



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO (PROPPG)  
MESTRADO ACADÊMICO EM SOCIOBIODIVERSIDADE E TECNOLOGIAS  
SUSTENTÁVEIS (MASTS)**

**LEILIANE CARVALHO BARBOSA REINHOLEZ**

**CARTILHA VERDE: CONTRIBUIÇÃO PARA USO DE ADUBAÇÃO VERDE POR  
AGRICULTORES FAMILIARES**

**REDENÇÃO – CE  
2023**

**LEILIANE CARVALHO BARBOSA REINHOLEZ**

**CARTILHA VERDE: CONTRIBUIÇÃO PARA O USO DE ADUBAÇÃO VERDE POR  
AGRICULTORES FAMILIARES**

Dissertação do Curso de Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis – MASTS, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB.  
Orientador: Maria Ivanilda de Aguiar

**REDENÇÃO – CE  
2023**

## Ficha catalográfica

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Sistema de Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Reinholez, Leiliane Carvalho

Barbosa.P293c

Cartilha verde: Contribuição para uso de adubação verde por agricultores familiares / Leiliane Carvalho Barbosa Reinholez. -Redenção, 2024.  
82f: il.

Dissertação - Curso de Sociobiodiversidade E Tecnologias Sustentáveis, Mestrado Acadêmico Em Sociobiodiversidade E Tecnologias Sustentáveis, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2024.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Ivanilda de Aguiar.

1. Adubação verde. 2. Agricultura familiar. 3. Sustentabilidade e saúde do solo.  
I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 631.874

---

**LEILIANE CARVALHO BARBOSA REINHOLEZ**

**CARTILHA VERDE: contribuição para o uso de adubação verde por agricultores familiares**

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me./Dra. Maria Ivanilda de Aguiar  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

---

Prof. Me./Dra. Aiala Vieira Amorim  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

---

Prof. Me./Dra. Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

## **AGRADECIMENTOS**

Quero iniciar expressando minha imensa gratidão a Deus por ter-me dado saúde e força para superar as adversidades e tornar possível todas as conquistas em minha jornada, não apenas durante os anos acadêmicos, mas em todos os aspectos da vida. Um agradecimento sincero é estendido à instituição que me acolheu, pela rica oportunidade de crescimento cultural, humano e intelectual. As interações com indivíduos de diversas culturas e crenças enriqueceram profundamente minha experiência, deixando marcas que serão levadas por toda a vida.

A minha orientadora, estendo meu profundo agradecimento pelo conhecimento compartilhado e pela demonstração de caráter e afeto no decorrer da minha formação profissional e educacional. Obrigada por sua orientação e apoio genuíno.

Minha gratidão também vai para minha família, cuja humildade, perseverança e incentivo incondicional foram fundamentais. Eles me ensinaram valiosas lições de vida e a compreender que, apesar de suas injustiças, ela também é repleta de oportunidades e aprendizado.

Aos meus colegas e amigos que estiveram ao meu lado, agradeço por toda a ajuda e apoio durante este percurso. Cada um de vocês teve um papel essencial na minha jornada acadêmica.

## RESUMO

A iniciativa de semear adubos verdes surge como uma promessa de sustentar uma prática agrícola mais amigável ao meio ambiente em Sussuanha, cultivando um solo mais saudável para as futuras gerações. Esta pesquisa foi conduzida com o propósito de fomentar a utilização de espécies como mucuna e crotalária, visando adotar práticas agrícolas mais sustentáveis na agricultura familiar local. A metodologia empregada abrangeu uma revisão bibliográfica sobre os benefícios das leguminosas mencionadas, aplicação de questionário aos agricultores da região para compreender suas práticas atuais e conhecimento sobre adubação verde e elaboração de uma cartilha para orientar os agricultores na adoção da prática da adubação verde. Os resultados revelaram que 60% dos agricultores reconhecem a importância da saúde do solo, 40% utilizam compostos orgânicos para adubar suas plantações, porém apenas 10% afirmaram conhecer adubos verdes e seus benefícios para saúde do solo e produtividade dos cultivos. A necessidade de desenvolver uma cartilha informativa, a Cartilha Verde, sobre adubação verde foi identificada como suporte colaborativo ao final do projeto. Esta foi distribuída aos participantes da pesquisa. Também foi observada a falta de visitas técnicas para a promoção de outras práticas de adubação, destacando-se o desafio da poluição como uma preocupação central, dita por eles. Para maximizar os benefícios das espécies de mucuna e crotalária localmente, é essencial envolver diversos atores, incluindo a adaptação de políticas públicas, pesquisas adaptativas, assistência técnica qualificada e estratégias educacionais contextualizadas que promovam uma maior interação entre agricultores, pesquisadores e técnicos para aplicação de práticas sustentáveis.

**Palavras-chave:** adubação verde; agricultura familiar; sustentabilidade e saúde do solo.

## **ABSTRACT**

The initiative of sowing green manures emerges as a promise to sustain a more environmentally friendly agricultural practice in Sussuanha, cultivating a healthier and more vibrant soil for future generations. This research was conducted with the purpose of promoting the use of species such as mucuna and crotalaria, aiming to adopt more sustainable agricultural practices in local family farming. The methodology employed encompassed a literature review on the benefits of the mentioned legumes, as well as the application of questionnaires to farmers in the region to understand their current practices and knowledge about green manure. The results revealed that 60% of the farmers recognize the importance of soil health, with 40% using other organic compounds to fertilize their crops. The need to develop an informative booklet, the Green Manure Guide, was identified as collaborative support at the end of the project. This was distributed to the research participants. The lack of technical visits to promote other fertilization practices was also observed, highlighting the challenge of pollution as a central concern expressed by them. To maximize the benefits of mucuna and crotalaria species locally, it is essential to involve various actors, including the adaptation of public policies, adaptive research, qualified technical assistance, and contextualized educational strategies that promote greater interaction between farmers, researchers, and sustainable practices.

**Keyword:** green manure; family farming; sustainability and soil health.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>08</b>
<b>2.1 Uso da adubação verde no Brasil e seus benefícios.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Manejo e cultivo da mucuna preta e crotalária.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 A ideia da sustentabilidade que envolve a pesquisa com mucuna preta e crotalária.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.2626</b>	
<b>familiar2619</b>	
<b>2.32323225</b>	
<b>2.3.3 Responsabilidade ambiental na agricultura: Cuidando do solo, da água e da biodiversidade para um futuro sustentável. ....</b>	<b>28</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Percepção dos agricultores quanto ao manejo, qualidade do solo e adubos verdes.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 56.....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.1 Mucuna e crotalária: características e usos múltiplo.....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.2 Potencial de consórcios produtivos com mucuna e crotalária.....</b>	<b>50</b>
<b>4.2.3 Impacto Ambiental e Sustentabilidade da adubação verde com mucuna preta e crotalária6254</b>	
<b>4.3 Cartilha verde Adubação verde como proposta de beneficiamento do solo em pequenas áreas de Sussuanha Guaraciaba do Norte.....</b>	<b>57</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>71</b>

## INTRODUÇÃO

A agricultura, ao longo da história, tem sido um pilar essencial para o avanço e prosperidade da humanidade. No entanto, quando conduzida de maneira não sustentável, pode acarretar consequências danosas para o meio ambiente. A urgência em modificar esse paradigma se torna evidente, sendo crucial a adoção de práticas agrícolas ecologicamente equilibradas para assegurar a integridade ecológica do nosso planeta e a segurança alimentar das gerações futuras. Os prejuízos provocados por atividades agrícolas inadequadas têm impactos significativos e muitas vezes irreversíveis no ambiente, conforme apontado por Amasifuen, Lage e Souza (2010, citados pelo PNUMA). Um exemplo disso são as queimadas como processo de limpeza do solo após a colheita.

De acordo com Filho,(apud JÚNIOR, 2012) as queimadas ainda existentes como forma de preparo do solo e frequentemente utilizadas por agricultores na região Nordeste do Brasil, não apenas prejudicam o solo, mas também promove um aspecto da degradação ambiental, levando à escassez dos nutrientes essenciais à agricultura ao longo do tempo. As queimadas acarretam inúmeras consequências termodinâmicas para o solo. Os danos derivam da eliminação do material vegetal, que poderia ser incorporado ao solo ou mantido em sua superfície para regular a temperatura, evitar a erosão e a evaporação da água. Mesmo que as cinzas elevem o teor de cálcio e potássio, promovendo maior produtividade nas primeiras safras, não significa que a técnica tenha uma fertilidade aumentada, pois as cinzas são facilmente dispersadas pelo vento e/ou arrastada pela água da chuva, tornando o solo suscetível à erosão e a ação direta da irradiação solar. Assim, são necessárias alternativas que promovam a produtividade do solo, mantendo sua qualidade física, química e biológica. Neste sentido, uma das técnicas de conservação do solo amplamente divulgada na literatura científica é a adubação verde (NOGUEIRA et al., 2012)

Pesquisas com algumas espécies de leguminosas têm se mostrado bastante promissora. Um estudo realizado em Minas Gerais, por exemplo, mostrou que a utilização de *Mucuna pruriens* na adubação verde pode aumentar a produtividade da soja em até 30%. Já a *Crotalaria juncea* tem sido utilizada em áreas degradadas para recuperar a fertilidade do solo e promover a fixação de carbono (CORDEIRO et al., 2018). Além disso, a adubação verde tem outras vantagens, como a redução do uso de fertilizantes químicos, que podem ser prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. Também contribui para o aumento da biodiversidade e da resiliência dos

sistemas produtivos, além de promover a adaptação às mudanças climáticas (WILDNER, 2014).

Para incentivar a utilização da adubação verde e melhorar a qualidade do solo de forma sustentável, foi relevante apresentar informações na Cartilha Verde aos agricultores sobre a importância e contribuição da adubação verde para produtividade das plantas. Como salientado por Penteado (2010), o desequilíbrio ambiental é resultado direto de práticas inadequadas que negligenciam a preservação dos recursos naturais, como solo, flora, fauna e mananciais de água. Isso é particularmente essencial em contextos de agricultura familiar, como no distrito de Sussuanha, localizado em Guaraciaba do Norte-CE, onde a preservação do ambiente é crucial para a continuidade dessa prática agrícola e a saúde do ecossistema local, sobretudo o solo. Sendo este um substrato heterogêneo composto não apenas por partículas minerais, mas também por elementos biológicos e químicos, requer uma abordagem holística. A sustentabilidade, tema que emergiu já no século XIX em resposta aos desafios impostos pela revolução industrial e pelo consumo desenfreado, torna-se, portanto, essencial para atenuar os impactos ambientais negativos, como poluição atmosférica, desmatamento e poluição do solo e das águas.

Os agricultores de Sussuanha utilizam o esterco bovino como principal adubo, porém outras estratégias são necessárias para potencializar a conservação do solo e contribuir para produção agrícola sustentável. Segundo Alves (2006), a adubação verde no semiárido causa um diferencial na melhoria do solo, por incrementar os teores de nutrientes e aportar matéria orgânica no solo por um menor custo, quando comparada a outras práticas de adubação. Comparando esse processo ao uso de esterco convencional, a proposta de adubos verdes apresenta diversas vantagens como a capacidade de reter água da chuva, prevenir a erosão, aumentar a fertilidade do solo e contribuir para recuperar áreas em processo de degradação pelo uso intensivo da terra.

Neste contexto o objetivo geral desse trabalho foi difundir o uso da adubação verde na melhoria da qualidade do solo e da produtividade da agricultura familiar no espaço agrícola. Especificamente, pretendeu-se: a) captar, através dos questionários, as percepções dos agricultores quanto os cuidados com o solo e seus conhecimentos a respeito da adubação verde; b) realizar uma revisão bibliográfica sobre os benefícios das leguminosas usadas na adubação verde, sobretudo as espécies *Mucuna pruriens* e *Crotalaria juncea*; e, c) produzir um informativo sobre

adubação verde com *Mucuna pruriens* e *Crotalaria juncea* para orientar ao agricultores quanto a seus usos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Uso da adubação verde no Brasil e seus benefícios**

A adubação verde é uma prática agrícola que tem se tornado cada vez mais comum no Brasil. Essa técnica consiste no plantio de plantas de cobertura em áreas agrícolas com propósito de melhorar a qualidade do solo e aumentar a produtividade das culturas subsequentes. No entanto, essa prática não é nova e tem uma história que remonta há décadas (CORDEIRO et al., 2018).

No Brasil, a adubação verde teve seu início na década de 1930, quando sete pesquisadores começaram a estudar a viabilidade do plantio de plantas de cobertura. Nessa época, a prática era vista como uma forma de combater a erosão do solo e aumentar a produção de alimentos. Os primeiros experimentos com plantas de cobertura foram realizados em áreas degradadas no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina (ROSSI; CARLOS, 2014).

A adubação verde só começou a ser difundida na década de 1950, quando a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) iniciou um programa de pesquisa e difusão da técnica. A partir daí, a adubação verde se tornou uma prática cada vez mais comum entre os agricultores brasileiros (ZACARIAS et al., 2020).

De acordo com Rossi e Carlos (2014), uma das principais vantagens da adubação verde é que ela ajuda a melhorar a qualidade do solo, sendo que, as plantas de cobertura fixam nitrogênio, o que aumenta a disponibilidade desse nutriente para as culturas subsequentes. Além disso, as raízes destas plantas ajudam a melhorar sua estrutura, aumentando a capacidade de retenção de água e reduzindo a erosão.

Outra vantagem da adubação verde é que ela diminui a necessidade do uso de fertilizantes químicos, pois fornecem nutrientes para o solo, que são disponibilizados às culturas seguintes. Isso pode levar a uma redução nos custos de produção e reduzir o impacto ambiental da agricultura (CORDEIRO et al., 2018).

Existem diversas espécies de plantas de cobertura que podem ser utilizadas, dependendo das condições locais. Para isso, é importante lembrar que a

adubação verde não é uma solução mágica para todos os problemas do solo. Ela deve ser utilizada de forma adequada, levando em conta as características locais e das culturas que serão plantadas posteriormente (AMABILE; CARVALHO, 2006).

Com a chegada dos colonizadores europeus, a agricultura brasileira passou por profundas transformações, sendo a monocultura a principal forma de produção agrícola durante muitos anos. Entretanto, a partir do século XX, com a introdução de novas técnicas e tecnologias, a adubação verde passou a ser vista como uma alternativa mais sustentável e eficiente para a agricultura (ZACARIAS et al., 2020).

A adubação verde é aplicada com o objetivo de encontrar alternativas sustentáveis para a produção agrícola. Uma das principais vantagens dela é a sua capacidade de melhorar a fertilidade do solo de forma natural, sem a necessidade de produtos químicos que possam ser prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. Além disso, ela ajuda a reduzir a erosão do solo e a proteger os recursos hídricos, contribuindo para a preservação dos ecossistemas (SOUSA, 2011).

A introdução da adubação verde no Brasil foi um marco importante para o desenvolvimento de técnicas agrícolas mais sustentáveis. A partir do século XX, com o apoio de instituições de pesquisa como a Embrapa, essa prática começou a ser estudada e difundida em maior escala no país (ZACARIAS et al., 2020).

Um dos grandes desafios iniciais foi a identificação de espécies vegetais adequadas para utilização como adubos verdes nas variadas condições edafoclimáticas brasileiras. Testes foram realizados com diversas plantas, tanto leguminosas, com maior capacidade de fixação de nitrogênio, como gramíneas e outros grupos. Buscou-se consolidar protocolos de cultivos mais apropriados aos diferentes biomas e tipos de solo e de sistemas produtivos (AMABILE; CARVALHO, 2006).

Conforme se ampliava o conhecimento sobre as vantagens da adubação verde, maior era a adesão de agricultores a essa prática. Além dos ganhos em fertilidade do solo de forma mais sustentável, também se verificou aumento na produtividade das culturas em rotação ou sucessão às plantas de cobertura, em comparação ao uso exclusivo de corretivos e fertilizantes químicos (ROSSI; CARLOS, 2014). Isto se deve especialmente à melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo promovida pela adubação verde. A decomposição da massa vegetal gera incremento nos teores de matéria orgânica, maior agregação das

partículas do solo, mais nutrientes disponíveis e equilíbrio no pH. Também favorecem os micro-organismos benéficos, como fixadores de nitrogênio e solubilizadores de fósforo (CORDEIRO et al., 2018).

Todos esses efeitos refletem na maior produtividade e qualidade nutricional das culturas, como demonstrado em diversos experimentos com mucuna, crotalária e outras plantas de cobertura antecedendo lavouras de grãos, oleícolas, frutíferas ou forrageiras. Verificou-se ainda o potencial da adubação verde no controle de nematóides, maior tolerância a estresses hídricos e térmicos e redução no uso de agrotóxicos (PAÇO, 2016).

A introdução de leguminosas na adubação verde foi particularmente vantajosa pela sua alta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico. Como o N é um dos nutrientes mais limitantes para o crescimento vegetal e dispendioso na forma de fertilizantes sintéticos, o “aporte biológico” desse elemento representou grande economia e sustentabilidade (AMABILE; CARVALHO, 2006).

Estudos mais aprofundados também revelaram o potencial de algumas plantas de cobertura no sequestro de carbono no solo. É o caso de mucuna, crotalária, milho e sorgo. Elas podem armazenar entre 1000 e 4000 kg de carbono por hectare na camada de 0 a 20 cm do solo. Isso contribui para mitigar as mudanças climáticas, além de ser uma reserva de matéria orgânica de liberação gradual (ZACARIAS et al., 2020).

A mucuna preta e a crotalária são duas plantas utilizadas na adubação verde no Brasil. A mucuna preta é uma leguminosa que ajuda a fixar o nitrogênio do ar no solo, além de promover o controle de plantas invasoras e melhorar a estrutura do solo. Já a crotalária é uma planta rica em nutrientes que pode ser utilizada como adubo verde, cobertura do solo e até mesmo como forragem para animais (WILDNER, 2014).

De acordo com Paço (2016), apesar dos benefícios da adubação verde, ainda há muitos desafios a serem enfrentados. Um deles é a falta de conhecimento técnico por parte dos agricultores sobre a utilização das plantas de cobertura. Além disso, é preciso desenvolver mais pesquisas para entender melhor os efeitos da adubação verde sobre a produtividade e a qualidade das culturas.

Em suma, a adubação verde é uma técnica agrícola que tem uma longa história no Brasil e vem ganhando cada vez mais importância nos últimos anos. A

utilização de plantas de cobertura como *Mucuna pruriens* e *Crotalaria juncea* pode trazer inúmeros benefícios para a agricultura, o meio ambiente e a sociedade como um todo. Porém, é preciso investir em pesquisa e capacitação técnica para que essa prática possa ser amplamente adotada pelos agricultores brasileiros. Conforme a adubação verde foi sendo difundida e aprimorada no país, seus benefícios ficaram mais evidentes, atraindo maior adoção entre os produtores rurais. As pesquisas também continuam em busca de novas opções de plantas de cobertura e manejos mais eficientes dessa prática sustentável, que constitui hoje uma das principais alternativas para uma agricultura ecologicamente equilibrada e economicamente viável no contexto brasileiro.

## **2.2 Manejo e cultivo da mucuna preta e da crotalária**

A *mucuna preta* e a *crotalária* são plantas leguminosas tropicais que crescem rapidamente e possuem uma capacidade significativa de fixar nitrogênio do ar. A *mucuna preta* é uma trepadeira anual que pode crescer até 3 metros de altura, enquanto a *crotalária* é uma planta anual ou perene que pode crescer até 1,5 metros. Ambas as plantas são cultivadas como plantas de cobertura devido à sua capacidade de melhorar a qualidade do solo e reduzir a erosão (CARVALHO *et al.*, 2015).

Antes de iniciar o cultivo da *mucuna preta* e da *crotalária*, é necessário fazer uma análise do solo para determinar a disponibilidade de nutrientes e pH. Ambas as plantas preferem solos com pH entre 5,5 e 7,5 e requerem uma quantidade adequada de nutrientes, incluindo fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Além disso, o preparo adequado do solo é essencial para o sucesso do cultivo dessas plantas de cobertura (RAMOS *et al.*, 2018). Portanto, dependendo dos resultados, pode ser necessário realizar correção da acidez e adubação de plantio fornecendo os nutrientes em níveis adequados (RAMOS *et al.*, 2018).

O preparo correto do solo também é fundamental. Normalmente, faz-se uma aração profunda seguida de gradagens para destorroamento e nivelamento. Em sistemas de plantio direto ou cultivo mínimo, recomenda-se manejo com roçadas, subsolagens e/ou escarificações para melhorar as condições físicas na camada arável, viabilizando o estabelecimento das leguminosas (RIBEIRO *et al.*, 2015).

As sementes da *mucuna preta* e da *crotalária* são semeadas em linhas ou a lanço, mantendo um espaçamento entre 30 e 50 cm entre fileiras, geralmente entre

os meses de outubro e dezembro. As sementes devem ser plantadas em solo úmido a uma profundidade de 2 a 4 centímetros. Para a crotalária, utilizam-se entre 8 e 12 kg de sementes por hectare, e para a mucuna preta, 10 a 15 kg/ha (CARVALHO et al., 2015).

