas por piquetes não é realizada devido ao alto custo das cercas; por outro lado, as áreas de fundo de pasto são comuns na região. Já em outras regiões do estado, há experiências de divisão de áreas da propriedade em piquetes e com criação de bovinos também (LOPES, 2020; SOUZA, 2020). Em Alagoas, poucos produtores fazem rotação em piquetes para permitir a recuperação da Caatinga, mas esta é uma prática ainda recente, que começou há menos de 10 anos (SOARES, 2020).

6.6. Manejo de Dejetos Animais (MDA)

Em toda a Caatinga, a criação de animais, quase em sua totalidade, é realizada de forma extensiva e os dejetos ficam espalhados na área de pastagem (CAETANO, 2020; CARVALHO, 2020a; LOPES, 2020; MORAES, 2020; OLIVEIRA, 2020a; PIRES, 2020; SANTOS, 2020a; SANTOS, 2020b; SILVA, 2020; SOARES, 2020; VIEIRA, 2020). No Ceará, em alguns locais, existem abrigos de pernoite para os animais. Na criação de caprinos e ovinos, por exemplo, o estoque de dejetos acontece no curral, mas a remoção só acontece quando há a necessidade de limpeza ou há solicitação de remoção para a venda, por exemplo (FERNANDES, 2020).

De modo geral, o produtor faz o manejo de dejetos de duas formas distintas: recolhe o esterco e vende ou usa o esterco na própria propriedade como adubo, distribuindo-o diretamente nos cultivos, tanto para a alimentação humana quanto dos rebanhos (MORAES, 2020). A venda do esterco é comumente realizada para a fruticultura, nas regiões próximas às áreas de agricultura irrigada (CARVALHO, 2020a; MORAES, 2020; PIRES, 2020; SANTOS, 2020a). No sertão do Araripe/PE, há cerca de 20 anos, esse esterco era doado para os proprietários das áreas irrigadas, que limpavam o local sem que os produtores tivessem consciência de que estavam perdendo dinheiro (CARVALHO, 2020a). Já o uso do esterco como adubo é realizado quando o agricultor não tem recursos financeiros para adquirir adubos químicos, mas entende que precisa retornar nutrientes para o solo; então, faz esta reposição na forma de esterco. Esse tipo de produtor tem de 4 a 5 ha de propriedade e usa intensamente o esterco como adubo. Ressalta-se, desse modo, a importância da sua utilização nos cultivos de culturas perenes (palma, maniçoba, leguminosas permanentes) (MORAES, 2020).

Apesar do uso do esterco, seu manejo se dá de forma rudimentar. Existem poucas experiências de compostagem, porque em geral o dejetos é espalhado diretamente no solo das lavouras (CAETANO, 2020). Na região de Araripina/PE, alguns agricultores mais avançados na agroecologia fazem compostagem próximo às casas, juntando os restos de cultivos e o esterco (Figura 23). Porém a falta de umidade dificulta o manejo do composto neste processo e torna-se um fator limitante para a família, que prefere usar essa água para a dessedentação animal, por exemplo (CARVALHO, 2020a). Na Bahia, existem iniciativas de compostagem realizadas com resíduos da produção de hortaliças e de frutas (alface americana, cenoura, cebola, tomate, couve, repolho, melancia, melão, maracujá, umbu, etc) e até de cama de frango (GOMES JÚNIOR, 2020). Na região de Juazeiro/BA, uma empresa grande de cana-de-açúcar irrigada mistura o dejetos com vinhoto, composta e vende como substituto do esterco. Também existe composto de casca de eucalipto, mas estes dois tipos de produções são voltados para as áreas de plantio irrigado. Na agricultura

de sequeiro, a pecuária compete pela água e pela palha, usadas nas criações, o que justifica o uso direto do dejetos ou sua venda (SANTOS, 2020a).

Figura 23: Curso de compostagem.



FONTE: AMAR ASSOCIAÇÃO.

Apesar da compostagem ser pouco difundida na Caatinga, em várias regiões existem iniciativas de implantação de biodigestores para atendimento às famílias com o gás de cozinha (CAETANO, 2020; CARVALHO, 2020a; LOPES, 2020; MORAES, 2020; OLIVEIRA, 2020a; PIRES, 2020; SANTOS, 2020a; SANTOS, 2020b; SILVA, 2020; SOARES, 2020; VIEIRA, 2020). Há muitas experiências de biodigestores, com variados modelos e construídos de forma caseira pelas próprias famílias (FERNANDES, 2020). No Ceará e no Piauí, os poucos exemplares estão atrelados a iniciativas externas, como projetos de captação de recursos ou o extensionismo estadual. Poucos agricultores, por iniciativa própria, conseguem dar um destino a esses dejetos (VIEIRA, 2020). Em Sergipe, existe uma iniciativa usando a tecnologia da cisterna de placas (BARBOSA, 2020). No mesmo estado, o assentamento de reforma agrária Dona Nandir, em Porto da Folha, produz biogás a partir de um pequeno rebanho de bovinos (2 vacas e 3 bois) e caprinos, mas aproveita o esterco principalmente do bovino (VIEIRA, 2020). Na região de Araripina/PE, o uso do esterco dos animais para biodigestores caseiros tem crescido entre as famílias, para geração de gás a partir de 3 a 4 bovinos, e, dessa forma, evita-se o gasto com o gás butano e/ou o desmatamento da Caatinga para obtenção de lenha. A água a ser utilizada é proveniente de cisternas ou do reuso de água dos banhos e louça. O resíduo da biodigestão (chorume) é direcionado para a lavoura, como adubo **Erro! Fonte de referência não encontrada.** (CARVALHO, 2020a). Na região de Juazeiro, houve iniciativas da assistência técnica em baixa escala com o desenvolvimento de alguns ajustes no anel do botijão para diminuir a evaporação da água, que no semiárido é bem elevada (SANTOS, 2020a). Na Bahia, em alguns locais, existe a criação de bovinos de forma semiextensiva e criação intensiva de suínos, que também ocorre no Piauí, o que facilita a implementação de biodigestores (Figura 24) (LOPES, 2020; OLIVEIRA, 2020; SANTOS, 2020b). Na EFASE - Escola Família Agrícola do Sertão, em Monte Santo/BA, existe um biodigestor que usa o esterco de suínos criados de forma confinada, o que também ocorre em duas comunidades rurais em Cansanção/BA (LOPES, 2020). No sul da Bahia, as iniciativas de biodigestão acontecem com dejetos de suínos, de bovinos (de corte

e de leite) e de ovinos confinados, com objetivo de aumentar a renda das famílias envolvidas (GOMES JUNIOR, 2020).

Figura 24: Construção de biodigestor com participação da comunidade.



FONTE: AMAR ASSOCIAÇÃO.

6.7. Alimentação de ruminantes na Caatinga

A Caatinga é uma grande área de pastagem, em que os animais são criados de forma extensiva a semiextensiva e pastam algumas horas do dia na vegetação nativa; por isso, é importante que sejam raças adaptadas (CARVALHO, 2020a; MORAES, 2020). Não há uma forma sistematizada para a criação animal, mas sim formas diferenciadas de organização, dependendo da família e da área disponível (CAETANO, 2020).

Na região de Petrolina/PE, é comum que após o pastejo os animais sejam retirados e levados para uma cobertura. Desta forma, as criações se alimentam num local e defecam em outro; ocorre, então, uma “exportação de nutrientes” da área de pastejo, que fica com uma serapilheira menor para quando chover facilitar o crescimento da Caatinga (MORAES, 2020).

Em Pernambuco, colhem-se todas as culturas no ciclo anual e o animal entra para comer o resto da palhada, retirando os nutrientes que ficariam sobre o solo e pisoteando-o (compactação). A dinâmica de criação varia conforme o tamanho da propriedade – se tem mais área deixa-se pastando na Caatinga. Cada vez mais tem-se criado os animais cercados, para evitar que entrem no roçado de outras famílias, provocando prejuízo para o outro. Muitos cercam suas propriedades e o espaço dos roçados, porém é custoso e exige manutenção constante ocupando a mão de obra das famílias, tornando-se um gargalo (CARVALHO, 2020a). Dentro dos agroecossistemas, as famílias geralmente possuem manejos diferentes em relação ao quintal e ao roçado, onde existe a agricultura de sequeiro e a criação animal (PIRES, 2020). Existem experiências de piqueteamento ou pastoreio racional isoladas, mas em geral é o modelo convencional, com o curral e o pasto, que predomina (CAETANO, 2020).

A silagem cresceu muito na região de Pernambuco nas últimas três décadas e é extremamente estratégica como suplemento alimentar. Ela pode tanto ser feita com as plantas cultivadas quanto com o estrato herbáceo da Caatinga, que pode também ser fenado e silado (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), e ainda com algumas árvores que podem ser podadas no período de abundância para estocagem (CAETANO, 2020). A produção de feno e silagem é realizada para a alimentação dos animais durante o período de chuvas, quando estão no cocho para que ocorra o plantio (CAETANO, 2020, CARVALHO, 2020a; PIRES, 2020). Contudo, fazer a forragem/silagem pode ser insuficiente, dependendo da demanda animal e aconselha-se que seja feito um orçamento forrageiro, para cálculo e estimativa das reservas alimentares necessárias para um estoque durante longos períodos de seca (CAVALCANTE *et al.*, 2013, CAVALCANTE, 2015). Com esta ferramenta é possível garantir o equilíbrio entre produção e demanda de forragem, de modo a se ter um planejamento alimentar da propriedade; e assim, contribuir para o aumento na eficiência do uso do pasto, na produtividade e no desempenho animal. Este orçamento consiste em três etapas: contabilidade da forragem, contabilidade do rebanho e planejamento. O ideal é planejar a forragem de três anos para ter reserva emergencial em caso de períodos de seca mais prolongados que o usual (CAVALCANTE *et al.*, 2013).

Muitas espécies nativas da Caatinga, que servem para alimentação animal, são boas para fazer silagem ou fenagem, como a catingueira, a baraúna, a macambira, mas na verdade os agricultores estão cada vez menos utilizando essas espécies (CAETANO, 2020). A (máquina) forrageira é imprescindível para fazer silagem, até a própria palma precisa ser colhida e picada. Os produtores precisam acompanhar as mudanças para diminuir muito a labuta no dia a dia (MORAES, 2020). Quando a produção de feno e silo não acontece, a alimentação animal é complementada com milho (CAETANO, 2020; CARVALHO, 2020a; MORAES, 2020).

Na Bahia, a mucilagem proveniente da atividade do sisal (Figura 25), que inicialmente era descartada, é usada para alimentação animal. A massa verde e proteica pode ser dada diretamente ao animal ou após a silagem. A silagem é realizada de duas formas: o material é colocado em um tonel/lata/recipientes e é vedado (para não ter entrada de ar e acontecer a ação anaeróbia), mas pode também ser feito de forma manual em uma cova coberta para não ter contaminação. Após algum tempo o material encontra-se em forma de silagem e rico em proteína para os animais. Dessa forma, silagem de palma não é tão interessante, porque a cultura fica disponível mesmo no período da seca, e pode ser dada diretamente *in natura* sendo desnecessário passar por este processo (CONCEIÇÃO JÚNIOR, 2020).

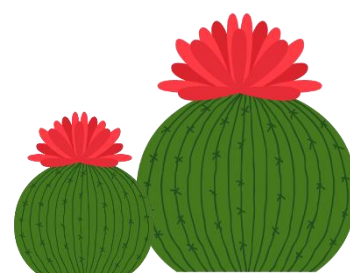


Figura 25: Mucilagem do sisal.



FONTE: AMAR ASSOCIAÇÃO.

Já em Alagoas e no Ceará, o uso do milho, comprado ou estocado a partir da colheita para complementar a alimentação é uma prática muito comum (FERNANDES, 2020; SOARES, 2020). Porém, é importante diversificar, tendo em vista a preocupação com as mudanças climáticas e eventuais anos consecutivos de secas, quando não se consegue obter sucesso na produção de milho, sendo então necessário substituir essa cultura na alimentação animal (FERNANDES, 2020). A diversificação também tem o efeito de poupar terras e reduzir o custo de implantação, procurando a permanência de culturas que se mantenham, sem que sejam precisos gastos anuais com sementes, como no caso do milho (SOARES, 2020). Para isso, buscam-se principalmente espécies para a alimentação animal mais resistentes à seca, adaptadas à Caatinga e que tenham tanta proteína ou mais que o milho. Nesse sentido, baseando-se apenas no milho, se for um ano de boas chuvas e com grande safra, o produtor aumenta o plantel de animais, mas se não conseguir o suficiente para estocar e fazer a forragem, terá que diminuir esse plantel para ter capacidade de alimentá-lo (FERNANDES, 2020). Por este motivo, forragens permanentes e a palma, além das leguminosas, têm sido bastante utilizadas como complemento alimentar, para suprir a necessidade de proteína e água, pois estudos indicam que o uso da palma *in natura* supre 100% da necessidade de água (FERNANDES, 2020, SOARES, 2020).

