



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

RICARDO PEREIRA

**RESILIÊNCIA E FLUXOS DE NUTRIENTES EM AGROECOSSISTEMAS
CULTIVADOS COM CAJU NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO BRASIL**

FORTALEZA
2017

RICARDO PEREIRA

RESILIÊNCIA E FLUXOS DE NUTRIENTES EM AGROECOSSISTEMAS
CULTIVADOS COM CAJU NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo e Conservação do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Julius Blum.

FORTALEZA

2017

RICARDO PEREIRA

RESILIÊNCIA E FLUXOS DE NUTRIENTES EM AGROECOSSISTEMAS
CULTIVADOS COM CAJU NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo e Conservação do Solo.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Julius Blum
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Guillermo Gamarra-Rojas
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dr.^aSusana Churka Blum
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

A Deus.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todas as oportunidades e por guiar meus passos nos momentos difíceis durante essa jornada.

A minha mãe Rozinete pelo amor, preocupação e estímulo e a toda a minha família pela ajuda e incentivo.

Ao meu amigo Carlos Eduardo pelo companheirismo e as diversas noites de estudos, e aos companheiros dessa jornada Lúna Gonçalves, Lucas Oliveira, Vicente Thiago e Edvânia Barros.

Ao professor Julius Blum pela orientação, ensinamentos e paciência no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Marcelo Guimarães do Departamento de Fitotecnia (CCA/UFC), pela ajuda e suporte no transporte das amostras coletadas.

Agradecimento especial a Deyse Maia do Laboratório de Manejo e Conservação do Solo (CCA/UFC) por toda a ajuda, orientação e cuidados nas análises das amostras.

A todos(as) da comunidade Agrovila – Lagoa São João, Aracoiaba - Ceará, que participaram direta e indiretamente na execução deste trabalho, em especial ao Nonato – presidente da associação, a Maria, Ivo e toda sua família pelo acolhimento e ajuda.

Ao Edilson da secretaria da Pós-graduação em Ciências do Solo (CCA/UFC).

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo (CCA/UFC) pela oportunidade e a FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa concedida, possibilitando a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil, ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA e à Secretaria Nacional da Juventude – SNJ pelo financiamento do projeto “Começando certo: comunidade e universidade de “mãos dadas” para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável no semiárido nordestino” (Chamada MCTI/MDA-INCRA/CNPq N° 19/2014 - FORTALECIMENTO DA JUVENTUDE RURAL), que possibilitou a realização do trabalho de campo.

RESUMO

Compreender a relação entre resiliência e o funcionamento dos agroecossistemas é essencial para o desenvolvimento de sistemas agrícolas resilientes. Essa compreensão deve ser baseada em um conjunto mínimo de indicadores de acordo com as características dos agroecossistemas avaliados. O presente estudo teve por objetivo verificar se as variáveis relacionadas com os fluxos de nutrientes (P e K) são importantes indicadores de resiliência e determinar um conjunto mínimo de indicadores de resiliência para os sistemas de produção de caju. O estudo foi conduzido em 22 propriedades rurais localizadas no município de Aracoiaba-CE, situado na região semiárida do nordeste brasileiro. A avaliação da resiliência do agroecossistema foi realizada por meio de 22 indicadores divididos em três categorias: (i) socioeconômica; (ii) manejo do sistema de produção; e (iii) qualidade do solo. A quantificação e medição desses indicadores foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas a fim de obter informações sobre os sistemas de produção, dados de caráter socioeconômico em nível familiar e informações sobre a comunidade e por meio da análise química do solo dos sistemas de produção. O conjunto de indicadores de análise da resiliência nos agroecossistemas estudados apresentaram valores medianos, necessitando, portanto, de ações que visem melhorias. Os estudos da dinâmica dos fluxos de nutrientes mostraram-se importantes indicadores na avaliação da resiliência. Noventa e dois por cento da variabilidade da resiliência média geral dos sistemas agrícolas de produção de caju em região semiárida foi explicada a partir dos seguintes indicadores: Níveis de renda, Agrobiodiversidade, Proporção de P circulando internamente, Fluxos internos de K, Proporção de K circulando internamente.

Palavras-chave: sustentabilidade, sistemas de produção, *Anacardium occidentale*.

ABSTRACT

Understand relationships between resilience and the functioning of agroecosystems is essential for the development of resilient agricultural systems. This understanding must be based on a minimum set of indicators according to the characteristics of the agroecosystems evaluated. The present study aimed to verify if the variables related to nutrient flows (P and K) are important indicators of resilience and to establish a minimum set of indicators of resilience for cashew production systems. The study was conducted in 22 small farms located at the municipality of Aracoiaba-CE, semi-arid region of northeastern Brazil. It was evaluated 22 resilience indicators divided into three categories: (i) socioeconomic; (ii) management of the production system; and (iii) soil quality. The measurement of these indicators was performed through semi-structured interviews and soil chemical analysis. Mostly of evaluated indicators showed medium values, requiring, therefore, actions to promote improvements. Nutrient fluxes dynamics were identified as important resilience indicators. Ninety-two percent of the resilience variability of cashew production systems in the semi-arid region was explained by the following indicators: Income levels, agrobiodiversity, proportion of P circulating internally, Internal flows of K, proportion of K circulating internally.

Key-words: sustainability, production systems, *Anacardium occidentale*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização da área de estudo – comunidade Agrovila - Lagoa de São João, Aracoiaba, CE.....	15
Figura 2: Comparativo entre uma situação hipotética, que considera a melhor condição de resiliência em cada uma das dimensões encontrada em todo o conjunto de propriedades avaliadas, e a as propriedades com menor, e com a maior condição de resiliência encontrada nas propriedades pesquisadas.....	38
Figura 3: Fluxo padrão de materiais e nutrientes nos sistemas de produção familiar.....	39
Figura 4: Fluxo do nutriente potássio (K) exemplificando saldo negativo.....	41
Figura 5: Fluxo do nutriente potássio (K) exemplificando saldo positivo.....	43
Figura 6: Fluxo do nutriente fósforo (P) exemplificando saldo negativo.....	44
Figura 7: Fluxo do nutriente fósforo (P) exemplificando saldo positivo.....	45
Figura 8: Gráfico de dispersão da resiliência socioeconômica mensurada e estimada.....	49
Figura 9: Gráfico de dispersão da resiliência técnica mensurada e estimada.....	50
Figura10: Gráfico de dispersão da resiliência total mensurada e estimada.....	51
Tabela 1: Teor de nutrientes presentes nos materiais quantificados no estudo.....	18
Tabela 2: Níveis de fertilidade para interpretação dos resultados da análise do solo.....	28
Tabela 3: Médias, variâncias, desvio padrão e coeficiente de variação dos indicadores de resiliência mensurados.....	31
Tabela 4: Coeficientes de correlação (r) de Pearson e probabilidade (p, valores entre parênteses) das principais correlações existentes.....	47
Quadro 1: Critérios, indicadores e forma de avaliação utilizada para a avaliação da resiliência socioeconômica de agroecossistemas.....	20
Quadro 2: Critérios, indicadores e forma de avaliação utilizada para a avaliação da resiliência técnico produtiva de agroecossistemas.....	21
Quadro 3: Níveis para interpretação e avaliação dos indicadores de resiliência.....	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	HIPÓTESES	3
3	OBJETIVOS	3
	3.1 Objetivo Geral	3
	3.2 Objetivos Específicos	3
4	REVISÃO DE LITERATURA	5
	4.1 Resiliência dos Agroecossistemas	5
	4.2 Fluxos de Nutrientes em Ecossistemas Naturais	6
	4.3 Fluxos de Nutrientes em Agroecossistemas	8
	4.4 Caracterização do Agroecossistema	10
	4.5 Cultura do Cajueiro Gigante e Anão-precoce	12
5	MATERIAIS E MÉTODOS	15
	5.1 Localização da Área de Estudo	15
	5.2 Seleção das Propriedades e Entrevistas Semiestruturada	16
	5.3 Qualidade do Solo	16
	- <i>Coleta de amostras</i>	16
	- <i>Análise do solo</i>	16
	5.4 Análise dos Fluxos de P e K nos Sistemas de Produção	17
	5.5 Elaboração e Quantificação dos Indicadores de Resiliência do Sistema Social e de Produção	19
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
	6.1 A comunidade Agrovila - Lagoa de São João	29
	6.2 Mensuração dos Indicadores de Análise da Resiliência dos Agroecossistemas de Produção de Caju	31
	6.3 Fluxos de Nutrientes (P e K) nos Sistemas de Produção Familiar	38
	- Fluxo de potássio (K)	41
	- Fluxo de fósforo (P)	44
	6.4 Análise de Correlação	46
	6.5 Regressão Múltipla	48
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
8	CONCLUSÃO	56
9	REFERENCIAS	57
	ANEXOS	64

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, tem-se buscado sistemas de produção com alta produtividade à baixos custos econômicos e ambientais, procurando desenvolver modelos de desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento sustentável é definido como o desenvolvimento capaz de atender as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades. A preocupação com esse tema na agricultura é urgente, uma vez que os sistemas de produção agrícola convencionais utilizam como principais fontes de nutrientes recursos limitados e não renováveis e técnicas de manejo inapropriadas, que levam à degradação dos recursos naturais internos da propriedade, nem sempre suprimindo as necessidades dos agricultores. Desse modo, o consumo de recursos e a degradação do agroecossistema mostram um desalinhamento com o desenvolvimento sustentável, que afeta não somente a capacidade produtiva do sistema, mas também o seu potencial de regeneração, ou seja, afeta a sua resiliência.

A resiliência é a capacidade de um sistema em retornar às suas características originais após uma perturbação, como, por exemplo, um evento de enchente, seca, queimada, a situação mercadológica entre outras. Portanto, a resiliência pode ser considerada como uma característica fundamental de sistemas agrícolas sustentáveis. Avaliar a resiliência dos agroecossistemas é compreender as características de seu funcionamento e recuperação. A avaliação da resiliência se configura como essencial para reduzir os impactos ambientais negativos, podendo se mostrar como a base para a concepção de sistemas agrícolas mais sustentáveis.

A avaliação da resiliência de um agroecossistema normalmente é realizada por meio de indicadores de resiliência. Esses indicadores são características do agroecossistema que permitem que o sistema retorne às condições originais de equilíbrio anteriores às perturbações. Dentre esses indicadores normalmente são avaliadas características do solo, como matéria orgânica, estoque e capacidade de retenção de nutrientes; características do sistema produtivo como diversidade, adaptação das culturas; e características do sistema social e econômico como produção, renda, canais de comercialização, entre outros.

Os agroecossistemas resilientes devem ainda ser eficientes no uso dos recursos naturais usados para fornecer nutrientes as plantas, sejam eles orgânicos ou minerais. A eficiência na utilização de fertilizantes está diretamente relacionada à ciclagem de nutrientes, pois quanto maior for a proporção de nutrientes ciclados no sistema, menor será a dependência de recursos naturais, maior será o equilíbrio de fluxos de nutrientes e conseqüentemente maior será a capacidade de recuperação do sistema após uma perturbação. Deste modo, analisar os fluxos de entrada e saída de nutrientes e produtos nos sistemas de produção agrícola pode ser um importante método para avaliar a eficiência de uso dos recursos naturais e a resiliência dos agroecossistemas.

No estudo dos fluxos de nutrientes e da resiliência dos agroecossistemas é importante avaliar as características dos sistemas de produção tomando como base a realidade de cada região e/ou localidade. Na região Nordeste do Brasil o cultivo de caju é um importante componente de alguns sistemas de produção. Esses agroecossistemas estão sofrendo alterações tecnológicas, passando do cultivo tradicional com cajueiros gigantes para o cultivo de cajueiros anão-precoce. Essa substituição, e as características da região como os períodos de escassez de água, causa profundas interferências na dinâmica do funcionamento de todo o agroecossistema, principalmente nos fluxos de nutrientes, e provavelmente na resiliência do sistema. Esta, para ser mensurada, necessita de um conjunto de indicadores que por muitas vezes torna o processo de avaliação moroso, necessitando, portanto, do estabelecimento de um número mínimo de indicadores capazes de explicar a maior parte da sua variabilidade com elevado nível de confiança, de forma a tornar todo o processo de estudo rápido e eficiente.

A compreensão do ciclo de nutrientes e sua relação com a resiliência do agroecossistema é uma importante ferramenta para prever futuras degradações do solo e também para a definição da tecnologia de manejo mais adequada, sendo essencial para todo o agroecossistema funcionar de forma mais sustentável.

2 HIPÓTESES

Variáveis relacionadas a quantificação dos fluxos de nutrientes dentro do agroecossistema são variáveis que quantificam a dinâmica produtiva e a conservação dos recursos minerais do solo do agroecossistema e, portanto, constituem-se como importantes indicadores de resiliência.

Existem muitas relações entre os vários indicadores de resiliência encontrados na literatura, desta forma, é possível reduzir o número de indicadores na avaliação da resiliência, estabelecendo-se um número mínimo de indicadores capazes de explicar a maior parte da variabilidade da mesma.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Verificar se as variáveis relacionadas com os fluxos de nutrientes são importantes indicadores de resiliência para os agroecossistemas de produção de caju e determinar um conjunto mínimo de indicadores de resiliência para os sistemas de produção de caju.

3.2 Objetivos Específicos

- Descrever o sistema social e de produção e quantificar indicadores de resiliência do sistema social;
- Quantificar a concentração de P e K no solo no sistema de produção de caju;
- Mapear o fluxo de nutrientes nos sistemas de produção de caju: identificação e quantificação dos fluxos de entradas, saídas e ciclagem de fósforo e potássio no sistema;
- Verificar se variáveis relacionadas à quantificação dos fluxos de nutrientes constituem-se como importantes indicadores de resiliência;

- Determinar um conjunto mínimo de variáveis suficiente para quantificar mais de 90% da variabilidade da resiliência de agroecossistemas de produção de caju.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Resiliência dos Agroecossistemas

A teoria da resiliência foi descrita primeiramente por Holling em 1973 (BUSCHBACHER, 2014), sendo definida como a habilidade de um sistema em manter a sua estrutura organizacional e desempenhar suas funções após sofrer uma perturbação (LIN, 2011). Inicialmente a palavra foi empregada na ecologia e engenharia, no entanto, atualmente, direciona-se para uma aplicação mais ampla do seu conceito, mostrando-se extremamente relacionada no contexto dos processos de desenvolvimento (SANTOS, 2009).

Os agroecossistemas resilientes são aqueles que continuarão a prestar seus serviços vitais, como a produção de alimentos, mesmo em situações adversas (LIN, 2011), apoiados por sua diversidade funcional e estrutural (GAVIOLI, 2011), que provém de uma ampla gama de opções de manejo realizados (NICHOLLS *et al.*, 2015) e altos níveis de diversidade, como ocorrem em muitos sistemas agrícolas tradicionais que prevalecem no mundo (ALTIERI; KOOHAFKAN; NICHOLLS, 2014).