O ciclo das plantas compreende 4 fases: germinação e emergência, estabelecimento, crescimento vegetativo e reprodutivo, terminando com a maturação fisiológica de sementes. A *Mucuna pruriens* leva de 20 a 25 dias para emergir, enquanto a crotalária emerge entre 5 e 10 dias após a semeadura. O florescimento da mucuna ocorre por volta de 90 dias, e a maturidade fisiológica é alcançada aos 180 dias, quando atinge até 3 m de altura. Para a *Crotalaria juncea*, o florescimento se dá com 120 dias, e a maturação acontece também em torno de 180 dias após emergência, podendo chegar até 1,5 m (CARVALHO et al., 2016).

Existem basicamente duas estratégias de manejo dessas leguminosas como adubos verdes: cultivo isolado seguido pela incorporação da massa vegetal ao solo, ou cultivo consorciado com outras culturas.

No primeiro caso, as plantas são cultivadas sozinhas durante um ciclo completo. Próximo à maturação fisiológica, quando atingem máxima produção de fitomassa, as plantas são ceifadas rente ao solo e depois incorporadas através de aração e gradagem (RIBEIRO et al., 2015). A liberação gradual de nutrientes ocorre à medida que resíduos se decompõem, beneficiando as culturas subsequentes.

Já no consórcio, as leguminosas são cultivadas simultaneamente com outras espécies agrícolas como milho, feijão ou mandioca. Nesse caso, não há incorporação, e a cobertura vegetal permanece no campo após a colheita dos cultivos consorciados. Essa palhada protege o solo e liberta nutrientes de forma lenta para as culturas seguintes na rotação (CARVALHO et al., 2016).

O interessante no consórcio com adubos verdes é que exercem efeitos alelopáticos, inibindo os crescimentos de plantas espontâneas que competem com as culturas de interesse econômico. Isso porque liberam substâncias químicas que dificultam a germinação e estabelecimento de invasoras (RIBEIRO et al., 2015).

Além disso, por apresentarem crescimento rápido e elevada produção de massa, essas leguminosas também suprimem fisicamente o desenvolvimento de plantas daninhas pelo sombreamento. Dessa forma, o cultivo consorciado com mucuna preta e crotalária representa importante estratégia de manejo integrado de plantas espontâneas indesejáveis em sistemas agrícolas (CARVALHO et al., 2016).

De modo geral, tanto o cultivo isolado quanto o consorciado com essas fabáceas trazem benefícios significativos para a qualidade e sustentabilidade dos solos e sistemas de produção. Entretanto, cada estratégia apresenta vantagens e limitações que devem ser consideradas na escolha pelo agricultor.

O cultivo solteiro permite manejo mais preciso de tratamentos culturais como calagem, adubação e incorporação da massa vegetal. Por outro lado, nesse caso o solo fica descoberto por um determinado período, o que pode levar a perdas por erosão hídrica e lixiviação de nutrientes (RIBEIRO et al., 2015).

Já o consórcio mantém cobertura contínua do solo e ciclagem localizada de nutrientes via deposição de serapilheira. Contudo, a competição por água, luz e nutrientes pode afetar o rendimento das culturas acompanhantes, requerendo estudos locais de viabilidade técnica e econômica (CARVALHO et al., 2016).

Dessa forma, observa-se cultivo e manejo adequado tanto da *Mucuna pruriens* quanto da *crotalaria juncea* requerem pesquisa local nas diferentes condições edafoclimáticas onde pretende-se empregar essas importantes espécies melhoradoras do solo.

### **2.3 A ideia da sustentabilidade que envolve a pesquisa com mucuna preta e crotalária**

No mundo de hoje, o conceito de sustentabilidade tornou-se uma questão candente. Quando se trata de agricultura, as práticas sustentáveis podem assegurar a redução da carga tóxica sobre o meio ambiente e a criação de um solo mais saudável para as gerações vindouras. Nesse contexto, a pesquisa com a mucuna preta e a crotalária vem ganhando importância como técnicas sustentáveis que podem ajudar as práticas agrícolas a longo prazo. Este artigo aprofunda a ideia de sustentabilidade que envolve o uso da mucuna preta e da crotalária como culturas de cobertura e explora como elas constituem uma alternativa viável aos métodos tradicionais de agricultura (SANTOS et al., 2021).

A ideia de sustentabilidade em torno da pesquisa com mucuna preta e crotalária está centrada na redução da dependência dos agricultores de agrotóxicos nocivos e no aumento da saúde do solo a longo prazo. O uso dessas plantas nas práticas agrícolas pode ajudar a melhorar a fertilidade do solo, reduzir a pressão das pragas e promover a biodiversidade.

Além disso, a incorporação de culturas de cobertura como a mucuna preta e a crotalária também pode ajudar a mitigar os efeitos das mudanças climáticas, sequestrando o carbono e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa (ASSIS, 2006). Em relação ao sequestro de carbono, Barreto et al. (2013) descobriram que a mucuna preta tem alto potencial de estocar carbono no solo devido à sua abundante produção de biomassa. Já para a crotalária, Pires et al. (2016) constataram aumento no estoque de carbono do solo em sistemas de plantio que incluíram essa leguminosa.

Quanto à mitigação de gases de efeito estufa, o uso de leguminosas como cobertura vegetal ao invés de adubação nitrogenada sintética, diminui as emissões associadas à produção de fertilizantes industrializados. A fixação biológica de nitrogênio pela mucuna e crotalária também reduz a necessidade de aplicação de nitrogênio mineral, frequentemente associado à liberação de óxido nitroso pelos solos agrícolas (ULLMANN et al., 2017).

Em relação à melhoria da estrutura e fertilidade do solo, as raízes profundas e abundantes da mucuna são eficientes em descompactar camadas subsuperficiais adensadas em solos agrícolas (BARRETO et al., 2013). Já os resíduos vegetais deixados pela crotalária melhoram os níveis de matéria orgânica, com impactos benéficos sobre a agregação, porosidade e retenção de umidade do solo (PIRES et al., 2016).

A fixação de nitrogênio é outro serviço ecossistêmico crucial prestado por essas leguminosas. Em experimento conduzido por Neves (2017), a crotalária acumulou cerca de 150 kg de nitrogênio por hectare, enquanto a mucuna alcançou fixação de até 280 kg N/ha. Isso representa uma fonte renovável desse nutriente, com menos impactos ambientais que os fertilizantes sintéticos.

Além dos benefícios diretos ao solo e ao clima, essas culturas de cobertura também promovem impactos indiretos associados à sustentabilidade, como a conservação da biodiversidade edáfica e o controle de plantas invasoras.

Segundo Mendonça e Stott (2003), as propriedades alelopáticas da mucuna inibem o crescimento de plantas espontâneas que compete com cultivos agrícolas por nutrientes e água. Já a crotalária atua como planta armadilha, atraindo oviposição de lepidópteros-praga e depois servindo de barreira física e química contra as larvas (SUJII et al., 2015).

Outro aspecto relevante é que a adoção de práticas sustentáveis como o uso de culturas de cobertura pode melhorar os meios de subsistência dos agricultores

familiares. Como analisa Carmo (2011), técnicas agroecológicas aumentam a resiliência e viabilidade econômica da pequena produção rural, frequentemente ameaçada pelas mudanças climáticas e flutuações de preços.

Portanto, além dos benefícios ambientais, a pesquisa com mucuna e crotalária também visa empoderar os agricultores, tornando-os menos dependentes de insumos externos caros e suscetíveis a condições de mercado voláteis.

Contudo, apesar do potencial das leguminosas-cobertura, ainda existem lacunas de conhecimento que necessitam investigação. Uma limitação observada por Barroso et al. (2021) diz respeito à adaptação da mucuna preta a diferentes condições edafoclimáticas do Brasil, demandando estudos nos diversos biomas brasileiros.

Já Neves (2017) destaca a carência de informações sobre o manejo adequado da crotalária em consórcios com outras culturas. Outros focos de pesquisa incluem avaliações do ciclo de vida considerando distintos preparos do solo, densidades de cultivo e destinações da fitomassa produzida.

Segundo Neves (2017), a sustentabilidade na agricultura é uma questão crucial que precisa ser abordada, especialmente no atual cenário de declínio da saúde do solo e da crescente pressão de alimentar uma população global crescente. O potencial da mucuna preta e da crotalária como alternativas às práticas agrícolas convencionais têm sido um tema de pesquisa e interesse nos últimos anos. Essas duas plantas têm demonstrado grande promessa em melhorar a fertilidade do solo e promover uma agricultura sustentável.

A mucuna preta é uma planta leguminosa que tem múltiplos usos, inclusive como cultura de cobertura, melhoradora da vida do solo, e repelente de insetos. Ela tem a capacidade de fixar nitrogênio da atmosfera, o que reduz a necessidade de fertilizantes sintéticos. Além disso, suas raízes profundas podem quebrar solos compactados, aumentar a infiltração de água, e prevenir a erosão do solo. A *Mucuna pruriens* também produz alta biomassa, que pode ser transformada em matéria orgânica e usada como uma cobertura morta rica em nutrientes (BARROSO et al., 2021).

Do mesmo modo, a *Crotalária juncea*, é outra planta leguminosa que foi considerada eficaz no manejo dos nutrientes do solo. Ela tem uma longa raiz axial que ajuda a quebrar camadas profundas do solo e a melhorar a estrutura do solo. Como a mucuna preta, a crotalária também tem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, tornando-a uma fonte eficiente de nitrogênio. Pode ser usado como cultura de

cobertura ou de forragem, e sua alta produção de biomassa pode ser utilizada como adubo verde, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos (NEVES, 2017).

A ideia de sustentabilidade em torno da pesquisa com mucuna preta e crotalária está centrada na redução da dependência dos agricultores de agrotóxicos nocivos e no aumento da saúde do solo a longo prazo. O uso dessas plantas nas práticas agrícolas pode ajudar a melhorar a fertilidade do solo, reduzir a pressão das pragas e promover a biodiversidade. Além disso, a incorporação de culturas de cobertura como a mucuna preta e a crotalária também pode ajudar a mitigar os efeitos das mudanças climáticas, sequestrando o carbono e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa (ASSIS, 2006).

Portanto, apesar das evidências contundentes dos benefícios da mucuna e crotalária para sistemas agrícolas sustentáveis, ainda existem questões técnico-científicas não respondidas. Mas o potencial de contribuição para uma agricultura de baixo carbono, ecológica e socialmente inclusiva é amplamente reconhecido e tem motivado diversos grupos de pesquisa pelo Brasil e mundo.

Os próximos anos devem render avanços significativos da “agricultura do futuro”, reconciliando produtividade com conservação ambiental e justiça social por meio do uso de leguminosas multipropósitos como a mucuna preta e crotalária. E a ciência exercerá papel fundamental nessa transição para sistemas alimentares verdadeiramente sustentáveis, que alimentem o solo e as pessoas sem degradar o meio ambiente.

### **2.3.1 Cultivo orgânico: importância e estratégias para adoção na agricultura familiar**

O cultivo orgânico de alimentos e outros produtos agrícolas vem ganhando crescente importância nas últimas décadas. Isso se deve principalmente à maior conscientização quanto aos riscos dos agrotóxicos, fertilizantes sintéticos e outras práticas convencionais para a saúde humana e animal e a integridade dos ecossistemas. No caso da agricultura familiar, predominante em regiões como o Semiárido nordestino, o manejo orgânico pode ser crucial para aumentar a resiliência dos sistemas produtivos aos impactos das mudanças climáticas. Também é visto como alternativa para agregação de valor e acesso a nichos especiais de mercado,

incrementando o protagonismo dessas unidades na conservação ambiental (SILVA et al., 2022).

Contudo, apesar do potencial e dos incentivos governamentais, estudos apontam ainda baixa adoção de princípios e tecnologias orgânicas pela base da pirâmide agrícola brasileira. Seus sistemas integrados de produção seguem majoritariamente o modelo convencional, com dependência de fertilizantes, defensivos químicos e outras práticas que degradem recursos naturais como solo, água e biodiversidade (SALES et al., 2021).

Esse descompasso entre discurso e realidade na transição para sistemas de base ecológica requer investigações dos fatores limitantes neste processo de mudança técnica e cultural. Também é crucial propor mecanismos para facilitar e acelerar a incorporação de conceitos e tecnologias da agricultura orgânica pela agricultura familiar nordestina.

A agricultura orgânica pode ser definida como "sistema de produção que procura estabelecer um equilíbrio entre meio ambiente, justiça social e viabilidade econômica, excluindo o uso de fertilizantes, agrotóxicos ou organismos geneticamente modificados" (RODRIGUES et al., 2006, p. 92).

Seus princípios e normas de manejo visam otimizar a produtividade e a sanidade das plantas cultivadas com base nos recursos localmente disponíveis e em processos biológicos inerentes aos agroecossistemas. Busca-se assim a autossuficiência e a integração entre indivíduos, culturas e meio ambiente num modelo socialmente inclusivo (SALES et al., 2021).

A produção orgânica pressupõe a manutenção ou incremento da fertilidade dos solos mediante investimentos na matéria orgânica, ciclagem local de nutrientes e outros insumos de origem biológica. Também faz uso de rotações, consórcios e outras estratégias fitotécnicas para reciclar nutriente, suprimir ervas daninhas e quebrar ciclos de pragas e doenças (PENTEADO, 2010).

Em contrapartida, agrotóxicos e fertilizantes sintéticos são terminantemente proibidos nesses sistemas, assim como antibióticos, hormônios ou transgênicos na produção animal. Devem também ser evitadas a queima de resíduos, a aração excessiva e outras práticas que degradem recursos naturais ou poluam o ambiente (DAROLT, 2012).

A certificação de produtos orgânicos no Brasil segue os padrões estabelecidos em leis e normativas específicas. A Instrução Normativa no 64 de 2008

do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento definiu referências nacionais para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal. Também instituiu mecanismos de controle, fiscalização e selos distintivos (BRASIL, 2022).

Essas orientações atendem às crescentes exigências dos consumidores em garantias de que seus alimentos e demais itens agropecuários sejam cultivados sem fertilizantes artificiais, agrotóxicos ou transgênicos. Assim como ao interesse de produtores em legalizar e ampliar seu acesso aos canais de comercialização que remuneram esses atributos de qualidade socioambiental.

Diversas pesquisas têm apontado os potenciais benefícios da conversão para sistemas orgânicos ou de base agroecológica nos aspectos ecológico, econômico e sociocultural (DAROLT, 2012; ASSIS; ROMEIRO, 2009).

Do ponto de vista ambiental, destaca-se a redução no uso de insumos externos, sobretudo fertilizantes e agrotóxicos sintéticos. Isso diminui a pegada de carbono e a contaminação de solos e cursos d'água. Também incrementa os estoques edáficos de matéria orgânica, com efeitos positivos sobre fertilidade, estrutura e processos biogeoquímicos.

Em média, solos manejados organicamente apresentam 30% mais carbono orgânico, nitrogênio total e fósforo assimilável. Também maior abundância e diversidade do micro e mesofauna, além de níveis mais altos de enzimas catalisadoras dos ciclos de nutrientes (DAROLT, 2013).

Outros benefícios ambientais são a conservação da agrobiodiversidade e dos habitats naturais. O uso de estratégias como policultivos, rotações longas e corredores de vegetação nativa incrementam habitats e fontes tróficas alternativas. Assim favorecem maior riqueza de espécies e o restabelecimento de processos ecológicos, como polinização, controle biológico e ciclagem de nutrientes (ASSIS; ROMEIRO, 2009).

Tais aspectos repercutem também na resiliência e sustentabilidade econômica dos agroecossistemas. A diversificação reduz riscos e amplia atividades produtivas passíveis de exploração ao longo do ano. O aumento da matéria orgânica e da biodiversidade funcional melhora a produtividade, suprime fitopatógenos e reduz perdas por eventos climáticos extremos.

Além disso, produtos orgânicos possuem maior valor agregado e acessam canais de distribuição e consumo dispostos a pagar preços mais altos por esses

diferenciais de qualidade socioambiental. Estudos indicam que orgânicos são entre 30 e 40% mais caros que convencionais no varejo brasileiro (SALES et al., 2021).

No âmbito social, destaca-se a melhoria das condições de trabalho e saúde dos agricultores e de suas famílias, pelo menor contato com substâncias tóxicas. O enfoque holístico e sistêmico estimula ainda processos de aprendizagem, trocas de saberes e organização comunitária. Também fortalece vínculos entre campo e cidade no chamado comércio justo e solidário (DAROLT, 2012).

Nesse sentido, o cultivo orgânico representa oportunidade ímpar para agregação de valor e modernização da base produtiva familiar nordestina. Não somente abre novos mercados, como também gera produtos mais saudáveis para subsistência dessas populações historicamente marginalizadas e adoecidas pelo modelo agrícola dominante.

Logo, diante desse potencial em responder simultaneamente a muitas demandas sociais, ambientais e econômicas contemporâneas, os sistemas de produção orgânica estão longe de constituir modismo passageiro ou nicho de mercado restrito. Representam escolha estratégica rumo a novas relações, mais harmoniosas e duradouras, entre sociedade e natureza na geração de alimento, saúde e bem-estar (DAROLT, 2013).

A despeito desse potencial e das políticas públicas de incentivo, o ritmo de conversão rumo ao manejo orgânico ou agroecológico ainda é bastante tímido no Brasil, sobretudo na agricultura familiar. Aqui essas práticas alternativas ocupam menos de 1% da área agricultável, contra os quase 8% em países como a Áustria (SALES et al., 2021).

Para explicar tal descompasso, pesquisadores vêm analisando os principais entraves enfrentados pelos agricultores familiares nessa transição para sistemas de produção de base ecológica. Este entendimento é crucial para subsidiar medidas capazes de facilitar e acelerar a adoção de princípios e tecnologias da agricultura orgânica na realidade desses pequenos produtores.

Uma importante limitação reside na carência de pesquisas, recursos humanos e programas de assistência técnica adequadamente preparados para atender às especificidades e demandas da produção orgânica familiar. São ainda insuficientes informações técnicas, materiais didáticos, unidades demonstrativas etc. que orientem essa conversão considerando os contextos socioeconômicos e agroecológicos onde essas famílias estão inseridas (DAROLT, 2013).

Soma-se a isto o desafio de convencer e motivar os próprios agricultores, frequentemente céticos ou avessos a alterações em seu modo tradicional de cultivar a terra e lidar com os recursos naturais. A difusão dessas novas práticas esbarra na resistência de saberes e hábitos enraizados, que remontam inclusive heranças indígenas e de povos africanos escravizados (ASSIS, 2014).

Neste sentido, o enfoque metodológico predominantemente descendente e tecnicista dos agentes de assistência técnica e extensão rural nem sempre dialoga com as lógicas socioprodutivas e simbólicas das comunidades locais. Freire (2019) propôs que esse "diálogo de saberes" é pré-requisito para qualquer tentativa válida e efetiva de mudança cultural endógena.

Aspectos gerenciais e comerciais também representam gargalos, como escala de produção insuficiente para justificar certificação, rótulos e estratégias de divulgação e acesso a mercados mais rentáveis. As exigências documentais e o custo da conversão muitas vezes inviabilizam o interesse de agricultores (ASSIS; ROMEIRO, 2009).

Outros fatores limitantes são de ordem política e legal, como a pouca articulação institucional, fragilidade dos conselhos gestores e entendimentos diversos do conceito de orgânico na normatização brasileira. Também faltam programas consistentes de crédito, seguro agrícola e suporte na transição para mitigar reduções temporárias de produtividade (DAROLT, 2012).

É importante salientar que, práticas culturais engessadas envolve desafios de variadas naturezas inter-relacionadas, desde questões internas das unidades familiares até aspectos mais abrangentes das políticas públicas e do contexto socioeconômico que condicionam a atividade agrícola.

Por isso, a importância de verificar essa complexa teia de causas sob perspectiva sistêmica, para então propor estratégias articuladas que acelerem de modo consistente e duradouro a adoção da produção orgânica na base familiar da agricultura familiar.

Facilitar essa transição para sistemas de produção verdadeiramente sustentáveis dependerá de um conjunto coordenado de iniciativas nos âmbitos da pesquisa, políticas públicas, comunicação, capacitação, mercados e mobilização social. Será crucial atacar em múltiplas frentes as limitações listadas, criando ambiente favorável para assimilação efetiva desse novo paradigma pela agricultura familiar.

No pilar técnico-científico, há necessidade premente de mais pesquisas direcionadas às particularidades e gargalos dessa produção em pequena escala. Questões-chaves incluem avaliações de custo-benefício, estratégias de certificação participativa, consórcios e rotações produtivas, controle alternativo de pragas, manejo da fertilidade etc.

Também são importantes estudos voltados ao processamento, armazenamento, logística e designs de produtos e embalagens apropriadas às condições e anseios estéticos desse público consumidor da agricultura familiar. Pesquisas de mercado também fundamentais para orientar o planejamento da produção (ASSIS, 2014).

Tais investigações precisam ser participativas, contando com o envolvimento ativo dos agricultores e suas sabedorias tradicionais em todas as etapas. Isso aumentará as chances de legitimidade, internalização e maior velocidade na incorporação das tecnologias e práticas validadas como mais ajustadas à realidade local.

Também são cruciais parcerias no sentido de disponibilizar recursos financeiros, humanos e materiais para instalar unidades de observação, experimentação e demonstração junto às propriedades dos agricultores. Essas unidades pedagógicas permitirão comparações entre sistemas orgânicos e convencionais no contexto real de cada comunidade (ASSIS; ROMEIRO, 2009).