A palma é uma cultura de longa duração (Figura 26); logo, se o agricultor precisa de 2 ha/ano, é necessário plantar cerca de 8 ha. Atualmente, já existem lavouras de palma tecnificadas com grandes produções. Dentro da pecuária leiteira, a palma é considerada subsídio e não uma cultura agrícola. Por causa desta característica, o empréstimo é realizado como custeio e deve ser pago dentro de 1 ano, o que dificulta sua implementação. Apesar da necessidade de manutenção da palma, seu custo de manejo é bem mais baixo e a sua produção maior se comparada às lavouras de gramíneas, por exemplo, ou de culturas sem rebrotas, em que só se colhe uma vez (SOARES, 2020). Devido a esse menor custo, a palma muitas vezes é mais rentável que a produção de leite (SOARES, 2020).

Figura 26: Plantação de palma em Pernambuco.



FONTE: PARNO.

Não existe sistematização de alimentos naturais na pecuária (FERNANDES, 2020). Alguns produtores praticam a reprodução de leguminosas, mas, em grande parte, o conhecimento é empírico, na forma de um conhecimento oculto entre os agricultores (FERNANDES, 2020; MORAES, 2020; SOARES, 2020). No grupo das euforbiáceas são usadas a maniçoba, a faveleira, algumas herbáceas nativas, bredo, beldroega e raiz da aroeira.

Outras iniciativas para a diversificação alimentar do rebanho é o estabelecimento de bancos de proteína (ver seção 4.3) para fugir um pouco da dependência do milho como cultura base para a alimentação animal e ter alternativas para isso. A criação de bancos de proteína acontece plantando-se a lavoura numa linha e leguminosas em outra para que, após a colheita, existam reservas de proteína para os animais (CAETANO, 2020). O sorgo, herbácea não arbórea, também permite o consórcio (FERNANDES, 2020).

A plantação de sorgo cresce na região de Pernambuco por ser uma planta mais resistente e que usa metade da água necessária para produção do milho. Ele consegue produzir tanto o grão (para aves, suínos, ovelhas e cabras), quanto a massa verde para fazer a silagem, podendo ser plantado junto com o milho. As formas de estocagem são um norte para o trabalho, pois a cultura de estoque faz parte da convivência com o semiárido, assim como a água, que ocupa uma posição transversal. Para viver na Caatinga é preciso estocar no período de abundância (1º semestre do ano), para depois distribuir (administrar a produção no restante do ano,) (CARVALHO, 2020a). Na Bahia, além do sorgo, também é usado o milheto como forragem, para conservação em silagem (MORAES, 2020).

No Ceará, existe o desejo para a estruturação de uma capacitação em silagem, plantação, capineiras, banco de proteínas, etc; contudo, a produção de silagem enfrenta algumas dificuldades que ainda não foram identificadas (FERNANDES, 2020). Em geral, é difícil introduzir novas ideias e os agricultores tendem a fazer aquilo que o mercado direciona ou o que o vizinho faz. Ainda, possuem a ideia de que é necessário modificar o ambiente para comportar o rebanho bovino. O grande desafio é identificar os agricultores mais adeptos

a novas ideias para que os vizinhos comecem a ver as melhorias na prática e se entusiasmar com essas outras oportunidades (VIEIRA, 2020).

Já na criação de caprinos, que predomina das regiões do Ceará, Pernambuco e Bahia, o desmatamento não acontece por se acreditar que os animais são adaptados à Caatinga. É comum manterem de 400 a 800 árvores/ha, como a catingueira, o pereiro e a jurema-preta, que possuem alto índice proteico e servem de sombra. Estas são leguminosas que tanto servem de forragem para os animais, como também aumentam nitrogênio para o solo (VIEIRA, 2020). Na região de divisa entre Pernambuco, Piauí e Ceará, os sistemas ILPF têm usado o manejo da Caatinga (enriquecimento/ raleamento/ rebaixamento) e o cultivo de forragem em campos (onde o animal não pasta e a forragem é retirada para consumo em cocho). Nos campos, para a fabricação de silo/feno, são usados o sorgo, a palma, tipos de capins mais resistentes (colonião) e leguminosas da Caatinga ou introduzidas, como a leucena e a gliricídia. A palma permanece verde e pode ser usada o ano todo como ração (CARVALHO, 2020a). Na Bahia, a algaroba, a leucena, a palma, a faveleira, a catingueira, o angico e o juazeiro (Anexo 4) são exploradas aleatoriamente quando encontradas no sistema (SANTOS, 2020a). Já a gliricídia e a maniçoba são manejadas apenas com corte e rebrota, o que é menos oneroso. Propõe-se também o enriquecimento delas no meio da Caatinga raleada (MORAES, 2020).

Como uma alternativa, a EMBRAPA propõe consorciar leucena (muito proteica) com gliricídia e algumas gramíneas, onde os animais pastam por algumas horas e depois eles são colocados em outras áreas. É comum também o uso de capins (buffel e andropogon) que amarelam no local, numa espécie de fenação natural, que os animais consomem ao pastar, apesar de não ter o mesmo valor nutricional que o pasto verde. O ideal é mesclar a pastagem, capim com outras espécies de árvores e plantas, que além da sombra e folhas, ajudam na preservação do solo – quanto mais árvores melhor para o processo de recuperação (CARVALHO, 2020a).

Na Bahia, há uns 10 anos, a EMBRAPA surgiu com um programa Buffel, Leucena (leguminosa) e Caatinga (CBL) no estilo do cerrado. Para plantá-los desmataram a Caatinga, mas na primeira seca, o sistema não resistiu, e agora o solo está descoberto (SANTOS, 2020a). Hoje, investe-se muito na palma-forrageira que suporta a seca melhor que capim-buffel; contudo, a palma tem limitações de adaptação na Caatinga, se comparada com o Agreste (SANTOS, 2020a). De acordo com CARVALHO (2020a), o pior cenário é retirar a Caatinga para plantar capim (substituí-la por um monocultivo) e ainda manter os animais pisoteando o solo, o que torna o sistema insustentável e propicia a degradação do ambiente e, conseqüentemente, o aumento da desertificação. No Araripe/PE, existe uma cultura leiteira que se beneficiou de crédito para implementar o pasto de capim e a criação de bovino, mas muitos produtores estão revendo suas práticas, de forma a torná-las mais sustentáveis (CARVALHO, 2020a).

Algumas pesquisas desenvolvidas na Caatinga têm avaliado o metano entérico de dietas na época seca e chuvosa, exceto para agricultura bioessalina, bem como a produção e qualidade da carne e do leite (MORAES, 2020).

7. Agricultura de baixo carbono na Caatinga

Em relação à agricultura de baixo carbono na Caatinga, enxerga-se a importância de uma integração das TecABC, uma vez que elas se complementam e se somam. A partir disso, espera-se um melhor enfrentamento às adversidades climáticas, bem como a melhoria da convivência com o semiárido, visão corroborada por MORAES (2020).

A Caatinga é uma região de agricultura familiar, onde os personagens são grandes observadores e experimentadores. Eles possuem um conhecimento holístico, diferente do conhecimento compartimentado que vem das universidades, o que se torna uma dificuldade na formação de técnicos para atuarem na região (CARVALHO, 2020a). Trazer os órgãos extensionistas como parceiros para aplicar as práticas conservacionistas na Caatinga seria fundamental para sedimentar esses conhecimentos, ao passo que forneceria acompanhamento aos agricultores até que consigam seguir sozinhos (VIEIRA, 2020). Nesse processo, é fundamental estimular as famílias a perguntar, problematizar, ao invés de levar o conhecimento pronto, e então deixá-los expor seus conhecimentos e valorizar a cultura local, pois a troca de experiências é uma das chaves para o sucesso (CARVALHO, 2020a).

Isto posto, a indicação das TecABC para a Caatinga, precisa ser pensada de forma diferenciada com relação aos outros biomas brasileiros (FERNANDES, 2020). Afinal, as tecnologias precisam ser adaptadas à realidade do agricultor levando-se em consideração elementos-chave para a convivência com o semiárido, como a disponibilidade hídrica e a tendência à salinização do solo.

Desse modo, MORAES (2020) e RODRIGUES (2020) recomendam que as TecABC estejam integradas às tecnologias sociais, principalmente aquelas de acesso à água, pois isso é uma necessidade de sobrevivência para o agricultor da Caatinga. Nesse contexto, as estratégias de conservação de solo e de água, tais como a cobertura e menor revolvimento do solo e o uso de terraceamento, precisam ser consideradas e podem contribuir para menores perdas de solo e para ampliar o acúmulo de água em barreiros (pequenos açudes), por exemplo. A água desses barreiros é usada na irrigação de algumas culturas (DEON, 2020). De acordo com MORAES (2020), aqueles produtores que adotam esta compatibilização de tecnologias têm mais chance de garantir êxito em sua produção, sobretudo porque, em geral, o produtor não tem muito capital para investir num sistema de plantio convencional dependente de muitos recursos externos.

A partir de um amplo levantamento de informações e consulta a representantes de instituições e associações agrícolas de várias regiões da Caatinga, buscou-se identificar as TecABC que seriam melhor implementadas no bioma. Para isso, foram considerados os pontos fortes e as fraquezas de cada uma das TecABC, bem como o tempo de retorno no investimento da implantação (Box J), que é fundamental para a aceitação do produtor, num primeiro momento (

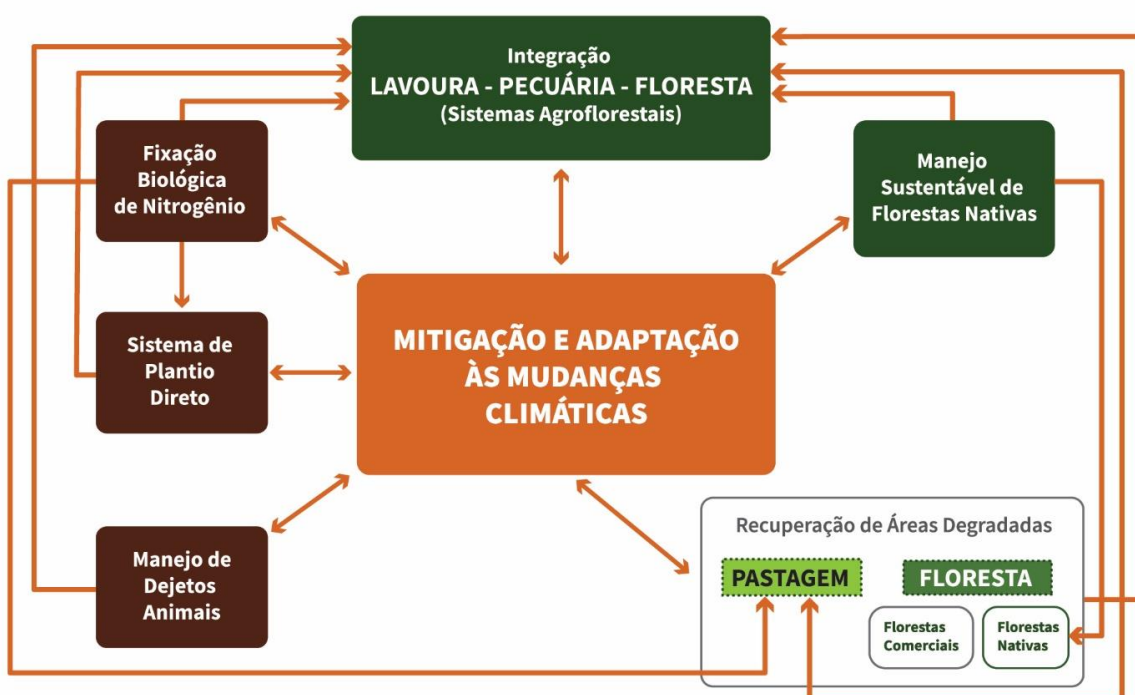
Tabela 6).