Por serem muitos complexos, a avaliação da resiliência dos sistemas agrícolas é melhor realizada por meio do desenvolvimento de um conjunto de normas, no qual podemos denominá-las de indicadores (CABELL; OELOFSE, 2012).

Os indicadores são instrumentos que permitem mensurar as transformações ocorridas nas características do sistema (FERREIRA *et al.*, 2012), permitindo reconhecer os pontos fortes e fracos na estrutura e funcionamento dos agroecossistemas de forma a fomentar propostas de intervenção, afim de aumentar o seu nível de sustentabilidade (GAVIOLI, 2011). A avaliação da resiliência é medida pela capacidade de resposta do ecossistema ao fenômeno causador da perturbação (DUARTE, 2009). Visa analisar o histórico do sistema, entender o ponto de vista e os objetivos dos atores envolvidos, compreender as interações entre os sistemas, identificar os fatores propulsores de sua dinâmica e avaliar os diferentes cenários possíveis para o futuro (BUSCHBACHER, 2014).

O Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporado Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) é uma ferramenta metodológica cíclica e

flexível de avaliação da sustentabilidade adaptável a diferentes realidades e baseia-se em uma abordagem participativa que possibilita a troca de informações e saberes entre avaliados e avaliadores, proporcionando uma reflexão crítica da realidade a fim de melhorar as suas chances de sucesso. De acordo com esta metodologia, os indicadores podem ser adequados para certos sistemas e inapropriados para outros, sendo a sua definição dependente das características da realidade ao qual se estuda (MASERA, ASTIER e LÓPEZ-RIDAURA, 2000).

Com relação aos tipos de indicadores utilizados na avaliação da resiliência, Gavioli (2011) ao avaliar a sustentabilidade de agroecossistemas em um assentamento rural no estado de São Paulo, elaborou os seguintes indicadores: (1) diversidade de cultivos; (2) presença de subsistema de produção animal; (3) diversidade de canais de comercialização; (4) participação em redes (religiosas, de trabalho, associações); (5) sinal de erosão do solo; (6) controle sobre preço dos produtos; e (7) presença de jovens. Estes indicadores quando estão presentes sugerem que o sistema é mais capaz de persistir frente a possíveis perturbações. A ausência ou desaparecimento destes comportamentos se caracteriza como sinais de vulnerabilidade no agroecossistema e, com isso, uma necessidade de intervenção (CABELL; OELOFSE, 2012).

Restaurar a biodiversidade agrícola no nível do campo e da paisagem (ALTIERI; KOOHAFKAN; NICHOLLS, 2014), promover a troca de informações e aprendizado social (BUSCHBACHER, 2014) e restabelecer estratégias de ação coletivas, em conjunto com a diminuição da vulnerabilidade social pelo aumento e consolidação de redes sociais articuladas em escala geográfica crescentes, é uma condição indispensável no desenho de agroecossistemas resilientes (NICHOLLS *et al.*, 2015).

4.2 Fluxos de Nutrientes em Ecossistemas Naturais

Estudos sobre a ciclagem de nutrientes e biomassa desempenham papel importante para a melhoria da compreensão do funcionamento dos ecossistemas (MOURA, 2010) e, conseqüentemente, no estabelecimento de práticas de manejo florestal, na recuperação de áreas degradadas e na manutenção da produtividade do sítio degradado em recuperação (SOUZA; DAVIDE, 2001). Esta compreensão

dos processos de ciclo de nutrientes é fundamental para a gestão da vegetação natural e modificada (OZIEGBE; MUOGHALU; OKE, 2011), uma vez que se configura como a principal via de retorno de nutrientes e matéria orgânica ao solo (FERNANDES *et al.*, 2006).

A ciclagem de nutrientes é de grande importância para a sustentabilidade da floresta, ocorrendo em diferentes compartimentos e envolvendo fluxos de entrada e saída de nutrientes (SOUZA; MARQUES, 2010). De acordo com Switzer e Nelson (1972), *apud* Gama-Rodrigues C., Gama-Rodrigues F. e Barros (2008), o fluxo de entrada e saída de nutrientes no ecossistema é composto por três processos: o bioquímico, o biogeoquímico e o geoquímico. O bioquímico corresponde a transferência de nutrientes no interior da biomassa da própria planta (CALDEIRA *et al.*, 1999); o biogeoquímico refere-se a trajetória mais ou menos recorrente dos elementos químicos entre os organismos e o meio ambiente, em ambos os sentidos (ODUM, 1980, *apud* DIAS *et al.*, 2002); e o geoquímico diz respeito aos processos de entrada e saídas de nutrientes no ecossistema (SWITZER; NELSON, 1972, *apud* GAMA-RODRIGUES C.; GAMA-RODRIGUES F.; BARROS, 2008), ou seja, envolve a transferência de elementos dentro e/ou fora do ecossistema (PRITCHETT, 1986, *apud* SELLE, 2007).

A entrada de nutrientes no ecossistema pode se dar de diversas formas, em geral, elas ocorrem, de acordo com Selle (2007), por meio da intemperização das rochas; e da fixação biológica do nitrogênio. Além das adições atmosféricas – chuva, poeira e partículas suspensas na atmosfera (GAMA-RODRIGUES, 2004). As saídas, por outro lado, ocorrem via lixiviação, erosão (VIEIRA; SCHUMACHER, 2010) e volatilização (GAMA-RODRIGUES, 2004).

Entre os fluxos de entradas de nutrientes, a precipitação interna (água que atravessa a vegetação e chega ao solo) contém alta concentração da maioria dos nutrientes (SCHEER, 2009), pois traz consigo elementos minerais e orgânicos que se encontram suspensos na atmosfera (SOUZA; MARQUES, 2010), órgãos vegetais vivos e mortos, exsudados das plantas, excrementos e cadáveres de animais (SCHEER, 2009). Deste modo, a precipitação se constitui em um importante compartimento na dinâmica dos nutrientes no ecossistema (GAMA-RODRIGUES, 2004), contribuindo significativamente para a nutrição florestal (SOUZA; MARQUES, 2010).

Outra importante entrada de nutrientes é constituída pela fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N₂) (POGGIANI, 1985), que é transformado em NH₄⁺ por meio de processos simbióticos com bactérias (FAGAN *et al.*, 2007) e as raízes de algumas espécies vegetais (POGGIANI, 1985).

De acordo com Vogel *et al.* (2012), a entrada de nutrientes pelo intemperismo de rochas é mais importante a longo prazo. Em solos tropicais, onde, geralmente, predomina baixa disponibilidade de nutrientes, esse processo contribui relativamente pouco (CUNHA *et al.*, 2015) ao desenvolvimento dos solos e do ecossistema (VOGEL, *et al.*, 2012), devido a uma maior distância entre a frente de intemperismo na rocha em relação a superfície do solo onde as plantas se estabelecem (CUNHA *et al.*, 2015).

Com relação aos fluxos de saídas de nutrientes do ecossistema, a erosão é um dos principais processos responsáveis pela diminuição da fertilidade do solo (MENEZES *et al.*, 2012), ocorrendo de forma mais acentuada em áreas de relevo acidentado com escassez de cobertura vegetal, podendo ser bastante significativa dependendo do manejo adotado (CUNHA *et al.*, 2015).

Outro modo de perda de nutrientes é por lixiviação, que consiste na lavagem do solo, transportando nutrientes pela ação da infiltração de água para as camadas mais profundas do subsolo, que afeta a retirada de nutrientes em condições de relevo mais plano (CUNHA *et al.*, 2015).

4.3 Fluxos de Nutrientes em Agroecossistemas

Todos os fluxos de entradas e saídas de nutrientes que ocorrem em ecossistemas também acontecem nos agroecossistemas, no entanto, os sistemas agrícolas por estarem sob influência do homem as entradas e saídas de nutrientes podem ocorrer de outras maneiras. As entradas, por exemplo, podem ter origem na fertilização orgânica e mineral (GAMA-RODRIGUES, 2004). As saídas, por outro lado, podem ocorrer via remoção do material orgânico (VIEIRA; SCHUMACHER, 2010), queima de resíduos e colheita (GAMA-RODRIGUES, 2004).

No que diz respeito às entradas de nutrientes no sistema, a adição de fertilizantes minerais, que já se constitui numa forma tradicional de aumentar o fluxo

de nutrientes (POGGIANI, 1985), é uma atividade antrópica (APRILE; SIQUEIRA, 2009) que incrementa a produção de biomassa (POGGIANI, 1985).

Outro tipo de manejo que também aumenta o fluxo de entrada de nutrientes no sistema é a adição de adubos orgânicos. Galvão, Salcedo e Oliveira (2008) analisando a acumulação de nutrientes em solos arenosos por meio da adubação com esterco bovino, em propriedades rurais no Agreste da Paraíba, encontraram que a quantidade de nutrientes adicionados anualmente ao solo por meio deste tipo de adubação excede as exigências da cultura para a região de estudo, resultando em acumulações significativas de nutrientes (C, N, P, K, Ca e Mg) nos primeiros 20 cm de solo. Pires *et al.* (2008) avaliando os efeitos da adubação alternativa (orgânica) em plantio de maracujazeiros amarelos encontraram aumentos nos teores de nutrientes no solo, principalmente na camada superior.

Com relação aos fluxos de saídas de nutrientes, o fogo contribui significativamente para a perda de carbono e nutrientes nos agroecossistemas (MENEZES *et al.*, 2012), reduzindo o estoque de nutrientes do solo e deixando o nitrogênio susceptível a perdas por percolação e volatilização (RENDIN *et al.*, 2011). De acordo com Cunha *et al.* (2015), a volatilização de N e S tem impacto importante na produtividade de pastagens, bem como na emissão de gases de efeito estufa. Além disso, a queima de resíduos orgânicos pode aumentar consideravelmente a lixiviação de nutrientes, principalmente quando seguida de chuva de alta intensidade (GONÇALVES *et al.* 2000, *apud* VIEIRA; SCHUMACHER, 2010).

Outro importante fluxo de saída está relacionado com a extração de nutrientes pelas culturas, que exporta para fora dos limites das propriedades os nutrientes contidos no solo. Reis Júnior e Monnerat (2001) quantificaram a remoção de nutrientes do solo pelos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio e encontraram relação direta entre as doses de fertilizante e o aumento da extração de nutrientes do solo. Utilizando esta mesma espécie vegetal, Fernandes, Soratto e Silva (2011) avaliaram a extração e exportação de macronutrientes por diferentes cultivares de batata e encontraram que as cultivares extraem diferentes quantidade de nutrientes do solo; e que não há relação entre a exportação de macronutrientes com a produtividade de tubérculos, uma vez que, no experimento, a cultivar mais produtiva não foi a que extraiu a maior quantidade de macronutrientes do solo.

Este tipo de avaliação deve ser utilizado para calibrar as doses de fertilizantes, uma vez que a exportação de nutrientes, no caso em questão pelos tubérculos, representa uma importante perda de nutrientes do solo (REIS JÚNIOR; MONNERAT, 2001) e que há diferenças na extração de nutrientes do solo, mesmo para as plantas da mesma espécie, indicando uma necessidade de manejo diferencial da adubação (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011).

Essa compreensão do ciclo de nutrientes é fundamental para a definição de tecnologias de manejos florestais adequadas (VIEIRA; SCHUMACHER, 2010), sendo essenciais para todo o ecossistema funcionar (OZIEGBE; MUOGHALU; OKE, 2011).

4.4 Caracterização do Agroecossistema

A caracterização do agroecossistema evidencia como os produtores integram as várias atividades e técnicas de manejo nas suas explorações, com o objetivo de identificar e hierarquizar os principais problemas com os quais cada tipo de produtor se confronta (DEFUMIER, 2007), de forma a proporcionar uma maior compreensão e análise da constituição e funcionamento dos sistemas de produção (PLATÃO *et al.*, 2015). Defumier (2007) defende que seria errado realizar intervenções sem possuir um bom entendimento da realidade do produtor e do seu sistema de produção. De acordo com Garcia Filho (1999), são várias as experiências de intervenções que não obtiveram sucesso por esbarrarem em algum obstáculo não previsto anteriormente devido ao não entendimento do contexto no qual os produtores estavam realizando suas atividades. Desse modo, é imprescindível conhecer a realidade na qual se pretender interferir, evidenciando como os produtores estão alocando os recursos naturais e as técnicas de manejo nas suas atividades. Portanto, antecipadamente, se faz necessário analisar a distribuição e combinação dos diversos recursos disponíveis nas diferentes atividades agrícolas.

A caracterização dos agroecossistemas é realizada por meio da obtenção de informações nas mais diversas áreas do conhecimento, como por exemplo: informações sobre o meio biofísico, ambientes, subsistemas de produção, fluxos internos, relações externas, condição socioeconômica e cultural das famílias,

tamanho da propriedade, a posse da terra, o tipo de cultura, de manejo do sistema, mão-de-obra, participação em associação/sindicato de agricultores e os principais problemas enfrentados para a manutenção da agricultura no distrito (FAGUNDES *et al.*, 2007; PLATÃO *et al.*, 2015). Essas informações podem ser obtidas a partir de observações em visitas de campo, análises laboratoriais (FRANÇA; XAVIER, 2011), ferramentas de diagnóstico participativo, como as entrevistas semiestruturadas e outras (PLATÃO *et al.*, 2015).

Com relação às entrevistas semiestruturadas, elas se assemelham a um questionário, composto por algumas perguntas que serão realizadas ao/s entrevistado/s, no entanto, diferentemente das entrevistas convencionais, a semiestruturada, que compõem os diagnósticos participativos, são caracterizadas por não possuir caráter interrogatório, mas por uma estrutura de perguntas abertas que permite apenas direcionar a entrevista, tornando o ato não diferente de uma simples conversa com o sujeito alvo, de forma que o mesmo forneça as informações necessárias, sem se sentir pressionado ou mesmo induzido a desenvolver uma resposta. Esta ferramenta possibilita conhecer a realidade e compreender o ponto de vista dos entrevistados, de forma a facilitar a compreensão de todo o sistema social e produtivo.

A compreensão dos agroecossistemas normalmente tem objetivos amplos de promover discussões e ações para a promoção do desenvolvimento rural sustentável de uma região, como, por exemplo, o diagnóstico realizado por Fagundes *et al.* (2007). Assim como ter objetivos mais específicos, como a busca de alternativas para minimizar impactos ambientais dentro de uma propriedade específica (FRANÇA; XAVIER, 2011).

Esta compreensão dos agroecossistemas por meio da caracterização pode ser utilizada para analisar a resiliência do sistema, avaliando a capacidade de todo o agroecossistema em desempenhar as suas funções mesmo após uma perturbação, como por exemplo, os longos períodos de secas que produzem grandes impactos em toda a estrutura e funcionamento dos sistemas de produção e social.

