



Implantação de tecnologias agrícolas de baixo carbono na Caatinga: Projeto Rural Sustentável Caatinga

Vanina Zini Antunes de MATTOS ¹, Renata da Costa BARRETO ²,
Marcos Aurélio Vasconcelos de FREITAS ^{1,3}

¹ Programa de Planejamento Energético, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Projeto Rural Sustentável Caatinga, Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

*E-mail: vanina.antunes@gmail.com

Submetido em: 10/07/2024; Aceito em 05/11/2024; Publicado em: 13/11/2024.

RESUMO: As Tecnologias Agrícolas de Baixo Carbono (TecABC) baseiam-se em sistemas integrados, capazes de recuperar produtividade do solo, melhorar ecossistemas e mitigar emissão de gases de efeitos estufa, responsáveis pelas alterações climáticas. As TecABC são indicadas como solução para grandes sistemas produtivos nos biomas brasileiros. Este trabalho apresenta o percurso de implantação das TecABC na Caatinga, por meio das ações do Projeto Rural Sustentável (PRS) Caatinga. Foram avaliados cinco documentos do PRS Caatinga, com resultados da pesquisa dispostos num mapa mental e foi feita uma análise de Força, Fraqueza, Oportunidade e Ameaça (FOFA) do Projeto. O PRS Caatinga mostrou ser possível implantar TecABC nesse bioma, considerando o conhecimento tradicional, com adaptações voltadas para suas aptidões produtivas. As TecABC foram potencializadas pelas Tecnologias Sociais de Convivência com o Semiárido (TS-CSA) e a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) foi a tecnologia mais indicada para a Caatinga. O ineditismo do PRS Caatinga foi a junção de várias ações em conjunto para implantação das TecABC: as TS-CSA, o fortalecimento da Assistência Técnica de Extensão Rural (ATER) e do Cooperativismo, que são políticas públicas individuais. As ações do Projeto promoveram a inserção do bioma Caatinga na Agenda de Adaptação às mudanças climáticas.

Palavras-chave: Semiárido; agricultura de baixo carbono; assistência técnica; cooperativismo; mudanças climáticas.

Implementation of low carbon agriculture technologies in Caatinga: Caatinga Sustainable Rural Project

ABSTRACT: Low Carbon Agricultural Technologies (LCAT) are based on integrated systems capable of recovering soil productivity, improving ecosystems and mitigating greenhouse gas emissions responsible for climate change. LCAT is recommended as a solution for large production systems in Brazilian biomes. This work presents the implementation path of LCAT in the Caatinga through the actions of the Sustainable Rural Project (PRS) Caatinga. Five PRS Caatinga documents were evaluated, with research results displayed on a mental map, and an analysis of the Project's Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT) was carried out. The PRS Caatinga showed that it is possible to implement LCAT in this biome, considering traditional knowledge, with adaptations aimed at its productive abilities. LCAT was enhanced by Social Technologies for Living with the Semi-Arid (TS-CSA), and the Integrated Crop-Livestock-Forestry Systems (ICLFS) was the most suitable for the Caatinga. The uniqueness of the PRS Caatinga was the combination of several actions to implement LCAT: the TS-CSA and the strengthening of Technical Assistance for Rural Extension (ATER) and Cooperativism, which are individual public policies. The Project's action promoted the inclusion of the Caatinga biome in the Climate Change Adaptation Agenda.

Keywords: Semiarid; low carbon agriculture; technical assistance; cooperativism; climate change.

1. INTRODUÇÃO

As alterações climáticas, causadas pela emissão excessiva de gases de efeito estufa (GEE), provocam mudanças nas chuvas, que trazem diversas adversidades, como: aumento dos períodos de secas, desertificação, perda da fertilidade do solo, redução ao acesso à água e variações na distribuição da vegetação, levando a perdas na produção agropecuária (ALVALÁ et al., 2019; OLIVEIRA SANTOS et al., 2022).

No Brasil, 34% das emissões de GEE são provenientes de atividades agropecuárias, como: revolvimento do solo, desmatamento, uso de fertilizantes, fermentação entérica de animais ruminantes, dejetos dos animais e uso do fogo (BRASIL, 2019). A partir do Acordo de Paris (2015), o Brasil comprometeu-se, voluntariamente, pela Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), a reduzir 43% das emissões de GEE abaixo do nível de 2005 até 2030, usando

diversas estratégias de ação, entre elas o emprego de Tecnologias Agrícolas de Baixa Emissão de Carbono - TecABC (BRASIL, 2019). Nesse contexto, surgiram políticas públicas como a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), para identificar ações para mitigar as emissões de GEE brasileiras (BRASIL, 2009). Em seguida, foi criado o 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), com ações para adaptar a produção agropecuária às mudanças climáticas, por meio das TecABC, e reduzir as emissões de GEE até 2020 (BRASIL, 2012a). E o Plano ABC +, lançado para estender essas metas até 2030, com uma abordagem integrada da paisagem e com a inclusão da adoção de bioinsumos e expansão de áreas irrigadas (BRASIL, 2022).

As TecABC estruturam-se nos princípios da sustentabilidade e estão relacionadas ao baixo consumo energético, à agricultura circular e orgânica (XIONG et al., 2016). Elas se baseiam em sistemas integrados, consórcio ou rotação de espécies, fixação biológica de nitrogênio, revolvimento mínimo do solo, manejo de floresta, recuperação de áreas degradadas e manejo de dejetos animais. Desta forma, elas são regenerativas, capazes de recuperar a fertilidade e produtividade do solo, melhoram o ecossistema e restabelecem a qualidade de seus serviços, movimentam a economia rural e possibilitam uma agricultura e pecuária sustentáveis; minimizando os efeitos das mudanças climáticas e aumentando a resiliência e a segurança alimentar (ALVALÁ et al., 2019; ANUGA et al., 2020).

As TecABC foram inicialmente pensadas para serem utilizadas em grandes sistemas produtivos nos biomas brasileiros (BRASIL, 2012a) e introduzi-las na Caatinga, único bioma exclusivo do Brasil, era um grande desafio, visto que sua atividade produtiva é principalmente para subsistência e para comércio local, apesar do grande potencial produtivo, devido à rica cultura e tradição. Além do mais, a Caatinga, com clima semiárido, possui precipitação baixa e irregular, com períodos esporádicos de seca prolongada; altas temperaturas, alto índice de aridez e déficit hídrico tornando-a ainda mais vulnerável (ALVALÁ et al., 2019).

A região concentra maior parte da agricultura familiar brasileira, onde vivem 1.700.000 famílias, distribuídas em minifúndios (2 e 3 ha) e são responsáveis por cerca de 60% da produção de alimentos, em um baixo percentual de terras e, portanto, com uma agricultura muito intensa (IBGE, 2017). Desta forma, grande parte da vegetação nativa e de seus recursos vêm sendo deteriorados devido ao seu uso intensivo na agricultura e pecuária extensiva (PÉREZ-MARIN et al., 2017).