Na política agrícola, é decisivo instituir programas creditícios, de garantia de preços mínimos e seguros específicos para apoiar a conversão com menos turbulências e riscos durante o chamado "período de transição". Nele ocorrem reduções inevitáveis de produtividade, ainda sem os prêmios de mercado por se tratar de produto em adaptação ao manejo orgânico (DAROLT, 2012).

Também necessário sensibilizar gestores municipais e estaduais para criar legislações, benefícios e infraestrutura de apoio à produção orgânica familiar. Assistência para legalização e certificação, centrais de compostagem e espaços para comercialização dos produtos são alguns exemplos do que pode ser implementado nessas instâncias político-administrativas (ASSIS, 2014).

Já no plano da comunicação e capacitação, é vital desenvolver linguagens, metodologias e materiais didáticos apropriados ao público da agricultura familiar. Cartilhas, vídeos, programas de rádio, aplicativos, intercâmbios de produtor a produtor e outras estratégias dialógicas devem ser exploradas (DAROLT, 2013). Também

organizar calendários regulares de eventos técnicos e feiras dedicadas ao manejo e comércio de produtos orgânicos regionais.

Esse enfoque mais horizontal, dialógico e contextualizado na comunicação facilitará superar desconfianças e ressignificar conceitos, práticas e valores essenciais da agricultura de base ecológica. Também fortalecerá identidades e estimulará cooperação em torno de objetivos, normas e mercados compartilhados nessa comunidade socioprodutiva.

No âmbito dos mercados, há que consolidar estratégias de inserção dos agricultores familiares em redes e circuitos curtos de comercialização. Feiras, grupos e centrais de compras coletivas, cooperativas e associações de consumidores representam caminhos para ampliar acesso e valor percebido desses produtos diferenciados pela qualidade orgânica.

### **2.3.2 Contribuição da adubação verde para a redução da carga tóxica ambiental**

A contaminação de ecossistemas por fertilizantes, pesticidas e outros produtos químicos têm sido crescente preocupação nas últimas décadas. Estima-se que o Brasil seja hoje o maior mercado mundial de agrotóxicos, com consumo próximo a 1 milhão de toneladas por ano distribuídas sobre cerca de 74% das propriedades agrícolas (PIGNATI et al., 2017).

Esse modelo produtivista tem gerado severos impactos, comprometendo a qualidade de solos, recursos hídricos e atmosfera. Também danifica a saúde de trabalhadores e populações expostas a esses contaminantes. Somente em intoxicações agudas por agrotóxicos o país registra uma média anual de 4,5 mil notificações nos últimos anos (BRASIL, 2019).

A transição para sistemas de produção menos dependentes de insumos químicos externos é crucial para reverter esse quadro alarmante. Nesse sentido, as leguminosas *Mucuna pruriens* e *Crotalaria jucea* representam interessante alternativa sustentável, podendo substituir adubos nitrogenados e reduzir a necessidade de defensivos sintéticos quando utilizadas como adubos.

Parte considerável do nitrogênio utilizado na agricultura provém da síntese industrial da amônia, processo altamente energético que consome combustíveis fósseis e libera gases causadores do efeito estufa. Além disso, menos de 50% desse

nutriente aplicado nas culturas é efetivamente assimilado. O restante é perdido, podendo contaminar cursos d'água e aquíferos (ULLMANN et al., 2017).

As duas leguminosas citadas são capazes de associar-se simbioticamente com bactérias fixadoras de  $N_2$  atmosférico. Essas bactérias do gênero *Rhizobium* ficam alojadas em nódulos formados nas raízes das fabáceas. Ali realizam o processo de fixação que reduz o N molecular ( $N_2$ ) para formas assimiláveis de amônia ( $NH_3$ ), nutrindo as plantas (EMBRAPA et al., 2013).

Como parte deste nitrogênio renovável fica retido nos tecidos, sua posterior liberação pela decomposição dos resíduos das leguminosas após o corte representa fonte de adubação nitrogenada para as culturas em sucessão. Estudos indicam incrementos de 20 a 30% em produção de grãos do milho, sorgo e trigo com esse aporte biológico de N (ZUCARELI et al., 2021).

Tendo *Mucuna pruriens* e *Crotalaria juncea* como adubos verdes viabilizam reduzir substancialmente as doses de fertilizantes nitrogenados sintéticos necessárias para atingir altas produtividades agrícolas. Consequentemente, mitigam impactos indesejáveis como acidificação e salinização edáfica, poluição difusa e emissões de gases causadores do aquecimento global e associadas à produção desses insumos (ULLMANN et al., 2017).

De fato, estudos comparativos revelam até 50% menos emissões de óxido nitroso ( $N_2O$ ) em cultivos adubados com leguminosas em relação aos fertilizados com ureia convencional. Ainda que parte do N fixado seja também convertida para  $N_2O$  no solo, o balanço final é favorável pela não necessidade de síntese industrial do adubo nitrogenado (CHELSEA et al., 2022).

Outra vantagem da adubação verde é que o N é disponibilizado gradualmente após a incorporação dos resíduos, sincronizado com as demandas das plantas. Assim, há menos risco de lixiviação e desnitrificação que nas adubações minerais em cobertura. Também ocorre economia de fertilizantes pelos menores requerimentos totais conferidos pela ciclagem local desse nutriente.

As plantas de cobertura também desempenham papel potencial na mitigação de resíduos tóxicos dos agrotóxicos em solos e águas. Isso ocorre por diferentes processos como diluição, absorção radicular, degradação microbiana estimulada e efeitos filtrantes dos exsudatos das raízes.

Em experimentos conduzidos na Paraíba, variedades anãs de mucuna e crotalária reduziram em mais de 80% a lixiviação do herbicida tebutiuram, mesmo em

solos com menor capacidade de adsorção (SOUSA et al., 2010). Outros trabalhos revelam interessante potencial fitorremediador dessas fabáceas para ingredientes ativos como diurom, clomazona e oxyfluorfen (FREITAS et al., 2017).

Além do sequestro direto, as leguminosas minimizam contaminações ao permitir menor uso de agrotóxicos no manejo integrado de plantas daninhas, doenças e outros fitopatógenos. Sua rápida cobertura do solo e efeitos alelopáticos dificultam o estabelecimento de invasoras, como capim-marmelada e corda-de-viola, reduzindo necessidade de capinas químicas (KUBO et al., 2021).

Outro problema crescente são disruptores endócrinos como o bisfenol A (BPA), ubiquitous em recipientes plásticos e latas de agrotóxicos. Sua ingestão e bioacumulação comprometem funções hormonais e reprodutivas da fauna. A mucuna demonstrou em testes ser excelente bioacumuladora desse composto tóxico, abrindo possibilidades para descontaminação de áreas afetadas (NETO et al., 2022).

Pelo manejo integrado proporcionado, as plantas de cobertura representam elemento-chave nos sistemas produtivos de base ecológica para mitigação de poluentes orgânicos no ambiente. Também viabilizam estratégias de biorremediação de solos e recursos hídricos contaminados por uso histórico de.

Ao propiciar a redução de insumos químicos externos nos sistemas de produção, a adoção de plantas de cobertura como a mucuna e a crotalária também reflete positivamente na saúde das populações rurais e consumidoras.

Estudo conduzido pela Fiocruz revela que municípios brasileiros com maior consumo de agrotóxicos por área plantada apresentam taxas mais elevadas de casos de câncer, malformações congênitas e outros problemas crônicos de saúde pública. Os efeitos se manifestam tanto em residentes rurais diretamente expostos como para populações urbanas afetadas pela contaminação de alimentos e recursos hídricos (CARNEIRO et al., 2015).

A transição agroecológica baseada em leguminosas de cobertura contribui para prevenção e redução desses agravos, especialmente entre os agricultores familiares mais vulneráveis pela convivência íntima com essas substâncias no dia a dia de trabalho e em seu entorno doméstico.

Além da menor exposição ocupacional, também há benefícios indiretos pelo cultivo de produtos mais seguros para o autoconsumo familiar. Estudo comparativo revelou até 90% menos resíduos de agrotóxicos em amostras de

diversos alimentos orgânicos, incluindo feijão, arroz, batata, alface, cenoura e laranja (JARDIM; CALDAS, 2012).

Essa redução drástica na contaminação química de itens básicos da dieta nordestina reduz riscos crônicos para a saúde. Também atende às exigências normativas mais rigorosas de mercados consumidores que remuneram diferenciais de qualidade e segurança alimentar.

A manutenção do solo coberto com resíduos vegetais diminui processos de mineralização da matéria orgânica. Dessa forma, há menor liberação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera pelo metabolismo microbiano. Também ocorrem menores perdas de umidade e temperaturas mais amenas na superfície do solo. Todos os fatores que favorecem o sequestro líquido de carbono nos agregados e horizontes mais profundos do solo (MOURA et al., 2017). Além disso, as plantas de cobertura desempenham papel preventivo na conservação quali-quantitativa dos recursos hídricos. Ao reduzir compactação, erosão e escoamento superficial, minimizam o carreamento de sedimentos, fertilizantes e agroquímicos para cursos d'água e lençóis freáticos. Assim, reduzem assoreamentos e a contaminação difusa de mananciais cada vez mais estratégicos no Semiárido.

Diante desse conjunto de impactos positivos proporcionados pela adubação verde com mucuna e crotalária, fica evidente sua importância estratégica para mitigação dos severos passivos socioambientais legados pelo modelo quimificado de produção agrícola ainda dominante na região de Guaraciaba do Norte e entorno.

Essas leguminosas de usos múltiplos viabilizam sistemas mais biodiversos e menos dependentes de insumos externos tóxicos e não renováveis. Ao promover baixa emissão de poluentes e reciclagem de nutrientes, aumentam a eficiência no uso dos recursos locais, reduzem custos e impactos indesejáveis das atividades produtivas.

### **2.3.3 Responsabilidade ambiental na agricultura: Cuidando do solo, da água e da biodiversidade para um futuro sustentável**

Agricultura é uma das atividades humanas mais importantes e antigas, e tem um papel crucial na alimentação e sustentabilidade da sociedade. No entanto, a agricultura moderna tem um impacto significativo no meio ambiente, e é fundamental

que os agricultores, governos e sociedade em geral reconheçam a importância de cuidar do solo, da água e da biodiversidade para garantir um futuro sustentável (FORMENTINI, 2019).

De acordo com Jacobi e Monteiro (2007), a responsabilidade ambiental na agricultura compreende: a) Mostrar a relevância dos cuidados com o ambiente na sociedade agrícola atual; b) Compreender que os cuidados com o meio ambiente são responsabilidades de todas as pessoas, incluindo pequenos proprietários; e c) Identificar que a própria natureza se alia em prol da sua manutenção e necessita de cuidados

O assunto proposto aborda a importância da responsabilidade ambiental na agricultura, destacando a relevância dos cuidados com o solo, a água e a biodiversidade para um futuro sustentável. A pesquisa pode abranger uma análise do impacto da agricultura no meio ambiente, os desafios enfrentados pelos agricultores na adoção de práticas mais sustentáveis, bem como as oportunidades e benefícios da adoção de técnicas de agricultura sustentável. A pesquisa também pode analisar o papel das políticas públicas, da educação ambiental e da conscientização da sociedade em geral na promoção da agricultura sustentável (JACOBI; MONTEIRO, 2007).

A responsabilidade ambiental na agricultura envolve a adoção de práticas e técnicas sustentáveis que reduzem o impacto negativo da atividade no meio ambiente e promovem a conservação e regeneração dos recursos naturais. Um dos aspectos mais importantes da responsabilidade ambiental na agricultura é o cuidado com o solo, que é o principal recurso utilizado pelos agricultores e que precisa ser mantido saudável e produtivo. Isso pode ser alcançado por meio de técnicas de adubação orgânica, rotação de culturas, manejo integrado de pragas e doenças, entre outros (SANTOS et al., 2021).

Rodrigues (2018), afirma que a função do solo é essencial para a subsistência da vida; um mediador ambiental que age como filtro e distribuidor de nutrientes para as plantas. Quando preservado evita o escoamento pluvial, reciclando e servindo como base para a formação da biomassa e sendo fonte de substratos para as atividades agrícolas.

Para Mota e Barcellos (2007), o solo interage com todos os seres vivos através da absorção das plantas, alimentação feita pela humanidade retirada do solo e além de outras riquezas da vida orgânica existente dentro da terra. Além do solo, a

responsabilidade ambiental na agricultura também envolve o cuidado com a água, que é um recurso escasso e vital para a vida. Práticas como a conservação da umidade do solo, o uso de irrigação eficiente e o manejo adequado das bacias hidrográficas são essenciais para reduzir o desperdício de água e proteger os ecossistemas aquáticos (FORMENTINI, 2019).

A biodiversidade também é um aspecto crucial da responsabilidade ambiental na agricultura, já que os ecossistemas saudáveis dependem da preservação da diversidade de espécies e da promoção de habitats naturais para a fauna e flora. Técnicas de agrofloresta, conservação de áreas naturais e recuperação de áreas degradadas são alguns dos exemplos de práticas que promovem a biodiversidade na agricultura (PEREIRA, *et al.*, 2018).

A responsabilidade ambiental na agricultura é fundamental para garantir um futuro sustentável para as gerações presentes e futuras. Cuidar do solo, da água e da biodiversidade são aspectos essenciais para a promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e para a preservação dos recursos naturais. A adoção de técnicas e práticas sustentáveis na agricultura deve ser um compromisso de todos os atores envolvidos, incluindo agricultores, governos, empresas e sociedade em geral.

A agricultura é uma atividade essencial para a subsistência humana e para a economia de muitos países. No entanto, é preciso considerar que essa atividade pode causar impactos negativos no meio ambiente, como a degradação do solo, a poluição dos recursos hídricos e a emissão de gases de efeito estufa. Por isso, é fundamental que a sociedade agrícola atual adote práticas sustentáveis e cuide do meio ambiente (Assis, 2006).

A água é um recurso escasso em muitas regiões do mundo, e a sua utilização na produção agrícola é essencial para garantir a produtividade dos cultivos. No entanto, é importante adotar práticas que ajudem a reduzir o seu consumo, como a utilização de sistemas de irrigação eficientes e a adoção de técnicas que ajudem a reter a umidade do solo. Essas práticas não só ajudam a reduzir o consumo de água, como também contribuem para a conservação do solo e para o aumento da produtividade agrícola (RAMOS *et al.*, 2018).

O solo é outro recurso importante que deve ser conservado, pois é o suporte físico e biológico da produção agrícola. A adoção de práticas de conservação do solo, como a rotação de culturas, o plantio direto e a adoção de sistemas agroflorestais, ajuda a melhorar a qualidade do solo, a reduzir a erosão e a aumentar

a sua capacidade de retenção de água e nutrientes. Essas práticas também contribuem para a redução da emissão de gases de efeito estufa, pois ajudam a aumentar a quantidade de matéria orgânica no solo, o que pode capturar e armazenar carbono (ALMEIDA, 2006).

Além disso, a adoção de práticas sustentáveis na produção agrícola pode trazer benefícios econômicos e sociais para a sociedade. A agricultura sustentável pode ajudar a aumentar a produtividade dos cultivos, reduzir os custos de produção e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas. Isso pode trazer benefícios econômicos para os agricultores e para toda a cadeia produtiva (SILVA *et al.*, 2017).

Um destaque importante é que a adoção de práticas sustentáveis na produção agrícola contribui para a preservação do meio ambiente e para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. A agricultura sustentável é uma forma de garantir a segurança alimentar da população, sem comprometer a qualidade do meio ambiente e das gerações futuras (SANTOS *et al.*, 2021).

A sociedade agrícola atual deve adotar práticas sustentáveis e cuidar do meio ambiente, buscando um equilíbrio entre a produção agrícola e a conservação dos recursos naturais. A conservação da água e do solo, a redução da emissão de gases de efeito estufa e a adoção de práticas sustentáveis na produção agrícola são medidas importantes para garantir a sustentabilidade da atividade agrícola e para proteger o meio ambiente.

A preservação do meio ambiente não é responsabilidade exclusiva de grandes empresas ou governos, mas sim um compromisso de todas as pessoas, incluindo os proprietários rurais. A compreensão da importância dos cuidados com o meio ambiente parte de uma conscientização individual e coletiva sobre os impactos da atividade humana na natureza (EMBRAPA, 2006).

A responsabilidade ambiental compartilhada consiste em uma abordagem que visa a responsabilização de todos os envolvidos na cadeia produtiva, desde o produtor rural até o consumidor final. Os proprietários rurais têm um papel fundamental nessa abordagem, uma vez que são os responsáveis por uma grande parte da produção de alimentos no Brasil. A adoção de práticas agrícolas sustentáveis, como o uso de adubação orgânica e técnicas de rotação de culturas, é essencial para garantir a produtividade e a saúde do solo e reduzir o impacto negativo da atividade agrícola (EMBRAPA, 2006).

A biodiversidade é fundamental para a preservação do meio ambiente, já que os ecossistemas saudáveis dependem da diversidade de espécies e da promoção de habitats naturais para a fauna e flora. A conservação de áreas naturais e a recuperação de áreas degradadas são exemplos de práticas que promovem a biodiversidade e contribuem para a manutenção do meio ambiente (FORMENTINI, 2019).

A responsabilidade ambiental compartilhada é fundamental para garantir um futuro sustentável para as gerações presentes e futuras. O cuidado com o meio ambiente deve ser um compromisso de todos, incluindo pequenos proprietários rurais, que têm um papel crucial na adoção de práticas agrícolas sustentáveis. A aliança com a biodiversidade também é essencial para a manutenção do meio ambiente, já que a preservação da natureza depende da promoção de habitats naturais e da diversidade de espécies.

### **3 METODOLOGIA**

A pesquisa foi realizada em duas etapas: bibliográfica e de campo. A primeira fase foi constituída por levantamento em bases científicas, trabalhos acadêmicos, plataformas de busca e livros técnicos abordando a importância da conservação da qualidade do solo e o uso de leguminosas como a *Mucuna pruriens* e *Crotalaria juncea* na adubação verde.

O estudo de campo foi realizado em Susuânia, área rural do município de Guaraciaba do Norte, noroeste do Estado do Ceará. Esta região está situada na macrorregião do norte cearense, possuindo clima Tropical Quente Semiárido. Apresenta temperatura média anual de 28°C, com chuvas concentradas de fevereiro a abril. O mês mais seco é setembro, com precipitação de apenas 5 mm. Geomorfologicamente, a área está inserida na Depressão Sertaneja, entre as chapadas da Ibiapaba e do Araripe, com relevo suavemente ondulado de altitude próxima a 200 metros.

Susuânia é uma região essencialmente rural, onde predomina a agricultura de subsistência em pequenas propriedades familiares. Culturas como milho, feijão, mandioca e pastagens são comuns, frequentemente manejadas em sistema de pousio ou queimadas para renovar fertilidade. Contudo, esse manejo

inadequado tem provocado erosão e perda progressiva da qualidade do solo ao longo do tempo.

Por meio de revisão bibliográfica e pesquisa de campo junto aos agricultores familiares locais, foram levantadas informações técnico-científicas bem como percepções e anseios dos produtores frente às opções de manejo conservacionista do solo. Para tal, foi utilizado um questionário composto por questões fechadas, que foi aplicado a 10 agricultores (Anexo 1). As perguntas abrangem aspectos como compreensão da importância da saúde do solo, fatores que afetam sua qualidade, tipo de adubação utilizada, desafios enfrentados no manejo edáfico, conhecimento e uso de adubos verdes pelos entrevistados.

Foi realizada uma extensiva revisão narrativa da literatura científica sobre o potencial das leguminosas *Mucuna pruriens* e *Crotalaria juncea* no contexto da agricultura familiar. A busca bibliográfica foi conduzida no período de 03 a 17 de janeiro de 2023, utilizando as bases de dados multidisciplinares Scopus e Web of Science, além da base SciELO Brasil com foco em periódicos nacionais.

Foram testadas diversas combinações das palavras-chave "mucuna", "crotalaria", "consórcio", "sustentabilidade", "agricultura familiar", "assentamentos rurais" e suas variações em português e inglês. Também se aplicou filtros por tipo de documento, selecionando artigos ou revisões, além da delimitação do intervalo temporal entre 2010 e 2023 para garantir atualidade. Não foi imposta restrição de idioma inicial para ampliar a abrangência.

Como critérios sistemáticos de elegibilidade e alinhados ao tema e objetivos desta investigação teórica, foram estabelecidos: 1) estudos cujo foco específico fosse consórcios produtivos envolvendo a mucuna e/ou crotalaria conduzidos no Brasil ou regiões tropicais análogas; 2) investigações realizadas no contexto da agricultura familiar, assentamentos ou pequena propriedade rural; 3) disponibilização do texto completo para análise; 4) publicação em periódico revisado por pares para garantia de qualidade científica.

Dos 416 estudos inicialmente recuperados, apenas 37 atenderam integralmente aos critérios de inclusão após sucessivas etapas de filtragem por títulos, resumos e texto completo para confirmar elegibilidade pela temática e escopo de interesse. Estes tiveram seu conteúdo integralmente revisado para subsidiar o referencial teórico aqui construído sobre o potencial socioeconômico e ambiental de

sistemas integrados com mucuna e crotalária para fortalecer a sustentabilidade, resiliência e viabilidade da agricultura familiar nordestina.