As informações obtidas por meio da caracterização permitem dialogar com os agricultores e toda a comunidade local sobre a necessidade de organização e mudança no sistema produtivo, de modo a implementar mudanças no desenho e

estrutura do agroecossistema, tornando-o mais eficiente, produtivo e preparado a resistir e se recuperar no menor tempo possível às perturbações.

Conhecer os agroecossistemas das propriedades rurais e da região onde elas se localizam é a base para a sua organização e planejamento (CARDONA; VARGAS, 2008), pois permite propor políticas e projetos mais apropriados para cada tipo de produtor, estabelecer prioridades e sugerir novos sistemas de produção (GARCIA FILHO, 1999), desde o ponto de vista da rentabilidade, competitividade e sustentabilidade das propriedades rurais (CARDONA; VARGAS, 2008).

4.5 Cultura do Cajueiro Gigante e Anão-precoce

O Brasil é considerado o centro de origem e o principal centro de diversidade da grande maioria das espécies do gênero *Anacardium*. O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) possui elevada importância econômica e social para o Brasil, sendo naturalmente adaptada às condições de solo e clima (MATTOS *et al.*, 2015). A cultura tem notável desenvolvimento no Ceará, bem como em outros estados da região nordeste – onde encontra clima bem favorável ao seu desenvolvimento (GOMES, 2012).

O cajueiro é encontrado em uma extensa faixa que compreende os paralelos 27° N, no Sudeste da Flórida, e 28° S, na África do Sul (FROTA; PARENTE, 1995, *apud* CRISÓSTOMO *et al.*, 2001), onde encontra condições aceitáveis de desenvolvimento (MENDES FERRÃO, 1995). Por ser uma fruteira de origem tropical, prefere clima com uma temperatura variando de 22° a 40° C, sendo 27° C a temperatura média ideal para o seu normal desenvolvimento e frutificação (CRISÓSTOMO; NAUMOV, 2009). A precipitação anual média deve ser acima de 1000 mm, de preferência mais de 1200 mm, mas com uma estação seca bem acentuada (GOMES, 2012) de 5 a 6 meses coincidindo com as fases de floração e frutificação (CRISÓSTOMO; NAUMOV, 2009). Por ter um sistema radicular bem desenvolvido, o cajueiro é capaz de viver em regiões áridas, absorvendo água de camadas profundas do solo – aproveitando dessa maneira um maior volume de solo (MENDES FERRÃO, 1995).

O cajueiro pertencente à família Anacardiaceae e ao gênero *Anacardium* é o único entre as 20 espécies existentes que é comercialmente cultivado, a qual

compreende o tipo gigante (ou comum) e o anão-precoce (ARAÚJO, 2015). No Brasil, o cajueiro gigante é o mais difundido, apresentando elevado porte com altura que varia de 5 a 8 m, atingindo até 15 metros. Sua copa varia, em geral, de 12 a 14 m de diâmetro, podendo chegar até 20 metros (CRISÓSTOMO; NAUMOV, 2009). Seu sistema radicular é muito desenvolvido e profundo, sendo composto por um conjunto de raízes robustas e penetrantes que possibilita a absorção de água e nutrientes nas camadas mais profundas do solo – quando não há impedimento físico – e um conjunto de raízes mais delgadas, que são essenciais na absorção e que se desenvolvem nas camadas mais superficiais do terreno (MENDES FERRÃO, 1995).

Sua capacidade produtiva individual é bastante variável, havendo plantas que produzem menos de 1 kg e outras que produzem cerca de 180 kg de castanha por safra (OLIVEIRA, 2008). Apresenta ampla variabilidade no peso do fruto, que vai de 3 g a 33 g, com peso do pedúnculo variando de 20 g a 500 g (BARROS *et al.*, 1998). Em comparação ao cajueiro anão-precoce, o cajueiro comum apresenta maior potencial produtivo a nível de planta, no entanto os pomares com cajueiro anão-precoce possuem maiores produtividades, uma vez que o seu plantio permite um maior número de plantas por hectare (ARAÚJO, 2015).

Os cajueiros do tipo anão-precoce caracterizam-se por apresentar altura média em torno de 4 m, diâmetro da copa de 6 m a 8 metros (ARAÚJO, 2015) e grande precocidade etária com florescimento entre 6 e 18 meses (BARROS *et al.*, 1998). Seu sistema radicular é formado por uma raiz pivotante bem desenvolvida, por vezes bifurcada, podendo em solos arenosos alcançar dez ou mais metros de profundidade. As raízes laterais que se desenvolvem nas camadas superficiais do solo, entre 15 a 32 cm de profundidade, possuem comprimento que pode atingir duas vezes o diâmetro da copa, na condição de sequeiro (BARROS, 1995, *apud* CRISÓSTOMO; NAUMOV, 2009).

A produtividade do cajueiro anão-precoce, a nível individual, é menor que a do cajueiro comum, sua produção é entorno de 43 kg castanha/safra/planta e seu fruto apresenta peso variando de 3g a 19g, com peso do pedúnculo de 20g a 160g (BARROS *et al.*, 1998).

Para a região Nordeste a cajucultura possui grande importância socioeconômica, pois ocupa a maior parte da mão de obra nos meses de outubro a dezembro (AGUIAR *et al.*, 2001), coincidindo com a entressafra das demais

espécies cultivadas. Isto lhe confere importância estratégica na redução da sazonalidade na renda e na ocupação da mão de obra (PESSOA; LEITE, 2016), reduzindo assim o êxodo rural (EMBRAPA, 2003).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Localização da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado no município de Aracoiaba-Ceará, localizado a aproximadamente 79 km (distância em linha reta) da capital do Estado – Fortaleza. A sede do município possui coordenadas geográficas de 4° 22' 16" S e 38° 48' 51" W, situado na região semiárida do nordeste brasileiro. O solo da região é classificado como Podzólicos Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico, com clima definido como Tropical Quente Semiárido, e com temperatura média variando de 24° a 26° C. O período chuvoso ocorre de fevereiro a abril com pluviosidade anual entorno de 1.010,3 mm (IPECE, 2016).

A área específica do estudo situa-se na comunidade Lagoa de São João, localizada a cerca de 20 km da sede do município às margens do açude Aracoiaba (Figura 1).

Figura 1: Localização da área de estudo – comunidade Agrovila - Lagoa de São João, Aracoiaba, CE.



Fonte: autor. Imagens: Google Maps.

5.2 Seleção das Propriedades e Entrevistas Semiestruturada

O estudo foi realizado no segundo semestre do ano de 2016 (julho a dezembro) em 22 propriedades rurais, onde os indicadores de resiliência foram mensurados a partir de entrevistas semiestruturadas, observação no campo e avaliação química de amostras de solo coletadas no campo.

A escolha das propriedades se deu de forma direcionada, optando por aquelas em que as atividades agrícolas contivessem o cultivo de caju e estivessem sendo satisfatoriamente desenvolvidas – considerando as limitações existentes para a produção (clima, disponibilidade de água e outros fatores).

Foi criado um roteiro com perguntas para as entrevistas semiestruturadas sucintas de modo a obter informações sobre o sistema de produção do cajueiro gigante e anão-precoce, interações entre subsistemas de produção dentro da propriedade, origem e quantidade de fertilizantes orgânico e/ou mineral utilizados, quantidade e destino dos produtos produzidos e informações de cunho social em nível familiar e comunitária (anexo 1). Para esta etapa da pesquisa, a metodologia aplicada foi baseada em ferramentas do Diagnóstico Rural Participativo – DRP (VERDEJO, 2006).

5.3 Qualidade do Solo

- Coleta de amostras

Foi realizada a coleta de amostras de solos para determinação analítica das concentrações de carbono orgânico, fósforo e potássio nos plantios de cajueiro gigante e anão-precoce. Foram tomadas 15 amostras simples para compor uma amostra composta em cada área de cultivo, a coleta foi realizada em ziguezague nas linhas e entre linhas dos plantios na profundidade de 0 – 15 cm, seguindo a metodologia descrita pela EMBRAPA (2014).

- Análise do solo

O carbono orgânico do solo foi determinado por titulação com sulfato ferroso amoniacal após digestão da matéria orgânica em solução de dicromato de

potássio e ácido sulfúrico em tubo de ensaio com aquecimento externo, seguindo metodologia modificada por Yeomans & Bremner (1988). A porcentagem de matéria orgânica foi calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico pelo fator de van Bemmelen (1,724). Este fator admite que o carbono participa de 58% na composição média do húmus (CLAESSEN, *et al.*, 1997).

A extração do fósforo (P) e potássio (K) disponíveis foi realizada em extrator Mehlich-1 (HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025 N), sendo a determinação do P realizada por espectrofotômetro com comprimento de onda de 660 nanômetro (nm), e do K foi realizada pelo fotômetro de chama, conforme procedimento analítico descrito em Donagema *et al.* (2011).

Os resultados de P e K foram expressos em ug/cm³ e matéria orgânica em % e interpretados conforme o livro Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará (AQUINO, *et al.*, 1993).

5.4 Análise dos Fluxos de P e K nos Sistemas de Produção

O processamento dos dados para análise de fluxos de P e K nos sistemas se deu por meio da utilização do programa computacional STAN[®] (subSTance flow ANalysis – sigla em inglês para “Análise de Fluxo de Substâncias”), versão atualizada do ano de 2009. Este programa computacional tem a capacidade de realizar os cálculos de fluxos de nutrientes e propagação dos erros das medidas iniciais, apresentando os resultados graficamente (CAMELO, 2015). Os dados referentes aos fluxos de materiais e nutrientes são dispostos em camadas nos gráficos. Assim, foram definidas três camadas: (i) materiais (insumos necessários, produtos e subprodutos da produção vegetal e animal), (ii) fósforo e (iii) potássio.

Os dados de entrada do programa foram os dados originados da quantificação de materiais que entraram ou saíram dos sistemas ou subsistemas, obtidos por meio da análise das informações das entrevistas semiestruturadas.

Cada propriedade foi considerada como um sistema, dentro do qual, cada sistema de cultivo ou criação e a residência do produtor se considerou como um subsistema interno. Os fluxos que ocorreram entre os subsistemas internos com o meio externo à propriedade constituíram como importações ou exportações, e os

fluxos que ocorreram entre subsistemas internos se constituíram como fluxos internos.

Como todos os materiais são constituídos por substâncias, dentre as quais estão os nutrientes, a conversão dos fluxos de materiais para fluxos de nutrientes foi realizada pela multiplicação do fluxo de cada material pelo teor de nutriente contido no mesmo. O teor médio de nutrientes de cada material utilizado como insumo, produtos agrícolas, assim como outros materiais que permitam a entrada ou saída de nutrientes no sistema, foram obtidos por meio de levantamentos na literatura (tabela 1).

Tabela 1: Teor de nutrientes presentes nos materiais quantificados no estudo.

Produtos	Teor de nutriente		Fonte
	P	K	
	----- g kg ⁻¹ -----		
Caju	0,1	1,24	Fragoso et al., 1999.
Castanha do caju	1,37	6,7	Fragoso et al., 1999.
Grão de feijão	5,1	14,3	Frota, Soares e Arêas, 2008..
Folha do feijão	3,6	24,3	Kiehl, 1985
Grão de milho	3,1		Bünzen et al., 2015..
Grão de milho		3,5	Zardo e Lima, 1999.
Palha de milho	1,7	21,7	Calonego et al., 2012.
Mandioca	0,51	10,05	Mezzete et al., 2015.
Maniva	2,1	13,8	Ravindran e Ravindran, 1988.
Carne suína	1,99	3,15	Duarte e Areco, 2015.
Carne de frango	1,65	1,96	Duarte e Areco, 2015.
Esterco de frango	39,7	11	Lima <i>et al.</i> , 2006; Severino <i>et al.</i> , 2006
Poda do cajueiro	0,89	1,34	Melo, 2015.

Fonte: Adaptado e modificado de CAMELO, 2015 e CUNHA, 2017.

Por meio da identificação e quantificação dos fluxos de nutrientes, foi possível determinar os seguintes indicadores: entrada de P, entrada de K, balanço de P, balanço de K, proporção de P circulando internamente, proporção de K circulando internamente, número de fluxos de entradas de nutrientes e número de fluxos internos de nutrientes.

5.5 Elaboração e Quantificação dos Indicadores de Resiliência do Sistema Social e de Produção

Os indicadores de resiliência, seus parâmetros e níveis foram elaborados e definidos tomando como base a análise das entrevistas semiestruturada aplicada, observação e análise da paisagem e aspectos do marco conceitual para avaliar a resiliência social e econômica nas comunidades rurais (NICHOLLS e ALTIERI, 2013).

No total foram utilizados 10 critérios de avaliação, sendo 4 pertencentes à dimensão socioeconômica e 6 pertencentes à dimensão técnica produtiva. A partir desses critérios foram estabelecidos 22 indicadores para a avaliação da resiliência dos agroecossistemas (quadros 1 e 2).

Quadro1: Critérios, indicadores e forma de avaliação utilizada para a avaliação da resiliência socioeconômica de agroecossistemas.

Critérios	Indicadores	Parâmetros/Níveis	Avaliação (nota)
Renda Familiar	Níveis de renda familiar	<i>Até meio salário</i>	1
		<i>Até 1 salário</i>	2
		<i>Até 2 salários</i>	3
		<i>Até 3 salários</i>	4
		<i>>3 salários</i>	5
Diversidade de Fontes de Renda	Renda agrícola	<i>01 fonte de renda agrícola</i>	1
		<i>Até 2 fontes de renda agrícola</i>	2
		<i>Até 3 fontes de renda agrícola</i>	3
		<i>Até 4 fontes de renda agrícola</i>	4
		<i>05 ou mais fontes de renda agrícola</i>	5
	Renda não agrícola	<i>Até meio salário</i>	1
		<i>Até 1 salário</i>	2
		<i>Até 2 salários</i>	3
		<i>Até 3 salários</i>	4
		<i>>3 salários</i>	5
Índice de Desenvolvimento Social	Acesso à serviços básicos	<i>Não possui acesso</i>	1
		<i>Possui acesso, mas não utiliza</i>	2
		<i>Possui acesso, mas com algum tipo de restrição</i>	3
		<i>Acessa 1 ou 2 dos serviços</i>	4
		<i>Possui acesso a todos os serviços</i>	5
	Participação em grupos organizados	<i>Não participa</i>	1
		<i>Participa de algum, mas não frequentemente</i>	2
		<i>Participa de 1</i>	3
		<i>Participa de 2 ou 3</i>	4
		<i>Participa de 4 ou mais</i>	5
Trabalho	Utilização de mão de obra para o trabalho na agropecuária	<i>Não realiza trabalho</i>	1
		<i>Utiliza apenas mão de obra contratada</i>	2
		<i>Utiliza principalmente mão de obra contratada; utiliza mão de obra familiar</i>	3
		<i>Utiliza principalmente mão de obra familiar, mas contratada em alguma fase do cultivo</i>	4
		<i>Utiliza apenas mão de obra familiar</i>	5

Fonte: autor, 2017.