BOX J – TEMPO DE RETORNO

Todas as tecnologias necessitam de investimento inicial para sua implantação. O tempo de retorno refere-se ao tempo necessário para que este investimento inicial seja recuperado, bem como comecem a surgir os benefícios da tecnologia. Foram consideradas três categorias de tempo de retorno: CURTO (até 1 ano), MÉDIO (de 1 ano e 1 mês a 6 anos) e LONGO (acima de 6 anos).

Esse exercício de análise permitiu identificar as TecABC mais indicadas para a Caatinga como sendo o ILPF associado à FBN e ao MSF. A combinação destas 3 tecnologias permite melhorar a convivência com o semiárido e ampliar a resiliência às mudanças climáticas. Por meio delas é possível a recuperação de áreas degradadas e o manejo alimentar de ruminantes. Uma aproximação das Tecnologias ABC mais indicadas para a Caatinga, bem como as relações entre elas, estão apresentadas na Figura 27

Figura 27: Relação entre as Tecnologias ABC na Caatinga.



FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA.

A Adaptação às Mudanças Climáticas ainda é a peça central de conexão entre as TecABC na Caatinga, principalmente considerando a necessidade cada vez maior de ampliar a resiliência dos sistemas empregados pelas famílias. Percebe-se o grande protagonismo da ILPF com as outras tecnologias, uma vez

que todas se relacionam com ela, em maior ou menor grau. A FBN é essencial para garantir que o solo degradado da Caatinga obtenha o aporte necessário de nutrientes para se desenvolver melhor, e o MDA pode prover o fertilizante para auxiliar esse processo. A grande importância do Manejo Sustentável da Caatinga (MSF) é explicada pela necessidade de garantir que o bioma se regenere adequadamente para prover os alimentos e forragens necessários nos períodos seco e úmido, além de evitar o desmatamento. O MSF e a ILPF também estão diretamente ligadas à provisão de alimentos para os ruminantes, considerando-se também o plantio para silagem ou fenagem. A recuperação de áreas degradadas pode ser realizada usando sistemas de ILPF, também com o auxílio da FBN. Finalmente, o SPD pode também auxiliar na ILPF e melhorar a proteção do solo, porém, tem uma representatividade menor dentro da Caatinga, devido à competição pela palhada com a alimentação de ruminantes.

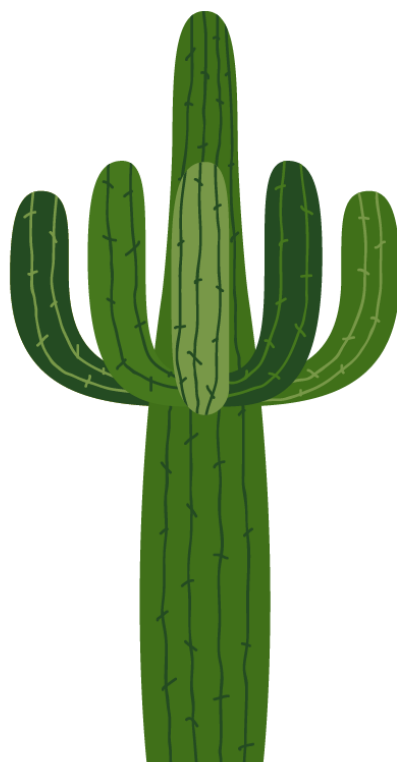


Tabela 6: Tempo de retorno, forças e fraquezas na Caatinga.

NOME DA TECNOLOGIA	TEMPO DE RETORNO	FRAQUEZAS (PONTOS FRACOS) / DESVANTAGENS	FORÇAS (PONTOS FORTES) / VANTAGENS
Fixação Biológica de Nitrogênio	CURTO	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecimento sobre a capacidade de fixação de poucas culturas agrícolas • Necessidade do uso de inoculantes para acesso a financiamento • Falta de inoculantes específicos para algumas espécies fixadoras 	<ul style="list-style-type: none"> • Espécies fixadoras de nitrogênio aumentam a fertilidade do solo • Reduz uso de fertilizantes proporcionando economia com adubo • Com inoculantes, há maior resistência aos estresses ambientais e maior eficiência na absorção de água e nutrientes do solo
Sistema Plantio Direto	LONGO	<ul style="list-style-type: none"> • Longo tempo de retorno. • Requer mecanização da lavoura e mão de obra especializados. • Alto custo para implementação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria na fertilidade e estrutura do solo. • Diversificação do sistema produtivo. Aumento da eficiência do uso de fertilizantes e corretivos. • Melhoria da umidade do solo e ainda possibilita o uso de leguminosas em sistemas de sucessão e/ou rotação de culturas, as quais geram benefícios oriundos da fixação biológica de nitrogênio.

Tabela 7: Tempo de retorno, forças e fraquezas na Caatinga. (continuação)

NOME DA TECNOLOGIA	TEMPO DE RETORNO	FRAQUEZAS (PONTOS FRACOS) / DESVANTAGENS	FORÇAS (PONTOS FORTES) / VANTAGENS
Recuperação de Áreas Degradadas com Florestas Nativas	LONGO	<ul style="list-style-type: none"> • Nesta tecnologia há apenas plantio de espécies arbóreas, sem integração com componentes agrícolas e/ou pastoris. • Cuidados para sobrevivência das mudas e sementes plantadas. • Alto custo para implementação e longo tempo de retorno, que nem sempre é diretamente monetário. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar a estrutura físico-química e biológica do solo. • Restabelecimento das funções ecológicas e ecossistêmicas: melhoria da qualidade da água, das nascentes, das matas ciliares, da biodiversidade e do microclima local.
Recuperação de Áreas Degradadas com Florestas Comerciais	MÉDIO	<ul style="list-style-type: none"> • Nesta tecnologia há apenas plantio de espécies arbóreas, sem integração com componentes agrícolas e/ou pastoris. • Cuidados para sobrevivência das mudas e sementes plantadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preservação e regaste dos serviços ecossistêmicos, com melhoria da estrutura do solo, da biodiversidade e do microclima local. • Desenvolvimento de uma economia florestal, com diversificação de produtos (extrativistas, madeireiros). • Aumento da renda do produtor, evitando desmatamento da mata nativa.

Tabela 8: Tempo de retorno, forças e fraquezas na Caatinga. (continuação)

NOME DA TECNOLOGIA	TEMPO DE RETORNO	FRAQUEZAS (PONTOS FRACOS) / DESVANTAGENS	FORÇAS (PONTOS FORTES) / VANTAGENS
Recuperação de Áreas Degradadas com Pastagem	CURTO	<ul style="list-style-type: none"> • Deve ser feita a continuidade do manejo da área, respeitando o crescimento das plantas, controlando pragas e doenças e otimizando a alimentação dos animais. • Deve ser feito o repouso e rotação do rebanho para evitar o sobrepastejo. Alto custo da reforma da pastagem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar áreas que já eram pastagens em relação às suas características físicas, químicas e biológicas. • Aumento da produtividade do pasto. • Redução do desmatamento para a criação de novos pastos.
Manejo Sustentável de Florestas Nativas	CURTO	<ul style="list-style-type: none"> • Processo burocrático de implementação: elaboração de um plano de manejo, autorização, regularização e monitoramento dos órgãos competentes. • Mão de obra para manejo da vegetação nativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manter a vegetação nativa e preservar seus serviços ecossistêmicos, importantes para o ambiente e para a propriedade e renda do produtor. • Trazer melhorias econômicas para o produtor com a comercialização de produtos, madeira e extrativismo, turismo ecológico.

Referências

ACAATINGA - Associação Caatinga. 2019. Gislene Ganade: “Restaurar áreas desertificadas é como curar uma ferida da terra”. Disponível em: <https://www.acaatinga.org.br/papo-caatingueiro-gislene-ganade-fala-sobre-tecnica-inovadora-no-combate-a-desertificacao/>

ACCIOLY, L. J. O., SILVA, A. B., ANGELOTTI, F., SÁ, I. B., SILVA, E. A., PEREIRA, A. G. S. 2019. Capítulo 5: Mudanças climáticas e desertificação. In: Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil. 1116 p. ISBN: 978-85-68360-28-6

ADGER, W.N., HUQ, S., BROWN, K., CONWAY, D., HULME, M. 2003. Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies* 3: 179-195.

AECID - Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. 2018 “Lecciones Aprendidas sobre Agricultura Resiliente al Cambio Climático para contribuir a la Seguridad Alimentaria^[1] y al Derecho a la Alimentación en América Latina y el Caribe.” Colección Experiencias de la Cooperación Española, 04: pp.104, Madrid, Espanha. Disponível em: https://www.aecid.es/Centro-Documentacion/Documentos/Publicaciones%20AECID/Agricultura_resiliente.pdf

AFUBRA - Associação dos Fumicultores do Brasil. 2016. Áreas degradadas - manual de recuperação. Disponível em: https://issuu.com/afubra/docs/cartilha_areas_degradadas

AGUIAR, M.I.de, FIALHO, J.S., CAMPANHA, M.M, OLIVEIRA, T.S. de. 2019. Florística e estrutura vegetal em áreas de Caatinga sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Florestal Brasileira - Brazilian Journal of Forestry Research*, Colombo, 39, e201801715, p. 1-11 doi: 10.4336/2019.pfb.39e201801715

AGRORURAL. 2020. Site da Agro Rural. Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS). Disponível em: <http://www.agroruralengenharia.com.br/plano-manejo-florestal-sustentavel/>

ALMEIDA, A. W. B. de. Terras de quilombos, terras indígenas, “babaçuais livre”, “castanhais do povo”, faxinais e fundos de pasto: terras tradicionalmente ocupadas. 2 ed. Manaus: PGSCA-UFAM, 2008.

ALVES, M.O., COÊLHO, J.D. 2019. Capítulo 1 - O extrativismo da carnaúba no Nordeste. In: Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro. Tema 6: Extrativismo Sustentável: 1089 - 1138.

ALVES, R.N.B. & MODESTO-JÚNIOR, M. de S. 2019. Cap. 1 - Demanda de lenha para torragem de farinha de mandioca nos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga. pp. 207 - 223. In: Mandioca: Agregação e rentabilidade de negócio. Brasília/DF: Embrapa Amazônia Oriental, 223 p. ISBN 978-85-7035-891-2

ANDRADE, A. J. P., SOUZA, C. R., SILVA, N. M. 2013. A Vulnerabilidade e a Resiliência da Agricultura Familiar em regiões semiáridas: o caso do Seridó Potiguar campo-território. *Revista de Geografia Agrária*, 8 (15): 1-30.

ARAÚJO FILHO, J. A., SOUZA, F. B., CARVALHO, F. C. 1995. Pastagens no Semiárido: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: Anais do Simpósio sobre pastagens nos ecossistemas brasileiros. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Brasília, DF. p. 63-75. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/514445/1/CNPC1995Pastagens.pdf>

ARAÚJO FILHO, J.A. 2013. Manejo pastoril sustentável da Caatinga. Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200 p. ISBN: 978-85-64154-04-9

ARAÚJO FILHO, J.A. 2014. Proposta para a implementação do manejo pastoril sustentável da Caatinga. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Biodiversidade e Florestas Diretoria de Ecossistemas. Brasília, 2014.135 p.

ARAÚJO FILHO, J. A. 2020. Sistemas Agroflorestais na Caatinga - Agroecologia Versus Desertificação. Disponível em: <http://www.agrisustentavel.com/floresta/agrocaatinga.htm>

AZEVEDO, A. A; CAMPANILI, M.; PEREIRA, C. (Org.). 2015. Caminhos para uma Agricultura Familiar sob Bases Ecológicas: Produzindo com Baixa Emissão de Carbono. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). 1. ed. - Brasília, DF. 224 p. ISBN 978-85-87413-09-3. Disponível em: https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2016/01/Livro-Agricultura-Familiar-Baixo-Carbono_superbaixo.pdf

BAKONY, S. M. C. 2012. Manejo e Recuperação de Áreas Degradadas. Instituto Federal do Paraná, Curitiba-PR.

BALBINO, L.C., CORDEIRO, L.A.M., MARTÍNEZ, G.B. 2011. Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. Revista Brasileira de Geografia Física, 05: 1014-1026.

BARBOSA, A. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 24 de junho de 2020.

BARRETO, R. C. 2009. Quantificação de carbono e emissões de gases do efeito estufa sob diferentes tratamentos do solo no cerrado brasileiro. Tese Doutorado Geociências – Geoquímica Ambiental. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ. 122 p.