A transição da agricultura convencional e predatória para práticas resilientes e sustentáveis na Caatinga teve grande avanço graças à agroecologia e às tecnologias sociais de convivência com o semiárido (TS-CSA) que asseguraram a produção na região com melhoria nos recursos naturais (PÉREZ-MARIN et al., 2017). Assim, a integração das TecABC com as TS-CSA promove o uso sustentável dos recursos naturais, a infraestrutura para acesso e armazenamento de água, a proteção social, com capacitação e articulação entre os atores, assim como o incentivo a uma diversidade na produção animal e agrícola, como estratégia para desenvolvimento das comunidades rurais (PÉREZ-MARIN et al., 2017; LINDOSO et al., 2018; MILHORANCE et al., 2022).

Neste contexto, o Projeto Rural Sustentável Caatinga (PRS Caatinga) foi pioneiro no bioma ao trabalhar ações de mitigação de GEE, ao mesmo tempo que pretendia diminuir a pobreza, aumentando a produtividade agrícola de pequenos produtores rurais da agricultura familiar em cinco estados do Nordeste: Alagoas, Bahia, Pernambuco, Piauí e Sergipe. O Projeto possuía as seguintes metas: 200 ha para recuperação de áreas degradadas, 600 ha em manejo sustentável com utilização de sistemas integrados e 200 ha em manter áreas conservadas e, além disso, pretendia expandir a adoção das TS-CSA em 17 unidades, capacitar 125 profissionais de ATER, ter melhoria de renda em 15% e ter um mínimo de 20 mil toneladas de emissão de CO₂ evitada por meio da mobilização de 1500 produtores rurais (CIANCIO et al., 2024).

Para atingir seus resultados o PRS Caatinga utilizou um pacote de ações, que geralmente são apresentadas separadamente como diferentes políticas públicas, mostrando a possibilidade de se estabelecer uma agricultura regenerativa focada em práticas sustentáveis de forma sistêmica e estruturada, por meio das TecABC e promover a socioeconomia na região (CIANCIO et al., 2024).

O artigo tem como objetivo apresentar a análise da implantação das TecABC, por meio das ações e resultados do PRS Caatinga, voltada para o desenvolvimento da agricultura familiar em pequenos produtores na Caatinga, com o uso integrado das TecABC com as TS-CSA, tão difundidas no bioma, e o fortalecimento das atividades de Assistência Técnica de Extensão Rural (ATER) e cooperativismo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Estudos preliminares

Inicialmente, foi feita uma análise de estudos do Componente 1 do PRS Caatinga, cujo objetivo era a produção e disseminação de conhecimento, para compreensão de como a integração entre as TecABC e TS-CSA e ações de fortalecimento de ATER poderiam contribuir com as ações de implantação das TecABC neste bioma. Portanto, foi importante analisar também as metas e os objetivos do Projeto. Os estudos considerados para análise foram: (1) Estudos sobre os municípios prioritários PRS Caatinga (TAVARES et al., 2020a); (2) Estudos sobre Tecnologias de Agricultura de Baixo Carbono (TecABC) (TAVARES et al., 2020b) e (3) Estudos sobre Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) para TecABC no Semiárido (ALBAGLI; LEITÃO, 2020).

Posteriormente, foram analisados dois documentos publicados após a finalização da implantação das tecnologias: (4) PRS Caatinga - Uma trajetória de inovação no semiárido brasileiro (CIANCIO et al., 2024) e (5) Manual de Implantação das Tecnologias Agrícolas de Baixo Carbono (TecABC) na Caatinga (BARRETO, 2024).

Cada estudo do Componente 1 foi feito de forma independente, por diferentes consultores; sendo aquele sobre TecABC (2) o estudo principal. Todos tiveram como base pesquisas bibliográficas e consultas às instituições da Caatinga (governamentais, não-governamentais, universidades, institutos de pesquisa e organizações privadas), por meio de entrevistas semiestruturadas. Os documentos finais do PRS Caatinga foram elaborados pela equipe do Projeto e outros consultores.

2.2. Mapa Mental

As informações avaliadas nos estudos foram organizadas num mapa mental, elaborado no programa CmapTools, knowledge modeling kit, versão 6.04, gratuita, de modo a visualizar as relações das TecABC com as metas, as TS-CSA, ATER e demais ações do Projeto. Esse tipo de diagrama é uma importante ferramenta para gestão de informações qualitativas e difusas e pode servir de guia, ao traçar conexões para a compreensão de como alcançar objetivos específicos de uma forma visual que auxilia o planejamento de estratégias (WHEELDON; AHLBERG, 2019). A seguir, foram analisados os resultados do PRS Caatinga, com uma análise de Força, Fraqueza, Oportunidade e Ameaça (FOFA), para evidenciar os pontos positivos e as dificuldades do Projeto, de forma a se avaliar a eficiência do uso do pacote de ações integradas utilizado, de acordo com o atingimento dos objetivos e metas previstos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Mapa Mental

A análise dos estudos foi estruturada, junto com as metas e ações do Projeto, em um mapa mental que ilustra as relações entre as TecABC e as estratégias utilizadas no planejamento para sua implantação (Figura 1).

Inicia-se a leitura da Figura 1, mapa mental, pelas metas, caixas azuis; as duas no alto referem-se às áreas de conservação, manejo e restauração e são conectadas às ações e estratégias por linhas vermelhas. As metas de TS-CSA e melhoria de renda, à direita, são conectadas por linhas azuis marinhas; há um destaque para a importância dessas tecnologias no Nexus e a melhoria de renda pôde ser atingida com o incentivo aos arranjos produtivos locais (APL) e com o fortalecimento do cooperativismo, abordados adiante.

Ao lado esquerdo, estão as metas de capacitação que se referem à formação dos profissionais de ATER, responsáveis por difundir as TecABC aos produtores rurais, conectadas com suas estratégias pela linha azul clara. Essa foi uma importante ação necessária, fomentada pelo Projeto, para se avançar com a TecABC. Esse sucesso foi mérito do engajamento das entidades locais, que foram fortalecidas por meio do cooperativismo, promovido pelo Projeto. E, logo abaixo, há a meta de evitar a emissão de CO₂, que foi atingida por meio da adoção das TecABC e do monitoramento da emissão de GEE.

Ao centro da Figura 1, estão as TecABC, caixas verdes, conectadas por linhas pretas. Quanto às duas caixas cinzas no alto, nos extremos da Figura, representam os documentos de apoio para guiar as ações e estratégias para se atingir as metas. Dentre as políticas públicas existentes, o Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012) tem grande importância para incentivar a mitigação da emissão de GEE no setor agropecuário. Nele, são definidas normas para a agricultura familiar, para a proteção da vegetação nativa, em Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL) e Área de Uso Restrito (AUR), para a exploração florestal e para o controle e prevenção de incêndios florestais (BRASIL, 2012b).

Em pequenas propriedades familiares, é permitida a recuperação de RL e APPs com sistemas agroflorestais usando espécies nativas, portanto, é uma boa oportunidade para o pequeno produtor implementar ILPF (Figura 1).

Finalmente, nas caixas amarelas estão as ações promovidas pelo Projeto, que serão detalhadas a seguir, junto com algumas questões que ocorreram nesse processo. Para depois ser apresentada uma síntese dos resultados alcançados.