Quadro 2: Critérios, indicadores e forma de avaliação utilizada para a avaliação da resiliência técnico produtiva de agroecossistemas.

Critérios	Indicadores	Parâmetros/Níveis	Avaliação (nota)	
Agrobiodiversidade planejada	Número de culturas no agroecossistema	<i>Monocultura</i>	1	
		<i>2 espécies</i>	2	
		<i>3 espécies</i>	3	
		<i>4 espécies</i>	4	
		<i>5 ou mais espécies</i>	5	
Controle de pragas e doenças	Uso de defensivos	<i>Usa agrotóxicos frequentemente</i>	1	
		<i>Usa agrotóxicos eventualmente</i>	2	
		<i>Usa eventualmente agrotóxicos e defensivo naturais</i>	3	
		<i>Usa apenas defensivos naturais</i>	4	
		<i>Ambiente equilibrado e dispensa o uso de defensivos</i>	5	
Preparo do solo	Utilização de implementos agrícolas	<i>Uso frequente - 2 ou mais vezes por ano - grade de disco aradora (motorizada)</i>	1	
		<i>Uso frequente - 2 ou mais vezes por ano - grade de disco (motorizada) e cultivador (tração animal)</i>	2	
		<i>Uso eventual - 1 ou menos vezes por ano - grade de disco aradora (motorizada) e cultivador (tração animal) e equipamentos manual (enxada, matraca, etc.)</i>	3	
		<i>Uso frequente - 2 ou mais vezes por ano - cultivador e equipamentos manual (enxada, matraca, etc.)</i>	4	
		<i>Uso de cultivador (tração animal) e equipamentos manual (enxada, matraca, etc.)</i>	5	
Matéria orgânica do solo e concentração de nutrientes (P e K) no solo	M.O (%)	--	<i>Muito baixo</i>	1
		0 a 1,5	<i>Baixo</i>	2
		1,5 a 3,0	<i>Médio</i>	3
		> 3,0	<i>Alto</i>	4
		--	<i>Muito alto</i>	5
	Potássio – K (ug/cm ³)	--	<i>Muito baixo</i>	1
		0 a 45	<i>Baixo</i>	2
		46 a 90	<i>Médio</i>	3
		91 a 180	<i>Alto</i>	4
		> 180	<i>Muito alto</i>	5
	Fósforo - P (ug/cm ³)	--	<i>Muito baixo</i>	1
		0 a 10	<i>Baixo</i>	2
		11 a 20	<i>Médio</i>	3
		21 a 40	<i>Alto</i>	4
		> 40	<i>Muito alto</i>	5

(continuação)

Crítérios	Indicadores	Parâmetros/Níveis	Avaliação	
Fluxos de Materiais	Número de Fluxos de entrada	<i>Importação de materiais no agroecossistema</i>	0 fluxo	5
			1 fluxo	4
			2 fluxos	3
			3 fluxos	2
			4 ou mais fluxos	1
	Número de Fluxos internos	<i>Fluxos de materiais dentro do agroecossistema</i>	0 fluxo	1
			1 ou 2 fluxos	2
			3 ou 4 fluxos	3
			5 fluxos	4
			6 ou mais fluxos	5
Fluxos de Nutrientes	Entrada de P	<i>Quantidade de P entrando no sistema</i>	Menor valor	5
			Proporcional a diferença entre o menor e maior valor	4
				3
				2
			Maior valor	1
	Entrada de K	<i>Quantidade de K entrando no sistema</i>	Menor valor	5
			Proporcional a diferença entre o menor e maior valor	4
				3
				2
			Maior valor	1
	Balanço de P	<i>Diferença entre entrada e saída de P no sistema</i>	Menor valor	1
			Proporcional a diferença entre o menor e maior valor	2
				3
				4
			Maior valor	5
	Balanço de K	<i>Diferença entre entrada e saída de K no sistema</i>	Menor valor	1
			Proporcional a diferença entre o menor e maior valor	2
				3
				4
			Maior valor	5
	Proporção de P circulando internamente	<i>Proporção de todo o P utilizado nos subsistemas que proveem de fluxos internos</i>	Menor valor	1
			Proporcional a diferença entre o menor e maior valor	2
				3
				4
Maior valor			5	
Proporção de K circulando internamente	<i>Proporção de todo o K utilizado nos subsistemas que proveem de fluxos internos</i>	Menor valor	1	
		Proporcional a diferença entre o menor e maior valor	2	
			3	
			4	
		Maior valor	5	

(Continuação)

Critérios	Indicadores	Parâmetros/Níveis	Avaliação	Critérios
Fluxos de Nutrientes	Fluxos internos de P no sistema		<i>Menor valor</i>	1
			<i>Proporcional a diferença entre o menor e maior valor</i>	2
				3
				4
			<i>Maior valor</i>	5
	Fluxos internos de K no sistema		<i>Menor valor</i>	1
			<i>Proporcional a diferença entre o menor e maior valor</i>	2
				3
				4
			<i>Maior valor</i>	5

Fonte: autor, 2017.

Cada indicador recebeu notas que variaram de 1 a 5, considerando que quanto maior a nota conferida, maior a resiliência do agroecossistema (quadro 3) (NICHOLLS *et al.*, 2015; GERVAZIO *et al.*, 2016). Essa forma de avaliação foi realizada devido à necessidade de padronização, uma vez que cada indicador possui grandezas distintas, dessa forma, estabelecendo uma avaliação comum a todos e possibilitando comparações.

Quadro 3: Níveis para interpretação e avaliação dos indicadores de resiliência.

Nível	Avaliação
Muito baixa ou inexistente	1
Baixa	2
Média	3
Alta	4
Muito alta	5

Fonte: Adaptado e modificado de Gervazio *et al.*, 2016.

- Descrição dos indicadores

Dimensão socioeconômica:

- Renda Familiar: valor total recebido pelo grupo familiar considerando as diversas fontes de renda agrícola e não agrícola. Os níveis da renda familiar foram definidos tomando como base o valor do salário mínimo para o ano de 2017. Utilizou-se este parâmetro como indicador, pois entende-se que o nível de renda influencia na resiliência do agroecossistema, uma vez que durante eventos de estresse o agroecossistema diminui a sua eficiência em desempenhar as suas funções, o que pode comprometer a produção e comercialização dos produtos e subprodutos, acarretando em dificuldades para as famílias se manter. Um elevado nível de renda facilitará as famílias a persistirem em seus sistemas de produção.

- Renda Agrícola: Foi quantificado o número de fontes de renda provindas da agricultura. Considerou-se como renda agrícola todas as atividades produtivas realizadas dentro do agroecossistema familiar, como a cajucultura (produção de castanha e caju); produção de grãos (milho e feijão); produção de mandioca e hortaliças; atividades pecuária (criação de galinha, porco, gado); venda de subprodutos (madeira e restos culturais). Para critério de avaliação, cada produto ou subproduto comercializado oriundos dos sistemas de produção correspondeu a uma fonte de renda. Por exemplo, na cajucultura a produção e venda da castanha correspondeu a uma fonte renda, já a produção e venda do caju (pseudofruto) correspondeu a outra fonte de renda.

A utilização da renda agrícola como indicador de resiliência se dá pelo fato de ser uma variável que possibilita perceber e avaliar a contribuição dos sistemas de produção na economia das famílias e analisar o papel do agroecossistema na geração de produtos e renda. Quanto maior for a diversidade de fontes de renda maior será a resiliência do sistema como um todo, pois a retomada de uma atividade que tenha sofrido estresse pode ser viabilizada a partir de outra atividade não afetada ou menos afetada pelo estresse. Por exemplo, dentro dos agroecossistemas diversificados há culturas que são mais resistentes aos períodos de escassez de água do que outras, mantendo boa produção nesses períodos. Com isso, a produção de uma cultura compensa a baixa produção de outra, não afetando, portanto, a renda familiar de forma significativa.

- Renda não agrícola: foi considerado como renda não agrícola todas as fontes de renda não ligadas aos trabalhos realizados dentro do agroecossistema familiar, como as diárias agrícolas; os trabalhos temporários ou com carteira assinada; os estabelecimentos comerciais (bar, mercadinho, padaria, sorveteria); os Benefícios Sociais (bolsa família, aposentadoria e pensão). Para critério de avaliação foi somada a renda proveniente de todas as atividades não agrícolas.

A importância da utilização deste parâmetro como indicador está no fato de ser um item que revela o comportamento das famílias dentro ou fora da comunidade e a busca por incrementos monetários que subsidie a permanência das famílias no campo em tempos adversos, garantindo desta forma o suprimento das necessidades básicas e a continuidade das atividades agropecuárias após as adversidades.

- Índice de Desenvolvimento Social – Acesso: considerou o acesso de todos da comunidade aos serviços básicos, como saúde, educação, transporte e serviço de assistência técnica agropecuária. Não foi objetivo do presente estudo avaliar a qualidade dos serviços citados, mas há o entendimento de que a qualidade destes serviços influencia na resiliência de todo o agroecossistema.

- Índice de Desenvolvimento Social – Participação: participação nos grupos organizados dentro da comunidade, como na associação, cooperativa, grupo de jovens, grupo de mulheres, grupos religiosos ou culturais. A importância da utilização da participação dos produtores em grupos, associação, etc., na avaliação da resiliência se deve ao fato de que em tempos de adversos, como os longos períodos de falta d'água, a união das pessoas permite e facilita a busca de soluções e apoios externos a comunidade.

Manejo do sistema de produção:

- Agrobiodiversidade planejada: considerou a quantidade de espécies cultivadas dentro do sistema de produção familiar.

Além dos benefícios para o todo o agroecossistema do ponto de vista ambiental, quanto mais espécies dentro do agroecossistema, maior a possibilidade de rendimentos e fontes de alimentos para as famílias, conseqüentemente, menores serão os riscos para a economia e alimentação do grupo familiar.

- Fluxo de entrada de materiais: foi considerado as importações de materiais no agroecossistema. Para os agroecossistemas de produção de caju

estudados, as principais importações de material foi a adubação orgânica (cama de frango) e a adubação mineral (NPK), além das sementes de milho utilizadas nos plantios em consócio.

As importações de materiais no agroecossistema tem sua importância para a resiliência ao demonstrar a dependência do sistema a produtos externos. Essa dependência infere na auto sustentação do sistema, ou seja, evidencia que o agroecossistema não está sendo capaz de manter as suas funções, não sendo, portanto, sustentável.

- Entrada de K e entrada de P: quantidade de K e P entrando no sistema por meio da importação de materiais como por exemplo, cama de frango, adubação com NPK e sementes. As entradas de nutrientes de fora do sistema evidenciam a dependência externa de nutrientes para a manutenção da fertilidade do solo.

- Número de fluxos internos de materiais: considerou-se como fluxo interno, todos os caminhos percorridos pelos materiais, produtos e subprodutos oriundos dos sistemas de produção dentro do agroecossistema familiar.

Os fluxos internos de materiais mostram a origem e o destino dos produtos e subprodutos no agroecossistema, tem sua importância para a resiliência pois demonstram como são utilizados os produtos nos sistemas, se há interação entre os subsistemas e se existe o retorno dos nutrientes para o sistema de origem.

- Balanço de P e balanço de K: diferença entre entrada e saída de P e K no sistema.

O balanço de nutrientes no sistema evidencia a capacidade dos agricultores em manter a fertilidade do solo ao longo do tempo.

- Proporção de P e proporção de K circulando dentro do sistema: proporção de todo o P e K utilizado nos subsistemas que proveem de fluxos internos. A proporção de nutrientes provenientes de subsistemas internos indica a interação entre subsistemas dentro da propriedade e a reutilização de nutrientes internamente, podendo resultar em melhor eficiência na utilização de nutrientes no sistema.

- Controle de pragas e doenças: para efeito de avaliação, considerou o uso frequente e eventual de agrotóxicos e de defensivos naturais no controle das pragas e doenças que atingem os cultivos no sistema de produção. Considerou também a não utilização destes produtos.

Para a resiliência, este parâmetro tem importância, uma vez que a utilização de defensivos como os agrotóxicos causam inúmeros efeitos maléficos em todo o agroecossistema, inclusive no homem, afetando diretamente a capacidade de desenvolvimento das suas funções, conseqüentemente, afetando a resiliência.

- Preparo do solo: considerou a frequência e utilização de máquinas e implementos agrícolas, bem como o uso de cultivador a base de tração animal e a utilização de ferramentas manuais (enxada, matraca, etc.).

Utilizou-se o modo de preparo do solo como indicador de resiliência, pois entende-se que a técnica empregada no preparo do solo para o cultivo provoca efeito no sistema de produção, uma vez que os diferentes implementos agrícolas usados ocasionam diferentes efeitos no solo. Efeitos estes que podem se considerar bom para o cultivo da terra em um pequeno espaço de tempo, mas ruim quando se considera uma escala de tempo maior, uma vez que a degradação do solo vai ocorrendo em um ritmo que muitas vezes o produtor não consegue perceber o efeito ou a sua causa. Sendo assim, o uso de técnicas de preparo do solo que minimizem os efeitos maléficos é mais recomendado, e essas técnicas normalmente são encontradas no uso de implementos agrícolas manuais e de tração animal, que provocam pouca desagregação do solo, erosão, perda de matéria orgânica de superfície, etc., em comparação aos implementos tratorizados.

Qualidade do solo:

- Para avaliar os indicadores de resiliência relacionados aos atributos químicos do solo de forma quantitativa, utilizam-se os níveis de fertilidade para interpretação de resultados de análise do solo para as determinações de K, P, e M.O., baseando-se no livro *Recomendações de Adubos e Calagem para o Estado do Ceará* (AQUINO *et al.*, 1993) (tabela 4).

Tabela 2: Níveis de fertilidade para interpretação dos resultados da análise do solo.

Determinações	Unidade	Classificação			
		Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Potássio (K)	ug/cm ³	0 - 45	46 - 90	91 - 180	>180
Fósforo (P)	ug/cm ³	0 - 10	11 - 20	21 - 40	>40
Matéria Orgânica (M.O.)	%	0 - 1,5	1,6 - 3,0	>3,0	--

Fonte: Modificado e adaptado de AQUINO, *et al.*, (1993, p. 35).