Os resultados encontrados por esses autores foram interpretados, categorizados e sintetizados de forma estruturada nos tópicos apresentados, destacando evidências de benefícios multifuncionais e sinergias produtivas pela inserção dessas leguminosas em diversos arranjos consorciados com cultivos e criações tradicionalmente manejados nesse contexto. Foram exploradas especificamente estratégias para o semiárido do Nordeste brasileiro e modelos extensivos em pequenas propriedades rurais.

Toda a bibliografia consultada nesta construção teórica foi devidamente referenciada segundo normas técnicas e princípios éticos, estando listadas em anexo.

Com base no levantamento bibliográfico, foi elaborado uma cartilha (Anexo 2) ilustrada sobre adubação verde e contendo contatos dos especialistas locais, que foi distribuída aos agricultores durante as entrevistas.

Desta forma a análise dos dados coletados na revisão bibliográfica e nos levantamentos de informações para identificar as principais lacunas e oportunidades na agricultura local. Foram avaliados aspectos como a qualidade do solo, uso de insumos, técnicas de plantio e cuidados com o solo. Desta, forma, identificação de tecnologias sustentáveis: Identificar tecnologias sustentáveis para beneficiamento do solo, como técnicas de adubação verde, rotação de culturas, cultivo orgânico e outras práticas agrícolas que promovem a saúde do solo e a produção de alimentos saudáveis. Além disso, analisar a viabilidade das tecnologias sustentáveis identificadas, avaliando aspectos como a efetividade, os custos de implementação e manutenção, e os benefícios ambientais e sociais.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

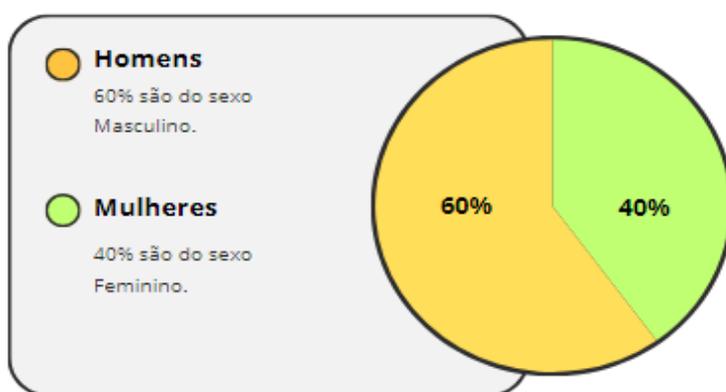
### **4.1 Percepção dos agricultores quanto ao manejo, qualidade do solo e adubos verdes**

Os agricultores participantes da pesquisa representam 60% do sexo masculino e 40% do sexo feminino (Gráfico 1). A distribuição de gênero entre os participantes do estudo oferece uma visão diversificada das práticas agrícolas e das percepções sobre a adubação verde. De acordo com Alcantra et al. (2000) esta diversidade é crucial para entender as diferentes necessidades e abordagens de manejo do solo entre

agricultores masculinos e femininos, possibilitando o desenvolvimento de estratégias de sustentabilidade agrícola.

O Gráfico 1 fornece uma representação visual clara da distribuição de gênero (60% masculino e 40% feminino) dos participantes da pesquisa, destacando a importância da diversidade na compreensão e implementação de práticas agrícolas sustentáveis.

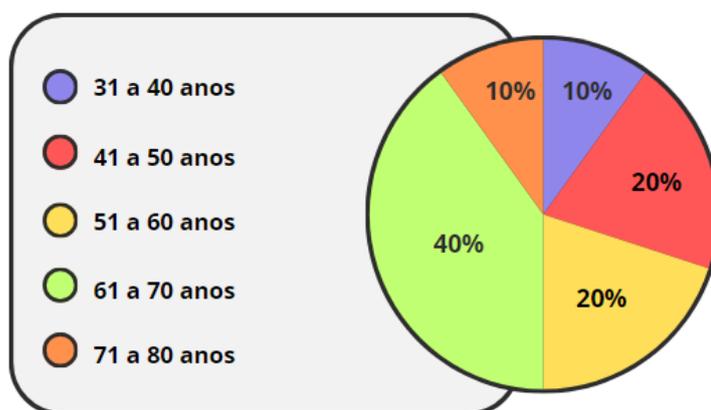
GRÁFICO 1 – Distribuição de gênero entre os agricultores de Susuana, Guaraciaba no Norte-CE participantes da pesquisa, 2023.



Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora (2023).

O gráfico 2 representa a distribuição dos agricultores participantes da pesquisa de acordo com faixas etárias. O gráfico mostra que 10% encontram-se na faixa etária de 31 a 40 anos, 20% na faixa de 41 a 50 anos, 20% de 51 a 60 anos, 40% de 61 a 70 anos e 10% entre 71 a 80 anos. A participação de agricultores de diferentes faixas etárias no estudo fornece conhecimentos valiosos sobre a transmissão de conhecimentos e práticas agrícolas entre gerações. A diversidade de idades sugere uma oportunidade para promover o diálogo intergeracional e a troca de experiências, o que pode facilitar a adoção de práticas sustentáveis, como a adubação verde, e garantir a continuidade dessas práticas no futuro (PENTEADO, 2010).

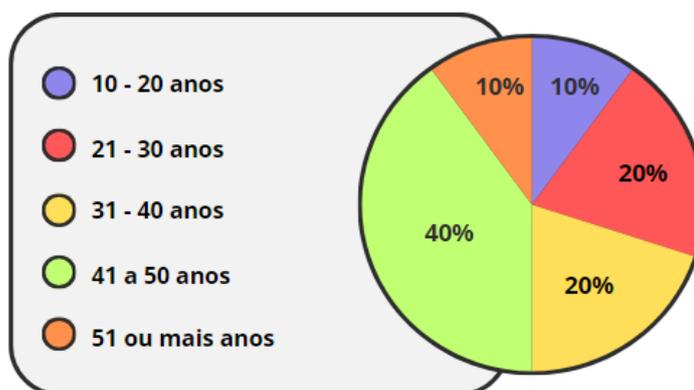
GRÁFICO 2 – Faixa etária dos agricultores entrevistados, Susuana, Guaraciaba no Norte-CE, 2023



Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora (2023).

Quanto ao tempo de experiência na agricultura, os agricultores tem pelo menos dez anos de experiência, podendo ultrapassar os 50 anos de trabalho na agricultura (Gráfico 3). A variedade na experiência dos agricultores, com muitos deles possuindo mais de uma década de atuação, indica obter um conhecimento prático e uma compreensão das realidades locais da agricultura. Este nível de experiência é um ativo valioso para a implementação bem-sucedida de práticas de adubação verde, pois permite a integração de conhecimentos tradicionais com novas técnicas sustentáveis (AMABLE; CARVALHO, 2006). Em síntese, o tempo de experiência dos agricultores entrevistados situou-se da seguinte forma: entre 10 e 20 anos são 10% dos entrevistados, 21 a 30 anos somam 20%, entre 31 a 40 anos também contemplam 20% dos entrevistados, entre 41 e 50 anos são 40% e, entre 50 a 60 anos foram, 10% dos entrevistados.

GRÁFICO 3 – Tempo de experiência na agricultura dos agricultores de Susuânia, Guaraciaba no Norte-CE, 2023.

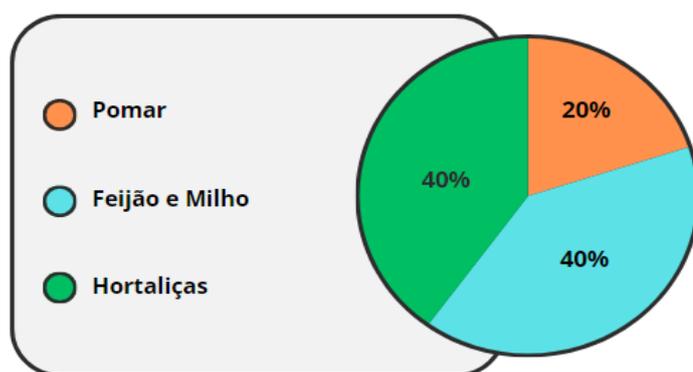


Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora (2023).

A ampla gama de culturas produzidas pelos agricultores, incluindo feijão, milho, hortaliças e frutíferas, ressalta a riqueza e a diversidade agrícola da região (Gráfico 4). Esta diversidade enfatiza a importância de desenvolver estratégias de adubação verde adaptada às necessidades específicas de diferentes tipos de culturas, garantindo a sustentabilidade e a produtividade em uma variedade de sistemas agrícolas (BERTOLLO, et al. 2021).

O Gráfico 4, área laranja, representa 20% de cultivo com frutas variadas, em azul, 40% do plantio é de feijão e milho e, na área verde, 40% com cultivo com hortaliças.

GRÁFICO 4 – Tipos de cultivos citados pelo entrevistados em Susuinha, Guaraciaba no Norte-CE, 2023.



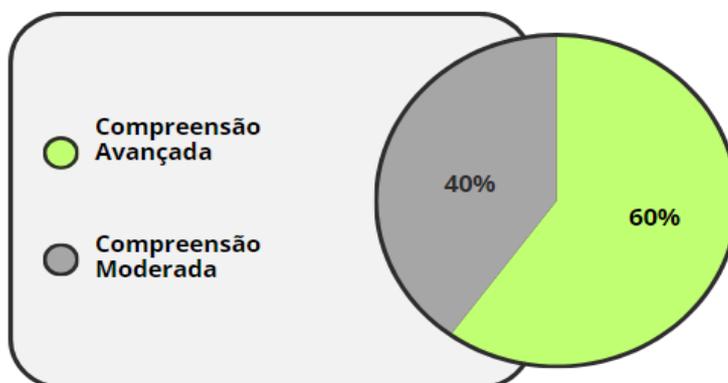
Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora (2023).

A maioria dos agricultores entrevistados possuem uma compreensão moderada ou avançada sobre a importância de práticas agrícolas adequadas para um bom preparo do solo para um desenvolvimento das plantas (Gráfico 5). Pizol (2023), destaca que a saúde do solo é fundamental para a conservação do ambiente e de uma fertilidade mais duradoura, assim promovendo a sustentabilidade.

Esta consciência sobre a saúde do solo é um passo crucial para a adoção de técnicas de manejo sustentável, como a adubação verde, que visam melhorar a qualidade e a fertilidade dos solos (AMABILE;COSER, 2006).

O Gráfico 5 destaca a porcentagem de agricultores que considera importante a saúde do solo, verificado, de forma geral,, em suas propriedades pela umidade apresentada e resultado das colheitas.

GRÁFICO 5 - Compreensão do agricultores sobre saúde do solo, Susuana, Guaraciaba no Norte-CE, 2023.



Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora (2023).

A identificação de fatores como o uso de pesticidas, poluição e erosão pelos agricultores destaca os principais desafios enfrentados na manutenção da saúde do solo (Gráfico 6). Esta consciência sobre os fatores degradantes é um ponto de partida importante para a implementação de práticas sustentáveis, como a adubação verde, que podem mitigar esses impactos e promover a recuperação do solo (BRAGA, et al. 2014).

A poluição, como o lixo doméstico, foi um dos destaques como fator que afeta a qualidade do solo, citado por 40% dos pesquisados como apresentado na fotografia 1:

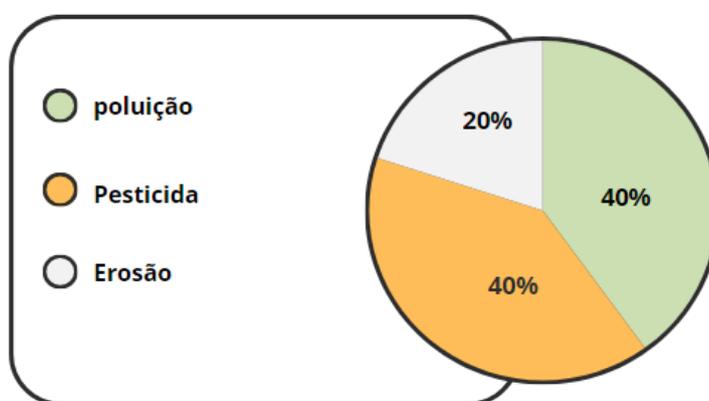


Fotografia 1 – Área de plantio com presença de lixo doméstico (elaborada pela própria pesquisadora).

Outros fatores citados como degradantes foram a utilização de pesticida e a erosão com apontada por 20% desses agricultores.

No Gráfico 6 podemos observar os fatores que afetam a qualidade do solo, segundo os agricultores: a poluição foi citada por 40% de agricultores que a consideram como prejudicial, já a utilização de pesticida foi citada por 40% e a erosão, foi considera uma fator agravante por 20% dos entrevistados.

GRÁFICO 6 – Fatores que afetam a qualidade do solo conforme agricultores de Susuana, Guaraciaba no Norte-CE, 2023.



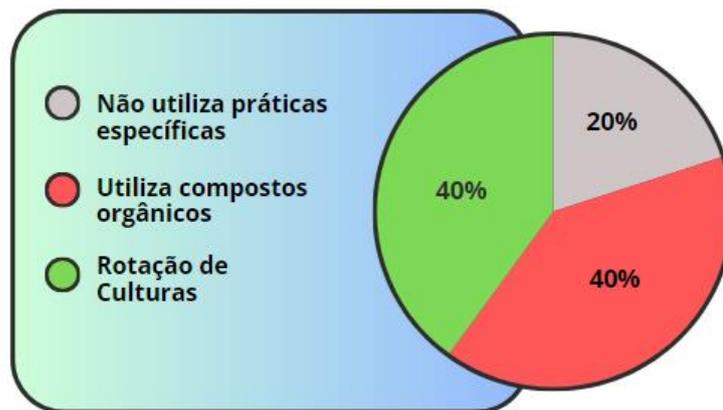
Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora

A adoção de práticas como rotação de culturas e uso de compostos orgânicos por alguns agricultores demonstra uma inclinação para métodos sustentáveis de manejo do solo (Gráfico 7). Contudo, a existência de agricultores que ainda não utilizam práticas específicas revela uma oportunidade para a introdução e promoção da adubação verde como uma alternativa viável e benéfica para a saúde do solo (CARDOSO, et al. 2014). O agricultor tem grande destaque quanto a manutenção da saúde do solo. Para isso é necessário a realização de algumas atividades como: rotação de cultura, utilização de compostos orgânicos, dentre outros não especificados. Para Pizol (2023), ao se pensar na saúde do solo é interessante fazer rotação de culturas com plantio direto, agregar a tecnologia sustentável para melhorar a qualidade do solo, assim produzir alimentos mais saudáveis.

No Gráfico 7 observa-se que as práticas adotadas para manter a qualidade do saúde pelos agricultores de Susuana são rotação de culturas, citada por 40% do

entrevistados e utilização de compostos orgânicos, também citada por 40% dos agricultores. Nota-se que 20% dos entrevistados não utiliza nenhuma práticas conservacionista.

GRÁFICO 7 - Práticas adotadas pelos agricultores para manutenção da qualidade do solo, Susuanha, Guaraciaba no Norte-CE, 2023



Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora (2023).

Quando perguntado, especificamente sobre a fertilidade do solo, a maioria dos agricultores afirmou utilizar adubo orgânico ou uma combinação de adubos orgânicos e químicos (Gráfico 8), o que indica uma abertura para a incorporação de adubos verdes nas práticas existentes. A diversidade nas escolhas de adubação reflete uma variedade de abordagens e conhecimentos, que podem ser enriquecidos com a inclusão de adubos verdes como a mucuna preta e a crotalária (CARVALHO; VILELA; SANTOS, 2011).

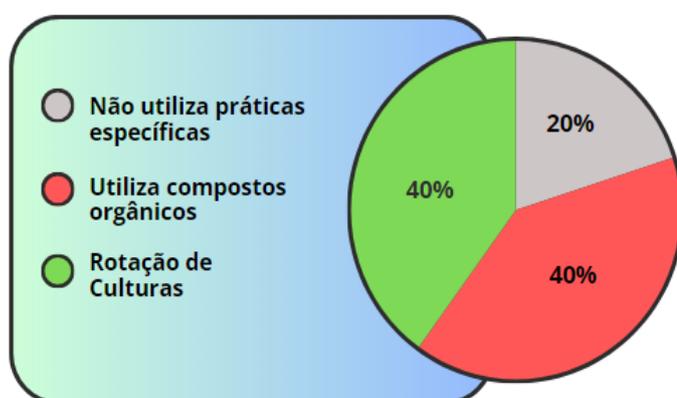
De acordo com Oliveira (2016), a adubação do solo, seja ela orgânica ou química, desempenha um papel fundamental na manutenção e no aumento da quantidade de nutrientes disponíveis no solo. Esse processo é essencial para garantir que as plantas tenham acesso aos nutrientes necessários para seu crescimento saudável e desenvolvimento adequado. Tanto a adubação orgânica quanto a química são técnicas utilizadas com o intuito de corrigir possíveis deficiências de nutrientes no solo, que podem ser decorrentes de diversos fatores, como as características do material de origem do solo, as condições climáticas locais e as práticas de manejo adotadas.

A adubação orgânica consiste na aplicação de materiais de origem animal ou vegetal, como esterco, compostagem, resíduos agrícolas ou outros produtos orgânicos, no solo. Esses materiais são decompostos ao longo do tempo por microrganismos presentes no solo, liberando gradualmente nutrientes essenciais para as plantas. Além de fornecer nutrientes, a adubação orgânica também melhora a estrutura do solo, aumentando sua capacidade de retenção de água e promovendo a atividade biológica do solo.

Por outro lado, a adubação química envolve a aplicação de fertilizantes sintéticos ou minerais que contêm nutrientes específicos, como nitrogênio, fósforo, potássio e outros elementos essenciais para o crescimento das plantas. Esses fertilizantes são formulados de maneira a fornecer os nutrientes necessários de forma rápida e eficiente, permitindo uma resposta imediata das plantas. No entanto, é importante ressaltar que o uso excessivo de fertilizantes químicos pode resultar em problemas ambientais, como a contaminação do solo e da água por resíduos químicos.

Na prática, tanto a adubação orgânica quanto a química desempenham papéis importantes na manutenção da fertilidade do solo e no aumento da produtividade das culturas. A escolha entre essas duas formas de adubação depende de diversos fatores, incluindo as características do solo, as necessidades das plantas, os recursos disponíveis e as considerações ambientais. O manejo adequado da adubação, seja ela orgânica ou química, é essencial para garantir uma produção agrícola sustentável e de alta qualidade.

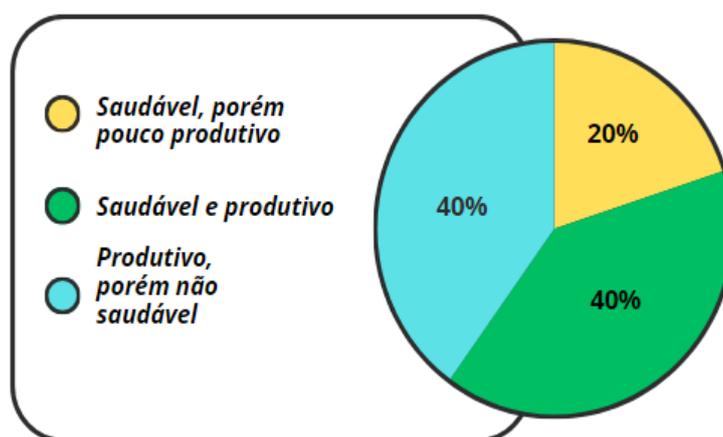
GRÁFICO 8 – Percentual de agricultores que usam algum tipo de adubação para melhoria da fertilidade do solo, Susuana, Guaraciaba no Norte-CE, 2023.



Fonte: Elaborada pela própria pesquisadora.

As considerações de um solo saudável aparecem dessa forma: em torno de 40% dos agricultores considera seus solos saudáveis, porém, 20% afirma que apesar de saudáveis, seus solos são pouco produtivos; já 40% dos agricultores afirmam ter um solo produtivo (Gráfico 9). As percepções variadas sobre a saúde e produtividade do solo entre os agricultores sugerem a necessidade de abordagens diferenciadas e adaptadas às condições locais. Esta variedade de opiniões destaca a importância de entender as características específicas de cada solo para implementar práticas de adubação verde que sejam eficazes e adequadas às necessidades de cada agricultor. (FLORES, et al. 2008).

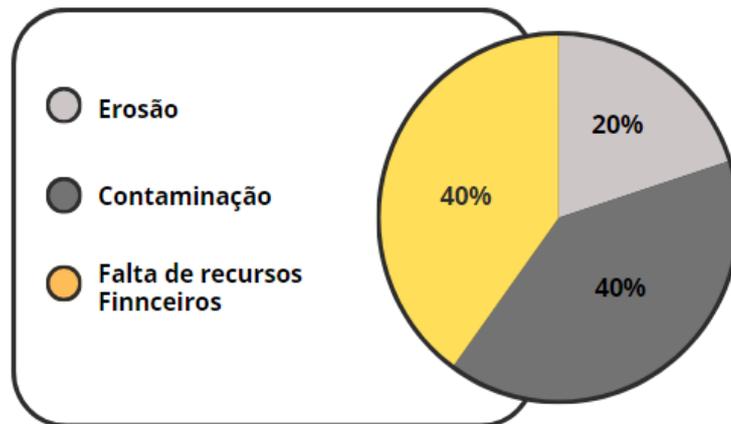
GRÁFICO 9 – Percepção dos agricultores quanto a saúde e a produtividade do solo, Susuana, Guaraciaba do Norte-CE, 2023.



Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora (2023).

Quanto aos desafios, os 40% dos agricultores elencaram falta de recursos, 40% contaminação e 20% erosão (Gráfico 10). Os desafios identificados, como falta de recursos e contaminação, sublinham as áreas onde a adubação verde pode oferecer soluções eficazes e sustentáveis, por ser esta de baixo custo e livre de contaminação. Estes desafios ressaltam a necessidade de estratégias integradas que abordem tanto os aspectos técnicos quanto os financeiros para promover a adoção de práticas de adubação verde (GUILLEN, et al. 2012).

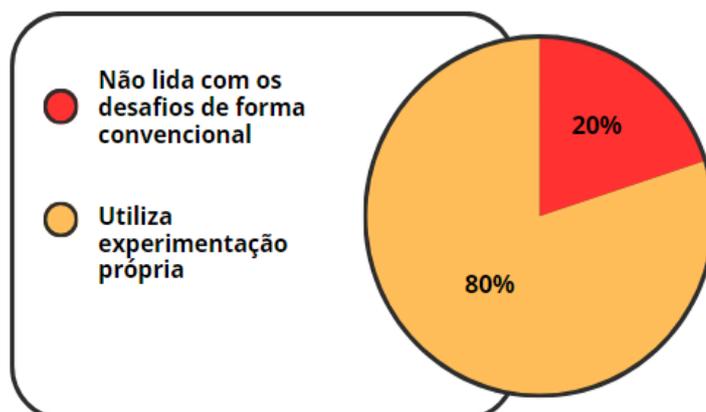
GRÁFICO 10 - Principais desafios apontados pelo agricultores para manter a qualidade do solo, Susuana, Guaraciaba do Norte-CE, 2023.



Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora (2023).

A predominância da experimentação própria (Gráfico 11) entre os agricultores reflete uma disposição para inovar e adaptar práticas agrícolas. Este espírito de experimentação é um aspecto positivo para a introdução da adubação verde, pois indica uma abertura para explorar novas técnicas e integrá-las às práticas existentes (KLUTHCOUSKI, STONE E AIDAR (2003). O Gráfico 11 demonstra que a maioria dos entrevistados 80%, lida com os desafios mencionados anteriormente com experimentação própria. E 20% não deixou especificado os meios de atuação que, aparentemente, deixa a natureza se encarregar dessa eliminação como a consciência de não utilizar fatores químicos ou naturais para eliminação de ervas daninhas e má qualidade do solo.

GRÁFICO 11 – Como os agricultores enfrentam os desafio, Susuana, Guaraciaba do Norte-CE, 2023..

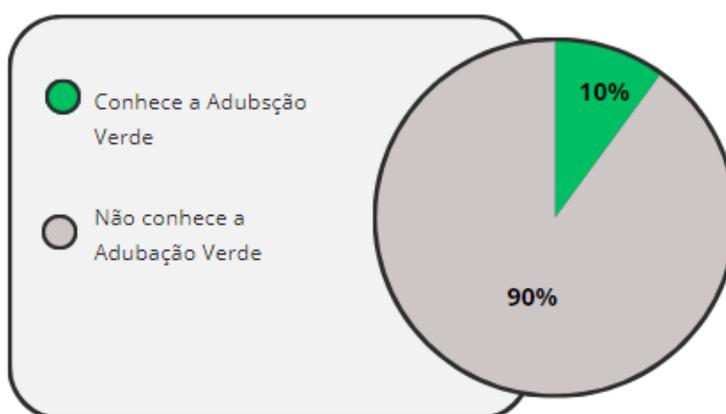


Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora (2023).

Sobre o conhecimento da adubação verde, apenas 10% dos agricultores afirmaram saber o que é adubo verde (Gráfico 12), sendo que nenhum deles usa esta técnica atualmente. A falta de conhecimento sobre adubos verdes entre a maioria dos agricultores ressalta a necessidade de iniciativas educacionais e de capacitação focadas nessa área. A disseminação de informações sobre os benefícios e as técnicas de adubação verde é fundamental para incentivar sua adoção e promover práticas agrícolas mais sustentáveis (MACEDO, 2009).

O Gráfico 12 destaca o conhecimento dos agricultores sobre adubos verdes: 90% não demonstrou conhecimento específico sobre a adubação verde e 10% salientou que conhecia o assunto, mas não a utiliza.

GRÁFICO 12 – Conhecimento sobre a adubação verdes.

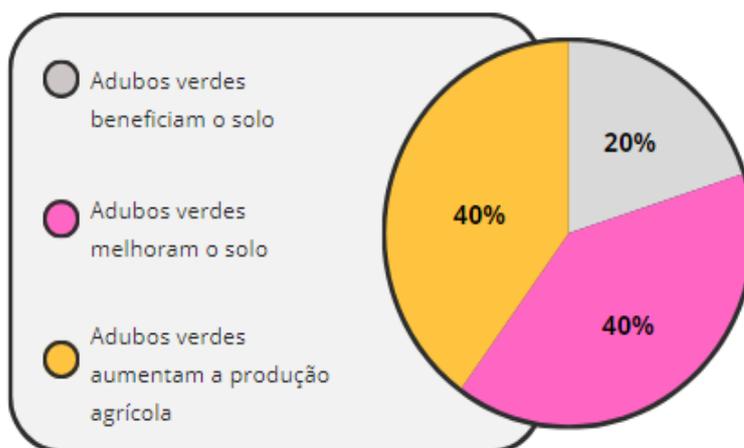


Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora (2023).

Apesar da maioria dos entrevistados afirmarem não conhecer na prática o que são adubos verdes e conseqüentemente, não utilizam essa técnica, 40% deles informaram que a adubação verde tem como benefício o aumento da produção e 40% a melhoria da qualidade do produto, enquanto 20% relataram como benéfico ao solo (Gráfico 13). O desejo de aumentar a fertilidade do solo de maneira sustentável indica que os potenciais benefícios da adubação verde encontrariam boa aceitação entre os agricultores, faltando iniciativas de implementação com apoio técnico, conforme analisam Paço (2016) e Penteado (2010). Porém, no caso dos agricultores pesquisado todos afirmaram não receber assistência técnica atualmente.

Os anos de práticas com os adubos e agricultura revela a associação dos elementos da vegetação nas plantações, faz com que, mesmo não utilizando formalmente, assegurar que os adubos verdes são eficazes na busca pela saúde do solo com o apoio de nutrientes disponíveis no ambiente através de outros organismos vegetais (EMBRAPA et al., Silva, 2016).

GRÁFICO 13 - Benefícios dos adubos verdes na visão dos agricultores, Susuana, Guaraciaba do Norte-CE, 2023..



Fonte: Elaborado pela própria pesquisadora (2023).

Um assunto pertinente na pesquisa foi a falta de assistência técnica relatada pelos agricultores destaca uma área crítica para a melhoria na gestão da saúde do solo. A ausência de suporte técnico pode ser um obstáculo significativo para a adoção de práticas inovadoras como a adubação verde, sendo essencial prover apoio qualificado aos agricultores nesta transição, conforme enfatiza Nogueira (2017). Portanto, é essencial que as estratégias de desenvolvimento agrícola incluam o fornecimento de assistência técnica qualificada, visando capacitar os agricultores e facilitar a transição para práticas agrícolas mais sustentáveis.

Os tópicos contemplados incluem características demográficas dos participantes, culturas produzidas, conhecimento sobre conservação do solo, uso de adubos, percepção da qualidade edáfica, desafios enfrentados, manejo de adubos verdes e assistência técnica recebida. Este conjunto de respostas servirá de base para a análise e discussão subsequente dos principais aspectos abordados pelo questionário aplicado junto aos agricultores.

A análise dos dados obtidos por meio do questionário aplicado aos agricultores de Sussuanha, em Guaraciaba do Norte, Ceará, revela importantes conhecimentos sobre as práticas atuais relativas ao manejo do solo e adoção de técnicas de adubação verde na região. Conforme Silva (2021), a investigação do perfil e hábitos dos produtores rurais é essencial para compreender as limitações e potencialidades para implementação de sistemas agrícolas mais sustentáveis.

A pesquisa de campo realizada com 10 agricultores da região trouxe resultados interessantes sobre a percepção desses profissionais em relação à saúde, qualidade e produtividade do solo.

Quanto aos benefícios da adubação verde, foram citados aumento da produção e melhoria da qualidade dos produtos colhidos, especialmente por aqueles que adotam a técnica há mais tempo. De fato, como comprova Carvalho (2011), o cultivo de adubos verdes como crotalária, mucuna e guandu em consórcio ou rotação com cultivos comerciais incrementa os rendimentos das culturas em ciclos sucessivos, além de melhorar a fertilidade natural dos solos.

Para efetivar os benefícios das leguminosas mucuna e crotalária como adubos verdes na região de Sussuanha, além de políticas públicas adequadas, é essencial engajar os agricultores por meio de estratégias de educação contextualizada, focadas em sua realidade e demandas.

Conforme analisa Silva (2021), capacitações técnicas em formato de "receituário", desconsiderando o contexto social, cultural e econômico dos agricultores, tendem a ter pouco impacto na mudança de seus hábitos e práticas de cultivo. Porém, quando embasadas por técnicas de aprendizado participativas, que valorizam o diálogo de saberes entre extensionistas e produtores, as ações de Ater revelam-se catalisadoras na adoção de tecnologias sustentáveis.

Salienta-se que é crucial que pesquisadores, professores e políticas incentivadoras de adubos verdes aproximem-se dos agricultores familiares, compreendendo seu modo de vida, dificuldades e anseios. A partir disso, informações técnico-científicas sobre adubos verdes devem ser transmitidas em linguagem acessível e demonstrando, na prática, como essas plantas adubadoras podem beneficiar seus sistemas de cultivo e melhorar os rendimentos econômicos.

Aliando isso com disponibilização de mudas, sementes e insumos a baixo custo, por meio de políticas públicas específicas, os produtores se sentirão motivados e com autonomia para experimentar localmente o plantio consorciado de mucuna e

crotalária. E à medida que observarem, em suas próprias lavouras, os efeitos positivos sobre a qualidade e produtividade dos solos e culturas, essas leguminosas serão naturalmente incorporadas aos sistemas de manejo.

Outra estratégia complementar são as unidades demonstrativas, áreas de testes instaladas em propriedades de agricultores líderes na região. Nelas podem ser validadas distintas densidades e épocas de plantio de mucuna e crotalária como adubo verde para diferentes cultivos comerciais, sob as mesmas condições de clima e solo enfrentadas pelos demais produtores locais (SILVA et al., 2020).

Dessa forma, ao visitar essas unidades e constatar a magnitude dos impactos dessas fabáceas sobre a fertilidade, erosão, matéria orgânica e rendimento das culturas a médio prazo, os demais agricultores se sentem encorajados a testar o plantio consorciado em suas próprias terras. E uma vez observando os benefícios concretos, superam as barreiras iniciais de desconhecimento e descrença, passando a incorporar mucuna e crotalária permanentemente em seus sistemas produtivos.

Conciliar estratégias de política agrícola, pesquisa adaptativa, educação contextualizada e demonstração prática para vencer as resistências e promover eficiente assimilação do conceito de adubação verde junto aos produtores familiares do semiárido. Ao apoiar essa transição sustentável por meio de abordagem multidimensional, respeitando saberes locais e resgatando a simbiose ancestral entre agricultura e natureza, a qualidade dos solos poderá ser mantida ou restaurada para as gerações futuras.

Além de melhorar a segurança alimentar regional, essa transição agroecológica também trará benefícios ambientais como incremento de biodiversidade, ciclagem de nutrientes, mitigação climática pela fixação de carbono no solo, redução no uso de fertilizantes sintéticos e agrotóxicos, promovendo agricultura biodiversa, produtiva e resiliente no contexto de mudanças climáticas (SALES et al., 2021).

Contudo, esse processo dependerá do engajamento dos diversos atores, academia, políticos, extensionistas, organizações da sociedade civil e os próprios agricultores familiares. Cada parte com seu papel específico e complementar às demais. Portanto, urge construção de redes de colaboração interinstitucional que reúnam diversas expertises para diagnóstico, planejamento e implementação de projetos integrados de pesquisa e extensão.

Orientados por essa concepção holística, os projetos devem delimitar objetivos, metas, responsabilidades e indicadores de acompanhamento. As diferentes instituições podem contribuir com recursos humanos, logísticos, financeiros ou políticos/administrativos para alavancar essa agenda de sustentabilidade na base produtiva familiar.

E por meio do envolvimento participativo dos agricultores em todas as etapas, do diagnóstico das demandas à avaliação crítica das tecnologias e políticas implementadas, os projetos se tornam verdadeiras escolas de aprendizagem coletiva. Essa coprodução de conhecimentos, articulando ciência aplicada, políticas públicas inclusivas e participação social qualificada, potencializa resultados transformadores em direção aos princípios da agroecologia.

Esse é o caminho que se descortina para a região de Sussuanha alcançar os benefícios amplamente comprovados da mucuna e crotalária na promoção da saúde, fertilidade e produtividade dos solos agrícolas. Por meio de abordagem inter e transdisciplinar, valorizando os diversos saberes e engajando todos os interessados, as barreiras culturais e materiais serão superadas. E passo a passo, essas leguminosas se incorporarão aos sistemas produtivos locais, trazendo benefícios ambientais, econômicos e sociais: os pilares basilares do paradigma da sustentabilidade.

Esse diagnóstico do perfil e práticas dos agricultores familiares de Sussuanha revela um panorama mediano quanto à compreensão da importância do manejo sustentável do solo e uso de técnicas conservacionistas que promovam sua saúde e produtividade no longo prazo. As limitações técnicas e financeiras à transição agroecológica também ficam evidentes, embora se perceba pré-disposição e interesse pela adoção de adubos verdes entre a maior parte dos entrevistados.

E, para efetivar os benefícios das leguminosas mucuna e crotalária como adubos verdes na região, é fundamental fortalecer as políticas públicas de assistência técnica rural, focadas em subsidiar os agricultores com conhecimento, insumos e crédito para o manejo adequado dessas plantas biofertilizantes. Além disso, é preciso fomentar mais pesquisas locais, validando estratégias adaptadas às condições edafoclimáticas e sistemas de cultivo empregados pelos pequenos produtores do semiárido nordestino.

## **4.2 Integração no sistema de produção local: o que nos mostra a literatura**

A região de Guaraciaba do Norte no Estado do Ceará é caracterizada pela agricultura familiar, com destaque para cultivos anuais de subsistência como milho, feijão, mandioca e hortaliças. Contudo, o manejo inadequado e a baixa diversificação produtiva têm gerado solos degradados, demandando estratégias sustentáveis de recuperação como a adubação verde (SILVA et al., 2017).

A introdução de leguminosas como a mucuna preta e a crotalária nesses sistemas simplificados pode trazer uma série de benefícios, potencializando a produção de alimentos e outros produtos de interesse econômico. Também contribui para restaurar a qualidade ambiental, mitigar mudanças climáticas e promover resiliência (ASSIS; ROMEIRO, 2009).

Para que de fato concretizem integralmente suas potencialidades produtivas e ecológicas, essas fabáceas multifuncionais precisam ser manejadas estrategicamente como componentes permanentes dos sistemas locais. Não como "solução rápida" passageira para recuperar solos esgotados, mas parte essencial de uma matriz diversificada e sinérgica de atividades na propriedade (SALES, 2020).

### **4.2.1 Mucuna e crotalária: características e usos múltiplos**

Originárias da Ásia e da África, respectivamente, a mucuna e a crotalária foram inicialmente introduzidas no continente americano como adubos verdes e para controle de nematóides. Mas seus usos são bem mais amplos devido a importantes atributos agronômicos e composição química singular (TEODORO et al., 2020).

Ambas se destacam pela alta produção de fitomassa, com até 15 toneladas de matéria seca por hectare nos trópicos (LASCANO; AVILA, 2003). Especialmente a parte aérea, rica em proteínas e nutrientes essenciais. Por isso, são excelentes para ensilagem ou feno na alimentação animal. Também possível extrair biofertilizantes líquidos pela maceração controlada de suas folhas e hastes tenras (DIAS et al., 2007).

Outro diferencial são as sementes de mucuna e crotalária, altamente energéticas e proteicas. A mucuna chega a conter até 35% de proteína bruta, servindo para formulação de rações balanceadas. Já o óleo da crotalária (cerca de 20%) tem

composição similar ao do amendoim, podendo substituí-lo na indústria de biodiesel, tintas e lubrificantes (GONÇALVES et al., 2021; TEODORO et al., 2020).

As raízes também são valiosas, sobretudo as da mucuna pela alta concentração do precursor L-DOPA para dopamina. Princípio ativo crucial em medicamentos para Doença de Parkinson e disfunções hormonais. As sementes e folhas das fabáceas também contêm fármacos para doenças crônicas, inclusive propriedades antitumorais já comprovadas (FONSECA et al., 2021; TEODORO et al., 2020).

Essas espécies, cultivadas não apenas como adubos verdes ou para controle de nematóides, essas leguminosas podem gerar uma diversidade de produtos nos sistemas integrados da agricultura familiar nordestina. Desde biofertilizantes, rações e biodiesel até fitoterápicos, agregando renda e aproveitando toda a planta com baixo desperdício numa perspectiva circular de bioeconomia regenerativa.

#### **4.2.2 Potencial de consórcios produtivos com mucuna e crotalária**

Uma questão central para a adubação verde é como inserir efetivamente as leguminosas dentro dos sistemas locais, maximizando sinergias com outros componentes. Basicamente, existem duas estratégias principais: o cultivo solteiro em rotação sequencial com as demais atividades produtivas ou o consórcio simultâneo das culturas em um mesmo talhão (ALCÂNTARA et al., 2000).

No primeiro caso, as fabáceas são implantadas puras durante uma safra ou estação de crescimento, geralmente no período de entressafra das principais culturas anuais na região. Após a máxima produção de fitomassa, cortam-se as plantas e depois faz-se a semeadura convencional da cultura seguinte de interesse comercial, como milho, feijão ou mandioca.

Nesta estratégia, os impactos biofertilizantes da adubação verde são potencializados, por haver decomposição e liberação gradual de nutrientes durante todo ciclo subsequente. Também maior a supressão de plantas daninhas, patógenos e outros efeitos alelopáticos pela maior biomassa incorporada (ALCÂNTARA et al., 2000).

Já nos consórcios, as leguminosas são plantadas intercalando fileiras com a outra espécie de interesse econômico principal. Geralmente emprega-se menor

densidade das fabáceas para reduzir a competição durante a fase de convivência. O corte das plantas de cobertura pode coincidir com a colheita da cultura-foco para facilitar tratos mecanizados.

Nesses arranjos mistos, a principal vantagem é manter cobertura contínua do solo por mais tempo. Também há ciclagem localizada de nutrientes pela deposição de serrapilheira. Mas plantas de ciclos e arquiteturas muito distintas tendem a competir mais por água, luz e demais recursos, podendo limitar produtividades (BARRETO et al., 2013).

Outra possibilidade para os pequenos produtores inserirem essas leguminosas são os quintais produtivos e hortas medicinais caseiras. Espécies como a mucuna-anã e crotalária apresentam porte mais baixo, ciclo curto, alta produtividade de grãos e são menos exigentes em tratos culturais. Podem ser cultivadas em canteiros ou vasos, produzindo alimento fresco, sementes e composto orgânico (LOPES et al., 2005).

As fabáceas também têm bom potencial para integrar os sistemas agroflorestais, muito difundidos entre agricultores familiares nordestinos por proverem alimentos, forragem, lenha e outros produtos em mesmo espaço. As leguminosas podem ser cultivadas nos primeiros anos junto às essências arbóreas fixando nitrogênio e produzindo renda extra nesse período (NOGUEIRA et al., 2017).

Com manejo adequado, podem ainda controlar plantas invasoras em fase inicial de implantação dessas florestas produtivas. Também atraem polinizadores e dispersores de sementes, acelerando restabelecimento da biodiversidade nesses ecossistemas antropizados (NOGUEIRA et al., 2017).

Entre as possibilidades de inserção das leguminosas na matriz local, os consórcios com culturas alimentares e oleaginosas apresentam bom potencial produtivo e socioeconômico para os agricultores familiares. Mucuna e crotalária não competem excessivamente por nicho similar, permitindo dupla exploração no mesmo talhão.

Uma boa opção são os policultivos com milho ou sorgo, bases da alimentação nordestina. As fabáceas suprem necessidades de nitrogênio ao fixá-lo do ar, enquanto as gramíneas possuem sistema radicular fasciculado explorando camadas mais profundas do solo (FERNANDES et al., 2005).

Outro consórcio tradicional muito difundido na região é com a mandioca, notadamente tolerante à fertilidade marginal e à sombra parcial. A mandioca se

desenvolve bem sob a cobertura das demais, desde que manejadas para não excessiva competição. Também responde vigorosamente à adubação verde pela maior disponibilidade de nutrientes (ALVARENGA et al., 1995).

As leguminosas também podem ser cultivadas em aléias entre renques de espécies frutíferas como banana, goiaba e citros. Como não competem nas camadas superiores ou por polinizadores, desenvolvem-se adequadamente nesse arranjo vertical. Adicionam nitrogênio e matéria orgânica, melhorando qualidade e produtividade nas faixas de cultivo das árvores sem prejudicar as colheitas anuais das fabáceas (NIMMO et al., 2022).