BORCHI, E., NETO, M. M. G., RESENDE, R. M. S., ZIMMER, A. H., ALMEIDA, R. G., MACEDO, M. C. M. 2020. Curso de Recuperação de Pastagens Degradadas - EMBRAPA.

BOSCO, S., VOLPI, I., ANTICHI, D., RAGAGLINI, G., FRASCONI, C. 2019. Greenhouse Gas Emissions from Soil Cultivated with Vegetables in Crop Rotation under Integrated, Organic and Organic Conservation Management in a Mediterranean Environment. Agronomy, 9, 446. DOI:10.3390/agronomy9080446 www.mdpi.com/journal/agronomy

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2012. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília : MAPA/ACS. 173 p.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. 2019a. Secretaria de Políticas para a Formação e Ações Estratégicas. Coordenação-Geral do Clima. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil -- 5. ed. -- Brasília: 71 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2019b. Nota informativa: Adoção e mitigação de Gases de Efeitos Estufa pelas tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC). Disponível em: <http://educaclima.mma.gov.br/wp-content/uploads/2019/09/Nota-informativa-MAPA-2018-Plano-ABC.pdf>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2019c. Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). NOTA TÉCNICA: Diagnóstico da expansão da adoção da tecnologia de Tratamento de Dejetos Animais (TDA) no território brasileiro entre 2010 e 2019. Acordo de doação do IBRD/TF 17368-BR (Projeto ABC Cerrado). Brasília – Dezembro, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2020a. Fixação Biológica de Nitrogênio. Programa ABC. Folder informativo. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/fixacao-biologica-do-nitrogenio.pdf>>. Acessado em maio 2020.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2020b. Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. Disponível em:<<https://www.mma.gov.br/gestao-territorial/combate-a-desertificacao/convencao-da-onu.html>>

BRASIL ECOLÓGICO. 2017. Práticas Agroecológicas e Orgânicas - Fichas Agroecológicas. Disponível em: <http://agroecologia.gov.br/praticas/311>

BRITO, S. C. S. C. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 25 de junho de 2020.

CAETANO, P. A. R. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 29 de junho de 2020.

CALIXTO, B. 2019. Manejo de pastagem ecológica pode renovar paisagens degradadas com produtividade e sustentabilidade. Site da WRI. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/08/manejo-de-pastagem-ecologica-pode-renovar-paisagens-degradadas-com-productividade>

CAMAROTE, E. M. 2010. Lages das Aroeiras: territorialização, parentesco e produção em uma comunidade baiana de fundo de pasto. Dissertação de mestrado, Salvador, 2010. 208 f.: il.

CAMPELLO, F. C.B. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 20 de maio de 2020.

CAMPOS, A. T. Manejo dos Dejetos. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_250_21720039249.html>. Acessado em: maio de 2020.

CARDOSO, M. J. 2020. Sistemas diferenciados de cultivo. Site da AGEITEC. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_17_510200683536.html

CARVALHO, P. P. 2020a. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 19 de junho de 2020.

CARVALHO, D. P. 2020b. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 25 de junho de 2020.

CASSIMIRO, et al., 2019. Capítulo 21 - Tecnologia mitigadora dos efeitos da seca em espécies da Caatinga como estratégia para o recaatingamento. pp. 206 - 213. In: As regiões semiáridas e suas especificidades 3 [recurso eletrônico] / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Regiões Semiáridas e suas Especificidades; v. 3) ISBN 978-85-7247-192-3; DOI 10.22533/at.ed.92319150

CAVALCANTE, A.R.C.; FERNANDES, F.E.P.; TONUCCI, R.G.; SILVA, N.L.da. 2013. Cap. VI - Tecnologias para o uso pastoril sustentável da Caatinga. In: Furtado, D.A., Baracuhy, J.G.de V.; Francisco, P.R.M. (Org.) 2013. Difusão de Tecnologias Apropriadas para o Desenvolvimento Sustentável do Semiárido Brasileiro. Campina Grande: EPGRAF, 2013. 248 p. ISBN: 9788560307098

CAVALCANTE, A.C.R. 2015. Orçamento Forrageiro Anual. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Caprinos e Ovinos. Sobral, CE. Disponível em: <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1028086/orcamento-forrageiro-anual-orientacoes-para-o-planejamento-do-uso-dos-recursos-forrageiros-disponiveis-na-propriedade-rural>

CERRATINGA, 2020. Disponível em: www.cerratinga.org.br

CERRI, C. C., CARVALHO, J. L. N., NASCIMENTO, A. M., MIRANDA, S. H.G. 2012. Desafios do Programa ABC no âmbito da ciência do solo.” Boletim Informativo SBCS, volume 37. ISSN1981-979X. Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/wp-content/uploads/2012/09/boletim.pdf>

CGU - Controladoria-Geral da União. 2017. Relatório de avaliação da gestão SMC/Mapa relativa à execução das ações do Plano ABC. Disponível em: <https://auditoria.cgu.gov.br/download/10860.pdf>

CNM - Confederação Nacional de Municípios. 2019. Comunicação: Agricultura orgânica registra alta exponencial de 2006 a 2017, indica IBGE. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/agricultura-organica-registra-alta-exponencial-de-2006-a-2017-indica-ibge>

CONCEIÇÃO JÚNIOR, A. AMAR Associação, Bahia, Comunicação Pessoal via rede social, no dia 08 de julho de 2020.

CORDEIRO, L. A. M. *et al.*, 2015. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. O produtor pergunta, a Embrapa responde / Luiz Adriano Maia Cordeiro ... [et al.], editores técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 393 p. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas). ISBN 978-85-7035-453-2

CORRÊA, F. 2019. Quatro Cooperativas da Bahia geram renda para mulheres que conservam e restauram a Caatinga. WRI Brasil. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/10/quatro-cooperativas-da-bahia-geram-renda-para-quem-conserva-e-restaura-caatinga>

CORTEZ, P. EMBRAPA Semiárido, Petrolina/PE, Comunicação Pessoal no GT Cadeias Produtivas do PRS Caatinga, no dia 05 de maio de 2020.

COUTINHO, M.J.F; Carneiro, M.S.S; Edvan, R.L; Pinto, A.P. 2017. A Pecuária como atividade estabilizadora no semiárido brasileiro. Disponível em: <<https://www.fundaj.gov.br/index.php/pecuaria-adaptada-a-climas-secos/7672-a-pecuaria-como-atividade-estabilizadora-no-semiarido-brasileiro-abril-2017>>.

Acessado em: maio de 2020.

CRISPIM, M. M. 2020. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 01 de julho de 2020.

DAMASCENO, A.C.F. 2005. Macrofauna edáfica, regeneração natural de espécies arbóreas, lianas e epífitas em florestas em processo de restauração com diferentes idades no Pontal do Paranapanema. Dissertação de Mestrado, ESALQ-USP, Piracicaba, SP, 107

DEON, D. S. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 03 de junho de 2020.

DHANYA P., RAMACHANDRAN A. 2016. Farmers' perceptions of climate change and the proposed agriculture adaptation strategies in a semi arid region of south India. Journal of Integrative Environmental Sciences, 13:1, 1-18. DOI: 10.1080/1943815X.2015.1062031 Link: <https://doi.org/10.1080/1943815X.2015.1062031>

DE LIMA, K. D. R., MONTANDON-CHAER, G.; COSTA-ROWS, J. R.; MENDONÇA, V.; DE RESENDE, A. S. 2015. Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na Caatinga. Revista Caatinga, 28 (1): 203-213. 11p.

DENARDIN, J.E., KOCHHANN, R. A., FAGANELLO, A., SANTI, A., DENARDIN, N. D., WIETHÖLTER, S. 2012. Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 1518-6512.

DIAS-FILHO, M. B. 2006. Sistemas Silvopastoris na Recuperação de Pastagens Degradadas. Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA. 34p. ISSN 1517-2201.

DRUMMOND, A., KIILL, L. H. P., LIMA, P. C. F. et al., 2000. Avaliação e identificação de ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma da Caatinga - Estratégias para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga. Documento para discussão no GT Estratégias para o Uso Sustentável, Petrolina/PE.

DUBOC, E. 2015. Integração Lavoura, Pecuária- Floresta (ILPF). In: Tecnologia para Agricultura Familiar. Milton Parron Padovan, Carmen Regina Pezarico, Auro Akio Otsubo. ed. técnicos. 2.ed rev. ampl. Embrapa Agropecuária Oeste Dourados/MS ISSN 1679-043X 102p.

ECOD. 2011. Site do Portal EcoD. População precisa conhecer o manejo sustentável das florestas, defende SFB. Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2011/junho/populacao-precisa-conhecer-o-manejo-sustentavel#ixzz6TXIBPw5s>

ECOLUMÉ, 2018. Plantas nativas podem reduzir risco de desabastecimento alimentar. Dourados Agora, Notícias/Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.douradosagora.com.br/noticias/meio-ambiente/plantas-nativas-podem-reduzir-risco-de-desabastecimento-alimentar>

ECOLUMÉ. 2020. Documentário Conceito ECOLUMÉ - Uma perspectiva de mudança de paradigma no Semiárido. Canal MINUTO DA CAATINGA. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UBvW7vehT3M>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1990. Soluções Tecnológicas - “Banco de proteína para alimentação suplementar de bovinos em pastejo no Cerrado.” Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3499/banco-de-proteina-para-alimentacao-suplementar-de-bovinos-em-pastejo-no-cerrado->

EMBRAPA Solos - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Solos. 2008. Curso de Recuperação de áreas degradadas - A Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de monitoramento e Estratégias de Recuperação. Centro de Treinamento da Petrobras, Rio de Janeiro/ RJ.

EMBRAPA MEIO NORTE - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Meio Norte. 2020. Práticas Agropecuárias. Site da EMBRAPA Meio Norte. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/meio-norte/solucoes-tecnologicas/praticas-agropecuarias>

EMBRAPA Milho e Sorgo - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Milho e Sorgo. 2013. Publicação 5: ILPF na Recuperação de Pastagens - Mato Grosso. Sinop, Mato Grosso. Disponível em: <https://redeILPF.org.br/index.php/publicacoes/send/1-root/119-ILPF-na-recuperacao-de-pastagens>.

EMBRAPA. 2018. Curso Sistemas agroflorestais para pequenas propriedades do semiárido brasileiro. Módulo 1. Conceitos sobre SAFs.

EMBRAPA 2020a. Produção de inoculantes para otimizar a fixação biológica de nitrogênio em milho. Soluções Tecnológicas. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/43/producao-de-inoculantes-para-otimizar-a-fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-milho>>. Acessado em maio 2020.

EMBRAPA 2020b. Fixação de Nitrogênio. Sobre o tema. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>>. Acessado em maio 2020.

EMBRAPA. 2020c. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e quantificação do suprimento de nitrogênio por adubos verdes. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3562/fixacao-biologica-de-nitrogenio-fbn-e-quantificacao-do-suprimento-de-nitrogenio-por-adubos-verdes>>. Acessado em: maio 2020.

EMBRAPA. 2020d. Em ILPF, escolha da árvore deve considerar mercado. Site do Portal DBO. Disponível em: <https://www.portaldbo.com.br/em-ilpf-escolha-da-arvore-deve-considerar-mercado/>

EMBRAPA. 2020e. Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Site da EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agrossilvipastoril/cultivos>

EMBRAPA/PNUD/GEF, 2020. Projeto Bem Diverso. Disponível em: www.bemdiverso.org.br e <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/projects/Bem-diverso.html>

ENGEL, V.L. & PARROTTA, J.A. 2003. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Páginas: 01-26 em P. Y. Kageyama, R. E. Oliveira, L. F. D. Moraes, V. L. Engel e F. B. Gandara, editores. Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Botucatu, SP.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. 2012. Climate Change Adaptation and Mitigation in Agriculture. Climate Change and Food Security - Learner's notes published. Online available at- <http://www.fao.org/elearning/Course/FCC/en/pdf/learnernotes0856.pdf>

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. 2015. Status of the World's Soil Resources - Main Report. Roma. pp..177. ISBN 978-92-5-109004-6. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>.

FAO. 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Conservation Agriculture: Overview. 2019. Internet site: <http://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/what-is-conservation-agriculture/e>.

FARIAS, J.L.de S., MESQUITA, A.M.S., FERNANDES, F.E.P. 2018. Sistemas agroflorestais como inovação social na sustentabilidade de agroecossistemas de base familiar no semiárido cearense Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2018. 23 p. ISSN 1676-7659; 130. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/11>.