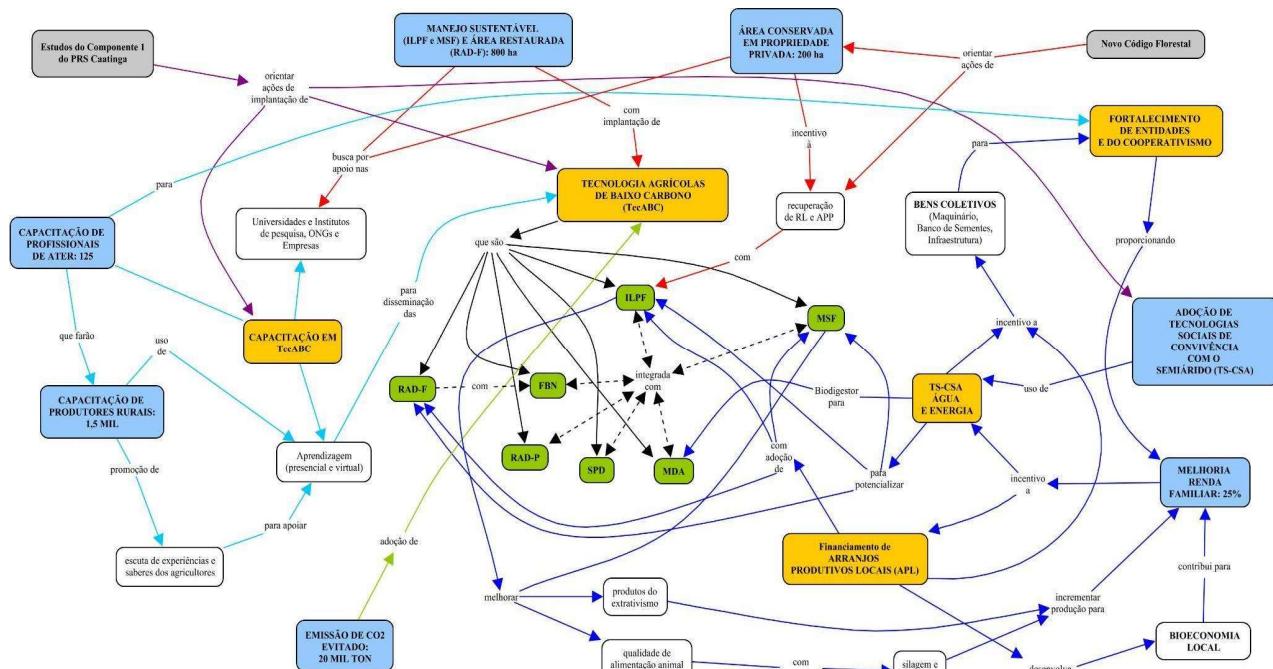


Figura 1. Mapa mental com metas e estratégias para implementação das TecABC. Fonte: Elaborado pelos autores. Nota: Caixas azuis: metas do PRS Caatinga; caixas amarelas: as ações do Projeto; caixas cinza: documentos de apoio; caixas verdes: as TecABC. As cores das setas indicam as conexões de cada grupo de meta.

Figure 1. Mind map with goals and strategies for implementing Low-Carbon Agricultural Technologies (LCAT). Source: Elaborated by the authors. Notes: Blue boxes: PRS Caatinga goals; yellow boxes: Project actions; gray boxes: supporting documents; green boxes: LCAT; white boxes: means and without box, the links. The colors of the arrows indicate the connections of each goal group.

3.2. Agricultura de Baixo Carbono

As questões que permeiam a produção agropecuária foram identificadas e foi verificado o potencial do bioma para a inserção das TecABC em seu sistema produtivo, desde que seja feita a partir da integração com outras políticas públicas.

O PRS Caatinga mostrou ser possível implantar TecABC nesse bioma, considerando o conhecimento tradicional, as especificidades locais com adaptações e inovações voltadas para suas aptidões produtivas, fortalecendo o seu uso sustentável e conservando a biodiversidade (BARRETO, 2024). Ao serem implantadas de forma diferenciada e com manejo adequado, as TecABC têm mais chance de serem bem-sucedidas e resilientes às mudanças no clima (RANGEL et al., 2020).

Existe uma grande sinergia entre as TecABC na Caatinga, principalmente no que tange à conservação do solo, ao controle da erosão, ao armazenamento de água e à garantia da segurança alimentar.

No mapa mental (Figura 1), nota-se que a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é a TecABC central, mais indicada para a Caatinga por ser completa e sua implementação é, inclusive, incentivada como política pública (Lei 12.805/ 2013) (BRASIL, 2013). Essa integração combina diferentes sistemas produtivos (agrícolas, pecuários e florestais) numa mesma área, de forma a criar uma associação positiva entre as atividades envolvidas, formando um agroecossistema, que amplia a resiliência e a conservação dos recursos naturais (SILVA et al., 2021; VINHOLIS et al., 2021).

As informações dos cultivos temporários, cultivos permanentes, pecuária e extrativismo, analisadas por Tavares et al. (2020a), ajudaram no planejamento de sistemas produtivos integrados das regiões do Projeto. A ILPF atua como uma tecnologia guarda-chuva neste bioma, podendo ser associada a outras TecABC, como a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), Sistema de Plantio Direto (SPD) e o Manejo Sustentável de Floresta (MSF); além de poder ser utilizada para a recuperação de áreas degradadas com floresta (RAD-F) ou com pasto (RAD-P).

As áreas a serem restauradas (Figura 1) foram recuperadas com RAD-F, ou RAD-P e com ILPF. Os pastos, tradicionalmente estratificados, além de gramíneas são constituídos por espécies arbóreas e arbustivas, nativas ou adaptadas à Caatinga, e há cercamento da vegetação e rotação de pasto para permitir que as plantas se regenerem (FABRICANTE et al., 2017). Para a meta de manejo foi implantada a ILPF e o MSF, com o enriquecimento com espécies nativas. As áreas de vegetação nativa foram mapeadas dentro de cada propriedade e conservadas (CIANCIO et al., 2024).

A grande importância do MSF é incentivar o produtor a manter a vegetação nativa da propriedade, evitando o desmatamento e contribuindo com a conservação da biodiversidade, o enriquecimento e proteção do solo, a proteção de rios e nascentes e o favorecimento de um microclima mais ameno (TAVARES et al., 2020b).

O MSF e a ILPF estão diretamente ligados à provisão de alimentos para os animais (ruminantes, abelhas etc.) e as informações levantadas sobre as condições das pastagens auxiliam a identificar áreas degradadas que podem ser destinadas à recuperação com essas tecnologias (TAVARES et al., 2020a).

Já a FBN, feita pelo consórcio e rotação de leguminosas com outras culturas, chamado de adubo verde, é uma estratégia muito eficiente tanto para a RAD quanto para a ILPF, pois fornece nitrogênio para as plantas sem o uso de aditivos, mitigando a emissão de GEE, especialmente óxido nitroso (FERNÁNDEZ-ORTEGA et al., 2023).

Quanto à cobertura do solo, que evita a sua exposição às intempéries, como é feito no SPD, também deve ser utilizada para melhorar a qualidade do solo, a retenção de umidade e o favorecimento do crescimento de microbiota. Entre estas tecnologias, entende-se que as mais indicadas para a Caatinga são a ILPF, a RAD e o MSF, por ampliarem a resiliência às mudanças climáticas e melhorarem a convivência com o semiárido. Vale ressaltar ainda que, outras iniciativas prévias já implantaram neste bioma, sistemas agrossilvipastoris para combater o excesso de pastoreio na caprinovinocultura, prejudicial à regeneração natural da vegetação e do solo e com manejo de pastagem rotativa (SEVILHA et al., 2021).