5.6 Análise de dados

Foi calculada a média, variância, desvio padrão e coeficiente de variação das dimensões de resiliência analisadas. Foi verificada a correlação entre todas as dimensões da resiliência, utilizando o procedimento *proc corr* do programa computacional SAS[®] (*Statistical Analysis System*). Foi ajustado um modelo de regressão múltipla, testando a significância da adição de uma variável de cada vez, até que o coeficiente de determinação do modelo atingisse valor superior à 0,9, utilizando o procedimento *proc reg, selection=stepwise* do programa SAS. Desse modo, selecionando um conjunto mínimo de indicadores capaz de explicar mais de 90% da variabilidade dos dados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 A comunidade Agrovila - Lagoa de São João

A Agrovila é uma das cinco comunidades que compõem o distrito de Lagoa de São João do município de Aracoiaba, Ceará. A comunidade é uma área de reassentamento de agricultores familiares que foram retirados de suas terras para a construção do açude Aracoiaba. A comunidade é composta atualmente por cerca de 150 famílias de agricultores familiares.

Sua história teve início no ano de 2000 quando agricultores das localidades de “Vazantes”, “Poços” e “Volta” chegaram nas terras da comunidade, transferidos devido a construção do açude Aracoiaba, uma vez que as localidades onde até então eles firmavam residências seriam cobertas pela água.

O Estado ao lançar a proposta do reassentamento aos agricultores apresentou o projeto da Agrovila, no qual além da construção das casas e fornecimento de terras para as atividades agropecuárias, continha o acesso a água encanada e energia elétrica de forma gratuita, construção de escola, posto de saúde, igreja e cooperativa.

A associação da comunidade foi fundada em 13 de dezembro de 2001, para representar institucionalmente os interesses da comunidade Agrovila. Desde então, a entidade vem buscando formas de melhoria para a comunidade por meio de parcerias e ações com o objetivo de proporcionar crescimento e desenvolvimento local.

Ao longo dos anos diversos projetos e ações chegaram na comunidade, como o projeto da horta orgânica, projeto do artesanato intitulado “Desaguar para a Vida”, projeto e curso para a criação de caprinos (2011), capacitação para corte e costura, cursos de doces e compotas, construção das cisternas de placas – em parceria com o MAB (Movimento dos Atingidos por Barragens) e IDACE (Instituto do Desenvolvimento Agrário do Ceará) (2013-2014). Muitos desses projetos não obtiveram sucesso devido à falta de acompanhamento técnico aos produtores.

Um dos mais importantes projetos já implementado na comunidade foi o projeto do cajueiro anão-precoce irrigado. Este teve início nos anos de 2006-2007 com a finalidade de realizar a substituição de algumas áreas que continham cajueiros gigantes (já existentes antes da fundação da Agrovila) por uma variedade

com maior produtividade. Neste projeto cada agricultor recebeu uma área de aproximadamente 0.5 hectare contendo irrigação para o plantio das mudas de cajueiro anão-precoce – fornecidos pelo projeto. Com o tempo, devido à dificuldade no bombeamento e os períodos de escassez de água, essas áreas deixaram de serem irrigadas, passando, então, a serem áreas de sequeiro, onde não há irrigação, sendo o fornecimento de água aos cajueiros ocasionada somente pelas chuvas.

Na atualidade, a principal fonte de renda agrícola das famílias vem da cajucultura, por meio da comercialização do caju (pseudofruto) e da castanha. Outras culturas como milho, feijão e mandioca são cultivadas na comunidade em regime de sequeiro e participam da composição da renda dos produtores pela comercialização dos excedentes e pelo autoconsumo da família.

Devido ao prolongado período de estiagem atual na região, a produção agrícola da comunidade ficou comprometida. Algumas das principais culturas (caju, feijão, milho e mandioca), que são utilizadas para venda, consumo das famílias e dos animais, obtiveram baixa ou nenhuma produção, afetando a estabilidade econômica das famílias. Com isso, foi preciso que as famílias buscassem fontes de rendas não ligadas a agricultura – como o trabalho assalariado dentro e fora da comunidade, os comércios locais e os benefícios sociais como o bolsa família e aposentadoria – para contornar ou sobressair a baixa produção agrícola e assim garantir a autonomia das famílias e sua permanência no meio rural.

Esse prologando período de estiagem na região afetou não somente a agricultura, mas também a pecuária e toda a dinâmica de vida das famílias, uma vez que com a falta de chuvas, os açudes e outros reservatórios de água secaram, não sendo possível a sua utilização para fins secundários como o lazer das famílias. A escassez de água na região não ocasionou maiores problemas devido o abastecimento de água na comunidade para o consumo das famílias ser realizado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará, que capta água de outras fontes e fornece a Agrovila. Como reservatório de água, muitas famílias possui a cisterna de placa, onde é armazenada a água para o consumo da família e de alguns pequenos animais da propriedade.

Tendo em vista que a cajucultura se configura como a principal atividade, a comunidade, por meio de sua associação, após diversas lutas, conseguiu aprovar

(este ano, 2017) o projeto da mini fábrica de beneficiamento da castanha do caju pelo projeto São José III. Este projeto irá complementar a renda, pela geração de emprego e incremento de valor ao produto comercializado (castanha).

6.2 Mensuração dos Indicadores de Análise da Resiliência dos Agroecossistemas de Produção de Caju

Tabela 3: Médias, variâncias, desvio padrão e coeficiente de variação dos indicadores de análise da resiliência mensurados.

Indicadores	Média	Variância	Desvio Padrão	CV (%)
Níveis de Renda	2.4	1.3	1.14	48
Fontes de renda agrícola	4.3	0.9	0.95	22
Níveis de renda não agrícola	1.9	0.9	0.97	51
Acesso	5.0	0.0	0.00	0
Participação	3.3	0.5	0.72	22
Utilização de mão de obra	4.3	0.3	0.57	13
Agrobiodiversidade	3.5	0.6	0.80	23
Número de fluxos de entrada	3.1	0.2	0.47	15
Número de fluxos internos	2.7	0.5	0.72	27
Entrada de P	3.8	0.7	0.83	22
Entrada de K	3.7	0.7	0.85	23
Balanco de K	4.2	1.1	1.07	25
Fluxos interno de P	1.3	0.7	0.85	65
Fluxos internos de K	1.5	1.0	1.02	70
Proporção de P circulando internamente	1.8	1.1	1.07	61
Proporção de K circulando internamente	2.9	1.5	1.22	42
Balanco de P	2.4	0.6	0.80	33
Uso de defensivos	2.5	0.6	0.80	32
Utilização de implementos agrícolas	3.0	0.0	0.00	0
M.O	3.0	0.0	0.21	7
P no solo	2.5	0.5	0.74	30
K no solo	3.7	0.2	0.48	13

Fonte: autor (dados da pesquisa), 2017.

O indicador *níveis de renda familiar* apresentou valor médio de 2.4 e elevado coeficiente de variação (48%). Este fato é explicado pela grande diferença entre as rendas de cada família, onde algumas possuem renda total mensal inferior a meio a salário mínimo e outras com renda total mensal superior a 3 salários

mínimos. Esta variação está ligada as fontes de renda agrícola e não agrícola das famílias. Grande parte das propriedades pesquisadas dependem principalmente da renda agrícola para compor a renda total familiar.

As *fontes de renda agrícolas* atingiram valor médio de 4.3 ($cv=22\%$) na escala de avaliação, sendo considerado alto. As fontes de renda agrícola, de forma geral, são bem semelhantes, estando os sistemas de produção das famílias voltados principalmente para a cajucultura. As demais culturas são para o consumo da família (feijão) ou alimentação dos animais (milho e mandioca), sendo parte destas produções comercializadas para complementar a renda. O que mais diferencia as famílias com relação à fonte de renda agrícola é o tamanho da área plantada, onde temos, por exemplo, famílias que cultivam milho em 0.5 hectare e outras em mais de 2 hectares. Com relação à pecuária, as famílias não desenvolvem esta modalidade de produção de maneira intensiva e/ou eficiente na comunidade. A principal fonte de renda nos sistemas de produção familiar está ligada à agricultura. A diversidade de fontes de renda ligadas aos sistemas de produção traduz a autonomia na geração de renda e, de acordo com Guyot, Faleiros e Gandara (2015), indica indiretamente a capacidade do agroecossistema em sustentar a família, sendo que quanto maior essa autonomia, maior será a resiliência do sistema.

As *rendas não agrícolas* apresentaram valor médio de 1.9, sendo considerado baixo na escala de avaliação. As rendas não agrícolas apresentadas pela grande maioria das famílias foram as diárias agrícolas e os benefícios sociais como o bolsa família e aposentadoria. Quase a totalidade das famílias pesquisadas possuem alguma dessas três fontes de renda. Um outro grupo de famílias possuem como fonte de renda não agrícola os trabalhos ligados ao comércio, pois são proprietários de minimercados, bares, padaria ou sorveteria. Além disso, há aqueles que possuem trabalhos assalariados que desenvolvem dentro ou fora da comunidade. O que se percebe é que as famílias possuem uma ou duas fontes de renda não agrícola, este fato justifica a baixa média no valor de resiliência para este indicador.

O conjunto das fontes de renda agrícola e não agrícola revelam a pluriatividade das famílias. Para Schneider (2005) a pluriatividade é a realização de múltiplas atividades (agrícolas e não-agrícolas) pelas famílias residentes no meio rural, sendo um fenômeno composto por tarefas diversificadas e diferentes, que está

relacionada às estratégias sociais e produtivas adotadas pela família, e dependente das características da realidade na qual estão inseridas. Estas estratégias sociais e produtivas adotadas são de grande importância para a permanência das famílias no campo em tempos adversos. Em muitos casos, são os trabalhos remunerados realizados fora da comunidade e o recebimento de benefícios sociais (bolsa família, aposentadoria, etc.), que garante a permanência das famílias no meio rural. Esta realidade é descrita por Schneider *et al.* (2006) ao falarem que a pluriatividade não se apresenta unicamente como uma estratégia de diversificação das fontes de renda, mas como uma forma das famílias combinarem diferentes formas de renda (agrícola e não-agrícola) e atingirem um rendimento total mais elevado em comparação aquelas famílias que obtêm rendimentos apenas das atividades agrícolas, sendo essa pluriatividade também importante para alcançar maior estabilidade frente as mudanças edafoclimáticas, pois traz maior segurança às famílias devido à diversificação nos rendimentos.

O indicador de resiliência *acesso* que se refere ao acesso das famílias aos serviços básicos existentes na comunidade (saúde, educação, transporte e serviço de assistência técnica agropecuária), obteve nota média de 5, sendo considerada a nota máxima na escala de resiliência definida. Isto se deve ao fato de todos na comunidade possuírem acesso a esses serviços, não existindo, portanto, diferenças na forma e meio de acesso. Um ponto importante a ser mencionado diz respeito do presente estudo não ter avaliado a qualidade destes serviços, se estão de acordo com as normas e legislação vigente, o funcionamento, etc., mas há o entendimento de que estes fatores interferem na resiliência de todo o agroecossistema da comunidade.

O indicador de resiliência *participação* que diz respeito ao envolvimento das famílias com os grupos organizados dentro da comunidade – ou fora se for o caso – (associação, cooperativa, grupo de jovens, grupo de mulheres, grupos religiosos ou culturais), apresentou nota média de 3.3. Este é um valor mediano e demonstra que nem todas as famílias estão participando dos grupos existentes na comunidade, o que interfere na resiliência de todo o agroecossistema.

A participação das famílias nesses grupos organizados se configura como uma das mais importantes estratégias frente aos períodos adversos, como as mudanças climáticas (períodos de seca), pois por meio destas organizações se

monta uma rede recíproca de cooperação, capaz de obter diversos apoios externos pela comunidade (GUYOT, FALEIROS & GANDARA, 2015).

A utilização de *mão de obra* para o trabalho na agropecuária apresentou nota média de 4.3, índice alto para a escala definida. A grande maioria das propriedades pesquisadas foram classificadas com notas 4 ou 5, mostrando que os sistemas de produção têm capacidade para ocupar toda a mão de obra do grupo familiar. Sindelar, Barden & Schultz (2013) falam que um maior equilíbrio do sistema, que remete a uma maior resiliência, é alcançado quando há maior envolvimento da família nas atividades e menor dependência com relação a contratação de mão de obra.

O indicador *agrobiodiversidade* diz respeito a agrobiodiversidade planejada e considerou a quantidade de espécies cultivadas dentro do sistema de produção familiar. Este indicador alcançou nota média de 3.5, demonstrando que o número de culturas dentro do agroecossistema de produção familiar pode ser melhor explorada pelo aumento da quantidade de espécies, tanto para as culturas comerciais como para as que são cultivadas com objetivo de consumo pelas famílias.

Nicholls *et al.* (2015) fala que agroecossistemas diversificados como os policultivos, sistemas agroflorestais e silvipastoris possuem a capacidade de se adaptar e resistir aos efeitos das mudanças climáticas por serem agroecossistemas complexos. Sendo assim, se faz necessário aumentar o número de espécies cultivadas nos agroecossistemas de produção familiar da comunidade para aumentar a complexidade do sistema e, conseqüentemente, a resiliência.

O mapeamento dos fluxos de materiais serviu como base para a definição dos fluxos de nutrientes nos agroecossistemas estudados. Os fluxos de materiais possuem como fonte de entrada de materiais e nutrientes as sementes, adubo orgânico e mineral, e apresentou nota média de 3.1, com variância de 0.2 e coeficiente de variação de 15%, demonstrando que os produtores possuem bastante similaridade quanto ao aporte de materiais externos ao agroecossistema.

A principal entrada de materiais, e conseqüentemente de nutrientes, no sistema de produção estudado se deve a adubação orgânica, realizada por meio da cama de frango. A adubação com fertilizantes sintéticos (NPK) é realizada de forma limitada, pois apenas uma pequena parte dos produtores realiza este tipo de

adubação. Essa opção pela adubação orgânica no lugar da mineral muito se deve a disponibilidade e ao preço acessível da cama de frango na região.

Já os *fluxos internos* de materiais e nutrientes (P e K) obteve uma das notas médias baixas entre os indicadores de resiliência (média de 2.7). Evidenciando pouca interatividade entre os subsistemas internos e que irá resultar em baixa ciclagem de nutrientes.

Analisando os indicadores que descrevem a dinâmica dos nutrientes dentro do agroecossistema, percebemos que apenas os indicadores entrada de P, entrada de K e balanço de K atingiram notas altas com relação aos demais, notas 4.2, 3.7 e 4.2, respectivamente. Esses indicadores estão mais relacionados ao tipo de materiais que entram no sistema, que a própria dinâmica deles dentro do sistema.

Os indicadores fluxos internos de P, fluxos internos de K, proporção de P circulando internamente, proporção de K circulando internamente e balanço de P, apresentaram valores, na escala de avaliação definida, próximas ou abaixo da média, 1.3, 1.5, 1.8, 2.9, 2.4, respectivamente.

Estes resultados estão relacionados à dinâmica destes nutrientes (P e K), demonstrando a necessidade de maior interligação entre os sistemas e subsistemas existentes no agroecossistema, de modo a favorecer o fluxo de materiais e retorno dos nutrientes à sua fonte de origem dentro do sistema de produção familiar, ou seja, às áreas de cultivos.