FEIDEN, A. 2005. Capítulo 2 - Agroecologia: Introdução e Conceitos. In: Agroecologia - Princípios e Técnicas para uma Agricultura Orgânica Sustentável, editores técnicos, Adriana Maria de Aquino, Renato Linhares de Assis. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 517 p. : il. ISBN 85-7383-312-2 Embrapa Informação Tecnológica, Brasília/DF. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/AgrobCap2ID-upGSXszUrp.pdf>

FERNANDES, F. E. P. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 26 de junho de 2020.

FERNANDES JUNIOR, P. I.; AIDAR, S. de T.; GAVA, C. A. T.; ZILLI, J. E.; MARTINS, L. M. V. 2012. Caracterização fenotípica de bactérias diazotróficas associadas a *Tripogon spicatus* no Bioma Caatinga. Petrolina: Embrapa Semiárido. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/72537/1/Boleti-de-pesquisa-98.pdf>

FERREIRA, A. B. G. 2016. Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável no semiárido: estudo de caso em Japi - RN. I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV064_MD4_SA2_ID2010_24102016210119.pdf

FREIRE, N. C. F (Org.); MOURA, D.C.; SILVA, J. B. da; MOURA, A.S.de; MELO, J.I.M.de; PACHECO, A. da P. 2018. Atlas das Caatingas - O único bioma exclusivamente brasileiro. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2018 p.200. ISBN: 978-85-7019-679-8

FREIRE, V. 2014. Madeira para móveis no semiárido. Embrapa Notícias - Florestas e silvicultura. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2218356/madeira-para-moveis-no-semiarido>

FREITAS, A.D.S. de, SAMPAIO, E. V. de S.B., SANTOS, C.E.de R.S., SILVA, A. F. da, SOUZA, R.J.C de. 2015. Fixação biológica de nitrogênio no Semiárido Brasileiro. Revista Brasileira de Geografia Física V. 08, número especial IV SMUD (2015): 585-597.

GAGLIANONE, M. C., CAMPOS, M. J., FRANCESCHINELLI, E., DEPRA, M. S., SILVA, P. N., MONTAGNANA, P. C., HAUTEQUESTT, A. P., MORAES, M. C. M., CAMPOS, L. A. O. 2015. Plano de manejo para os polinizadores do tomateiro, 2015. (Coord. Ed.: Belchior, C.; Antunes, V.Z. & Calandino, D.) Rio de Janeiro: Funbio, 2015, 48 p. ISBN 978-85-89368-22-3

GAIVIZZO, L.H.B; LITRE, G; FERREIRA, J.L *et al.* 2019. Resilience to climate change in Fundo de Pasto Communities in the semiarid region of Bahia State, Brazil. Sociedade e Natureza,31: 1-22. ISSN 1982-4513. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v31-2019-46331>

GALVÃO, A.G., MAGALHÃES, D.L & PEREZ-MARIN, A.M.2020. Projeto Saberes no Semiárido Transforma - mobiliza famílias piauienses do Vale dos Guaribas e Vale da Chapada do Itaim. Notícias Portal INSA. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/noticias/1514-artigo-projeto-saberes-no-semiarido-transforma-mobiliza-familias-piauienses-do-vale-dos-guaribas-e-vale-da-chapada-do-itaim>

GIONGO, V., CUNHA, T.J.F., MENDES, A.S.M., GAVA, C.A.T. 2011. Carbono no Sistema Solo-Planta no Semiárido Brasileiro. Revista Brasileira de Geografia Física 06: 1233-1253. ISSN:1984-2295

GOMES JÚNIOR, A. C. 2020. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 10 de julho de 2020.

GONTIJO NETO, M.M., BORGHI, E., ALVARENGA, R.C., VIANA, M.C.M. 2018. Cap. 5 - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). pp.139 -178. In: Nobre, Myriam Maia. Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação /Myriam Maia Nobre, Ivênio Rubens de Oliveira, editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 194 p. ISBN 978-85-7035-855-4

GUILHERME, L. C. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 23 de junho de 2020.

GUYOT, M. S. D., FALEIROS, K. L., GANDARA, F. B. 2015. Agroecologia e resiliência às mudanças climáticas na agricultura familiar: Estudo de caso no Semiárido da Bahia. Piracicaba, SP. 134p.

HOUÉROU, H.N.L. 2000. Restoration and Rehabilitation of Arid and Semiarid Mediterranean Ecosystems in North Africa and West Asia: A Review. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14: pp. 3 -- 14.

HUNGRIA, M., CAMPO, R. J. 2020. Inoculação e inoculante. Site da Agência EMBRAPA de inovação. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_70_271020069133.html

IADH - Instituto de Assessoria para o Desenvolvimento Humano & MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário. 2011. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável da Bacia Leiteira. 2011

IIS & BPBES - Instituto Internacional para Sustentabilidade & Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. 2019. Relatório Temático sobre Restauração de Paisagens e Ecossistemas.

INSA, 2019. Núcleo de Pesquisa em Desertificação e Agroecologia do INSA realiza primeiro Seminário de Pesquisa e Planejamento no âmbito do “Projeto Saberes 10.0 no Semiárido: Transforma” Notícias Portal INSA. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/noticias/1486-nucleo-de-pesquisa-em-desertificacao-e-agroecologia-do-insa-realiza-primeiro-seminario-de-pesquisa-e-planejamento-no-ambito-do-projeto-saberes-10-0-no-semiarido-transforma>

IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada. 2020a. Projeto Recaatingamento. Disponível em: <https://irpaa.org/modulo/caatinga> e www.recaatingamento.org

IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada. 2020b. Princípios e Propostas da Articulação Estadual de Fundo e Fecho de Pasto. Disponível em: <https://irpaa.org/noticias/395/principios-e-propostas-da-articulacao-estadual-de-fundo-e-fecho-de-pasto>

KAGEYAMA, P. & GANDARA, F. B. 2000. Revegetação de Áreas Ciliares. pp: 02-24 In: Rodrigues, R. R. & Leitão-Filho, H. F. *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. São Paulo: Editora da USP/ FAPESP, 320 p.

KAGEYAMA, P., GANDARA, F.B. & OLIVEIRA, R. E. 2003. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. pp: 27-48 In: P. Y. Kageyama, R. E. Oliveira, L. F. D. Moraes, V. L. Engel e F. B. Gandara, editores. *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. Botucatu, SP.

KALHAPURE, A. H., GAIKWAD, D.D., SAH, D., TRIPATHI, A.K. 2019. Climate change: Causes, impacts and combat with special reference to agriculture - A review *Current Advances in Agricultural Sciences* 11(1): 1-10. DOI: 10.5958/2394-4471.2019.00001.7

KALKAVAN, B. 2017. Climate change, inequality and conflict: Approaches to strengthen Mali’s Climate Change Adaptation. Planetary Security Initiative Policy Brief. Clingendael Institute. Retrieved from https://www.planetarysecurityinitiative.org/sites/default/files/2017-12/PB_Climate%20change%20inequality%20and%20conflict.pdf

KICHEL, A. N., COSTA, J. A. A. da, ALMEIDA, R. G. de, PAULINO, V. T. 2014. Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) - Experiências no Brasil. *B. Industr. Anim. Nova Odessa*, v.71 (1): 94-105. (Revisão Bibliográfica).

KIILL, L. H. P. & PORTO, D. D. 2016. Síntese das Discussões. Anais do I Simpósio do Bioma Caatinga. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156646/1/SDC277.pdf>

KIILL, L. P., RIBEIRO, M., SIQUEIRA, K. M. M., SARMENTO, E. 2015. Polinização do meloeiro: biologia reprodutiva e manejo de polinizadores.: (Coord. Ed.: Belchior, C.; Antunes, V.Z., Calandino, D.) Rio de Janeiro: Funbio, 2015, 32 p. ISBN 978-85-89368-26-1

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; SALTON, J. C.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; BALBINO, L. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MÜLLER, M. Conceitos e modalidades da estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: Cordeiro, L. A. M.; Vilela, L.; Kluthcouski, J.; Marchão, R. L. (Ed.). Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 21-33. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

KUNZ, A; OLIVEIRA, P.A.V. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. Revista Política Agrícola. Ano XV – Nº 3 – Jul./Ago./Set. 2006

LASCO, R. D., DELFINO, R. J. P., CATACUTAN, D. C., SIMELTON, E. S., WILSON, D. M. 2014. Climate risk adaptation by smallholder farmers: The roles of trees and agroforestry. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6: 83–88.

LIMA, P. C. F. 2004. Áreas degradadas: métodos de recuperação no semi-árido brasileiro. In: XXVII Reunião Nordestina de Botânica. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/153079/1/OPB406.pdf>

LIN, B. 2011. “Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change.” *BioScience*, 61, (3): 183-193.

LOPES, N. J. 2020. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 27 de junho de 2020.

LUCENA, J. D. S. 2020. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 01 de julho de 2020.

MACEDO, M. 2020. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 29 de junho de 2020.

MACEDO, M. C. M. 2012. Métodos de recuperação de pastagens degradadas. Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08db640f0b652dd001b02/R6606s.pdf>

MACEDO, M. C. M., ZIMMER, A. H., KICHEL, A. N., ALMEIDA, R. G., ARAÚJO, A. R. 2012. Degradação de Pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95462/1/Degradacao-pastagens-alternativas-recuperacao-M-Macedo-Scot.pdf>

MACIEL, I. 2009. Manejo da Caatinga para Produção de Forragem. Embrapa - Prosa Rural. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2457020/prosa-rural---manejo-da-caatinga-para-producao-de-forragem>

MAGALHÃES, L. P. 2011. 10 práticas sustentáveis. Site do Portal Biossistemas Brasil. Disponível em: <http://www.usp.br/portaliobiossistemas/?p=3751>

MAPA DE CONFLITOS. 2013. PE – Camponeses lutam por território, pela manutenção de sua agricultura familiar e contra a monocultura de eucaliptos. Site do Mapa de Conflitos. Disponível em: <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/?conflito=pe-camponeses-lutam-por-territorio-pela-manutencao-de-sua-agricultura-familiar-e-contra-a-monocultura-de-eucaliptos>

MARIN, V.A., BALDANI, V.L.D., TEIXEIRA, K.R. dos S., BALDANI, J.I. 2001. Fixação Biológica de Nitrogênio: Bactérias Fixadoras de Nitrogênio de Importância para a Agricultura Tropical.

MARQUES, L. de S. 2016. As comunidades de Fundo de Pasto: um intento de construção conceitual. Revista Pegada (17) n.2 - Mundo do Trabalho: 107- 121.

MARTINS, E.C., GUIMARÃES, V.P.; BOMFIM, M.A.D. 2009. Terminação de cordeiros em confinamento: avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais. Comunicado Técnico Embrapa. 2009.

MATOS, T. A. O. 2020. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 26 de junho de 2020.

MAZORRA, J., BARRETO, R.C., SANTOS, P.F., BONET, M.S., SOTA, C., CHECCO, G., ALMEIDA, F., ASSAD, L.T. 2019 Overview “Panorama do uso de fogões melhorados no Semiárido brasileiro.” Sustainability in Debate - Brasília, v. 10, n.2, p. 69-84, ago/2019 ISSN-e 2179-9067

MEDEIROS-NETO, P.N. de, OLIVEIRA, E. de & PAES, J.B. 2014. Relações entre as Características da Madeira e do Carvão Vegetal de duas Espécies da Caatinga. Floresta e Ambiente, 21 (4): 484-493 ISSN 1415-0980 (impresso) ISSN 2179-8087 (online) Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.051313>

MELO, F. 2020. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 02 de julho de 2020.

MENEZES, M.O.T. de & ARAÚJO, R.C.P. 2008. Manejo Sustentável da Caatinga para produção econômica de biomassa vegetal. Grupo de Pesquisa: 6 – Agropecuária, Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. XLVI Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco/ AC.

MONTEIRO, J. 2014. Seagro alerta sobre importância da rotação de culturas para produção. Site da Ascom/Seagro. Disponível em: <https://seagro.to.gov.br/noticia/2014/6/4/seagro-alerta-sobre-importancia-da-rotacao-de-culturas-para-producao/>

MORAES, M. 2019. O que são fertilizantes? Saiba a importância para a agricultura. Site da Agropós. Disponível em: <https://agropos.com.br/tag/solo/page/2/>

MORAES, S. A. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 03 de junho de 2020.

MULIMBI, W., NALLEY, L., DIXON, B., SNELL, H., HUANG, Q. 2019. Factors Influencing Adoption of Conservation Agriculture in the Democratic Republic of the Congo. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 1–24 doi:10.1017/aae.2019.25

NAIR, P.K.R.; KUMAR, B.M.; NAIR, V.D. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172:10–23.