A eficiência do uso das TecABC provou ser viável quando potencializadas pela utilização de TS-CSA para captação e armazenamento de água e para energia, como sistemas fotovoltaicos e biodigestores. Além disso, o sucesso na propagação dessas TecABC passa pela inclusão de práticas notáveis, como: o plantio em nível, a cobertura do solo, o uso de leguminosas em pastagens e a introdução de componentes florestais nas pastagens, entre outras. Estas foram estruturadas especificamente para atender às demandas do PRS Caatinga, a partir da metodologia MAIS apresentada pelo Adapta Consultoria e Serviços LTDA (BARRETO, 2024).

Os estudos prévios permitiram o planejamento dessa ação com base no perfil socioeconômico, na produção agropecuária e APL existentes; bem como, identificaram a necessidade do fornecimento de ATER especializada.

A etapa de planejamento das atividades de implantação das TecABC foi decisiva para o sucesso do projeto e foi feita junto com as entidades parceiras, responsáveis pelos APL e sua equipe de ATER (BARRETO, 2024). A ILPF é a TecABC mais completa e eficiente pois abrange as outras tecnologias e, por essas razões, foi a mais implantada nos APL.

Nos croquis, há a inserção de três práticas comuns na agricultura sustentável: rotação, sucessão e consórcio de culturas, onde as plantas compartilham os mesmos recursos ambientais durante seu ciclo de vida. No consórcio, as plantas podem ser cultivadas ao mesmo tempo ou em períodos levemente diversos, favorecendo a interação entre as espécies e o ambiente (BARRETO, 2024).

O solo onde será implantada a TecABC é avaliado e preparado antes e a área é cercada para isolar os animais. Para isso, utilizou-se diversos equipamentos, como: subsolador, grade, escarificador, sulcador e arado. Como forma de monitoramento, durante a implantação das TecABC foram necessárias três visitas da coordenação técnica do Projeto (BARRETO, 2024).

3.3. Acompanhamento da Implantação das TecABC

Para acompanhamento da implantação das TecABC no PRS Caatinga foram utilizadas ferramentas desenvolvidas pela equipe de consultores da Adapta Consultoria e Serviços LTDA na Caatinga, projetadas para avaliar o impacto das ações de fortalecimento da agricultura regenerativa com foco

em práticas de resiliência climáticas e TecABC. As ações do projeto foram avaliadas sob as 3 diferentes perspectivas do desenvolvimento sustentável (social, econômica e ambiental) de forma sistêmica e estruturada, envolvendo diferentes etapas e instrumentos de avaliação.

O Diagnóstico Socioeconômico foi a primeira ferramenta utilizada e permitiu uma avaliação detalhada das condições sociais e econômicas das propriedades parceiras do Projeto, visando entender o contexto em que as TecABC estavam sendo introduzidas. A avaliação feita antes do início e após o término da implantação das tecnologias considerou fatores como a renda das famílias envolvidas, a disponibilidade de mão-de-obra, a infraestrutura local, o acesso a serviços básicos e a situação das propriedades agrícolas.

A segunda ferramenta, denominada Nota de Regeneração, serviu para avaliar se essas práticas estavam sendo aplicadas pelos produtores e de que forma. Um não uso ou um modo errado de aplicação resultava numa nota menor, indicando a necessidade de melhorias. No final da avaliação, o produtor recebia uma pontuação que variava entre de 0 a 100%, indicando a falta de uso (0%) ou o uso integral de todos os princípios relacionados a um manejo adequado do solo. Com uma avaliação no começo e outra no final da implantação da tecnologia foi possível estabelecer o avanço dos produtores em termos de adoção das TecABC em suas áreas.

A aplicação da Nota de Regeneração, além de analisar os sistemas produtivos, permitiu avaliar o impacto ambiental das TecABC e contribuir para a melhoria da resiliência dos ecossistemas locais, a conservação da biodiversidade e a redução das emissões de carbono na Caatinga. Essa ferramenta qualitativa, de baixo custo, permite monitorar a regeneração da fertilidade do solo e o progresso na implementação de práticas de agricultura regenerativa, indicando de forma semi-quantitativa como o solo está sendo melhorado para viabilizar e acelerar o processo de incorporação do carbono.

Essa abordagem sequencial no início e no final do Projeto permitiu uma avaliação comparativa do impacto das TecABC nas propriedades, com a possibilidade de identificar as mudanças e os benefícios resultantes da adoção dessas tecnologias, consolidando uma visão holística do sucesso das TecABC nas comunidades rurais da região.

3.4. Tecnologias Sociais de Convivência com o Semiárido (TS-CSA)

Na agricultura de sequeiro, predominante na Caatinga, quando há estiagem em períodos críticos de desenvolvimento da cultura e das mudas, o ideal é o produtor dispor de uma reserva hídrica para irrigação. Nesse sentido, é importante destacar que as TS-CSA são essenciais para a região, principalmente as que promovem o acesso à água. Dentre estas, as mais utilizadas e mais eficientes para serem associadas às TecABC foram as cisternas calçadão, barreiros, barragens base-zero, tanques ferro-cimento, sistemas de reuso de águas cinzas e o sistema de mangueiras com gotejamento pontual (CIANCIO et al., 2024).

A TecABC Manejo de Dejetos Animais (MDA) tem em comum com as TS-CSA de energia o biodigestor, um importante destino para os dejetos, estimulando a criação semiextensiva dos rebanhos para possibilitar a coleta do material (TAVARES et al., 2020a).

O PRS Caatinga não previa metas de MDA e, por isso, considerou os biodigestores como TS-CSA de energia. Ao final do Projeto, foram implementadas 99 unidades

energéticas, entre biodigestores, fogões agroecológicos - que fortalecem a economia, aumentando o valor agregado do produto no mercado, com o beneficiamento de produtos genuínos da Caatinga, como transformar frutas em geleia, compotas e doces; e placas solares, que serviram para bombeamento da água das cisternas para irrigação.

3.5. Capacitação em Assistência Técnica de Extensão Rural (ATER)

A assistência técnica de extensão rural (ATER) tem um papel crucial para o sucesso da divulgação e viabilização de tecnologias, além de ter impacto positivo na produção agropecuária e na convivência e resiliência à seca (CÓRDOBA et al., 2020; MILHORANCE et al., 2022).

Na Caatinga, a ATER é baixa, entre 2,1% e 11,7%, conforme identificado no estudo Panorama (IBGE, 2017); (TAVARES et al., 2020a). Além disso, há uma lacuna nos serviços de ATER para suprir a carência por atividades básicas de gestão, acesso a crédito e financiamento, que constituem ainda uma das principais fragilidades dos agricultores familiares (ALBAGLI; LEITÃO, 2020; RAMOS-SANDOVAL; MENDIBURU-DÍAZ, 2024).

O PRS Caatinga identificou a necessidade de se fazerem capacitações sobre as TecABC no bioma, antes do início das atividades de campo, bem como formações sobre outros tópicos relacionados, divididos em módulos de 30 horas cada: clima e solo, TS-CSA, TecABC na Caatinga, uso de ferramentas digitais no ensino e no ATER remoto, fortalecimento de APL, fontes de financiamento e crédito, acesso a mercados, cooperativismo, oportunidades e sustentabilidade, técnicas de registro de atividades no campo, metodologia de ensino e pesquisa e sobre elaboração de projetos.