Com relação ao controle de pragas e doenças, o indicador *uso de defensivos* obteve nota média de 2.5, sendo uma nota baixa a mediana quando considerada a variância de 0.6 e os 32% de coeficiente de variação para este indicador. Na comunidade é comum o uso de defensivos naturais a base de fumo, folhas de Nim (*Azadirachta indica*) e detergentes, utilizados para o controle de insetos na cultura do caju, milho e feijão. No entanto, alguns produtores, mesmo de forma eventual, se utilizam de defensivos químicos (agrotóxicos) para o controle das pragas e doenças que acometem as culturas. Este fato justifica a baixa nota alcançado na avaliação do presente indicador, uma vez que a utilização de agrotóxicos afeta a resiliência de todo o agroecossistema pelos seus efeitos nas culturas, no solo, na fauna, cadeias alimentares, no homem, etc.

Córdoba-Vargas e León-Sicard (2013) ao utilizarem o uso de pesticidas como um dos parâmetros para avaliar a resiliência de sistemas agrícolas ecológicos e convencionais, encontrou que nenhum dos sistemas agrícolas ecológicos utilizavam herbicidas, inseticidas ou fungicidas. Empregavam, no entanto, estratégias de biodiversidade para gestão das pragas e doenças. Esses sistemas agrícolas alcançaram índice máxima de resiliência no referido parâmetro de avaliação frente aos sistemas agrícolas convencionais.

O indicador que se refere ao manejo adotado no preparo do solo para os plantios de milho, feijão, mandioca, etc. obteve nota média de avaliação de 3,0 na escala definida. Não houve variação entre os produtores quanto ao modo de preparo do solo, pois é empregado por todos a mesma técnica de preparo, que consiste no uso de grade aradora de disco para incorporação de resíduos das culturas, eliminação de espécies espontâneas (plantas daninhas) e desagregação da camada superior do solo para facilitar o plantio. Há o uso de cultivador de tração animal e equipamentos manuais como enxada, matraca e outros. A operação de preparo do solo é realizada, normalmente, uma vez por ano na época no início da quadra chuvosa. Levien e Cogo (2001) falam que a tração animal ocasiona menores perdas de solo e água quando comparada a tração tratorizada, independentemente do tipo de preparo e da condição de cobertura do solo.

Com relação aos indicadores relacionados aos atributos químicos do solo, os valores de resiliência médios encontrados para matéria orgânica do solo, teor de potássio e fósforo foram 3, 3,7 e 2,5, respectivamente. São valores de resiliência medianos a baixos e explicados pelos próprios resultados da análise de solo. De acordo com o livro *Recomendações de Adubos e Calagem para o Estado do Ceará* (AQUINO *et al.*, 1993), que foi utilizado para interpretação dos resultados da análise de solo no presente estudo, todas as propriedades pesquisadas obtiveram resultados baixos ou médios para o teor de matéria orgânica e potássio. Os resultados de fósforo foram melhores, obtendo em muitas propriedades alto teor deste nutriente no solo.

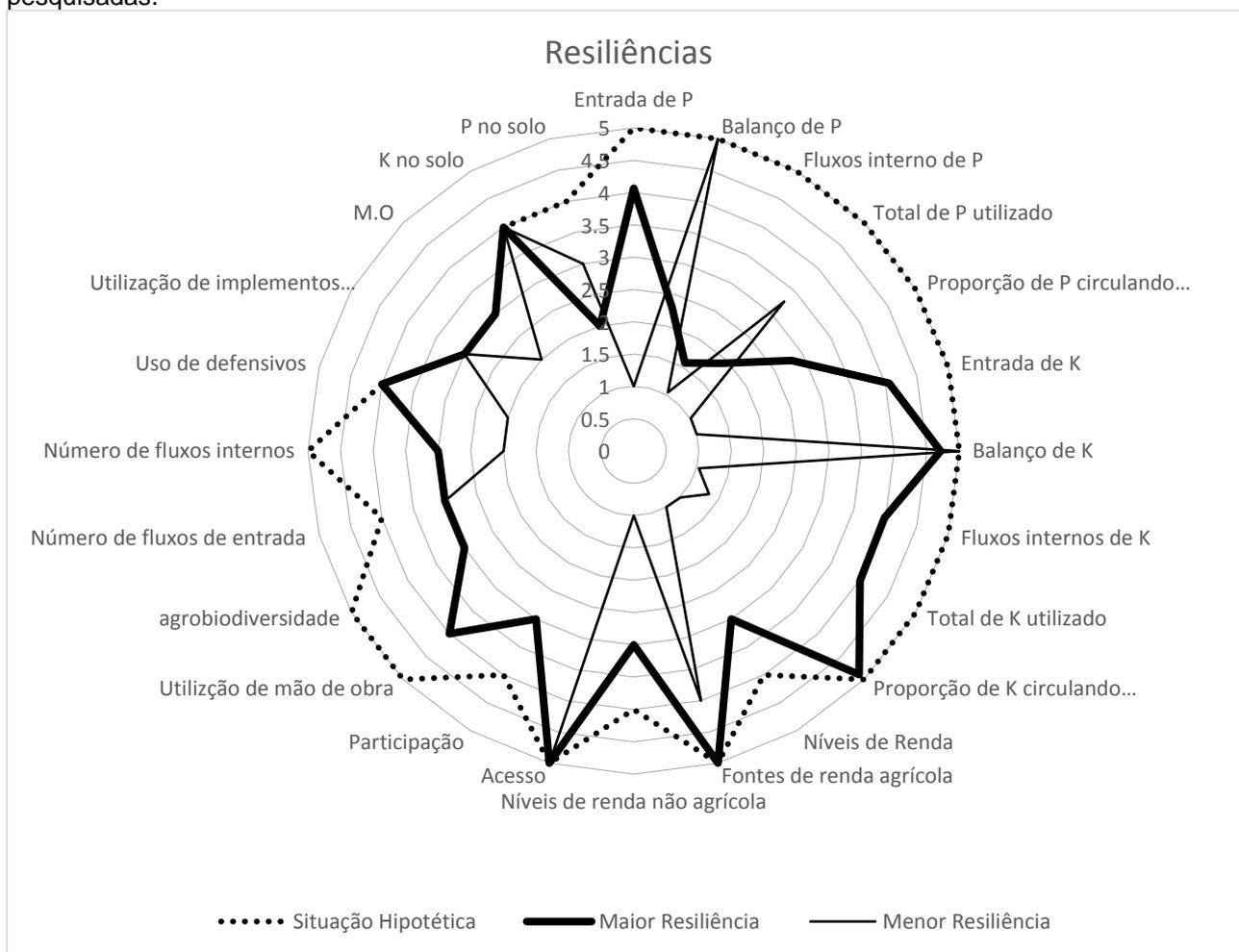
Esses resultados baixos e médios para as análises de solo são explicados pelo tipo de manejo aplicado aos agroecossistemas na comunidade. Em geral, o aporte de nutrientes aos sistemas de produção é menor que a extração, ou seja, se retira mais nutrientes (P e K) pelos produtos e subprodutos do que entra no

sistema. Esta questão é melhor abordada no próximo tópico que trata dos fluxos de nutrientes (P e K).

A disparidade entre as análises das resiliências observadas nas propriedades que apresentaram o menor e o maior índice de avaliação pode ser observada na figura 2. A propriedade com maior resiliência média apresentou índices superiores à propriedade com menor resiliência média na grande maioria das dimensões da resiliência. A propriedade com menor resiliência média superou a propriedade com maior resiliência média em quatro índices: balanço de P e K, total de P utilizado no sistema e teor de P no solo. Isso demonstra que a propriedade com menor resiliência se preocupa em repor o P exportado. No entanto, esse tipo de análise não deve ser realizada isoladamente, pois essa mesma propriedade possui os piores índices para os fluxos internos de P e proporção do total de P proveniente de circulação interna. Evidenciando, dessa maneira, que apesar de haver balanço positivo de P, existe uma dependência do P de fontes externas e muito baixo reaproveitamento de nutriente internamente.

É apresentada ainda na figura, uma situação hipotética onde se considerou o maior valor do índice de resiliência encontrado para cada uma das dimensões da resiliência dentro da comunidade. A propriedade com maior resiliência média não se assemelha tanto a condição hipotética, evidenciando potencial de aumento da resiliência para todas as propriedades avaliadas. Há a necessidade de ações que melhorem a resiliência de toda a comunidade, tendo em vista que a maioria das dimensões com potencial de crescimento são variáveis técnico produtivas.

Figura 2: Comparativo entre uma situação hipotética, que considera a melhor condição de resiliência em cada uma das dimensões encontrada em todo o conjunto de propriedades avaliadas, e a as propriedades com menor, e com a maior condição de resiliência encontrada nas propriedades pesquisadas.



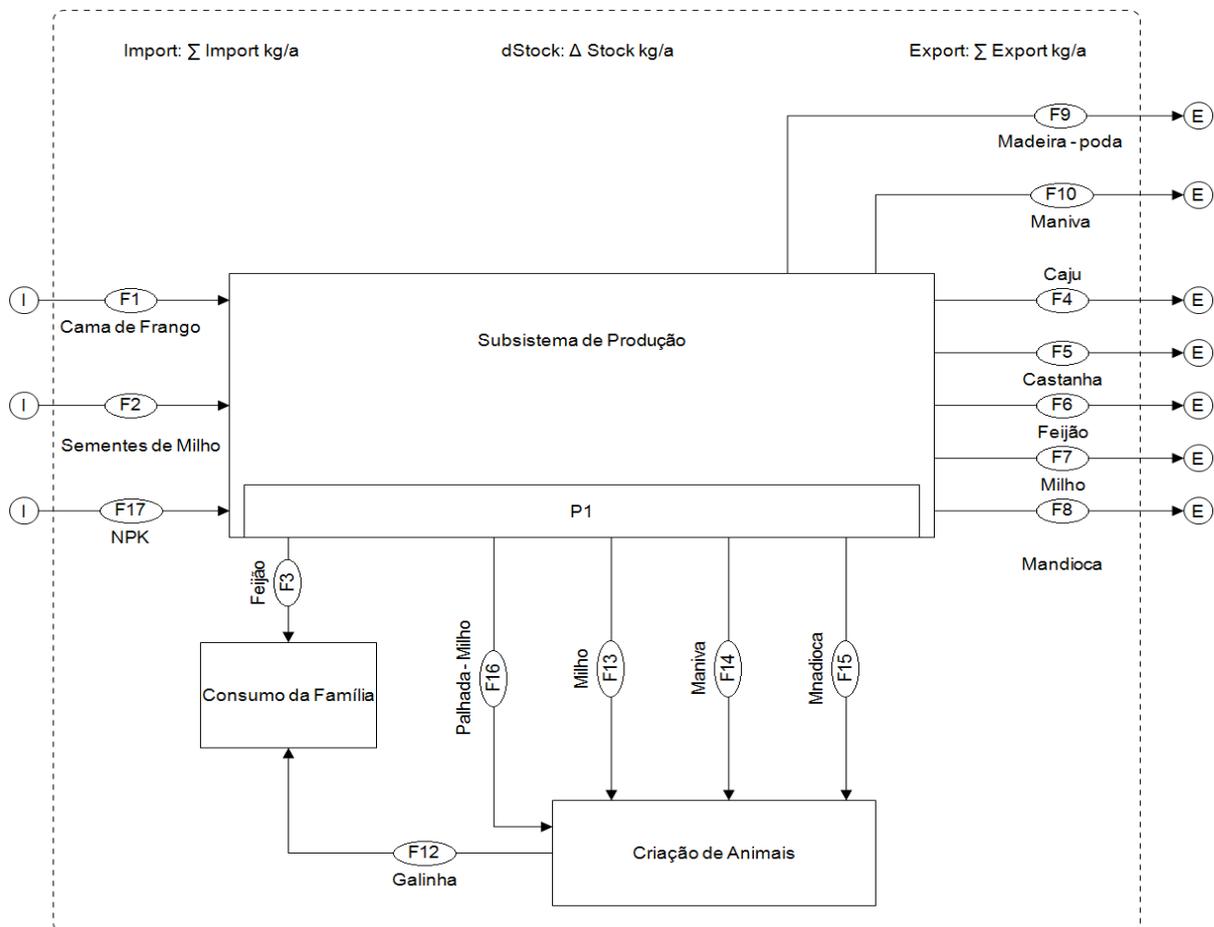
Fonte: autor, 2017.

6.3 Fluxos de Nutrientes (P e K) nos Sistemas de Produção Familiar

A figura 3 exibe os fluxos dos materiais que geralmente ocorrem nos sistemas de produção de cada família. Na ilustração apresentada são exibidas as divisas do agroecossistema representada pela linha pontilhada, os subsistemas internos (representados pelo subsistema de produção, residência e subsistema de criação animal) e todos os fluxos de nutrientes (representados pelas setas). Os fluxos de entrada de materiais nos sistemas de produção se dá pela importação de adubo orgânico (cama de frango), fertilizante sintético (NPK) e por meio da entrada de sementes de milho. A adubação orgânica com cama de frango é a forma de fertilização das áreas agrícolas que normalmente acontece na comunidade, ficando

a adubação com NKP restrita a poucas propriedades. Isso é devido a disponibilidade de cama de frango na região e ao preço acessível.

Figura 3: Fluxo padrão de materiais e nutrientes nos sistemas de produção familiar.



Fonte: autor (dados da pesquisa).

Fluxos – Stan: as setas representam os fluxos e as setas balões contendo a letra I ou E representam fluxos de importação e exportação, respectivamente.

Outro meio de importação de material ocorre pelas sementes de milho, que são fornecidas pela Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) para a plantação das áreas de cultivos. As sementes de feijão e as partes vegetativas da mandioca utilizados nas áreas de cultivos são oriundos da própria produção dos agricultores, que guardam de um ano para o outro.

Os produtos e subprodutos oriundos do subsistema de produção apresentam dois caminhos – são consumidos dentro da propriedade ou exportados para fora da propriedade e/ou comunidade.

O milho produzido no sistema de produção da família tem como destino a venda e o consumo dos animais. Parte da produção é exportada por meio da venda

para atravessadores e outra parte é destinada como ração para os animais (gado, galinha, ovelha, porco, burro). O mesmo ocorre com a mandioca, onde parte da produção é vendida e outra parte fornecida como ração aos animais da propriedade.

O feijão tem como principal destino o consumo das famílias, mas uma porcentagem da produção é comercializada para fora da comunidade como forma de complementar a renda dos produtores.

A cajucultura é a principal atividade agrícola desenvolvida na comunidade. Os seus produtos (caju e castanha) possuem como principal destino a comercialização para atravessadores.