NICOLA, P. A., FERREIRA, J. V., MELO, J. M. B. T. 2016. Conhecimento Sobre a Biodiversidade de Fauna da Caatinga: um Panorama dos Últimos 10 Anos. *Anais do I Simpósio do Bioma Caatinga*. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156646/1/SDC277.pdf>

NOGUEIRA, L. 2019. Adubos verdes: saiba como cultivar e as características de cada espécie. Site LAVOURA 10. Disponível em: <https://blog.agro.com.br/adubos-verdes/>

NORDESTE RURAL - Negócios do Campo (site de notícias). 2016. Como recuperar as pastagens em áreas de seca no semiárido. Disponível em: <https://nordesterural.com.br/como-recuperar-as-pastagens-em-areas-de-seca-no-semiarido/>

NUNES, L. A. P. L., ARAÚJO FILHO, J. A., MENEZES, R. I. Q. 2006. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob Caatinga no semiárido Nordeste. *Revista Caatinga*, ISSN 0100-316X, v.19 (2): 200-208. Mossoró/RN. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/53276/1/API-Impacto-da-queimada.pdf>

OBSERVATÓRIO ABC. 2019. Análise dos Recursos do Programa ABC - Safras 2017/18 e 2018/19. 40p. Disponível em: <http://observatorioabc.com.br/publicacoes>.

OLIVEIRA, E. L. de., RODRIGUES, G. de S., SANTIAGO, L. B., SOUZA, H. A. de. 2015. Compostagem de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2015. 18 p.

OLIVEIRA, J. S. 2020a. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 26 de junho de 2020.

OLIVEIRA, S. T. W. 2020b. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 28 de junho de 2020.

OLIVEIRA et al., 2019. CAPÍTULO 10 - PERMANÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA NO CULTIVO DO MILHO NO SEMIÁRIDO *In: As regiões semiáridas e suas especificidades 3* [recurso eletrônico] / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Regiões Semiáridas e suas Especificidades; v. 3) ISBN 978-85-7247-192-3; DOI 10.22533/at.ed.923191503

PENSAMENTO VERDE - Redação. 2014. Conheça algumas práticas conservacionistas do solo. Site da Pensamento Verde. Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/conheca-praticas-conservacionistas->

RESENDE, A. S. & CHAER, G. M. 2010. Manual para recuperação de áreas degradadas por extração de piçarra na Caatinga. EMBRAPA Agrobiologia. ISBN: 978-85-85921-12-5. 78p. Disponível em:https://issuu.com/acaatinga/docs/manual_caatinga_2_-_vers_o_final_x_02-capitulo_02

RESENDE, A. S. 2012. Dia de Campo na TV - Recuperação de áreas degradadas na Caatinga. EMBRAPA Agrobiologia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/2192048/dia-de-campo-na-tv---recuperacao-de-areas-degradadas-na-caatinga>

REVISTA AGROPECUÁRIA. 2020. Agricultura irrigada: Quais os sistemas mais utilizados? Site da Revista Agropecuária. Disponível em: <http://www.revistaagropecuaria.com.br/2019/11/01/agricultura-irrigada-quais-os-sistemas-mais-utilizados/>

RICARDO, T.N.A. 2016. Plano de Manejo de Resíduos de Bovinocultura leiteira de uma propriedade rural no município de Santa Bárbara do Monte Verde, MG. Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora. 2016

RIEGELHAUPT, E.M. & PAREYN, F.G.C. 2010. A Questão Energética., p: 65-75 In: GARIGLIO, M. A., *et al.* (Orgs.) - Uso Sustentável e Conservação dos recursos florestais da Caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro. 368 p. ISBN 978-85-63269-04-1.

RODRIGUES, R. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 30 de junho de 2020.

SABADINI, R.C. 2015. Redes poliméricas de macromoléculas naturais como hidrogéis superabsorventes. Tese de Doutorado do Instituto de Química de São Carlos (IQSC)/USP. Orientadora: Dra. Valéria Dias. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75134/tde-10092015-110202/en.php>

SABOURIN, E.; CARON, P. & SILVA, P. C. G.da. 1999. O manejo dos “fundos de pasto” no nordeste baiano: um exemplo de reforma agrária sustentável. Raízes – Revista de Ciências Sociais e Econômicas, v.18(2):90-102.

SALLES, R. P., PORTUGAL, A. F., MOREIRA, J. A. A. KONDO, M. K., PEGORARO, R. F. 2016. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. Revista Ciência Agronômica, v. 47, (3): 429-438. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/152359/1/Qualidade-fisica.pdf>

SALMAN, A. K. D. 2007. Conceitos de manejo de pastagem ecológica. Porto Velho, RO. ISSN 0103-9865. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAF-RO-2010/12227/1/doc121-pastagemecologica.pdf>

SALTON, J. C. 1998. Sistema Plantio Direto. O produtor pergunta, a Embrapa responde / Organizado por Júlio César Salton; Luis Carlos Hernani; Clarice Zanoni Fontes. – Brasília: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. 248p.; (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

SALVIANO, A. M. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 03 de junho de 2020.

SAMBUICHI, R. H. R. *et al.* 2017. A política nacional de agroecologia e produção orgânica no Brasil: uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável. IPEA. Brasília. 463 p. ISBN: 978-85-7811-309-4. Disponível em: http://www.agroecologia.gov.br/sites/default/files/publicacoes/Politica-nacional_WEB.PDF

SAMPAIO, E. V. S. B.; Salcedo, I.; Silva, V. M.; Alves, G. D. 1995. Capacidade de suprimento de nitrogênio e resposta à fertilização de vinte solos de Pernambuco. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, v. 19, p. 269-279.

SANTOS, A.F. dos, SILVA, M. da C., CUNHA, A.L. *et al.* 2019. Capítulo 15 - Potencial antioxidante da cultura forrageira cunhã (*Clitoria ternata* L.) cultivadas em dois níveis de adubação, com esterco caprino e bovino. In: *As regiões semiáridas e suas especificidades 3* [recurso eletrônico] / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Regiões Semiáridas e suas Especificidades; v. 3) ISBN 978-85-7247-192-3, DOI 10.22533/at.ed.92319150315

SANTOS, A. N., SOARES, T. M., SILVA, E. F. F., SILVA, D. J. R., MONTENEGRO, A. A. 2010. Cultivo hidropônico de alface com água salobra e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14: 961-969.

SANTOS, J. M. 2020a. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 26 de junho de 2020.

SANTOS, S. A. 2020b. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 02 de julho de 2020.

SASSI AYDI, S. *et al.* 2008. Osmotic stress affects water relations, growth, and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 30, n. 4, p. 441-449, 2008.

SCALÉA, M. J. 2015. Plantio Direto no Semi Árido Nordeste?. Site da ADEALQ. Disponível em: [https://www.adealq.org.br/blog/Plantio-Direto-no-Semi-%C3%81rido-Nordestino-\(Pinduca-F68\)-1412](https://www.adealq.org.br/blog/Plantio-Direto-no-Semi-%C3%81rido-Nordestino-(Pinduca-F68)-1412)

SEMEAR INTERNACIONAL. 2017. Multiplicando Saberes: Compartilhando práticas agroecológicas para a convivência com o semiárido. Programa Semear - FIDA. Patos/PB. Disponível em: <http://portalsemear.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Cartilha-Multiplicando-Saberes.pdf>

SENAR - Serviço Educacional Nacional de Aprendizagem Rural. 2018a. *Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta*. Brasília, 2018. ISBN: 978-85-64478-78-7

SENAR - Serviço Educacional Nacional de Aprendizagem Rural. 2018b. *Plantio de Florestas Comerciais*. Brasília, 2018. ISBN: 978-85-64478-76-3

SER - Society for Ecological Restoration. 2004. *Princípios da SER International sobre a restauração ecológica*. Disponível em: http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp.

SILVA, J. A. A. da 2008. Potencialidades de Florestas Energéticas de *Eucalyptus* no Pólo gesseiro do Araripe - Pernambuco. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, Recife, vols. 5 e 6: 301-319, 2008-2009.

SILVA, J. N. 2020. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 01 de julho de 2020.

SILVA, J.R. da, SILVA, M.S. da, SILVA FILHO, A. M. da et al. 2012. Caracterização do sistema de criação de galinhas por famílias de agricultores do semiárido alagoano inseridas em um projeto de extensão realizado pelo IFAL – Campus Satuba, VII CONNEPI. 2012

SILVA, Aleksandro Ferreira da. 2015. Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas nativas de áreas com diferentes tempos de regeneração da caatinga / Aleksandro Ferreira da Silva. – Recife, 2015. Orientadora: Ana Dolores Santiago de Freitas. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, 2015

SNA - Sociedade Nacional de Agricultura. 2017. Salvação da Caatinga. Revista A Lavoura – edição nº 707/2015. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/salvacao-da-caatinga/>

SOARES, C. H. A. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 18 de junho de 2020.

SOUSA, L. Q. 2010. Fitossociologia em áreas com diferentes históricos de uso e fixação biológica de nitrogênio em caatinga madura na Paraíba. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Pernambuco. CTG Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares. Recife. 2010.

SOUZA, F. M.; BATISTA, J. L. F. 2004. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. *Forest Ecology and Management*, 191: 185-200.

SOUZA, J. R. 2020. Questionário sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Questionário do PRS Caatinga respondido via formulário eletrônico em 28 de junho de 2020.

STADEL, C. 2019. Horizontal and Vertical Archipelagoes of Agriculture and Rural Development in the Andean Realm [Online First], IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.86841. Available from: <https://www.intechopen.com/online-first/horizontal-and-vertical-archipelagoes-of-agriculture-and-rural-development-in-the-andean-realm>

SUASSUNA, J. 1995. O Processo de Salinização das Águas Superficiais e Subterrâneas no Nordeste Brasileiro. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%209/Transparencias/processo%20salinizacao%20solo%20nordeste.pdf>

TEIXEIRA, I.A.M., GOMES, R.A., CASTAGNINO, D.S., FIGUEIREDO, F.O de M. *et al.* 2013. Inovações tecnológicas na caprinocultura. Technological innovation in goat production. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, v.14 (1):104-120.

TEODORO, R.B., OLIVEIRA, F.L .de, SILVA, D.M.N. da, FÁVERO, C., QUARESMA, M.A.L. 2011. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 42 (2): 292-300, abr-jun, 2011. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. Disponível em: www.ccarevista.ufc.br

THORTON, P.K., HERRERO, M. 2015. Adapting to climate change in the mixed crop and livestock farming systems in sub-Saharan Africa. *Nature Climate Change.*, 5:830-836. DOI: 10.1016/j.gfs.2014.02.002

TORRES, A. PEDROSA, J. F., MOURA, J. P. 2011. Fundamentos de implantação de biodigestores em propriedades rurais. *Revista Educação Ambiental em Ação*. Disponível em: <http://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=1248>

UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2020.VÍDEO: Técnica desenvolvida por pesquisadores da UFRN aumenta expectativa no combate à desertificação do semiárido. Blog do BG. Disponível em: <https://www.blogdobg.com.br/video-tecnica-desenvolvida-por-pesquisadores-da-ufrn-aumenta-expectativa-no-combate-a-desertificacao-do-semiarido/>

UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2010. Curso de Formação Agentes de Reflorestamento - Apostila de Áreas Degradadas. 16p. Disponível em: <http://r1.ufrrj.br/cfar/index2.php?p=d>.

UNFCCC, 2007. Climate change: impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf>

VIA VERDE. 2019. Agricultura de Baixo Carbono. Disponível em: <https://www.viaverde.agr.br/artigo/agricultura-de-baixo-carbono>

VIDIGAL, P., ROMEIRAS, M.M., MONTEIRO, F. 2019. Crops Diversification and the Role of Orphan Legumes to Improve the Sub-Saharan Africa Farming Systems [Online First], *IntechOpen*, DOI: 10.5772/intechopen.88076. Available from: <https://www.intechopen.com/online-first/crops-diversification-and-the-role-of-orphan-legumes-to-improve-the-sub-saharan-africa-farming-systeme>

VIEIRA, N. K. 2004. O papel do banco de sementes na restauração de restingas sob talhão de *Pinus elliottii* Engelm. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UFSC, Florianópolis, SC, 77p.

VIEIRA, T. R. S. 2020. Entrevista sobre Tecnologias ABC na Caatinga. Entrevista concedida via videoconferência ao PRS Caatinga em 25 de junho de 2020.