Esta formação foi realizada em parceria com a Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e pautada por uma educação contextualizada, em um intercâmbio de ideias com agricultores e comunidades tradicionais, numa perspectiva mais integrada, conforme indicado por Albagli; Leitão (2020).

A capacitação especializada formou mais de 700 técnicos em ATER e esse conhecimento pode ser difundido entre outros produtores e outros estados. A capacitação teórica aconteceu durante a pandemia, em ambientes digitais e, posteriormente, o conteúdo prático foi ministrado em forma de visitas técnicas em diversos campos, reforçando os conhecimentos trocados durante as aulas teóricas.

Os 48 técnicos que trabalharam no Projeto e todos os coordenadores técnicos das entidades parceiras, participaram de uma imersão no campo de 15 dias, antes da implantação das TecABC, onde trocaram experiências sobre técnicas de melhoramento do solo, plantios e convivência com o semiárido.

Neste processo, é importante ressaltar que há uma tendência a afastar-se do modelo de transferência de tecnologia com abordagem “de cima para baixo” (*top down*) ao se buscar métodos de aprendizado e divulgação de novas tecnologias mais participativas entre os interessados (*bottom up*) (LINDOSO et al., 2018).

Devido à falta de articulação entre as políticas de ATER e outras políticas públicas, como é o caso da TecABC, houve a necessidade de integração e capacitação específica com outras políticas, que dialogam e trabalham em sinergia para viabilizar a implantação das tecnologias.

De acordo com Ciancio et al. (2024), o PRS Caatinga implantou as ações de TecABC, TS-CSA, Cooperativismo,

ATER e APL de forma integrada, reunidas num único pacote tecnológico, possibilitando a inserção do bioma nas discussões da Agenda de Adaptação às mudanças climáticas. A ATER foi executada de forma contínua, desde o preparo das áreas até a finalização da implantação das TecABC.

3.6. Fortalecimento de Arranjos Produtivos Locais (APL) e do Cooperativismo

A escolha das entidades parceiras para fortalecimento dos APL, com a utilização das TecABC, foi feita considerando a afinidade ao tema, trabalho prévio com agroecologia, sistemas agroflorestais e/ou TS-CSA.

A parceria do PRS Caatinga com as 20 entidades participantes, responsáveis pelos APL, alcançou 1.505 famílias de pequenos agricultores familiares, que puderam aprimorar seus conhecimentos em agroecologia e receberam assistência técnica para produzir de maneira mais sustentável, melhorando a qualidade do solo, a segurança alimentar e hídrica, promovendo o desenvolvimento socioeconômico local e fortalecendo o cooperativismo. A rede pode compartilhar a experiência com outras comunidades, municípios e estados, promovendo a criatividade e o desenvolvimento de soluções mais eficazes para a agricultura local (CIANCIO et al., 2024).

A estratégia de fortalecer o cooperativismo se mostrou eficiente para o desenvolvimento da produção regional, dando mais visibilidade e aumentando o mercado para os produtos da agricultura familiar. Ação semelhante foi feita pelo Projeto Bem Diverso ao incentivar o cooperativismo com a estruturação do extrativismo de frutos nativos no sertão baiano (SEVILHA et al., 2021).

A vocação econômica regional foi o ponto de partida para cada APL, onde cada entidade criou o seu próprio arranjo agroflorestal (croqui), com a definição das espécies e distribuição de espaços adequados, para não haver competição por recursos. Os produtores parceiros inseridos em cada APL replicavam as boas práticas sustentáveis, com o apoio da ATER disponibilizada pelo PRS Caatinga (BARRETO, 2024).

Os principais APL das regiões de atuação do Projeto, reestruturados com as TecABC, são: Caprinovinocultura (leite e corte), Bovinocultura, Apicultura, Hortifruticultura, Licuri e Agrossilvicultura. O fortalecimento do APL incentiva a pluriatividade dos produtores e a adaptação às mudanças climáticas. Desta forma, a propriedade estaria inserida em diversas cadeias produtivas e ativa o ano todo, inclusive durante o período de seca.

Cada APL teve seu plano de trabalho próprio e de acordo com as demandas apresentadas, o PRS Caatinga doou insumos às entidades, desde sementes e mudas a maquinários de pequeno porte, como tratores e roçadeiras, num valor em torno de 100 – 140 mil dólares para cada uma das 20 entidades (BARRETO, 2024; CIANCIO et al., 2024).

A caprinovinocultura predominou nos cinco estados, recuperando áreas degradadas com ILPF e aumentando a disponibilidade de alimentos para os ruminantes, conforme previsto no estudo de Tavares et al. (2020b). De fato, a maioria dos pequenos produtores da Caatinga tem essa atividade tanto para subsistência como para o comércio local.

A cadeia de hortifruticultura, tanto para consumo próprio quanto para comercialização, esteve presente entre os produtores de todos os estados e a dificuldade para implantação da ILPF e para organizar esse mercado foi

fortalecida pelo PRS Caatinga, corroborando as afirmações de Albagli; Leitão (2020).

A região de Monte Santo, no estado da Bahia, se destaca com a produção do Licuri, uma oleaginosa presente em suas terras e que vem ganhando escala comercial rapidamente, desde a alimentação dos rebanhos até a fabricação de alimentos, como azeites, sorvetes e cervejas e, recentemente, vem sendo utilizada para fabricação de cosméticos.

O Piauí serviu como um polo para implantação de ILPF para a apicultura, devido à experiência prévia com agroflorestas, que já apresentava 38% de arranjos agroflorestais frente ao cultivo convencional (TAVARES et al., 2020a) e, consequentemente, contribui para uma maior conservação de suas áreas naturais, conforme apresentado por Tavares et al. (2020b).

A criação de pastos apícolas pelas ações do PRS Caatinga com espécies diferentes daquelas encontradas nas áreas de conservação reforçou a aptidão regional, permitindo a manutenção das abelhas nos locais o ano todo, com o cultivo de espécies de florescem em épocas diferentes. Os demais estados também possuem atividades apícolas, porém em menor relevância dentro do Projeto. Uma grande inovação do Projeto aconteceu no município de Vera Mendes, no Piauí, onde foi criada a Cooperativa de Pequenos Produtores de Vera Mendes (COOPVM), com a sua própria Casa do Mel. O município de Bela Vista do Piauí também inaugurou uma casa de mel na Associação Carnaíbas.

Grande parte dos produtores tem baixa disponibilidade financeira para realizar investimentos altos e de longo prazo, tornando o cooperativismo a forma mais eficiente de desenvolver a bioeconomia na região (MAIA et al., 2018).

A adoção de melhores práticas agrícolas e de novas tecnologias como a ILPF, diversificação da produção, bem como acesso a insumos a preços acessíveis fortalece a bioeconomia, conforme destacado por Neves et al. (2021).

Nesse sentido, o PRS apoiou 07 (sete) entidades em maturidade comercial de seus produtos, por meio do desenvolvimento de planos de gestão e capacitação. O apoio ao desenvolvimento da bioeconomia local, sendo possível ampliar o acesso ao mercado para os produtos agrícolas resultantes do uso das TecABC (CIANCIO et al., 2024).