As palhadas de milho e feijão, as manivas de mandioca e a madeira oriunda das podas do cajueiro são subprodutos da produção agrícola. As palhadas de milho e feijão e as manivas de mandioca tem como principal destino a alimentação dos animais (gado, burro), mas há produtores que vendem esses subprodutos para vizinhos ou produtores externos a comunidade. A madeira da poda do cajueiro é vendida para fora da comunidade e tem como destino as olarias.

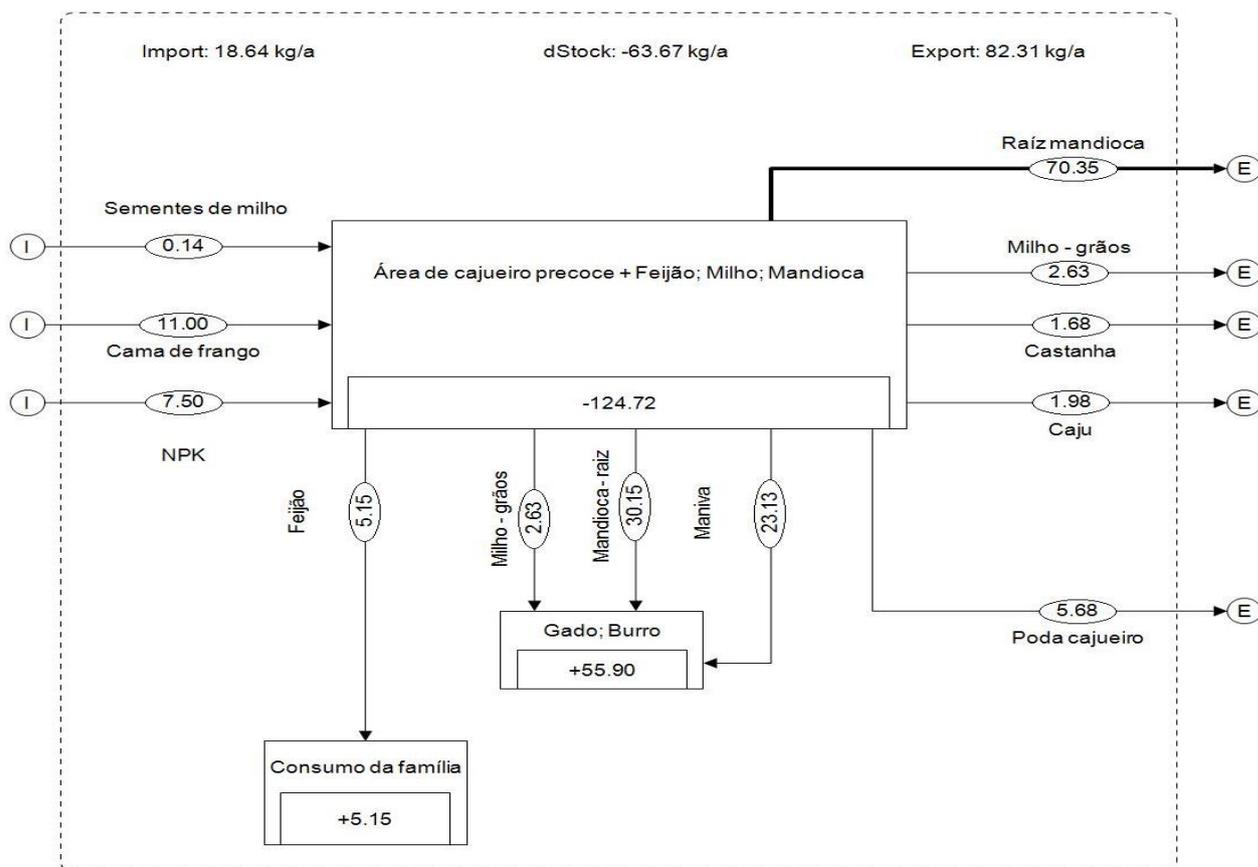
A produção pecuária na comunidade não é bem desenvolvida, normalmente os produtores executam essa atividade com a finalidade de consumo, como é o caso da avicultura que fica limitada a poucas aves. O mesmo acontece com a bovinocultura, onde os produtores possuem apenas alguns poucos animais. Com relação a esta atividade, os produtores encaram como uma forma de investimento, ficando os animais reservados para a venda apenas por ocasião de uma necessidade.

Após a análise destes fluxos por meio do programa Stan, foi possível verificar que os sistemas de produção se diferenciam em dois tipos. Há sistemas de produção com saldo positivo nos fluxos de nutrientes (P e K) e sistemas que apresentam déficit. Os sistemas de produção que apresentam déficit de nutrientes são aqueles em que as exportações superam as importações de nutrientes no agroecossistema, ou seja, os produtos e subprodutos retiram do sistema de produção mais do que sua capacidade, havendo, portanto, uma diminuição no estoque de nutrientes no solo.

- Fluxo de potássio (K).

Analisando os fluxos para o nutriente potássio pôde-se verificar que 68,2% das propriedades pesquisada possuem déficit deste nutriente no agroecossistema de produção agrícola.

Figura 4: Fluxo do nutriente potássio (K) exemplificando saldo negativo.



Fonte: autor (dados da pesquisa).

Fluxos – Stan: as setas representam os fluxos e as setas com balões contendo a letra I ou E representam fluxos de importação e exportação, respectivamente. Os valores nos balões representam a quantidade de potássio transferido.

Podemos verificar que o saldo negativo na área de cultivo é resultante principalmente das exportações de potássio para fora do agroecossistema, assim como pelo seu fluxo do sistema de produção para os subsistemas de criação de animais e subsistema familiar (consumo da família). As principais fontes de saída de potássio ocorrem por meio das culturas da mandioca, pela venda da raiz e retirada da maniva, por meio da cultura do caju, principalmente através da venda da madeira da poda, e por meio da cultura do milho e feijão. No sistema exemplificado, o déficit

de nutrientes da área de cultivo contrasta com o superávit de nutrientes na criação animal, onde os nutrientes eliminados na forma de dejetos não são reutilizados nos subsistemas internos. Nesse exemplo podemos ainda perceber que o grande responsável pelo déficit de nutrientes da área de cultivo se deve a exportação via raiz de mandioca, onde a quantidade de nutriente (K) exportado por esta cultura é expressivamente maior que as demais vias de exportação.

No entanto, de maneira geral, a principal forma de exportação de nutrientes (P e K) dos agroecossistema de cultivo de caju, se deve a venda da madeira da poda do cajueiro. A prática da poda do cajueiro é um manejo cultural necessário para a limpeza, condução e produção da cultura, mas a exportação dos nutrientes por meio desta prática seria minimizada se esta madeira permanecesse na área de cultivo, passando pelo processo de decomposição e mineralização, podendo, assim, os nutrientes serem novamente utilizados pelas plantas (ciclagem de nutrientes).

Os sistemas de produção que apresentam saldo positivo para o potássio são representados por 31,8% do total de propriedades pesquisadas, e consistem naqueles em que o saldo de nutrientes são maiores na entrada e nos fluxos internos com relação a quantidade de nutrientes que são exportados do agroecossistema.

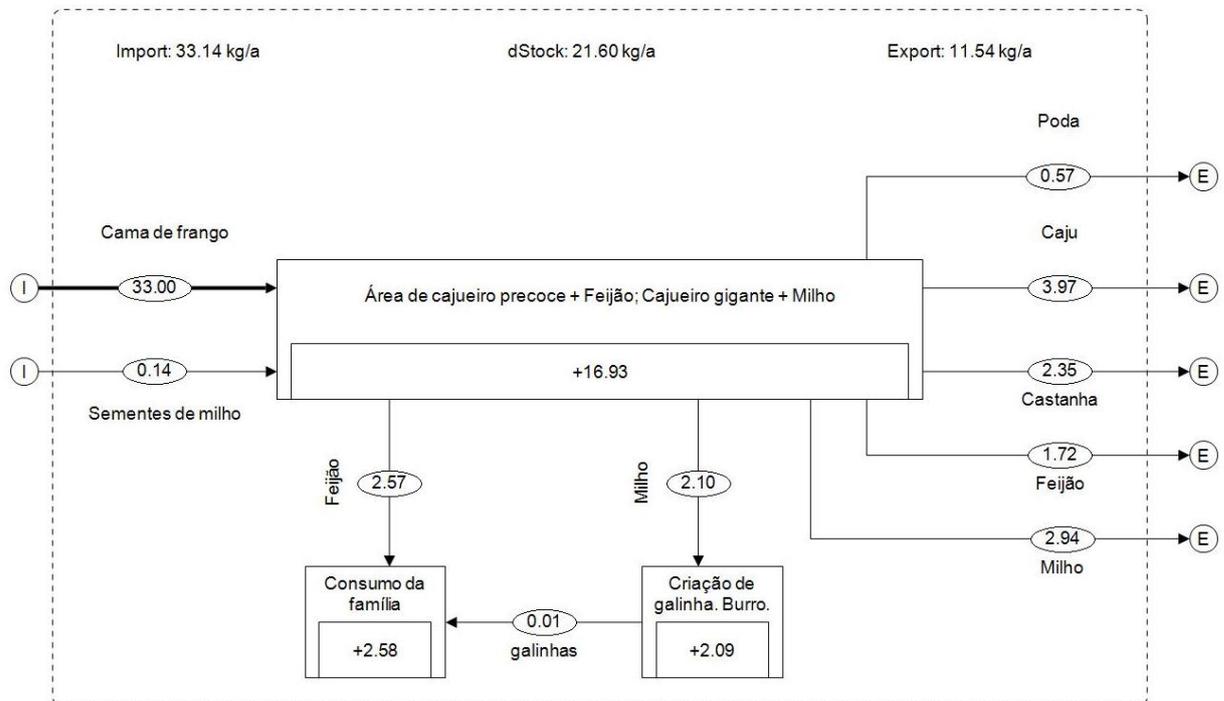
Podemos verificar nos fluxos exibidos na figura 5 que as exportações não superam o saldo positivo de potássio dentro do agroecossistema. Verifica-se também que o valor de potássio na área de cultivo é maior que no subsistema de criação de animais e subsistema familiar (consumo da família), o mesmo ocorre em grande parte dos demais agroecossistema que possui saldo positivo para este nutriente.

O percentual de propriedades com saldos positivos de potássio poderia ser maior se houvesse uma maior interação entre os subsistemas existentes, de forma a favorecer os fluxos internos de nutrientes e seu retorno a fonte de origem, que no caso seriam as áreas de cultivos de caju e demais culturas. Em outras palavras, promover uma maior ciclagem de nutrientes dentro dos agroecossistemas de produção familiar aumentaria o número de propriedades com saldos positivos de potássio (assim como de outros nutrientes).

Com base no exemplo (Figura 5), essa ciclagem de nutrientes seria alcançada pela maior interação entre o subsistema de criação animal e subsistema familiar com a área de cultivo, ou seja, pela utilização dos subprodutos da criação

animal (esterco) e os restos de alimentos (em forma de compostagem), nas áreas de cultivos.

Figura 5: fluxo do nutriente potássio (K) exemplificando saldo positivo.



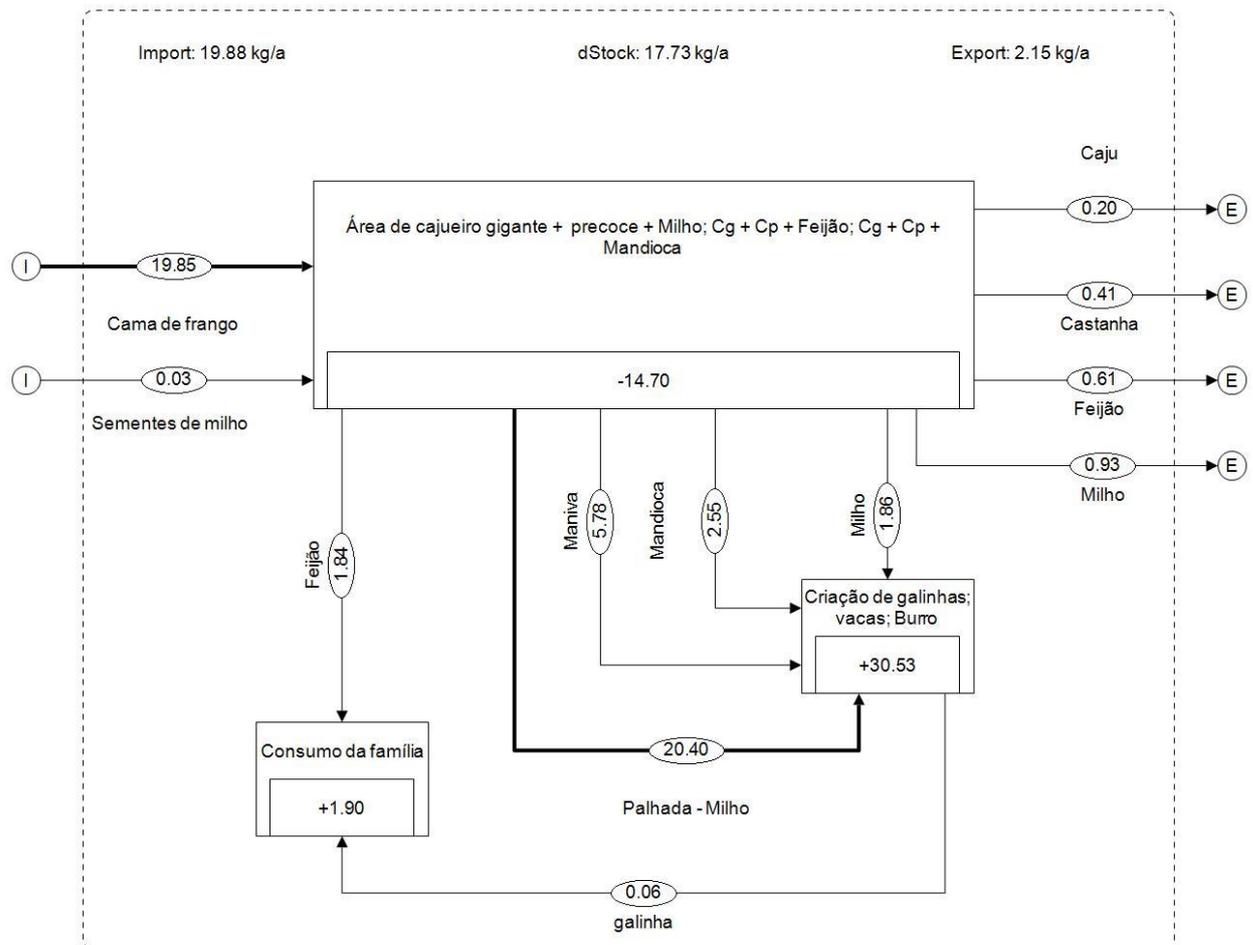
Fonte: autor (dados da pesquisa).