VILAR, M. & CARVALHEIRO, K. 2016a. Tecnologias de Baixo Carbono: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. V. 2. Projeto Rural Sustentável. BID. Brasília. 2016. 11p.

VILAR, M. & CARVALHEIRO, K. 2016b. Tecnologias de Baixo Carbono: Recuperação de Áreas Degradadas – RAD com Pastagem ou Florestas. V. 3. Projeto Rural Sustentável. BID. Brasília. 2016. 11p. Disponível em: <http://www.institutobrasilrural.org.br/download/20170510201800.pdf>.

VILAR, M. & CARVALHEIRO, K. 2016c. Tecnologias de Baixo Carbono: Plantio de Florestas Comerciais. V. 4. Projeto Rural Sustentável. BID. Brasília. 2016. 06p.

VILAR, M. & CARVALHEIRO, K. 2016d. Tecnologias de Baixo Carbono: Manejo Sustentável de Florestas Nativas. V. 5. Projeto Rural Sustentável. BID. Brasília. 2016. 10p.

VOLTOLINI, T.V., SANTOS, R.M., MORAES, S.A.de, ARAÚJO, G.G.L. de. 2011. Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Principais modelos na criação de ovinos e caprinos. In: Manual de criação de caprinos e ovinos / coordenação de Paulo Sandoval Jr.; elaboração de texto de Rodrigo Vidal Oliveira ... [et al.] revisão técnica de Izabel Maria de Araújo Aragão, Rosângela Soares Matos e Willibaldo Brás Sallum. – Brasília: Codevasf, 2011.142 p.

WRI BRASIL. 2019 a. Entenda o Plano ABC, uma das principais políticas brasileiras para a agricultura de baixo carbono. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/07/entenda-o-plano-abc-politica-brasileira-para-agricultura-de-baixo-carbono>

WRI BRASIL. 2019 b. O beabá da restauração: o que é restauração florestal em 7 perguntas. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/03/o-que-e-restauracao-florestal-reflorestamento>

XIMENES, L. F., SILVA, M. S. L., BRITO, L. T. L. 2019. Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro. Fortaleza/ CE: Banco do Nordeste do Brasil. 1116 p. ISBN: 978-85-68360-28-6

ANEXO 1: Roteiro das entrevistas semiestruturadas

- 1 - Breve introdução sobre o projeto (cerca de 5 min) + Requisição da autorização para gravar a conversa
- 2 - Quais os locais de atuação da instituição?
- 3 - Conhece Agricultura de Baixo Carbono?
- 4 - O que considera como CURTO/MÉDIO/LONGO prazo para o tempo de retorno de investimento em uma nova tecnologia?
- 5 - Quais principais combinações que conhece para ILPF/SAF (culturas/animais/árvores)?
- 6 - Quais espécies utiliza na FBN/ Adubo Verde?
- 7 - Sobre RAD-F/ Reaatingamento, quais as principais árvores usadas para preservação e para uso comercial?
- 8 - Sobre RAD-P, usa gramíneas ou as próprias espécies da caatinga? Há divisão em piquetes para manejo?
- 9 - A pecuária é extensiva ou semiextensiva? Há práticas e/ou uso de áreas coletivas?
- 10 - Sobre o SPD, utilizam que espécies para palha ou ela é usada para outros fins (ex silagem)?
- 11 - Como se dá o manejo da Caatinga (rebaixamento/raleamento/enriquecimento) e que frutos são recolhidos (extrativismo)?
- 12 - Sobre biodigestão e/ou compostagem, quais as principais criações? Elas são intensivas, semiextensivas ou extensivas? Qual a base alimentar dos animais?
- 13 - Há alguma outra prática de convivência com o semiárido ou de agroecologia que deseja comentar? Conhece locais onde são utilizadas?

ANEXO 2: Lista das entrevistas realizadas via internet e dos questionários respondidos via formulário online.

INSTITUIÇÃO	ÁREA DE ATUAÇÃO	NOME	DATA DA ENTREVISTA(E) OU QUESTIONÁRIO(Q)
IBAMA	PE	Francisco Carneiro Barreto Campello (CAMPELLO, 2020)	30/05/2020 (E)
EMBRAPA Semiárido	PE, BA e outros	Saete Alves de Moraes (MORAES, 2020) Diana Signor Deon (DEON, 2020) Alessandra Monteiro Salviano (SALVIANO, 2020)	03/06/2020 (E)
SEAGRI /AL	AL	Carlos Henrique de Amorim Soares (SOARES, 2020)	18/06/2020 (E)
ONG CAATINGA	PE	Paulo Pedro de Carvalho (CARVALHO, 2020a)	19/06/2020 (E)
EMBRAPA Meio Norte	PI e outros	Luiz Carlos Guilherme (GUILHERME, 2020)	23/06/2020 (E)
ASA/ SABIÁ	PE e outros	Antônio Barbosa (BARBOSA, 2020) Alexandre Henrique Bezerra Pires (PIRES, 2020)	24/06/2020 (E)
Associação Caatinga, SEMARH/SE	SE	Thiago Roberto Soares Vieira (VIEIRA, 2020)	25/06/2020 (E)
SENAR/PI	PI	Diego da Paz Carvalho (CARVALHO, 2020b) / Silvío César Sepúlveda Coelho Brito (BRITO, 2020)	25/06/2020 (E)
ACOTERRA: ASSOCIAÇÃO	Monte Santo, Cansanção, Itiúba,	Nelson de Jesus Lopes (LOPES, 2020)	27/06/2020 (Q)

INSTITUIÇÃO	ÁREA DE ATUAÇÃO	NOME	DATA DA ENTREVISTA(E) OU QUESTIONÁRIO(Q)
COMUNITÁRIA TERRA SERTANEJA	Nordestina, Quijingue, Tucano, Euclides da Cunha, Canudos, Uauá, Andorinha, Queimadas, Santaluz, Valente, Retirolândia, Conceição do Coité, Araci e Curaçá (BA)		
Almeida Rocha Assessoria e Consultoria Agropecuária	BA	Jailton Rocha de Souza (SOUZA, 2020)	28/06/2020 (Q)
Associação de Desenvolvimento e Integração	BA	Saulo de Tarso Weyll Oliveira (OLIVEIRA, 2020b)	28/06/2020 (Q)
Secretaria Municipal de Agricultura	Paulistana - PI	Manoel de Macedo (MACEDO, 2020)	29/06/2020 (Q)
Agência Eco Nordeste	Nordeste	Maristela Machado Crispim (CRISPIM, 2020)	01/07/2020 (Q)
NAC/UFRPE-ABA NORDESTE	PE	José Nunes da Silva (SILVA, 2020)	01/07/2020 (Q)
Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí	PI	Josias Divino Silva de Lucena (LUCENA, 2020)	01/07/2020 (Q)

INSTITUIÇÃO	ÁREA DE ATUAÇÃO	NOME	DATA DA ENTREVISTA(E) OU QUESTIONÁRIO(Q)
SERTA - Serviço de Tecnologia Alternativa	PE	Sebastião Alves dos Santos (SANTOS, 2020b)	02/07/2020 (Q)
UFPE	PE	Felipe Melo (MELO, 2020)	02/07/2020 (Q)
AMAR Associação	Litoral sul da Bahia (Ilhéus, Itacaré, Una, Uruçuca, Itabuna, Coaraci, Almadina); Baixo sul da Bahia (Wenceslau Guimarães, Camamu); Região do Sisal/BA (Campo Formoso, Filadélfia, Cansanção, Monte Santo, Tucano, Euclides da Cunha, Senhor do Bonfim, Ribeira do Pombal, Uauá); Extremo sul da Bahia (Porto Seguro, Itabela, Santa Cruz De Cabralia)	Agnaldo Carvalho Gomes Júnior (GOMES JÚNIOR, 2020)	10/07/2020 (Q)

ANEXO 3: Formulário Online para preenchimento

PRS Caatinga - TecABC

Estas perguntas fazem parte do Projeto Rural Sustentável Caatinga e é uma tentativa de nos aproximar nesse momento de afastamento físico. Esperamos que todos estejam bem.

Gostaríamos muito de ouvir um pouco sobre as práticas agrícolas de baixo carbono que são realizadas na Caatinga para que o projeto possa colaborar com os agricultores desta região da melhor forma possível.

Vamos às perguntas?

*Obrigatório

- Nome Completo * Sua resposta
- Organização que representa * Sua resposta
- Município(s) ou regiões onde a instituição atua * Sua resposta
- Forma de contato preferencial
 - Telefone/Whatsapp
 - E-mail
 - Facebook/messenger
 - Instagram/direct
- Você já ouviu falar sobre agricultura de baixo carbono ou ABC? *
 - Sim
 - Não
 - Não tenho certeza
- O que você entende que é a agricultura de baixo carbono? Sua resposta

Agricultura de Baixo Carbono

A agricultura de baixo carbono busca reduzir ou evitar a emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera e ajudar na adaptação às mudanças climáticas, incentivando práticas e tecnologias sustentáveis nas atividades agrícola e pecuária. Ela se baseia em sistemas integrados (ILPF), na reduzida movimentação da terra (SPD), na substituição de insumos (FBN), na melhoria da qualidade dos produtos de alimentação

animal e dos dejetos gerados por eles, entre outras tecnologias que permitam preservar os recursos naturais, manter o equilíbrio ambiental e reduzir as emissões de GEE, mantendo ou ampliando a produção.

- Você conhece algum sistema agropecuário que possa ser considerado ABC? *

- Não conheço
- Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) - Silviagrícola, Silvicultura, Agrossilvipastoril, Agropastoril
- Sistema Agroflorestal (SAF)
- Fixação biológica de Nitrogênio ou Adubo verde (FBN) - Uso de leguminosas entre outras.
- Recuperação de áreas de propriedades agropecuárias degradadas (RAD)
- Recuperação de áreas degradadas com Florestas (RAD-F) - florestas nativas ou florestas comerciais (para extrativismo de lenha, frutas ou outros)
- Recuperação de áreas degradadas com Pastagem (RAD-P)
- Recaatingamento
- Sistema Plantio Direto (SPD)
- Recuperação de pastagens degradadas (RPD)
- Manejo Sustentável de Florestas (MSF) - Raleamento, Rebaixamento, Enriquecimento
- Manejo ou Tratamento de Dejetos de Animais (MDA) - Compostagem ou Biodigestão
- Outra

- Se você marcou outra, poderia descrever a prática? Sua resposta
- O que você considera como CURTO, MÉDIO e LONGO prazo para tempo de retorno do investimento em uma tecnologia inovadora? Sua resposta
-

Tecnologias ABC

São sistemas agropecuários que permitem preservar os recursos naturais, manter o equilíbrio ambiental e reduzir as emissões de GEE, mantendo ou ampliando a produção de forma sustentável.

- Considerando as Tecnologias ABC expostas anteriormente, e de acordo com as definições a seguir, o conhecimento sobre elas foi obtido de que forma?