Até mesmo consórcios produtivos com culturas olerícolas e ornamentais são viáveis, como corroborado por Braz et al. (2009) intercalando crotalária e rabanete. A cobertura do solo e aeração possibilitada pelas raízes favoreceram as hortaliças. E o nitrogênio renovável reduziu em mais de 80% a necessidade de fertilizantes minerais nesse sistema integrado hortícola-floral.

Portanto, as opções de arranjos mistos são amplas, cabendo validações participativas junto a grupos de agricultores familiares locais. Primeiros consórcios em parcelas ou canteiros experimentais nas propriedades e, depois, nas lavouras em si para fins comerciais com as culturas-foco. A chave é sempre implantar as leguminosas consorciadas após as culturas principais já estabelecidas para evitar competição severa desde a germinação.

Essas fabáceas são igualmente promissoras em integração com a produção animal nordestina, muito dependente de forrageiras cultivadas no período chuvoso para alimentar os rebanhos no restante do ano. Mucuna, crotalária e leucena podem integrar esse sistema, fixando nitrogênio e depois servindo de feno ou silagem no período seco (FERNANDES et al., 2005).

Também interessante empregar essas proteináceas na compostagem ou biomassa animal, para obtenção de biofertilizante sólido ou líquido enriquecido em nitrogênio. Esse composto orgânico é ainda mais nobre para nutrir as culturas agrícolas, gerando rendimentos superiores em relação à adição isolada de esterco bovinos ou caprinos (SOUZA et al., 2012).

Além de consórcios diretos com cultivos agrícolas, a integração dessas leguminosas pode ser realizada com a pecuária, elemento central na matriz produtiva da agricultura familiar nordestina. A mucuna e crotalária apresentam bom potencial para servirem de banco de proteína, produzindo forragem de alta qualidade e

reduzindo necessidade de suplementos externos para o gado (CARVALHO et al., 2010).

Experimentos no Ceará indicam excelente desempenho animal com silagem mista contendo 50% de feno de mucuna ou crotalária juntamente com 50% de feno de capim-elefante. Novilhas alimentadas com essa forragem mista apresentaram ganhos médios diários de peso e conversão alimentar similares ao tratamento padrão com 100% de capim-elefante (CÂNDIDO et al., 1999).

Além da integração direta na alimentação animal, essas fabáceas podem ser cultivadas como adubos verdes em áreas de pastagem. Ao fixar nitrogênio e aportar matéria orgânica via incorporação da sua biomassa, melhoram gradativamente a qualidade dessas forrageiras perenes que são a base da criação de bovinos, caprinos e ovinos extensivos.

Também possível o pastejo rotacional moderado de animais nos adubos verdes, desde que respeitando adequada estrutura física do solo e período de descanso suficiente para rebrota vigorosa das leguminosas. Essa estratégia amplia a oferta de alimento durante o ano todo, reduzindo necessidade de reservas e por vezes evitando até a suplementação nos períodos críticos de estiagem (DUTRA et al., 2011).

Enfim, dada a importância econômica e cultural da pecuária entre os agricultores familiares cearenses, saber conciliar efetivamente a mucuna preta, a crotalária e outras fabáceas de usos múltiplos com essa atividade poderá catalisar mais rápida e ampla adoção dessas leguminosas multifuncionais na região.

Seja provendo melhor alimentação animal em qualidade e menor custo, seja aumentando sustentavelmente a produtividade das grandes áreas de pasto por meio da adubação verde e demais efeitos biofertilizantes. Com manejo adequado à realidade do Semiárido, consórcios produtivos dinâmicos entre essas leguminosas e a pecuária familiar poderão alavancar sistemas mais biodiversos, eficientes e rentáveis socialmente.

Em suma, a integração permanente de leguminosas nos sistemas da agricultura familiar é um dos caminhos para transição agroecológica no Semiárido nordestino. A mucuna preta, a crotalária e outras fabáceas podem potencializar sinergias produtivas em consórcios bem planejados com cultivos agrícolas e criações animais. Também prover outros produtos e serviços ecossistêmicos, diversificando atividades e fontes de renda com menor dependência de insumos externos aos agroecossistemas locais.

Porém, adaptações nas políticas públicas e no diálogo entre pesquisa e extensão rural serão necessários para superar barreiras socioculturais e econômicas que ainda limitam esse manejo mais sustentável da vegetação nos trópicos semiáridos. Pois somente com a efetiva incorporação dessas fabáceas pelos atores e técnicas locais será possível colher plenamente seus múltiplos benefícios, que vão muito além da simples adubação verde ou controle de nematoides.

Enfim, testes em nível local são fundamentais para determinar os melhores arranjos produtivos que potencializem a convivência sinérgica entre esses diferentes elementos nos limitados espaços da agricultura familiar. Respeitando épocas, densidades, ciclos fenológicos e demais aspectos agroecossistêmicos a fim de otimizar o uso da terra sem prejudicar produtividades individuais.

O cultivo amplo e permanente da mucuna preta, da crotalária e de outras leguminosas em consórcio com diversas culturas e criações animais poderia alavancar significativamente a produtividade e a resiliência dos sistemas integrados da agricultura familiar de Guaraciaba do Norte e região.

Essas fabáceas de usos múltiplos, para além da adubação verde, representam importante estratégia de intensificação ecológica da produção em pequena escala. Incrementam a segurança alimentar e nutricional das famílias, trazendo benefícios multifuncionais nos âmbitos ambiental, econômico, social e cultural.

Contudo, algumas barreiras precisam ser vencidas para inserção efetiva dessas leguminosas nas matrizes produtivas locais. Serão cruciais mais pesquisas locais, a disponibilização de sementes e mudas adaptadas, capacitação técnica em estratégias de manejo e consorciação, além de políticas específicas de crédito, seguro agrícola e garantia de preços mínimos que facilitem essa transição agroecológica.

Também fundamental motivar os agricultores e suas organizações representativas para esse processo de mudança técnico-cultural. Por meio de estratégias dialógicas e vivenciais de comunicação, é possível superar desconfianças e interesses divergentes em torno de uma convergência maior dos atores em direção a sistemas verdadeiramente sustentáveis.

Pois somente com esse engajamento proativo de pesquisadores, extensionistas, gestores públicos e dos próprios produtores familiares é possível desenhar soluções criativas e transformadoras inspiradas na realidade e saberes locais. Soluções capazes de conciliar modernização e tradição por meio de consórcios

e outras sínteses superadoras entre conhecimentos técnico-científicos e as lógicas nativas da agricultura nordestina.

#### **4.2.3 Impacto Ambiental e Sustentabilidade da adubação verde com mucuna preta e crotalária**

O uso da adubação verde com leguminosas como a mucuna preta (*Mucuna pruriens*) e a crotalária (*Crotalaria spectabilis*) vem se consolidando como importante estratégia para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Isso porque essas fabáceas trazem benefícios multifacetados, contribuindo para restaurar a qualidade do solo, mitigar mudanças climáticas e promover a agrobiodiversidade.

No Distrito de Sussuânia, zona rural de Guaraciaba do Norte (CE), essas plantas biofertilizantes podem desempenhar papel crucial na transição para modelos produtivos mais resilientes e de base ecológica. A região é marcada pela agricultura familiar, predominando minifúndios com cultivos anuais como milho, feijão e mandioca.

Contudo, o manejo inadequado dos solos tem levado à sua degradação progressiva. Práticas como queimadas de resíduos vegetais e aração excessiva promovem erosão, perda de matéria orgânica e nutrientes. Isso compromete a produtividade das culturas ao longo do tempo, aumentando a vulnerabilidade socioeconômica e ambiental desses agricultores.

Nesse contexto, a adubação verde com mucuna e crotalária poderia minimizar tais impactos negativos, recuperando atributos biogeoquímicos dos solos cultivados e elevando a resiliência dos agroecossistemas.

Um dos principais benefícios das leguminosas seria o incremento nos teores de matéria orgânica via deposição de fitomassa no solo. Em experimentos no bioma Caatinga, Barreto et al. (2013) constataram que a mucuna preta pode aportar até 6 toneladas de massa seca por hectare, enquanto a crotalária chega a produzir cerca de 4 toneladas (SOUSA et al., 2010).

Essa palhada protege o solo contra erosão hídrica e eólica, além de servir de substrato para os organismos edáficos. Sua decomposição libera compostos húmicos e nutrientes de forma gradual, com destaque ao nitrogênio fixado pelas fabáceas no processo simbiótico com bactérias diazotróficas.

Dessa forma, a adubação verde pode incrementar em 20% os teores de carbono orgânico e elevar substancialmente os níveis de N, P e K disponíveis (OLIVEIRA et al., 2017). Isso reflete em maior fertilidade do solo, com impactos positivos sobre o desenvolvimento das culturas comerciais em sucessão.

Em experimento comparando a rotação milho-feijão com e sem crotalária antecedendo o feijão, Neves et al. (2010) verificaram que a leguminosa aumentou os teores de matéria orgânica em 135%, N em 65%, P em 52% e K em 31%. Em adição, a massa de 100 grãos e produtividade do feijoeiro foram 96% e 94% superiores, respectivamente, no tratamento precedido pela crotalária.

Além de nutriente, a palhada da mucuna e crotalária melhora atributos físicos do solo como estrutura, agregação, porosidade e infiltração de água. Isso ocorre pelo efeito cimentante dos exsudatos radiculares e pela ação mecânica das raízes em descompactar camadas subsuperficiais adensadas (MOURA et al., 2017).

Conseqüentemente, os solos cultivados com adubos verdes apresentam menor densidade, maior estabilidade de agregados e maior capacidade de armazenar água. Fatores que também contribuem para reduzir erosão, escoamento superficial e percolação de nutrientes para horizontes mais profundos.

Outra contribuição primordial da mucuna e da crotalária à sustentabilidade decorre de seu potencial em mitigar as mudanças climáticas. Isso ocorre principalmente pela redução nas emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), um gás cerca de 300 vezes mais poderoso que o CO<sub>2</sub> no aquecimento global.

A aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos é uma das principais fontes antrópicas de N<sub>2</sub>O nos solos agrícolas. Contudo, o uso de leguminosas como biofertilizantes permite diminuir drasticamente as doses de N mineral necessárias, em vista do nitrogênio renovável fixado pelas fabáceas (ULLMANN et al., 2017).

Assim, Karam et al. (2007) verificaram reduções superiores a 50% nas emissões de N<sub>2</sub>O pelo cultivo da crotalária antes do milho, em comparação ao tratamento adubado somente com ureia. Já Favas et al. (2014) observaram menor potencial de desnitrificação em solos com histórico de cultivo de mucuna e tremoço utilizados como adubos verdes.

Além da mitigação indireta via supressão de fertilizantes sintéticos, as próprias leguminosas atuam no sequestro de carbono quando seus resíduos são incorporados ao solo. A mucuna e crotalária podem armazenar entre 1000 e 4000 kg

de C por hectare na camada arável, reduzindo assim o principal gás causador do efeito estufa na atmosfera (ZACARIAS et al., 2020).

Trabalhos conduzidos em Pernambuco revelaram interessantes propriedades biofumigantes dos resíduos de mucuna e crotalária contra fitonematóides e fungos habitantes do solo. Ao se decomporem, esses tecidos vegetais liberam compostos nitrogenados e enxofrados tóxicos, reduzindo a sobrevivência desses organismos a níveis não prejudiciais (MOURA et al., 2009).

A cobertura do solo com a palhada das fabáceas também dificulta a penetração de juvenis de nematóides até raízes das plantas. Em adição, as populações de diversos patógenos como o nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) e fungos causadores de podridões radiculares são drasticamente suprimidas nos solos onde a mucuna e crotalária são cultivadas (MOITINHO et al., 2018).

Isso ocorre, pois, as leguminosas atuam como plantas armadilha, atraindo a ovoposição dos fitopatógenos em suas raízes sem permitir, entretanto, que estes completem seu ciclo. Assim, reduzem o inóculo inicial dos organismos prejudiciais antes do plantio das principais culturas agrícolas.

Essa maior sanidade dos solos associada à alelopatia de compostos liberados pelos resíduos das fabáceas também diminui o estabelecimento das plantas daninhas (GOMES JUNIOR et al., 2020). Observa-se assim menor necessidade de capinas, reduzindo uso de herbicidas e mão de obra com esse manejo cultural.

A manutenção de cobertura vegetal por períodos mais prolongados com a adubação verde também traz benefícios indiretos como a promoção da biodiversidade edáfica e o aumento de inimigos naturais. A maior biomassa radicular e diversidade microbiana associada favorece organismos benéficos como polinizadores, predadores e entomopatógenos (MOITINHO et al., 2018).

Em estudo comparando sistemas de preparo do solo, Aquino et al. (2008) constataram até 300% mais insetos predadores em lavouras onde se empregou a crotalária como adubo verde antes do milho. Nas parcelas somente gradeadas a população desses agentes foi significativamente menor.

Logo, além do controle biológico, a manutenção da cobertura do solo com palhadas diversificadas também serve de habitat e suprimento trófico para uma biota mais rica. Favorecendo assim a conservação da biodiversidade e dos processos ecossistêmicos reguladores de pragas.

Em suma, a adubação verde com mucuna e crotalária apresenta grande potencial para incrementar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas familiares de Sussuanha e região. Seus impactos multifuncionais sobre conservação edáfica, mitigação climática, proteção de recursos hídricos, saneamento fitossanitário e provisão de serviços ecossistêmicos são estratégicos para uma transição gradual rumo à agroecologia.

A incorporação dessas fabáceas na matriz produtiva permite maior sinergia entre produção de alimentos e respeito aos limites biofísicos dos agroecossistemas. Também favorece resiliência e adaptação às mudanças ambientais e socioeconômicas em curso. Finalmente, promove segurança alimentar e geração de renda para os agricultores de forma socialmente justa e ecologicamente prudente.

Tais atributos aproximam a adubação verde com mucuna e crotalária aos postulados de uma agricultura de base sustentável preconizados em acordos internacionais recentes. Como a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, que estabelece os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável conciliando metas sociais, econômicas e ambientais.

Contudo, para que seus benefícios potenciais sejam de fato alcançados em Sussuanha, algumas condições precisam ser asseguradas. São cruciais investimentos em assistência técnica rural, crédito, pesquisa adaptativa e estratégias pedagógicas locais que facilitem efetiva assimilação pelos agricultores das boas práticas com essas leguminosas multifuncionais (CARMO, 2011).

Também fundamental é o fortalecimento de redes de colaboração envolvendo universidades, governos, ONGs, sindicatos e os próprios produtores na coprodução de conhecimentos aplicáveis à realidade da agricultura familiar nordestina. Somente com ações sinérgicas, participativas e contínuas será possível disseminar essas alternativas de manejo regenerativo e alavancar mudanças substanciais rumo à sustentabilidade.

#### **4.3 Cartilha verde: Adubação verde como proposta de beneficiamento do solo em pequenas áreas de Sussuanha Guaraciaba do Norte**

A adubação verde tem sido amplamente estudada como uma técnica importante para a melhoria da qualidade do solo, especialmente em pequenas propriedades rurais.

A pesquisa começa apresentando o contexto da agricultura familiar na região, marcada por minifúndios com sistemas de produção vulneráveis, onde o cultivo da Sussuanha aparece como uma importante atividade econômica. No entanto, observou-se pouco conhecimento sobre adubação verde, por isso que a Cartilha Verde surgiu como ferramenta de informação aos agricultores sobre essa adubação tão importante, acessível e viável para os cuidados com o solo através da sustentabilidade.

A proposta da Cartilha Verde (Anexo 2) surgiu para auxiliar os agricultores entrevistados a compreenderem melhor o processo da adubação verde e como ela pode melhorar o solo e o processo das plantações. Segundo Mudo (2011), a cartilha não tem pretensão de encerrar as informações apresentadas, mas ofertar conhecimentos para despertar o interesse, incentivar o agricultor a procurar outros meios de adubação para promover qualidade sobre os seus produtos.

Na cartilha é possível encontrar informações mais abrangentes sobre a adubação verde e de como o agricultor pode associar a própria natureza em benefício da saúde do solo de sua propriedade. Apresenta também algumas leguminosas que é possível encontrar na própria região, nos órgãos estaduais de apoio a agricultura familiar como a EMATERCE.

É possível abranger a teoria sobre adubos verdes com dicas de vídeos através de links e também dos Qr codes, estratégia atualizada para envolver os filhos e os netos através das tecnologias digitais.

Enfim, a Cartilha Verde finalizou o projeto com a entrega de alguns exemplares aos agricultores participantes do questionário e os moradores circunvizinhos que também foram contemplados com a leitura e, quem sabe, com futuras práticas do plantio de adubos verdes para que Sussuanha seja mais um território integrado aos manejos da sustentabilidade voltada para os cuidados com o solo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de referencial teórico e pesquisa de campo, pôde-se constatar os vários benefícios dessas fabáceas quando utilizadas como adubos verdes em sistemas produtivos do semiárido nordestino.

Verificou-se que a mucuna e a crotalária podem trazer ganhos relevantes para a estrutura e fertilidade dos solos, com impactos positivos na produção das culturas em rotação ou sucessão. Isso se deve à rápida decomposição dos resíduos vegetais e à subsequente liberação gradual de macro e micronutrientes. Além disso, por serem leguminosas, essas plantas biofertilizantes têm a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, aumentando a disponibilidade desse elemento no solo. Além de incremento nos teores de matéria orgânica e à maior agregação das partículas do solo quando seus resíduos são incorporados ao solo.

As pesquisas também revelaram o potencial das leguminosas no sequestro de carbono no solo, aspecto cada vez mais estratégico no contexto de mudanças climáticas.

Portanto, para que leguminosas possam efetivamente contribuir com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas locais, alguns requisitos precisam ser contemplados, como investimentos públicos em políticas de assistência técnica rural, para que os produtores recebam orientação adequada sobre manejo, épocas de plantio, tratos culturais etc. Também é crucial facilitar o acesso a sementes, equipamentos e demais insumos envolvidos na implantação dessas culturas de cobertura. Outro requisito primordial são pesquisas regionais para identificar as variedades mais adaptadas às condições edafoclimáticas típicas do semiárido, assim como para validar as melhores densidades e estratégias de consórcio com as culturas comerciais. Igualmente fundamental é a formação qualificada dos agentes de Ater, para que se tornem multiplicadores dessa agroecologia junto aos seus assistidos.

Sendo assim, poderá ser de grande relevância para sensibilizar a própria população local, por meio de estratégias participativas de educação contextualizada, que valorizem o diálogo de saberes, superando desconfianças e receios históricos frente ao chamado "conhecimento científico". Apenas com a mobilização e engajamento de todos os atores - poder público, academia, organizações da

sociedade civil e os agricultores familiares - será possível alavancar os benefícios da adubação verde com fabáceas na realidade de Sussuanha.

À medida que os agricultores constatarem na prática os resultados positivos da mucuna e crotalária, incorporarão espontaneamente essas leguminosas multifuncionais ao cotidiano de seus sistemas produtivos. Com isso, darão uma contribuição inestimável para a grande transição pela sustentabilidade da agricultura e da sociedade neste início de século.

Verificou-se haver pré-disposição dos agricultores para adotar essas fabáceas adubadeiras em suas lavouras, apesar de barreiras de ordem técnica, econômica e sociocultural. Também ficaram explícitas algumas estratégias necessárias para facilitar e acelerar esse processo de assimilação da mucuna e crotalária na rotina agrícola local.

Espera-se que este estudo possa subsidiar políticas públicas e ações locais destinadas a disseminar o uso de adubos verdes em Sussuanha, tornando a produção agrícola ambientalmente mais sustentável e alinhada com as atuais demandas da sociedade para o desenvolvimento sustentável da agricultura sertaneja.

A cartilha verde elaborada e distribuída para os agricultores constituiu-se em um importante instrumento de transmissão de informação aos agricultores, para que os mesmos possam ter acesso a informações sobre as espécies que podem ser usadas para adubação verde trazendo benefícios à produtividade de suas culturas e contribuindo para manutenção e/ou melhoria da qualidade de seus solos.

## REFERÊNCIAS

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. **Histórico da adubação verde**. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F (Ed.). Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 23-40.

AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de; PIRES, F. R.; CORREA, J. C. **Influência de sistemas de preparo nas populações de insetos predadores em cultivo de milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, Mar. 2008.

ASSIS, R. L. **Desenvolvimento rural sustentável no Brasil**: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. 2006. 89 f.

Tese (Doutorado em economia aplicada) – Universidade estadual de Campinas. Seropédica – RJ, 2006.

ASSIS, R. L.; ROMEIRO, A. R. **Agroecologia e agricultura orgânica**: controvérsias e tendências. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 19, p. 67-80, jan./jun. 2009.

ASSIS, Renato Linhares de. **Desenvolvimento rural sustentável no Brasil**: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. 2006. 336 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

BARCELLOS, Tatiza. **Porque a mucuna-preta pode ser uma opção vantajosa para a adubação verde**. Blog da Aegro para negócios rurais. Acesso em: 15/07/2022.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F.; SOUSA NETO, O. N. de. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, 2013.

BARROSO, G.M. et al. **Neuroprotective and Antioxidant Effects of Mucuna pruriens Seed Extract Against MPTP-Induced Parkinson's Disease in Mice**. *Oxidative medicine and cellular longevity*, v.2021, p.1-12, 2021.