Sevilha et al. (2021), havia ressaltado outras iniciativas da sociobiodiversidade na Caatinga que agregam valor aos produtos produzidos pelos agroextrativistas, por conservarem, manejarem e restaurarem os agroecossistemas onde os sistemas produtivos estão inseridos.

De fato, há muitos benefícios econômicos advindos das TecABC para os APL, como o desenvolvimento da economia regional, o aumento de produtividade de forma resiliente; a diminuição da pobreza, a mitigação da emissão de GEE e a redução do desmatamento. A inserção das TecABC também cria oportunidades de acesso a mercados mais exigentes, que buscam produtos certificados por região geográfica, agricultura regenerativa e por carbono neutro.

3.7. PRS Caatinga em números

A implantação das TecABC (ILPF, MSF e RAD) na Caatinga é o principal legado do PRS Caatinga para o bioma. Ao final do Projeto, foram alcançadas 856 ha de áreas com ILPF e RAD, das 800 ha inicialmente previstas (Tabela 1). Para as áreas conservadas em propriedades rurais, eram previstos 200 ha, porém o mapeamento dessas áreas apresentou um total de 11.753 ha, que sofreram influência do

projeto por estarem nos limites geográficos dos 31 municípios e em propriedades privadas.

As 20 entidades dos APL foram responsáveis pela mobilização das 1.505 famílias, mais de 5 mil pessoas, com equidade de gênero (Quadro 1). No total, o Projeto implementou 1.331 Unidades Multiplicadoras (UM) de TecABC e 161 Unidades Demonstrativas (UD), sendo uma coletiva com 13 famílias.

Foram capacitados 700 técnicos agrícolas e, destes, 48 atuaram diretamente em ações do Projeto, de modo que essa troca de saberes e geração de conhecimento sobre TecABC possa ser difundida tanto entre os produtores quanto a ATER, fortalecendo a agricultura regenerativa de baixo carbono no bioma. O PRS Caatinga, ainda, promoveu a implantação de 48 TS-CSA relacionadas à captação e armazenamento de água e 99 unidades energéticas, entre biodigestores e fogões agroecológicos (CIANCIO et al., 2024).

O Projeto evitou um desmatamento de 244,16 ha com a sua presença nas propriedades (CIANCIO et al., 2024). A meta de emissão de dióxido de carbono evitadas (20.000 toneladas de CO₂) foi amplamente ultrapassada com as ações o PRS Caatinga atingindo 1.196.000 toneladas de CO₂,

considerando as áreas de vegetação natural da Caatinga mantida em pé e os 856 ha de área agrícola onde as TecABC foram implantadas.

As intervenções do PRS Caatinga estão associadas a mais de 29.000 ton CO₂ de emissões evitadas nas UDs e mais de 85.000 ton CO₂ de emissões evitadas nas UMs, totalizando, portanto, 114.744,71 ton CO₂ evitadas em áreas agrícolas implantadas pelo Projeto.

As emissões de carbono evitadas em áreas de implantação de TecABC, o desmatamento evitado e serviços ecossistêmicos para áreas de atuação do projeto são inéditos em propriedades privadas da Caatinga e foram calculados por pesquisadores da Embrapa Semiárido e Embrapa Agrossilvipastoril que prestaram consultoria ao PRS Caatinga. Isso representa um imenso passo para o bioma, que até então contava com poucas informações científicas coletadas diretamente no campo. Com esse dado em mãos é possível facilitar a busca das entidades para acesso a fundos e financiamentos voltados à adaptação e mitigação das mudanças climáticas. As TecABC proporcionaram diversos impactos ambientais positivos nas áreas do Projeto, a partir dos resultados das Notas de Regeneração, como pode ser observado no Quadro 2.

Tabela 1. Metas do PRS Caatinga e resultados alcançados com a implantação das TecABC.
Table 1. Goals of PRS Caatinga and the results achieved with the implementation of LCAT.

Meta	Estimada (2019)	Alcançada (2023)
Famílias agrícolas cadastradas	1.500	1.505
Profissionais ATER capacitados em TecABC	125	700
ILPF e RAD	800 ha	856 ha
Área conservada em propriedades privadas	200 ha	11.753 ha
Toneladas de CO ₂ evitadas	20.000	1.196.000 (total) 114.744,71 (em 856 ha)
TS-CSA de Água implementadas	12	48
TS-CSA de Energia implementadas	5	99
Desmatamento evitado	-	244,16 ha

Fonte: adaptada de Ciancio et al. 2024.

Source: adapted from CIANCIO et al., 2024.

Quadro 1. Perfil das famílias produtoras na Caatinga envolvidas no Projeto.

Box 1. Profile of producing families in the Caatinga involved in the Project.

5.072 pessoas envolvidas no Projeto	
2.511 mulheres	2.561 homens
75 % são casados ou com união estável	94 % residem na própria propriedade
79 % possuem energia elétrica	64 % possuem acesso à internet
20 % possuem Ensino Médio completo	39,5 % possuem Ensino Fundamental incompleto
11 % participam de cooperativas	76 % participam de alguma associação
71 % têm a propriedade familiar como principal fonte de renda	85 % são católicos

Fonte: adaptada de CIANCIO et al., 2024.

Source: adapted from CIANCIO et al., 2024.

3.8. Análise FOFA do PRS Caatinga

Uma análise qualitativa FOFA foi feita para esclarecer questões-chaves sobre o desenvolvimento e ações do Projeto e perspectivas futuras na produção agropecuária por meio da agricultura regenerativa de baixa emissão de carbono na

Caatinga. Esta análise apresenta as ações e legados deixados pelo PRS Caatinga, as metas alcançadas, benefícios à região e os contratemplos que podem ser evitados em futuros projetos, que ficam aqui registrados como lição aprendida (Quadro 3).

Quadro 2. Impactos ambientais nas áreas com as TecABC após 10 meses de implantação.

Box 2. Environmental impacts in areas with LCAT after 10 months of implantation.

- Aumento de cerca de 30% no uso de cobertura morta para proteção do solo;
- Aumento de 17% da utilização de plantas de cobertura na entressafra da cultura principal;
- Redução da erosão em 30% das propriedades;
- Aumento expressivo de 14% para 67% na adoção de plantio em curva de nível;
- 99% dos produtores não usam herbicidas em suas áreas agrícolas;
- Não há utilização de pesticidas e/ou fungicidas nos produtores parceiros do PRS Caatinga;
- Aumento expressivo de produtores que fizeram análises de solo, passando de 13% para 87%;
- Aumento de 40% no número de produtores que utilizam a adubação orgânica;
- Aumento de 30% no número de produtores que utilizam consórcios de plantas em suas áreas;

Implantação de tecnologias agrícolas de baixo carbono na caatinga: Projeto Rural Sustentável Caatinga

- Aumento de 19% no número de produtores que mantém um componente arbóreo no sistema;
- Aumento de 24% na poda do componente arbóreo;
- Aumento de 12% no número de produtores que fazem sucessão de espécies no sistema;
- Aumento de 32% no número de produtores que utilizam leguminosas para recuperação de áreas degradadas;
- Aumento de 33% para 64% no número de produtores que utilizam árvores forrageiras em seus pastos;
- Aumento de 20% no número de produtores que passaram a utilizar espécies arbóreas como quebra-ventos para reduzir o impacto dos ventos e melhorar a eficiência hídrica com o aumento de retenção de umidade no solo.