	Não conheço	Na escola agrícola	Com o técnico agrícola	Em um curso presencial ou à distância	Contado oralmente por outro agricultor/familiar	Outro
ILPF/SAF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FBN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SPD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RAD-F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RAD-P	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MSF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MDA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Se você conhece áreas com ILPF (Silviagrícola, Silvipastoril, Agrossilvipastoril, Agropastoril), quais são as culturas, árvores e animais que são utilizados? Sua resposta
- Se você conhece agricultores que praticam FBN ou ADUBO VERDE quais são as espécies que eles utilizam? No caso do ADUBO VERDE qual é a finalidade? Usam em consórcio ou rotação com quais espécies? Sua resposta
- Se você conhece produtores que fazem RAD-F, usando Florestas nativas ou não, quais são as espécies que eles usam e qual o objetivo desse "reflorestamento ou recaatigamento", comercial ou para preservação? Sua resposta
- Se você conhece produtores que fazem RAD-P (usando espécies da Caatinga ou gramíneas forrageiras), quais são as espécies vegetais e os animais que eles usam? Realizam algum manejo dessas áreas, como a divisão da área em piquetes, por exemplo? Sua resposta
- Se você conhece áreas com SPD, quais são as espécies usadas para gerar palha e quais as culturas de maior valor comercial? A palha também é usada para outros fins? Sua resposta
- Se você conhece áreas com Manejo de Florestas, quais são as espécies usadas para retirar lenha e quais são os frutos recolhidos? São utilizadas técnicas de rebaixamento, raleamento e enriquecimento da Caatinga para o manejo? Se sim, como são feitas? Sua resposta

- Se você conhece áreas com MDA (Compostagem ou Biodigestão), como é o manejo? Quais são as principais criações? A criação é extensiva, semiextensiva ou intensiva? Sua resposta
- Gostaria de nos contar alguma outra prática de convivência com o semiárido ou sobre agroecologia? Ela é utilizada apenas por quantas pessoas mais ou menos? Sua resposta

ANEXO 4: Lista espécies vegetais - nome popular e científico

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TECABC
abóbora, jerimum	Cucurbita sp.	ILPF, SPD, RAD-F
abobrinha	Cucurbita pepo	ILPF
acácia australiana	Acacia mangium, A. auriculiformes	ILPF
acerola	Malpighia emarginata	ILPF
albízia-guachapele	Pseudosamanea guachapele	RAD-F
alface americana	Lactuca sativa var. crispa	RAD-F
alfazema-brava	Hyptis suaveolens	MSF
algaroba	Prosopis juliflora	ILPF, MSF
algodão	Gossypium sp.	ILPF
ameixa	Ximenia americana	ILPF
amendoim	Arachis hypogaea	ILPF
amendoim forrageiro	Arachis pintoi	FBN
angico	Anadenanthera macrocarpa, Anadenanthera colubrina	FBN, ILPF, RAD-F, RAD-P, Alimentação
angico-de-bezerra	Piptadenia moniliformis	MSF

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TECABC
araticum	Annona crassiflora, Annona coriacea	ILPF, Área Coletiva
aroeira	Schinus terebinthifolius	ILPF, MSF, RAD-F, Alimentação
aroeira-do-sertão	Myracrodruon urundeuva	ILPF, MSF, RAD
arroz	Oryza sativa	FBN, RAD-F
ateira	Annona squamosa	ILPF
aveia	Avena sativa	SPD
babaçu	Orbignya phalerata	ILPF, MSF
banana	Musa sp.	ILPF
baraúna	Schinopsis brasiliensis	MSF, RAD-P, RAD-F, Alimentação
batata	Solanum tuberosum	ILPF
batata-doce	Ipomoea batatas	ILPF
beldroega	Portulaca oleracea	Alimentação
braquiária	U. brizantha cv. Marandú	MSF, Alimentação
braquiária-decumbens	Brachiaria decumbens	ILPF
brede	Amaranthus sp.	MSF, Alimentação
bromélia-macambira	Bromelia laciniosa	MSF

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TECABC
buriti	Mauritia flexuosa	ILPF, MSF
caçatinga	Croton argyrophylloides	ILPF, RAD-F
cajá, umbu-cajá	Spondias mombin	ILPF, MSF
cajarana	Cabralea canjerana	ILPF
caju, cajueiro	Anacardium occidentale	ILPF, RAD-F, Área Coletiva
calopogônio	Calopogonium mucunoides	FBN
calumbi	Mimosa arenosa	MSF
camaratuba	Cratylia mollis; Cratylia argentea	ILPF, MSF
cana-de-açúcar	Saccharum officinarum	FBN
caneleiro	Cenostigma macrophyllum	RAD-F
canola	Brassica napus	SPD
capa-carneiro	Melochia tomentosa	MSF
capim	Tripogon spicatus	SPD, RAD-P, ILPF, MSF, Alimentação
capim-andropogon	Andropogon gayanus cv. Planaltina	ILPF, MSF
capim-braquiarião	Urochloa brizantha syn. Brachiaria brizantha	ILPF

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TECABC
capim-buffel	Cenchrus ciliaries	ILPF, MSF, RAD-P, Alimentação
capim-colonião	Panicum maximum	ILPF, MSF, Alimentação
capim-corrente	Urochloa mosambicensis	MSF, RAD-P
capim-elefante	Pennisetum purpureum	FBN, MSF, RAD-P
capim-gramão	Cynodon dactylon cv. Callie	MSF, RAD-P
milhã	Brachiaria plantaginea, Panicum sp., Panicum maximum cv. Mombaça	MSF
capim-massai	Megathyrsus maximus	MSF, ILPF
capim-panasco	Aristida setifolia	MSF
capim-pangola	Digitaria decumbens	ILPF
capim-rabo-de-raposa	Setaria sp.	MSF
capim-urocloa	Urochloa sp.	RAD-P
carnaúba	Copernicia prunifera	ILPF, RAD-F, MSF
catingueira/pau-de-rato/caatinga-de-porco	Poincianella pyramidalis, Caesalpinia bracteosa	ILPF, MSF, RAD-F, RAD-P, FBN, Alimentação
catuaba	Erythroxylum vacciniifolium	RAD-F
cebola	Allium cepa	MDA

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TECABC
cenoura	<i>Daucus carota</i> subsp. <i>sativus</i>	MDA
centeio	<i>Secale cereale</i> L.	SPD
centrosema	<i>Centrosema</i> sp.	MSF
cevada	<i>Hordeum vulgare</i>	SPD
coração-de-nego	<i>Schinopsis brasiliensis</i> , <i>Poecilanthe parviflora</i> , <i>Poecilanthe parviflora</i>	MSF
couve, repolho	<i>Brassica</i> sp.	MDA
crotalária	<i>Crotalaria juncea</i>	FBN
cudzu tropical	<i>Pueraria phaseoloides</i>	FBN
erva-de-ovelha	<i>Stylosanthes humilis</i>	MSF
erva-sal	<i>Atriplex nummularia</i>	ILPF
eucalipto	<i>Eucalyptus urograndis</i>	ILPF, RAD-F, MDA
facheiro	<i>Pilosocereus pachycladus</i>	MSF
faveira-de-bolota	<i>Parkia platycephala</i>	ILPF
faveleira, favela	<i>Cnidocolus quercifolius</i>	ILPF, MSF, RAD-F, RAD-P, Alimentação
feijão-bravo	<i>Capparis flexuosa</i>	ILPF

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TECABC
feijão-caupi, feijão-de-corda, feijão-branco-de-corda	Vigna unguiculata	FBN, ILPF
feijão-comum	Phaseolus vulgaris	ILPF
feijão-de-ananta	Phaseolus lunatus	FBN, ILPF
feijão-de-porco	Canavalia ensiformis	FBN, ILPF
feijão-de-rola	Phaseolus patyróides	ILPF
feijão-de-rolinha	Macroptilium lathyroides	FBN
feijão-guandu, andu	Cajanus cajan	ILPF, FBN, MSF
feijão-trivicia		ILPF, FBN
gergelim	Sesamum indicum	ILPF
girassol	Helianthus annuus	FBN, SPD, ILPF
gliricídia	Gliricidia Sepium	FBN, ILPF, MSF, Alimentação
goiaba	Psidium guajava	ILPF
imburana	Amburana cearensis	ILPF
incó, icó	Capparis yco, Neocalyotrocalyx longifolium	ILPF, MSF, RAD-F
inhame	Dioscorea sp.	ILPF

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TECABC
ipê-amarelo, caraíba	Tabebuia caraiba, Cordia calocephala, C. insignis	RAD-F
jatobá	Hymenaea courbaril	ILPF, MSF
juazeiro	Ziziphus joazeiro	ILPF, MSF, RAD-F, RAD-P, Alimentação
jurema	Mimosa hostilis	ILPF
jurema-branca	Piptadenia stipulaceae	RAD
jurema-preta	Mimosa tenuiflora	ILPF, FBN, MSF, RAD-F, Alimentação
jureminha	Desmantis pernambucanus	FBN
jurubeba	Solanum paniculatum	RAD-F
lã-de-seda, saco-de-velho	Calotropis procera	MSF
leucena	Leucaena leucocephala	ILPF, FBN, MSF, Alimentação
licuri, licurizeiro	Syagrus coronata	ILPF, MSF, RAD-F, RAD-P
macambira	Bromelia laciniosa	MSF, Alimentação
malva-almiscarada	Malva moschata	MSF
malva-branca	Sida cordifolia	MSF
mamão	Carica papaya	ILPF

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TECABC
mamona	Ricinus communis	ILPF
manda-pulão	Croton sp.	MSF
mandacaru, mandacaru-chaveiro	Cereus jamacaru	ILPF, MSF, RAD-F, RAD-P
mandioca, macaxeira	Manihot esculenta	ILPF, MSF, MDA, RAD-F
manga	Mangifera indica	ILPF
maniçoba, mandioca brava	Manihot pseudoglaziovii	ILPF, MSF, RAD-F, RAD-P, MDA, Alimentação
maracujá	Passiflora edulis	ILPF, MSF, RAD-P, MDA
maracujá-da-caatinga, maracujá-do-mato	Passiflora cincinnata	ILPF, RAD-F
marmeleiro	Croton blanchetianus, Croton sonderianus	ILPF, RAD-F, MSF
mata-pasto-“peludo”	Senna uniflora	MSF
mata-pasto-liso	Senna obtusifolia	MSF
maxixe	Cucumis anguria	ILPF, RAD-P
melancia	Citrullus lanatus	ILPF, MDA
melão	Cucumis melo	ILPF, MDA
milheto	Pennisetum glaucum	SPD, MSF, ILPF, Alimentação

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TECABC
milho	Zea mays	FBN, SPD, ILPF, MSF, RAD-F, RAD-P, MDA, Alimentação
mofumbo	Combretum leprosum	ILPF
mogno-africano	Khaya ivorensis	RAD-F
moringa	Moringa oleifera	ILPF, MSF
mororó	Bauhinia cheilantha, Bauhinia forficata	ILPF, MSF
mucuna-preta	Mucuna aterrima	FBN
mulungu	Erythrina verna	FBN
murici	Byrsonima crassifolia	ILPF
nim	Azadirachta indica	ILPF
oiticica	Licania rigida	ILPF
orelha-de-onça	Macroptilium martii	FBN
ouricuri	Syagrus coronata	RAD-F
palma, palma-forrageria	Opuntia cochenillifera; Opuntia ficus-indica	ILPF, MSF, RAD-P, MDA, Alimentação
palmatória	Tacinga palmadora	MSF
pau-branco	Auxemma oncocalyx	ILPF

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TECABC
pau-d'arco, ipê	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	ILPF, RAD-F
pau-fava	<i>Senna macranthera</i>	RAD-F
pau-ferro, jucá	<i>Caesalpinia ferrea</i>	FBN, MSF, RAD-F
pau-mocó	<i>Luetzelburgia auriculata</i>	ILPF
pequi	<i>Caryocar brasiliense</i>	ILPF
pereiro	<i>Aspidosperma pyriformium</i>	FBN, ILPF, Alimentação
pinha	<i>Annona squamosa</i>	ILPF
pinhão-bravo	<i>Jatropha mollissima</i>	RAD-F
pitomba, pitombeira	<i>Talisia esculenta</i>	ILPF
pornúncia, pornunça, mandioca-forrageira (híbrido natural da mandioca)	<i>Manihot esculenta</i>	MSF
quebra-faca, quebra-facão	<i>Croton conduplicatus</i>	MSF
quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i>	ILPF
quixabeira	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	ILPF, RAD-F
ruzizensis	<i>Bachiararia rudizensis</i>	RAD-P
sabiá	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	FBN, ILPF, MSF, RAD-F

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TECABC
sabonete	Sapindus saponaria	ILPF
seriguela, ciriguela	Spondias purpurea	ILPF
sisal	Agave sisalana	ILPF, MSF, RAD-P, Alimentação
soja	Glycine max	FBN, SPD, ILPF
sorgo	Sorghum bicolor	SPD, ILPF, MSF, RAD-P, Alimentação
tomate	Solanum lycopersicum	MDA
trigo	Triticum aestivum	FBN, SPD
triticale (cereal híbrido de trigo e centeio)	triticale (× Triticosecale Wittmack)	SPD
umbu, umbuzeiro	Spondias tuberosa	ILPF, MSF, RAD-P, RAD-F, MDA
umburana	Commiphora leptophloeos	ILPF, RAD-F
umburana-de-cambão	Bursera leptophloeos	MSF
unha-de-gato	Mimosa arenosa	FBN
uvaia	Eugenia uvalha	RAD-F
velame	Croton campestris	MSF
xique-xique	Pilosocereus gounellei	MSF, RAD-P, RAD-F



 www.prscaatinga.org.br

 prs.caatinga@fbds.org.br

 [@prs.caatinga](https://www.instagram.com/prs.caatinga)

 [@prs.caatinga](https://www.facebook.com/prs.caatinga)

EXECUÇÃO

REALIZAÇÃO



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