BARROSO, Gigliane Raquel Perez et al. Teor de macronutrientes em plantas utilizadas como adubo verde. **Saber Científico (1982-792X)**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2021.

BERTOLLO, G.M. et al. **Agronomic performance of cover crops in an integrated crop-livestockforest system**. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.51, 2021.

BRAGA, R.M. et al. **Toxicidade da Crotalaria spectabilis em bovinos**. *Pubvet*, v.8, p.1-7, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 64, de 18 de dezembro de 2008. Aprova o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 6, 26 dez. 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas**. Estatísticas Anuais de Casos de Intoxicação e Envenenamento. Brasília: Fundação Oswaldo Cruz, 2019.

BRAZ, A. J. B. P. et al. **Desempenho de rabanete consorciado com adubos verdes**. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 2, abr.-jun. 2009.

BOFF, LEONARDO. **Sustentabilidade: O que é - O que não é**. Editora: Vozes, revista e ampliada, 5º ed. 2016.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e extensão rural**: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004. 166 p.

CARDOSO, C.A.L. et al. Hepatoprotective effects of pyrolizidine alkaloid-free *Crotalaria spectabilis* extract in rats with thioacetamide-induced acute liver injury. **Journal of ethnopharmacology**, v.151, n.1, p.442-449, 2014.

CARDOSO, R. A., BENTO, A. S., MORESKI, H. M., & GASPAROTTO, F. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*. 35(2), 51-60 (2014).

CARMO, M. S. do. **Metodologias de extensão rural para uma agricultura familiar agroecológica**. 2011. 203 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

CARNEIRO, F.F. et al. **Dossiê ABRASCO**: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV, Expressão Popular, 2015.

CARVALHO, A. M.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 7, 551-561, 2015.

CARVALHO, G.J.; VILELA, L.; SANTOS, J.D. dos S. Evolução de *Crotalaria juncea*, *Mucunapruriens* e *Lablab purpureus* solteiras e consorciadas com o milho para grãos em Lavras - MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, suplemento 1, p. 157-166, 2011.

CARVALHO, P.C.F. et al. **Importância da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) para os sistemas de produção**. In: Encontro de integração lavoura-pecuária-floresta no Bioma Mata Atlântica, 2010, Colombo, PR. Anais [...]. Colombo: Embrapa/CNPMA, 2010. p. 1-6.

CAZORLA, I.M. et al. **Amendment of soils with *Crotalaria juncea* and *Raphanus sativus* for management of *Meloidogyne javanica* on carrot**. *Nematropica*, v.43, n.2, p.255-262, 2013.

CHELSEA, S.F. et al. Meta-analysis of greenhouse gas emissions from cultivated land converted to grassland. **Nature Communications Earth & Environment**, v.3, n.26, 2022.

CILIA, R. et al. ***Mucuna pruriens* in Parkinson disease**: A kinetic-dynamic comparison with levodopa standard formulations. *Parkinsonism & related disorders*, v.52, p.28-31, 2018.

CORDEIRO, Ana Amélia S. *et al.* Cultivo orgânico de repolho com adubação verde em pré-cultivo e adubação orgânica em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 515-520, 2018.

DAROLT, M. R. **Agricultura orgânica**: inventando o futuro. 2. ed. Londrina: IAPAR, 2013.

DAROLT, M. R. As principais correntes do movimento orgânico e suas particularidades. **Revista Agriculturas**, v. 9, n. 2, jun. 2012.

DIAS, B. O. et al. Rendimento e características da silagem de milho com diferentes proporções de crotalaria júncea. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, n.4, p.918-925, 2007.

DIAS-ARIEIRA, C.R. et al. **Effectiveness of *Crotalaria juncea* L. and *Raphanus sativus* L. for the management of nematodes.** Summa Phytopathologica, v. 37, n. 3, p. 185-191, 2011.

DUTRA, S.; CARDOSO, E.G.; SPÓSITO, M.B.; FREITAS, K.R. Influência da adubação nitrogenada e da calagem sobre a produção e valor nutritivo da *Crotalaria juncea* e do capim-aruaana. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 2, p. 173-179, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Adubação verde eleva a capacidade produtiva do solo.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/12479603/adubacao-verde-eleva-a-capacidade-produtiva-do-solo>. Acesso em: 12/12/2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2 ed. 306p. Brasília, 2006.

FAVAS, P. J. C.; PRATS, S. A.; RAPOSO, R. F. C.; MARTINS-LOUÇÃO, M. A.; RIBEIRO, C. M. C. Soil microbial activity diversities across a land use gradient in a Mediterranean ecosystem. **Spanish Journal Of Agricultural Research**, Madrid , v. 12, n. 4, p. 903-916, 2014 .

FERNANDES, F. E. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por adubos verdes em diferentes espaçamentos entre fileiras. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 01-06, 2005.

FERREIRA, A.L. et al. **A New Antioxidant with Fast Activity from *Mucuna pruriens* Seeds.** Natural product communications, v.11, n.12, p.1827-1830, 2016.

FLORES, T.M. et al. **Nutritional and antinutritional composition of the leaves of *Crotalaria spectabilis* grown in Central Brazil.** Tropical and Subtropical Agroecosystems, v.9, p.101-107, 2008.

FORMENTINI, Edegar A. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem.** 2019.

FORMENTINI, Edegar Antonio. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem.** Vitória, ES. 2008.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 7. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2019.

FREITAS, R.S. et al. **Phytoremediation of the herbicides diuron, tebuthiuron and a mixture of both by leguminous species.** Planta Daninha, v.35, 2017.

FURTADO, Dermeval Araújo; BARACUHY, José Geraldo; FRANCISCO, Paulo Roberto Megna (Org.). **Difusão de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento sustentável dosemiário brasileiro.** Campina Grande: EPGRAF, 2013. Disponível em: <http://www.insa.gov.br/wp->

content/uploads/2014/03/Difus%C3%A3o-de- tecnologias- apropriadas-para-o- desenvolvimento-sustent%C3%A1vel-do- semi%C3%A1rido- brasileiro.pdf. Acesso em: 14 mar. 2023.

GALLORI, S. et al. LC-ESI-QTOF-MS **identification of novel antioxidant peptides obtained by enzymatic and microbial hydrolysis of vegetable proteins**. Food chemistry, v.192, p.1187-1194, 2016.

GIONGO, V. et al. Biomass production in mixture of gamma grass with forage plants. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 12, p. 2133-2139, 2011.

GOMES JUNIOR, R.A. et al. Efeito da palhada de *Crotalaria spectabilis* e seus extratos no controle de plantas daninhas e plantas de cobertura. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 6, p. 1903-1916, 2020.

GONÇALVES, C. A. A. et al. **Chemical characterization of *Crotalaria juncea* L. biodiesel** obtained by different extraction and transesterification processes. Industrial Crops & Products, v. 170, 2022.

GUARACIABA DO NORTE (CE). In: **ENCICLOPÉDIA dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro: IBGE, 1959. v. 16. p. 241-242. Disponível em: [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv27295\\_16.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv27295_16.pdf). Acesso em: 23 nov. 2023.

GUARESCHI, R.F. et al. **Deposição de serapilheira e de nutrientes em área de integração lavoura-pecuária**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 42, n. 4, p. 454-461, 2012.

**IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –** biblioteca.ibge.gov.br.2009. Consultado em 28 de dezembro de 2023.

JACOBI, P.; MONTEIRO, F. Redes Sociais. In: **Encontros e Caminhos da Educação Ambiental. Formação de Educadoras(es) ambientais e coletivos educadores**. Volume 2. FERRARO JUNIOR, L. A (org.). Brasília: MMA – Diretoria de Educação Ambiental, 2007a.

JARDIM, A.N.O.; CALDAS, E.D. **Brazilian monitoring programs for pesticide residues in food – Results from 2001 to 2010**. Food Control, v.25, p.607-616, 2012.

KARAM, D. S.; SILVA, E. M.; BORKERT, C. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; FIDALSKI, J.; PRADO, H. do. **Nitrous oxide fluxes from a tropical soil cropped with different nitrogen sources**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREEN MANURING IN SUSTAINABLE PLANT PRODUCTION SYSTEMS, 2007, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Iapar, 2007. p. 63-64.

KATZENSCHLAGER, R. et al. *Mucuna pruriens* in Parkinson's disease: a double blind clinical and pharmacological study. **Journal of neurology, neurosurgery & psychiatry**, v. 75, n. 12, p. 1672-1677, 2004.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570p

KUBO, R.K. et al. **Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja**. In: ALBRECHT, L.P. et al (Ed.). Boas práticas para o cultivo da soja no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Evangraf, 2021, p.109-147.

LAMPARIELLO, L.R.D.C. et al. The phytocomplex from Fagioli di Sarconi beans grown in Basilicata (southern Italy) reduces spasticity in a mouse model of multiple sclerosis. **Neuroscience letters**, v.529, n.2, p. 170-174, 2012.

LASCANO, C. E.; AVILA, P. **Calidad nutricional y utilización de Mucuna pruriens var. utilis en la alimentación animal**. In: FLORES, M. P.; EILBERG, M. C.; RINCÓN, A. Arvejas y otros vegetales: opciones agroecológicas y productivas en fincas integrales. Cali, 2003. p. 41-49.

LEANDRO, L.F.S. et al. Nematicidal potential of Annona mucosa and Andira inermis. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu , v. 14, n. 1, p. 45-50, 2012 .

LEITE, V.F.; SOUSA NETO, O.N.; MOURA, M.R. et al. **Adubação verde na recuperação da fertilidade do solo**. Comunicata Scientiae, v.11, n.1, p.102-112, 2022.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J.L.S. da. Integração lavoura-pecuária: o estado da arte e o futuro. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 101, p. 5-14, 2008.

LI, X. et al. Pyrrolizidine alkaloids from Crotalaria albida and their antitumor activities. **Journal of Asian natural products research**, v.13, n.12, p.1130-1136, 2011.

LOPES, J.C.; SILVA, N.R.; MATOS, E.S.; BEZERRA NETO, F.; BARROS JÚNIOR, A.P. **Avaliação de cultivares de feijão-guandu-anão (Cajanus cajan) em cultivo isolado e consorciado com milho**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 29, n. 4, p. 799-806, 2005.

LOPES, M.L.T. et al. Atributos químicos do solo sob integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1829-1836, 2011.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. **Revista brasileira de zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MARTINS, N. et al. Antitumor Properties of a New Carotenoid Isolated from Mucuna pruriens Seeds. **Journal of natural products**, v.81, n.3, p.641-648, 2018.

MATOS, Kelma Socorro Alves Lopes de (Org.). **Educação Ambiental e Sustentabilidade IV**. – Fortaleza: Edições UFC, 2013.

MISHRA, L.; GUPTA, B.B.P. Mucuna pruriens (L.) DC as a source for L-DOPA. In: New Look to Phytomedicine. **Apple Academic Press**, 2016. p. 295-310.

MOITINHO, M. R.; SALOMÃO, G. B.; CARNEIRO, L. F.; PADOVAN, M. P. Nematoides na soja antecedida de adubos verdes em sistema plantio direto em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 64-71, 12 set. 2018.

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó: Grifos, 1991.

MOURA, R.M. et al. **Eficácia de leguminosas para o manejo de *Meloidogyne javanica* em tomateiro e alface.** Nematologia Brasileira, v. 33, n. 1, p. 56-61, 2009.

MOURA, W. M. et al. **Soil health:** looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? Scientia Agricola, Piracicaba, v. 74, n. 4, p. 274-289, July/Aug. 2017.

NETO, J.A.G. et al. **Phytoremediation potential of the leguminous plant *Mucuna pruriens* in soils contaminated with Bisphenol A.** Chemosphere, 2022.

NEVES, C. M. L.; FRANCO, A. A.; SUZUKI, L. E. A. S. Efeito residual da adubação verde com a crotalária na cultura do feijão em substituição à adubação mineral em solo de cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 908-917, nov./dez. 2010.

NEVES, Marcos Fava. **Agronegócio e desenvolvimento sustentável:** uma agenda para a liderança mundial na produção . São Paulo, Atlas 2007

NIMMO, G A et al. **Complementary Resource Use in an Agroforestry Tree–Crop Model.** Enhances Crop Yield While Reducing Resource Competition. Agronomy, v. 12, n. 9, p. 1912, 2022.

NOGUEIRA, D. H. et al. **Management of plant residues on the soil surface in long-term no-tillage areas under Mediterranean conditions in Southern Brazil.** Soil Research, 2017.

NOGUEIRA, N. O.; OLIVEIRA, O. M de.; MARTINS, C. A. S.; BERNARDES, C de. O. **Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas.** Enciclopédia Biosfera, v.8, p. 2121-2131, 2012.

OBESO, J.A. et al. **Motor complications in Parkinson's disease:** 13-year follow-up of the CamPaIGN cohort. Movement Disorders, v.32, n.12, 2017.

OLIVEIRA, T. K.; SOUSA NETO, O. N.; BARRETO, A. C.; SANTIAGO, R. D.; FRAGA, V. D. S.; FIGUEIREDO, M. V. B. ***Mucuna* e *Brachiaria* grasses in crop-livestock integration systems:** effects on soil fertility and maize development. Bragantia, Campinas, v. 76, n. 3, p. 353-362, 2017.

PAÇO, Pedro Antônio. **Arranjos espaciais de mistura de adubos verdes antecedendo o cultivo orgânico do feijoeiro.** 2016. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.

PALIWAL, S.K. et al. **Antimalarial activity of crotalidine, a pyrrolizidine alkaloid isolated from *Crotalaria medicaginea*.** Pharmaceutical biology, v.49, n.6, p.607-612, 2011.

PENTEADO, S.R. **Introdução à agricultura orgânica: normas e técnicas de cultivo.** 2a Ed., Campinas, SP: Editora Grafimagem, 207p. 2010.

PEREIRA A. S., SHITSUKA, D. M., PARREIRA, F. J., & SHITSUKA, R. Metodologia da pesquisa científica. UFSM. Primavesi, A., Primavesi, A. **A biocenose do solo na produção vegetal & Deficiências minerais em culturas, nutrição e produção vegetal**. 1ª ed. São Paulo: Expressão Popular (2018).

PESSINI, L.; BARCHIFONTAINE, C. P (Orgs.). **Fundamentos da bioética**. São Paulo: Paulus, 1996.

PIGNATI, W.A. et al. Spatial distribution of pesticide use in Brazil: a strategy for Health Surveillance. **Cien Saude Colet**, v.22, p.3281-3293, 2017.

POLINI, B. et al. **Antiproliferative and anti-inflammatory effects of Uncaria tomentosa fractions and isolated compounds over human THP-1 cells**. *Pharmaceutical biology*, v.54, n. 12, p. 2911-2922, 2016.

POLINI, B. et al. **Antiproliferative effect of pyrrolizidine alkaloids from three Crotalaria species**. *Pharmaceutical biology*, v.56, n.1, p.591-596, 2018.

RAMOS, Andréia R. et al. Características agronômicas da mucuna-preta em diferentes épocas de sementeira. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 1051-1058, 2018.

RAMOS, J.P. et al. *Crotalaria spectabilis* extracts showed antitumoral activity in thyroid cancer cell line. **Journal of Oncology**, v.2018, 2018.

RODRIGUES, G. S. et al. **Produção orgânica de alimentos**. 2006.

RODRIGUES, Renato Augusto Soares. **Ciência do solo: morfologia e gênese** – Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S/A, 2018.

ROSSI, Fabrício e CARLOS, José Aparecido Donizeti. **Histórico da adubação verde no Brasil**. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil : fundamentos e prática. Tradução . Brasília: Embrapa, 2014. v. 1.

SALES, A. et al. Percepção de agricultores familiares sobre os entraves à conversão para sistemas orgânicos de produção. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, 2021.

SALES, R. R. **Metodologias de extensão rural para uma agricultura familiar agroecológica**. 2020. 183 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SANTOS, Maurício Reginaldo Alves dos *et al.* Efeito da adubação verde sobre o crescimento de *kalanchoe pinnata* (LAM.) PERS. **Saber Científico (1982-792X)**, v. 2, n. 2, p. 45-55, 2021.

SILVA, E.M.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; AMORIM, M.C.C. et al. **Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho**. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 2, abr.-jun. 2011.

SILVA, Evelise Martins da. **Crotalária**: porque ela é uma boa opção de adubação verde e controle de nematoides.

<https://blog.aegro.com.br/crotalaria/#:~:text=300%20kg%2Fha.-,Quais%20os%20benef%C3%ADcios%20da%20crotal%C3%A1ria%3F,no%20contr ole%20de%20plantas%20daninhas>. Acesso em 20 fev. 2023.

SILVA, M. S., OLIVEIRA, G. R. F., MERLOTI, L. F., & SÁ, M. E. Acúmulo de nutrientes e massa seca produzida por Crotalaria juncea cultivada no cerrado. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. 11(1), 26-36 (2017).

SILVA, R.R.; SALES, A.; MIRANDA NETO, A. et al. **Desafios e potencialidades para transição agroecológica**: percepção de agricultores familiares. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.8, 2020.

SILVA, T. R. B. **Educação contextualizada**: caminho promissor para uma agricultura sustentável. 2021. 152 f. Dissertação (Mestrado em Educação Agrícola) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

SOLO NO MEIO AMBIENTE (O): **Abordagem para professores do Ensino Fundamental e Médio e Alunos do Ensino Médio**. Link: [http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/solo\\_escola/solo\\_meio\\_ambiente.pdf](http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/solo_escola/solo_meio_ambiente.pdf) /. Acesso em: 24/06/2022.

SORATTO, R. P., CRUSCIOL, C. A. C., COSTA, C. H. M., FERRANI NETO, J., & CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milho, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 47(10), 1462-1470 (2012).

SILVA, F. DE A. S. ; CORÁ, J. E. ; ARAUJO, A. S. Desempenho agrônomo de espécies de cobertura em latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2021.

SOUSA NETO, O. N.; BARRETO, A. C.; SANTOS, S. L.; FERREIRA, L. H. G. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura no sudeste do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 305-312, Mar./Apr. 2010.

SOUSA, G. M. M. **Adubação orgânica e densidades de plantas em crotalaria juncea antecedendo arroz**. Mossoró, 2011. 48f. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) -- Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Graduação.

SOUZA, C.A.A.X. et al. Atributos físicos e químicos de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. *Revista Caatinga*, v.24, n.4, p.191-201, 2011.

SOUZA, J. G. M. F. et al. Produção de repolho utilizando-se coberturas e adubação verde em cultivo orgânico. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2669-2678, 2012.

TEODORO, P.E.; OLIVEIRA, F.L. de; SILVA, D.J.da; FÁVERO, C.; QUARESMA, V.S. Aproveitamento alternativo da biomassa. **Revista Agro ambiente** On-line, v. 5, n. 1, p. 73-81, jan-abr 2011

ULLMANN, B.; MEQUANENTE, T.; HANEKLAUS, S.; GEBREKIDAN, B.; PIEL, C.; GERZEWE A. P.; SCHICKHOFF, U. Effects of biochar on drought tolerance of

Chenopodium quinoa Willd and on soil water availability. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 581-582, n. 1, p. 1012-1023, 1 fev. 2017.

WILDNER, L. do P. **Adubação verde**: conceitos e modalidades de cultivo. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D (Ed.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2. p. 21-44.

ZACARIAS, A. J. et al. Custo/benefício da adubação verde do consórcio no café conilon. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 11, p. e2849119746-e2849119746, 2 nov. 2020.

ZACARIAS, Alex Justino *et al.* Custo/benefício da adubação verde do consórcio no café conilon. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e2849119746-e2849119746, 2020.

## ANEXO

### Anexo1 - QUESTIONÁRIO

#### 1. Apresentação:

Olá! Sou Leiliane Carvalho Barbosa Reinholez, mestranda da **UNILAB** - Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira em Baturité – CE, no curso de Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis, orientada pela Dra. Maria Ivanilda Aguir. E, apresentamos este questionário para saber sobre suas práticas agrícolas e cuidados com o solo como investigação para atribuição de dados dissertativos. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins acadêmicos, sendo relevante que as respostas representarão a sua opinião individual e subjetiva, ou seja, experiência de vida. Não existem respostas certas ou erradas. Por isso lhe solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. Seu conhecimento e experiência são essenciais para entender como os agricultores abordam a saúde do solo.

#### 2. Consentimento:

Antes de começarmos, gostaríamos de confirmar se você está disposto a participar voluntariamente desta pesquisa. Suas respostas serão confidenciais e usadas apenas para fins de pesquisa. Você concorda em participar?

(  ) Sim

(  ) Não

#### Seção 1: Informações Pessoais (Dados Demográficos)

##### 1. Informações Pessoais:

Nome:

---

### **1.1 Gênero**

masculino

feminino

### **1.2 Idade:**

Menos de 20 anos

21-30 anos

31-40 anos

41-50 anos

Mais de 50 anos

### **1.3 Tempo de experiência na agricultura:**

Menos de 5 anos

6-10 anos

11-15 anos

16-20 anos

Mais de 20 anos

### **1.4 Quais as culturas que você produz:**

Feijão

Milho

Hortaliças

Frutíferas

Outras

## **2. Conhecimento e Práticas Atuais:**

### **2.1 Compreensão sobre a importância da saúde do solo:**

Nenhuma compreensão

- Compreensão básica
- Compreensão moderada
- Compreensão avançada

**2.2 Fatores que afetam a qualidade do solo:**

- Erosão
- Poluição
- Uso de pesticidas
- Outros

**2.3 Práticas para saúde do solo:**

- Rotação de culturas
- Uso de compostos orgânicos
- Não utilizo práticas específicas
- Outras

**2.4 Você utiliza algum tipo de adubo para melhorar a fertilidade do seu solo:**

- Sim, adubo orgânico (esterco)
- Sim, uso adubos químicos
- Sim, uso adubos orgânicos e químicos
- Não uso nenhum tipo de adubo

**2.5 Você considera o seu solo saudável e/ou produtivo**

- Sim, saudável e produtivo.
- Acho saudável, porém pouco produtivo
- Produtivo, porém não saudável
- Não é saudável e nem produtivo.