Fonte: adaptado de CIANCIO et al., 2024.

Source: adapted from CIANCIO et al., 2024.

De fato, o maior destaque do Projeto foi mostrar que é possível introduzir TecABC na Caatinga e, pela primeira vez,

calcular a emissão evitada de CO₂ na produção agropecuária do bioma. A capacitação para uso de TecABC proporcionou o aumento da eficiência produtiva da agropecuária e contribuiu para o fortalecimento do cooperativismo, com apoio à criação de uma nova cooperativa e à formação de uma rede de entidades organizada para fortalecer os arranjos produtivos locais. Essas ações podem alavancar o desenvolvimento da bioeconomia local.

Contudo, o Projeto precisaria de mais tempo para um maior acompanhamento e registrar a consolidação das TecABC implantadas. A inserção de produtores rurais de médio porte (com propriedades entre 10 a 50 ha), assentamentos rurais, territórios indígenas, quilombolas e comunidades extrativistas com maiores áreas poderiam ter sido contemplados pelas ações do Projeto, aumentando o seu alcance no bioma Caatinga.

Quadro 3. Análise da Força, Fraqueza, Oportunidade e Ameaça (FOFA) do PRS Caatinga.

Box 3. Strength, Weakness, Opportunity and Threat (SWOT) Analysis of PRS Caatinga.

Um balanço do PRS Caatinga

Força	Fraqueza
<ul style="list-style-type: none">- Associar mudanças climáticas e emissão de GEE à produção agropecuária da Caatinga;- Disseminação do conhecimento de TecABC para pequenos produtores agrícolas;- Aumento da eficiência produtiva com a implantação das TecABC;- Fortalecimento das ações de ATER por meio de capacitação especializada;- Estruturação e fortalecimento de APL;- Oferta de insumos agrícolas para as entidades e produtores;- Fortalecimento do Cooperativismo;- Fortalecimento da Bioeconomia na Caatinga;- Promoção de equidade de gênero entre os produtores;- Alcance e superação de todas as metas propostas.	<ul style="list-style-type: none">- Curto tempo para o monitoramento das TecABC implantadas;- Limitação das áreas de atuação dentro da Caatinga;- Muitos produtores em pequenas áreas;- Escolha de entidades sem aptidão bioeconómica;- Dificuldade para fortalecer solicitação de crédito;- Dificuldade para fazer o Cadastro Ambiental Rural (CAR) das propriedades participantes.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none">- Inserir e discutir a Agenda climática em pequenas comunidades, indígenas e quilombolas;- Fortalecimento das entidades locais;- Construção coletiva de rede de sustentabilidade;- Fortalecimento dos Arranjos Produtivos Locais (APL).	<ul style="list-style-type: none">- Pandemia do Covid-19 durante a capacitação;- Logística complexa para monitorar os 20 projetos;- Gestão complexa de 20 entidades e muitas pessoas envolvidas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Source: Authors.

5. CONCLUSÕES

As ações do PRS Caatinga serviram para a construção de uma estratégia de implantação das TecABC, que pode ser replicada e adaptada para pequenas propriedades da agricultura familiar deste e de outros biomas.

O ineditismo do PRS Caatinga foi a junção de várias ações, testadas em conjunto, para implantação das TecABC, o que mostrou a necessidade de se planejar políticas públicas integradas para que estas sejam eficazes para o desenvolvimento regional.

Os estudos analisados revelaram que as TS-CSA, apesar de cruciais para o desenvolvimento sustentável da agricultura local, de forma isoladas, não são suficientes para garantir a resiliência climática a longo prazo. Portanto, a implantação das TecABC, potencializadas pelas TS-CSA, por meio de capacitação e ATER, com a identificação de APL, fortalece o cooperativismo e a bioeconomia relacionados à agricultura familiar.

O produtor da Caatinga precisará de um pouco mais de tempo de prática e capacitação contínua para que as TecABC passem a fazer parte da sua produção e rotina como as TS-CSA já o fazem.

As TecABC são ferramentas para a adaptação às mudanças climáticas e segurança alimentar, e precisam ser estimuladas com financiamentos, políticas públicas e projetos, de médio a longo prazo, para maior eficiência do monitoramento das estimativas de emissões de GEE evitadas e servir como parâmetro para o bioma.

6. REFERÊNCIAS

- ALBAGLI, S.; LEITÃO, L. A. **Estudo sobre ATER para Tecnologias ABC no Semiárido.** Relatório Técnico. Projeto Rural Sustentável Caatinga (PRS CAATINGA). Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), 2020. Disponível

- em: [https://prscaitinga.org.br/IMG/pdf/cadernos-prscaitinga-ater-integral.pdf](https://prscaatinga.org.br/IMG/pdf/cadernos-prscaatinga-ater-integral.pdf) Acesso em: 20 dez 2023.
- ALVALÁ, R. C. S.; CUNHA, A. P. M. A.; BRITO, S. S. B.; SELUCHI, M. E.; MARENKO, J. A.; MORAES, O. L. L.; CARVALHO, M. A. Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. *Earth Sciences - Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 91, n. 1, e20170209, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720170209>
- ANUGA, S. W.; CHIRINDA, N.; NUKPEZAH, D.; AHENKAN, A.; ANDRIEU, N.; GORDON, C. Towards low carbon agriculture: systematic-narratives of climate-smart agriculture mitigation potential in Africa. *Current Research Environment Sustainability*, v. 2, e100015, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100015>
- BARRETO, R. C. **Manual de Implantação das Tecnologias Agrícolas de Baixo Carbono (TecABC) na Caatinga.** Relatório Técnico. Projeto Rural Sustentável Caatinga (PRS Caatinga). Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), 2024. 35p. Disponível em: https://prscaitinga.org.br/IMG/pdf/manual_tecabc_caaatinga_mar2024.pdf Acesso em: 10 abril 2024.
- BRASIL. Lei nº 12.187/2009 - **Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)**, 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm Acesso em: 12 abr 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **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., 2012a.
- BRASIL. **Novo Código Florestal** Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. 2012b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83 Acesso em: 20 jul 2022.
- BRASIL. Lei no. 12.805, de 29 de abril de 2013. Institui a **Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta** e altera a Lei no. 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2013.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. 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., 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria MAPA nº 471, de 10 de agosto de 2022, **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária - ABC + para o período 2020 – 2030.** 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-map-a-n-471-de-10-de-agosto-de-2022-421902518>
- CIANCIO, P.; BARRETO, R.; GEMUNDER, L.; LEITÃO, P.; BRAGA, J. **PRS Caatinga: uma trajetória de inovação no semiárido brasileiro.** Trad. David Hathaway. 1 ed. Rio de Janeiro: Ed. dos Autores, 2024. 74p. Disponível em: https://prscaitinga.org.br/IMG/pdf/livro-prsc_d9631.pdf Acesso em: 25 mar 2024.
- CÓRDOBA, C.; TRIVIÑO, C.; CALDERÓN, J. T. Agroecosystem resilience. A conceptual and methodological framework for evaluation. *Plos One*, v. 15, n. 4, e0220349, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220349>
- FABRICANTE, J. L.; ARAÚJO, K. C. D. de; MANFIO, M.; SIQUEIRA FILHO, J. A. de. Mortalidade de mudas de espécies nativas sob efeito do pastejo de caprinos, ovinos e emas: implicações para projetos de recuperação/restauração de áreas degradadas na caatinga. *Nativa*, v. 5, n. 6, p. 410-413, 2017. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v5i6.4465>
- FERNÁNDEZ-ORTEGA, J.; ÁLVARO-FUENTES, J.; CANTERO-MARTÍNEZ, C. The use of double-cropping in combination with no-tillage and optimized nitrogen fertilization reduces soil N₂O emissions under irrigation. *Science of the Total Environment*, v. 857, e159458, 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159458>
- IBGE_Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário** 2017. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html Acesso em: 10 dez 2019.
- LINDOSO, D. P.; EIRÓ, F.; BURSZTYN, M.; RODRIGUES-FILHO, S.; NASUTI, S. Harvesting Water for Living with drought: insights from the Brazilian human coexistence with semi-aridity approach towards achieving the sustainable development goals. *Sustainability*, v. 10, e622, 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/su10030622>
- MILHORANCE, C.; LE COQ, J. F.; SABOURIN, E.; ANDRIEU, N.; MESQUITA, P.; CAVALCANTE, L.; NOGUEIRA, D. A policy mix approach for assessing rural household resilience to climate shocks: Insights from Northeast Brazil. *International Journal of Agricultural Sustainability*, v. 20, n. 4, p. 675-691, 2022. <http://dx.doi.org/10.1080/14735903.2021.1968683>
- MAIA, A. G.; CESANO, D.; MIYAMOTO, B. C. B.; EUSEBIO, G. S.; SILVA, P. A. O. Climate change and farm-level adaptation: the Brazilian Sertão. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, v. 10, n. 5, p. 729-751, 2018. <http://dx.doi.org/10.1108/IJCCSM-04-2017-0088>
- NEVES, M. C. R.; SILVA, F. F.; FREITAS, C. O.; BRAGA, M. J. The role of cooperatives in Brazilian agricultural production. *Agriculture*, v. 11, e948, 2021. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100948>
- OLIVEIRA SANTOS, N.; MACHADO, R. A. S.; GONZÁLEZ, R. C. L. Identification of levels of anthropization and its implications in the process of desertification in the Caatinga Biome (Jeremoabo, Bahia-Brazil). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, v. 48, n. 1, p. 41-57, 2022. <http://dx.doi.org/10.18172/cig.5212>

- PÉREZ-MARIN, A. M.; ROGÉ, P.; ALTIERI, M. A.; FORERO, L. F. U.; SILVEIRA, L.; OLIVEIRA, V. M.; DOMINGUES-LEIVA, B. E. Agroecological and social transformation for coexistence with semi-aridity in Brazil. *Sustainability*, v. 9, e990, 2017. <http://dx.doi.org/10.3390/su9060990>
- RAMOS-SANDOVAL, R.; MENDIBURU-DÍAZ, C. Why do small farmers have less access to credit? a microdata analysis of the Peruvian case. *Nativa*, v. 12, n. 2, p. 215-225, 2024. <https://doi.org/10.31413/nativa.v12i2.16758>
- RANGEL, J. H. A.; MORAES, S. A.; TONUCCI, R. G.; AMARAL, A. J.; ZONTA, J. H.; SOUZA, S. F. SANTOS, R. D.; MUNIZ, E.N.; PIOVEZAN, U. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: uma análise temporal de sua utilização no Semiárido brasileiro. *Revista Científica de Produção Animal*, v. 22, n. 2, p. 81-89, 2020. <http://dx.doi.org/10.5935/2176-4158/rcpa.v22n2p81-89>.
- SEVILHA, A. C.; SCARIOT, A.; MATIAS, R. A. M.; ÁVILA, J. C. C.; NASCIMENTO, M. M; VIUDES, P. **Projeto Bem Diverso Sustenta e Inova: integrando conservação e uso sustentável da biodiversidade às práticas produtivas de produtos florestais não madeireiros e sistemas agroflorestais em paisagens florestais de múltiplo uso e alto valor de conservação.** Brasília, DF: Projeto Bem Diverso - Embrapa/Pnud/GEF. 2021. Disponível em: <http://www.bemdiverso.org.br/>. Acesso em: 27/05/2024.
- SILVA, J. H. C. S.; BARBOSA, A. S.; ARAÚJO, M. B.; GOMES, D. S.; MIRANDA, A. A. C.; AQUINO, I. S. Indicadores qualitativos do ambiente edáfico e serviços ecossistêmicos em diferentes sistemas de ocupação da terra. *Nativa*, v. 9, n. 5, p. 519-527, 2021. <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i5.13079>
- 692
- TAVARES, B. G., GUIMARÃES, G. P., ANTUNES, V. Z. **Panorama dos Municípios Prioritários.** Relatório Técnico. Projeto Rural Sustentável Caatinga (PRS CAATINGA). Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), 2020a. 146p. Disponível em: <https://prscatinga.org.br/IMG/pdf/cadernos-prs-caatinga-panorama-integral.pdf> Acesso: 12 nov 2023.
- TAVARES, B. G.; GUIMARÃES, G. P.; ANTUNES, V. 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), 2020b. 151p. Disponível em: https://prscatinga.org.br/IMG/pdf/cadernos-prs-caatinga-tec-abc-na-caatinga-25-jan_v2.pdf Acesso em: 17 out 2023.
- VINHOLIS, M. M. B.; SOUZA FILHO, H. M.; SHIMATA, I.; OLIVEIRA, P. P. A.; PEDROSO, A. F. Economic viability of a crop-livestock integration system. *Ciência Rural*, v. 51, n. 2, e20190538, 2021. DOI: 10.1590/0103-8478cr20190538.
- WHEELDON, J.; AHLBERG, M. Mind Maps in Qualitative Research. In: LIAMPUTTONG, P. (Ed.). **Handbook of Research Methods in Health Social Sciences.** Singapore: Springer, 2019. p. 1113-1129.
- XIONG, C.; YANG, D.; HUO, J.; ZHAO, Y. The relationship between agricultural carbon emissions and agricultural economic growth and policy recommendations of a Low-carbon agriculture economy. *Polish Journal of Environmental Studies*, v. 25, n. 5, p. 2187-2195, 2016. <http://dx.doi.org/10.15244/pjoes/63038>

Agradecimentos: O Projeto Rural Sustentável Caatinga foi realizado com recursos do Financiamento Internacional para o Clima-ICF do Governo do Reino Unido e cooperação com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), tendo o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) como beneficiário institucional e executado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS). Agradecemos à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado. Agradecimento à Bruna Guerreiro Tavares pelo auxílio na elaboração do mapa mental e revisão do manuscrito.

Contribuição dos autores: V.Z.A.M. – conceitualização, metodologia, investigação ou coleta de dados, redação (original); R.C.B. - conceitualização, metodologia, redação (revisão e edição), validação; M.A.V.F. administração ou supervisão, redação (revisão e edição), validação. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Revisão por comitê institucional: Não aplicável.

Comitê de Ética: Não aplicável.

Disponibilidade de dados: Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente via e-mail.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.