**2.6 você acha importante cuidar do solo?**

Sim

Não

**3. Desafios e Obstáculos:**

**3.1 Principais desafios com a saúde do solo:**

Erosão

Contaminação

Falta de recursos

Outros

**3.2 Como lida com esses desafios:**

Uso de tecnologias

Consulta com especialistas

Experimentação própria

Não lido com eles

**4. Sobre a adubação verde:**

**4.1 Sabe o que são adubos verdes**

Sim.

Não

**4.2 Usa adubos verde:**

Sim

Não

**4.3 Caso . tenha respondido sim, a quanto tempo utiliza**

Menos de 1 ano

Aproximadamente 1 ano

Entre 1 a 5 anos

Mais de 5 anos

#### 4.4 Principais benefícios observados com o uso de adubos verdes

Melhoria na qualidade do produto

Aumento da produção

Redução de custos

Outros

#### **Resultados e Benefícios:**

#### **5 Assistência técnica para cuidados com o solo:**

Sim

Não

## Anexo 2 - Cartilha verde

Uma iniciativa do Projeto:

**CARTILHA VERDE**

**CONTRIBUIÇÃO PARA USO DA ADUBAÇÃO VERDE POR AGRICULTORES FAMILIARES**

Mestranda: Leiliane Carvalho  
Barbosa Reinholez  
Orientadora: Dra. Maria Ivanilda Aguiar

**CARTILHA VERDE**

**SUMÁRIO**

APRESENTAÇÃO.....02

INTRODUÇÃO.....03

CAMADAS DO SOLO.....04

COMO SABER SE O SOLO É SAUDÁVEL?.....05

VOCÊ CONHECE A ADUBAÇÃO VERDE.....07

QUAIS SÃO OS ADUBOS VERDES MAIS CONHECIDOS DA REGIÃO?.....09

QUE BENEFÍCIO SE ENCONTRA COM A ADUBAÇÃO VERDE?.....11

SEMENTES DE ADUBOS VERDES EM GUARACIABA DO NORTE.....12

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....13

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....14

TESTE SEUS CONHECIMENTOS.....15

**CARTILHA VERDE**

**APRESENTAÇÃO**

Promover intervenções naturais para o trato da terra e manter a saúde do solo para que as futuras colheitas não sejam prejudicadas ou extintas, é extremamente necessário contribuir com o agricultor e sua família. Foram eles que iniciaram o manejo do solo e a agricultura familiar. E nada melhor do que reforçar o cuidado com ele, o solo. Ele é um substrato heterogêneo que em sua composição, além de partículas minerais, elementos biológicos como bactérias, compostos químicos, dentre outros, precisa ser cuidado e respeitado pelo tanto que nos alimenta.

Cada componente é considerado como aditivo natural, mas não permanente. Essa quantidade é variável e segue conforme a quantidade de chuvas da região, matéria orgânica decomposta ou agregada. E esses componentes vão interferir na qualidade desse solo, beneficiando ou não a plantação.

O solo não é formado em um curto período de tempo. Há etapas que podem beneficiá-lo ou degradá-lo como a estiagem, chuvas excessivas e acúmulo de lixo. Para se obter um solo saudável é necessário instruções e conhecimentos além do senso comum e de práticas costumeiras. E este deve ser mediado por um conceito **SUSTENTÁVEL**.

São as ações mal planejadas do homem que desafiam a natureza utilizando-se de suas riquezas para geração de lucratividade própria e/ou desordenada sem se preocupar com o futuro da terra, quiçá do planeta Terra.

Por isso a Cartilha Verde foi desenvolvida, para contribuir com informações simples, mas preciosa para que o agricultor familiar tenha acesso informativo sobre a adubação verde, a mais natural e de fácil acesso para a recuperação de solos degradados, arenosos e com nematóides presentes.

**CARTILHA VERDE**

**INTRODUÇÃO**

Esta cartilha é uma iniciativa do Projeto: Cartilha Verde: contribuição para uso de adubação verde por agricultores familiares no distrito de Sussuânia, localizado na Chapada de Ibiapaba, administrado pela prefeitura de Guaraciaba do Norte, zona rural, e com grande potencial agrícola de pequeno e médio porte.

Desde sua fundação em 31 de dezembro de 1968, os moradores locais produzem a agricultura de subsistência e para fins comerciais e para subsistência. Os cultivos mais comuns são de feijão, de milho, de mandioca, tomate, cana-de-açúcar, jerimum, bananas, dentre outros.

Pouco antes da quadra chuvosa, os agricultores preparam seus lotes e fazem o plantio da cultura pré-estabelecida. Após o ciclo, aglomeram as folhagens secas que depois são queimadas; é um processo de limpeza antigo, mas ainda utilizado por ser mais rápido e cultural. Nas pequenas áreas, a colheita mecanizada não é utilizada, tem um alto custo e o próprio agricultor se encarrega de cuidar da limpeza do solo de sua propriedade.

Para melhor cuidar da área de plantio de maneira sustentável, conhecer a formação é indispensável para mantê-lo equilibrado para novos períodos de plantio. Outro fator interessante e rico em nutrição é a adubação verde com leguminosas que são distribuídas na própria região em locais direcionados para auxiliar os agricultores em suas dificuldades quanto a escolha das sementes e vegetação de cobertura a ser utilizada, também em qual período do ano é melhor aderir à adubação verde.

Em Guaraciaba do Norte há mucuna preta que nasce de forma espontânea e o feijão guandu, manejado por adeptos da adubação verde. Dentre outros, a crotalaria aparece como opção favorável para eliminação de nematóides e agregadora de nutrientes exigidos pelo solo. Dessa forma, os agricultores da região conhecerão melhor a capacidade das leguminosas como protetoras do solo após a colheita dos legumes principais plantados em seus solos.



Imagem obtida em: <https://www.epagri.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/09/frutao-preciso-ao-produto.jpg>

## CAMADAS DO SOLO

O sonho do agricultor é fazer sua plantação e vê-la nascendo dia a dia com folhas bem verdes e frutos grandes e sem pragas, mas antes de chegar o tempo da colheita é fundamental fazer o bom preparo do solo. Nele é que se encontra os principais nutrientes para uma lavoura saudável.

Aqui está uma ilustração das camadas do solo:

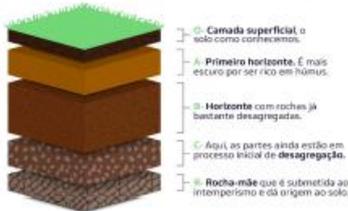


Imagem obtida em: <https://blog.svzrentadigital.br/wp-content/uploads/2022/04/camadas-do-solo.jpg>



## COMO SABER SE O SOLO É SAUDÁVEL?

Para saber se o solo de sua propriedade é saudável, é preciso seguir os seguintes passos:

### Análise do Solo:

Realize uma análise do solo para entender sua composição, pH e nutrientes. Isso ajudará a determinar quais emendas são necessárias.

### Aeração do Solo:

A aeração do solo é muito importante para permitir a circulação de ar, água e nutrientes. Utilize ferramentas como garfos de jardinagem para soltar o solo compactado.

### Adição de Matéria Orgânica:

Adicione matéria orgânica, como adubos verdes que são encontrados na própria natureza, e agregue compostos biológicos e químicos. Isso melhora a estrutura do solo, aumenta a retenção de água e fornece nutrientes essenciais, ajudando também a controlar o crescimento de ervas daninhas à medida que se decompõe.

### Correção do pH:

Se a análise do solo indicar um pH inadequado, corrija-o adicionando calcário para aumentar o pH ou enxofre para diminuí-lo.

### Rotação de Culturas:

Pratique a rotação de culturas para evitar o esgotamento de nutrientes específicos no solo. Isso também ajuda a controlar pragas e doenças.



### Evite o Excesso de Água:

Evite o excesso de irrigação, pois o solo encharcado pode prejudicar as raízes das plantas e reduzir a disponibilidade de oxigênio no solo.

### Controle de Pragas e Doenças:

Antes do plantio, verifique se há sinais de pragas e doenças no solo. Se necessário, utilize métodos orgânicos de controle, como rotação de culturas e uso de predadores naturais.

### Preparação Adequada:

Prepare o solo de acordo com as necessidades específicas da cultura que você pretende plantar. Algumas plantas podem exigir solos mais arenosos, enquanto outras se desenvolvem melhor em solos argilosos.

### Conservação de Água:

Implemente práticas de conservação de água, como o uso de sistemas de irrigação eficientes e técnicas de plantio que reduzam a evaporação.



Preservação  
o da ÁGUA  
:  
Contraf\_Brasil  
<https://contraf-brasil.org.br/materia-tecnica/>  
: ura\_familiar\_e\_modelo\_de\_preservacao\_da\_agua

## VOCÊ CONHECE A ADUBAÇÃO VERDE?

A adubação verde é uma prática agrícola que envolve o cultivo de plantas específicas, conhecidas como plantas de cobertura, para melhorar a fertilidade do solo e fornecer nutrientes às culturas que serão plantadas nesse solo.

Essas plantas são cultivadas com o objetivo principal de incorporar matéria orgânica ao solo, fixar nitrogênio atmosférico, melhorar a estrutura do solo e controlar ervas daninhas.

A adubação verde oferece uma série de benefícios para o solo e o meio ambiente, incluindo:

### Fixação de Nitrogênio:

Algumas plantas de adubação verde, como leguminosas, têm a capacidade de fixar o nitrogênio (N<sub>2</sub>) atmosférico em sua estrutura através de uma interação com bactérias específicas. Quando essas plantas são incorporadas ao solo, liberam o nitrogênio, enriquecendo-o e beneficiando as futuras plantações.

### Matéria Orgânica:

As plantas de adubação verde adicionam uma quantidade significativa de matéria orgânica ao solo quando são incorporadas. Isso melhora a estrutura do solo, aumenta sua capacidade de retenção de água e promove a atividade microbiana benéfica.

### Controle de Erosão:

As raízes das plantas de adubação verde ajudam a ancorar o solo, reduzindo a erosão causada pelo vento e pela água, principalmente em áreas com declives acentuados.

### Melhoria da Estrutura do Solo:

O sistema radicular (as raízes) das plantas de adubação verde penetra no solo, quebrando a compactação e melhorando a estrutura geral. Isso facilita o crescimento das raízes das culturas subsequentes.

**Controle de Ervas Daninhas:**

As plantas de adubação verde competem por nutrientes e luz solar, ajudando a impedir o crescimento de ervas daninhas. Além disso, a cobertura densa proporcionada pelas plantas de adubação verde pode sombrear o solo, inibindo o desenvolvimento de ervas daninhas.

**Ciclagem de Nutrientes:**

As plantas de adubação verde absorvem nutrientes do solo durante seu crescimento. Quando essas plantas são incorporadas ao solo, os nutrientes são devolvidos, contribuindo para a ciclagem eficiente de nutrientes químicos como: (Ca) cálcio, (N) nitrogênio, (P) fósforo, (K) potássio, (Mg) magnésio e (S) enxofre, dentre outros.



Imagem obtida em: <https://terramagna.com.br/blog/extracao-e-exportacao-de-nutrientes/>

**QUAIS SÃO OS ADUBOS VERDES MAIS CONHECIDOS DA REGIÃO?**

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) tem pesquisado e recomendado diversas espécies de plantas para serem utilizadas como adubos verdes no Brasil.

As recomendações podem variar conforme a região e as condições locais. Algumas das espécies recomendadas pela EMBRAPA incluem:

**Crotalária (*Crotalaria juncea*):**

Conhecida por fixar nitrogênio no solo, a crotalária é uma leguminosa que contribui para o enriquecimento do solo com esse nutriente.

**Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*):**

Outra leguminosa, o feijão-de-porco é utilizado para fixação de nitrogênio e controle de plantas daninhas.

**Mucuna (*Mucuna pruriens*):**

Essa leguminosa é conhecida por sua capacidade de suprimir nematoides, melhorar a fertilidade do solo e inibir o crescimento de plantas invasoras.

**Feijão Guandu (*Canajuis carjan*):**

O feijão guandu é uma planta leguminosa de porte arbustivo que faz parte da família fabáceas. Ele é conhecido popularmente como andu. Essa planta é encontrada em diversas regiões do Brasil, como nos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia e Piauí. Sua presença nessas áreas é atribuída à facilidade do cultivo e manejo, assim como à sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais.

Estas são apenas algumas das plantas que a EMBRAPA recomenda como adubos verdes, e a escolha dependerá das condições específicas de cada local e dos objetivos desejados, como melhorar a fertilidade do solo, controlar plantas daninhas, conservar a água e prevenir a erosão.

Na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE), uma instituição brasileira dedicada a oferecer suporte técnico e extensão rural aos agricultores do estado, incluindo Guaraciaba do Norte, é possível encontrar colaboração. Esses serviços visam promover o desenvolvimento sustentável da agricultura e aprimorar as condições de vida das comunidades rurais.

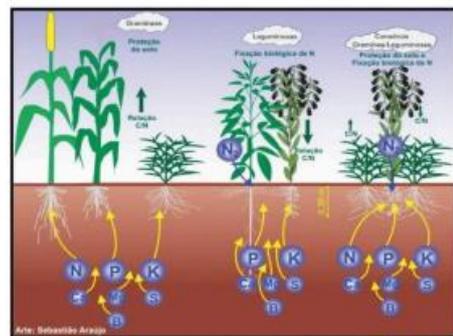
Veja algumas sementes de adubos verdes e faça a associação das imagens com seus respectivos nomes. Depois confira o resultado no anexo final da Cartilha Verde. Vamos lá?

1 – Feijão de porco; 2 – Feijão guandu; 3 – Mucuna preta; 4 – Crotalária



**QUE BENEFÍCIOS SE ENCONTRA COM A ADUBAÇÃO VERDE?**

Veja o esquema a seguir!



Fonte: Adubação verde, sustentabilidade e economia na sua produção - Senex Blog

Adubação verde é uma prática agrícola que tem se tornando cada vez mais comum no Brasil. Essa técnica consiste no plantio de plantas de cobertura em áreas agrícolas com o objetivo de melhorar a qualidade do solo e aumentar a produtividade das culturas subsequentes.

No entanto, essa prática não é nova e tem uma história que remonta há décadas (CORDEIRO et al., 2018). rurais. rurais.

## SEMENTES DE ADUBOS VERDES EM GUARACIABA DO NORTE

Para encontrar adubos verdes em Guaraciaba do Norte, você pode explorar algumas opções:

**Lojas de insumos agrícolas:** Procure em lojas agrícolas locais que vendem sementes e insumos para agricultura. Essas lojas podem ter uma variedade de sementes de plantas de adubação verde disponíveis para compra.

**Cooperativas agrícolas:** Entre em contato com cooperativas agrícolas na região de Guaraciaba do Norte. Elas podem oferecer sementes de adubação verde ou podem ajudar a direcioná-lo para fornecedores locais confiáveis.

**Associações de agricultores:** Participe de associações de agricultores locais ou grupos de agricultura sustentável na região. Os membros dessas associações podem ter informações sobre onde encontrar adubos verdes ou podem até mesmo compartilhar sementes entre si.

**Feiras agropecuárias:** Verifique se há feiras agropecuárias ou eventos agrícolas na área. Esses eventos muitas vezes têm expositores que vendem uma variedade de insumos agrícolas, incluindo sementes de adubação verde.

**Produtores locais:** Entre em contato com produtores locais que já utilizam adubação verde em suas terras. Eles podem estar dispostos a compartilhar informações sobre onde adquirir as sementes ou até mesmo vender ou trocar sementes excedentes.

Certifique-se de verificar a qualidade das sementes antes de comprar e escolha variedades de adubos verdes adequadas às condições locais de solo e clima em Guaraciaba do Norte.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A iniciativa de criar a Cartilha Verde visou não apenas socializar conhecimento com os agricultores de Sussuanha sobre o processo de adubos verdes, mas também promover um impacto positivo e mais amplo quanto aos cuidados com o solo. Ao adotar práticas agrícolas sustentáveis, como a adubação verde, os agricultores familiares podem aumentar a produtividade de suas terras, reduzir os custos de produção e promover a resiliência agrícola.

Além disso, a adubação verde oferece benefícios ambientais significativos, como a melhoria da qualidade do solo, a conservação da biodiversidade e a redução da erosão e da contaminação dos recursos hídricos. Esses benefícios não apenas beneficiam os agricultores locais, mas também contribuem para a preservação dos ecossistemas naturais e a mitigação dos impactos ambientais negativos da agricultura convencional.

Ao socializar conhecimentos quanto a adoção da adubação verde, esta cartilha busca criar uma rede de agricultores comprometidos com a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente. A troca de conhecimentos e experiências entre os agricultores de Sussuanha e outras comunidades pode enriquecer ainda mais as práticas agrícolas locais e fortalecer os laços comunitários.

Por último, o projeto de pesquisa foi concluído com a colaboração de pessoas importantes e fundamentais, os agricultores de Sussuanha, que contribuíram com seus conhecimentos, de suas práticas para que novas gerações possam preservar o solo de maneira a combater a sua degradação e agregar substratos extraídos da própria natureza com a prática da adubação verde.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. **Histórico da adubação verde**. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.). *Cerrado: adubação verde*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 23-40.

ASSIS, R. L. **Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia**. 2006. 89 f. Tese (Doutorado em economia aplicada) – Universidade estadual de Campinas. Seropédica – RJ, 2006.

BARCELLOS, Tatiza. **Por que a mucuna-preta pode ser uma opção vantajosa para a adubação verde**. Blog da Aegro para negócios rurais. Acesso em: 15/10/2023.

CORDEIRO, Ana Amélia S. et al. Cultivo orgânico de repolho com adubação verde em pré-cultivo e adubação orgânica em cobertura. *Horticultura Brasileira*, v. 36, p. 515-520, 2018.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. 306p. Brasília, 2006.

SOUSA, G. M. M. **Adubação orgânica e densidades de plantas em crotalária juncea antecedendo arroz**. Mossoró, 2011. 48f. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Graduação.

WILDNER, L. do P. **Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo**. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). *Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2. p. 21-44.

## TESTE SEUS CONHECIMENTOS

1- O que é Adubação Verde? Marque a opção correta.

- a) Uma técnica de fertilização utilizando adubos químicos.
- b) Uma prática agrícola que utiliza o cultivo de plantas específicas para melhorar a fertilidade do solo.
- c) Uma forma de adubação que envolve o uso exclusivo de esterco animal.

2- Quais são os principais benefícios da adubação verde?

- a) Aumento da erosão do solo.
- b) Melhora na estrutura do solo, aumento da matéria orgânica e supressão de plantas invasoras.
- c) Diminuição da biodiversidade do solo.

3- Quais são alguns exemplos de plantas utilizadas na adubação verde?

- a) Abacaxi e macaxeira.
- b) Feijão e arroz.
- c) Mucuna preta e crotalária.

4- Qual é a principal vantagem ambiental da adubação verde?

## CARTILHA VERDE



- a) Redução da biodiversidade.
  - b) Diminuição da poluição do solo e da água.
  - c) Aumento da erosão do solo.
- 5- Como as plantas usadas na adubação verde são geralmente incorporadas ao solo?
- a) São deixadas na superfície do solo.
  - b) São queimadas.
  - c) São cortadas e enterradas.

Se você tiver alguma dúvida, leia mais uma vez sua Cartilha Verde ou assista os vídeos complementares indicados pelos links e Qr codes disponibilizados na página seguinte.

## CARTILHA VERDE



Links para auxiliá-lo nas informações quanto à adubação verde:

1- Vídeo da Epagri: Adubação verde e manejo do solo.

<https://www.youtube.com/watch?v=PQM2YXDcWJo>

Ou pelo Qr code<sup>®</sup>



2- Vídeo do Projeto algodão em consórcio:

<https://www.youtube.com/watch?v=NrF9cxMUTMQ>

Ou pelo Qr code<sup>®</sup>

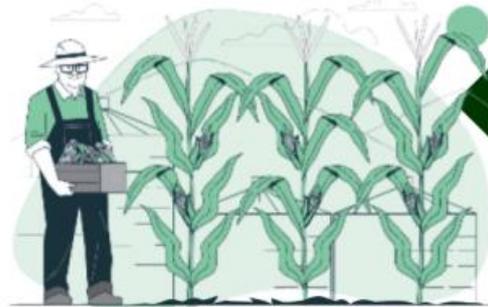


Resposta da questão na página 10:

3 - 4 - 2 - 1

**NÃO  
DEIXE DE  
CONHECER,**

**NÃO  
DEIXE DE  
PARTICIPAR!**



"Deus criou a terra e a sua plenitude; o mundo e os que nele habitam".

**Salmo 24:1**