Fluxos – Stan: as setas representam os fluxos e as setas com balões contendo a letra I ou E representam fluxos de importação e exportação, respectivamente. Os valores nos balões representam a quantidade de potássio transferido.

- Fluxo de fósforo (P)

Analisando os fluxos o fósforo verificou-se que 27,3% das propriedades pesquisadas possuem déficit deste nutriente no agroecossistema de produção agrícola.

Figura 6: Fluxo do nutriente fósforo (P) exemplificando saldo negativo.



Fonte: autor (dados da pesquisa).

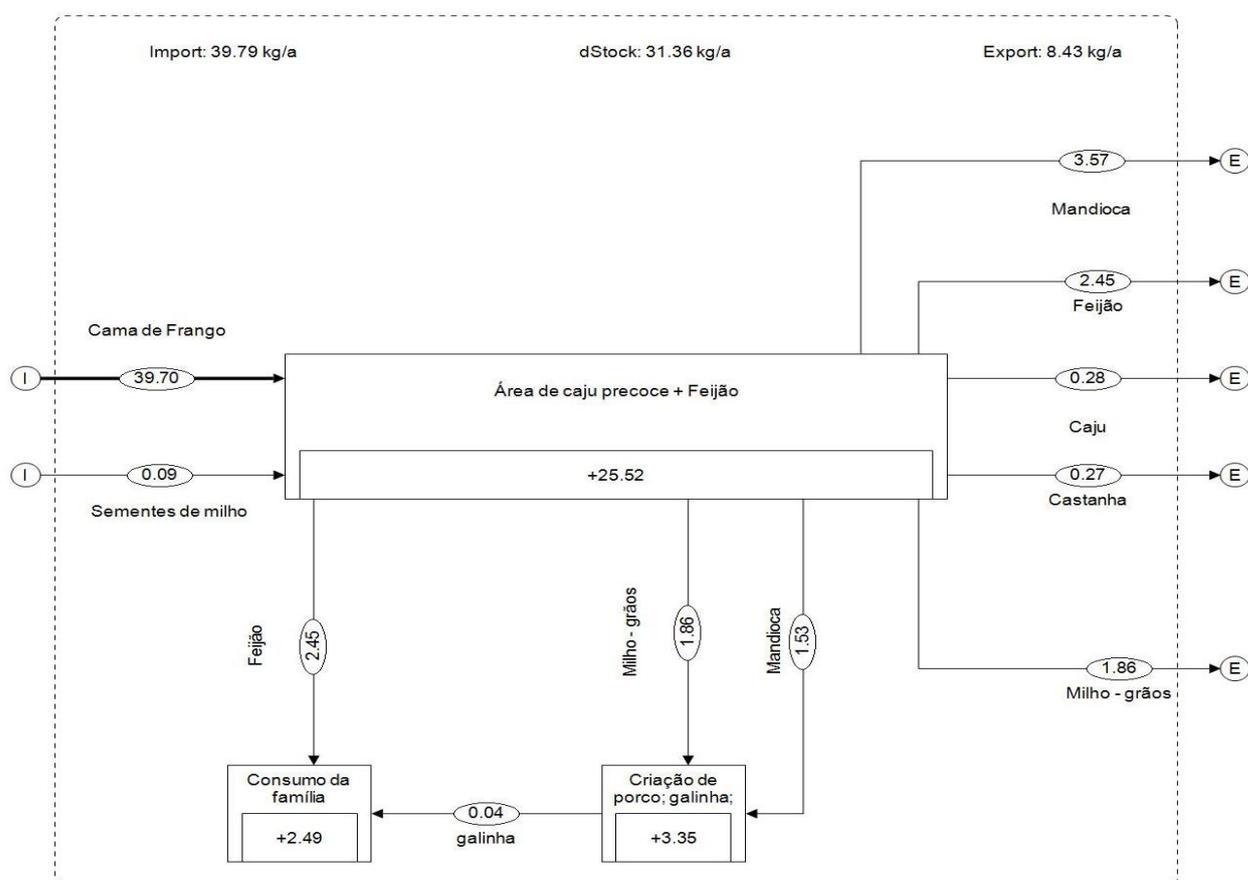
Fluxo – Stan: as setas representam os fluxos e as setas com balões contendo a letra I ou E representam fluxos de importação e exportação, respectivamente. Os valores nos balões representam a quantidade de fósforo transferido.

Podemos verificar que o saldo negativo de fósforo na área de cultivo é resultante das exportações para fora do agroecossistema e do fluxo deste nutriente para os subsistemas de criação de animais e subsistema familiar (consumo da família).

Os sistemas de produção que apresentam saldo positivo para o fósforo são representados por 72,7% do total de propriedades pesquisadas, e são aqueles que possuem saldo de nutrientes maiores na entrada e nos fluxos internos com relação a quantidade de nutrientes que são exportados do agroecossistema de produção.

A seguir é demonstrado um exemplo de fluxo fósforo que possui saldo positivo (Figura 7).

Figura 7: Fluxo do nutriente fósforo (P) exemplificando saldo positivo.



Fonte: autor (dados da pesquisa).

Fluxo – Stan: as setas representam os fluxos e as setas com balões contendo a letra I ou E representam fluxos de importação e exportação, respectivamente. Os valores nos balões representam a quantidade de fósforo transferido.

Os fluxos dos nutrientes fósforo e potássio são semelhantes, mas diferem quanto a quantidade importadas e exportadas, isto devido a composição de cada material que possuem diferentes teor destes nutrientes (tabela 1). A porcentagem de propriedades que possuem fluxos de potássio positivo (31,8%) difere bastante quanto a porcentagem de propriedade que possui fluxo de fósforo positivo nos sistemas de

produção (72,7%), mostrando a diferença na extração destes nutrientes. As propriedades não possuem relação entre si quanto aos saldos positivos e negativos de fósforo e potássio, uma vez que as propriedades que apresentam fluxos positivo ou negativos de fósforo, não são exatamente as mesmas que possuem fluxo positivo ou negativo de potássio. Este fato é devido a quantidade de materiais importados e exportados em cada agroecossistema e ao manejo adotado.

A principal fonte de entrada de nutrientes nos agroecossistemas pesquisados se dá pela adubação orgânica com cama de frango (500 a 1000 kg/0.5 ha). A adubação com NPK ocorre de maneira restrita a algumas propriedades.

Já as exportações se dão pelos produtos da cajucultura (caju e castanha), venda do milho, feijão e mandioca. Os subprodutos da produção destas culturas (palhada do milho, palhada do feijão, maniva de mandioca, podas do cajueiro) são outras importantes fontes de extração de nutrientes do sistema de cultivo.

As áreas de produção agrícola possuem ainda como meio de exportação de nutrientes (P e K) os fluxos internos para os subsistemas de produção animal e o subsistema familiar (consumo da família), pois não há retorno destes nutrientes para os sistemas de produção vegetal, provocando déficit.

Com os saldos negativos para o fluxo de potássio (68,2% das propriedades) e os valores baixos e medianos deste elemento nas análises de solo, podemos dizer que há a necessidade de mudança no manejo do agroecossistema de modo a melhorar a ciclagem de nutrientes dentro do sistema de produção, provocando com isso uma maior resiliência do agroecossistema e a sustentabilidade do mesmo. A mesma ressalva é válida para o fluxo do fósforo, pois uma mudança no manejo dos agroecossistemas de produção de modo a favorecer e melhorar a ciclagem de nutrientes dentro e entre os sistemas e subsistemas de produção, irá provocar uma maior resiliência de todo o agroecossistema, bem como sua sustentabilidade.

6.4 Análise de Correlação

Pela análise de correlação, buscou-se medir o grau de relacionamento entre os indicadores (variáveis), por meio do coeficiente de correlação (r), visando obter uma melhor explicação e entendimento acerca da relação entre os diferentes indicadores.

A seguir são apresentados as principais correlações existentes e o grau de relação entre os indicadores de resiliência mensurados.

Tabela 4: Coeficientes de correlação (r) de Pearson e probabilidade (p, valores entre parênteses) das principais correlações existentes.

INDICADORES	M.O	Resiliência	Resiliência socioeconômica	Resiliência técnica	Agrobiodiversidade
Entrada de P	0,75(<.0001)				
Entrada de K	0,72(0.0001)				
Nível de renda			0,82(<.0001)		
Renda não agrícola			0,77(<.0001)		
Fluxo interno de K		0,78(<.0001)		0,86(<.0001)	
Total de K utilizado		0,75(<.0001)		0,83(<.0001)	
Proporção de K circulando internamente		0,70(0.0003)			
Resiliência				0,93(<.0001)	

Fonte: autor, 2017.

São observados correlações positivas e significativas entre a matéria orgânica do solo e as entradas de fósforo e potássio. Este fato se explica ao verificar a principal fonte de P e K que entra no sistema, que é devido a adubação com cama de frango (500 a 1000 kg/0.5 ha). A cama de frango insere no sistema carbono orgânico, contribuindo assim para o aumento da matéria orgânica no solo. No entanto, é provável também que os nutrientes aportados estimulem a produção vegetal e conseqüentemente o aporte de resíduos orgânicos no solo.

Como já abordado, a resiliência do agroecossistema foi mensurada com base em indicadores socioeconômicos e no manejo do sistema de produção, ou seja, nas técnicas de cultivos aplicadas – resiliência técnica. Sendo assim, podemos discutir a resiliência por esses dois critérios. Podemos observar na tabela 4 que a resiliência socioeconômica possui correlações significativas e positivas com os indicadores relacionados ao nível de renda das famílias e a renda não agrícola.

É possível observar correlações positivas e significativas entre a resiliência técnica e os indicadores relacionados aos fluxos internos de K e total de K utilizado no sistema. Podemos observar que a resiliência total do sistema possui correlações positivas e significativas com esses mesmo indicadores, além do indicador relacionado a proporção de K circulando internamente, demonstrando forte

influência desses parâmetros de avaliação com a resiliência total do sistema. Este fato se torna ainda mais evidente quando observamos a alta correlação entre a resiliência total do sistema e a resiliência técnica. Estas correlações evidenciam que os manejos aplicados aos sistemas de produção possuem forte influência não apenas na produção agropecuária em si, mas na resiliência de todo o agroecossistema.

De um modo geral a resiliência total média das propriedades obteve grande correlação positiva e significativa com os indicadores relacionados à entrada de materiais (demonstrados pela entrada de P e K), à renda das famílias e aos indicadores relacionados aos fluxos e circulação internas de nutrientes, ou seja, a dinâmica dos nutrientes dentro do sistema.

6.5 Regressão Múltipla

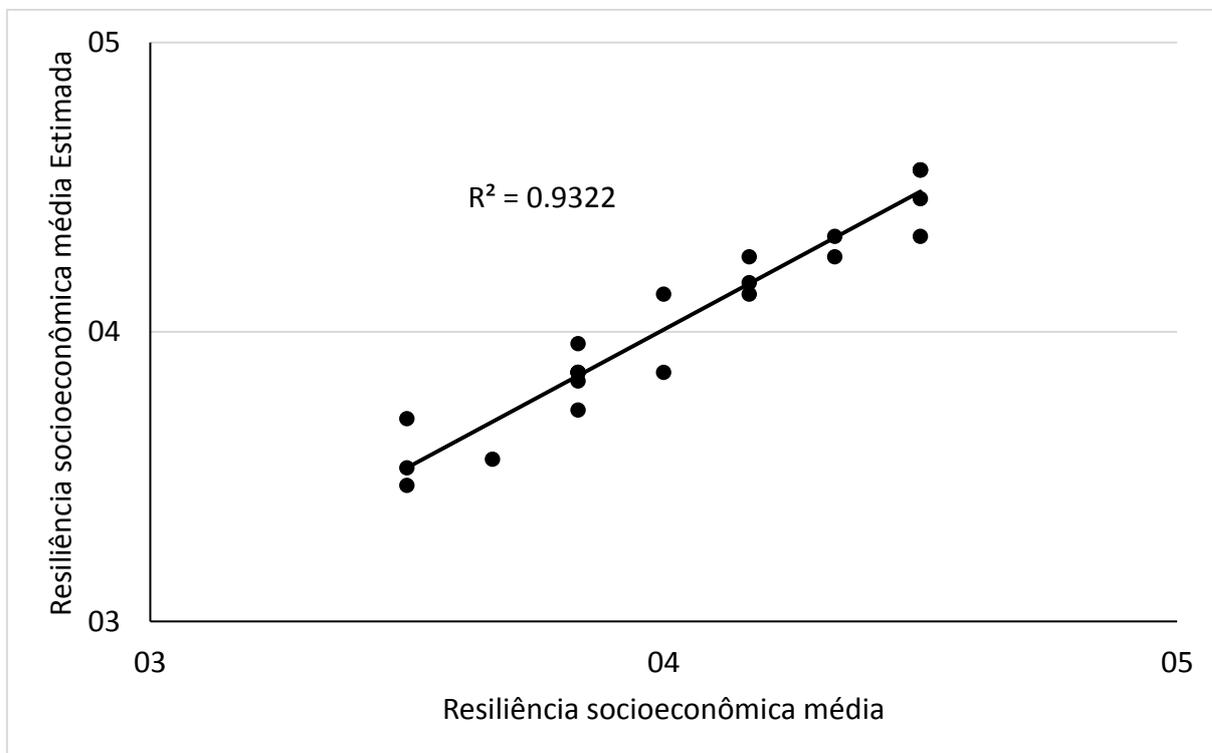
Com a metodologia de análise de regressão múltipla buscou-se estimar o relacionamento entre as variáveis para desenvolver uma equação matemática que melhor representasse a maior parte da variabilidade da resiliência mensurada, e com isso prevê de forma rápida e prática os valores de mensuração de análise da resiliência.

Ao todo, foram avaliados 22 indicadores de resiliência, sendo 6 pertencentes à dimensão socioeconômica e 16 pertencentes à dimensão técnico produtiva. No entanto, como existem relações diretas e indiretas entre vários desses fatores, é provável que seja possível avaliar a resiliência de propriedades rurais da região com um número menor de indicadores. O ajuste de regressões múltiplas foi utilizado com o propósito de identificar um conjunto mínimo de variáveis capaz de explicar a maior parte da variabilidade da resiliência das propriedades. Essas regressões foram ajustadas para a resiliência socioeconômica, para a resiliência técnico produtiva e para a resiliência geral.

Uma regressão múltipla utilizando apenas três variáveis (níveis de renda, número de fontes de renda agrícola e participação) foi capaz de explicar 92.75% da variabilidade da resiliência social (equação 1), sendo o indicador *Níveis de Renda* o mais importante na explicação desta variabilidade.

Resiliência socioeconômica = $1,61 + 0,30 \times \text{níveis de renda} + 0,13 \times \text{fontes de renda agrícola} + 0,20 \times \text{participação}$. (Equação 1).

Figura 8: Gráfico de dispersão da resiliência socioeconômica mensurada e estimada.



Fonte: autor, 2017.

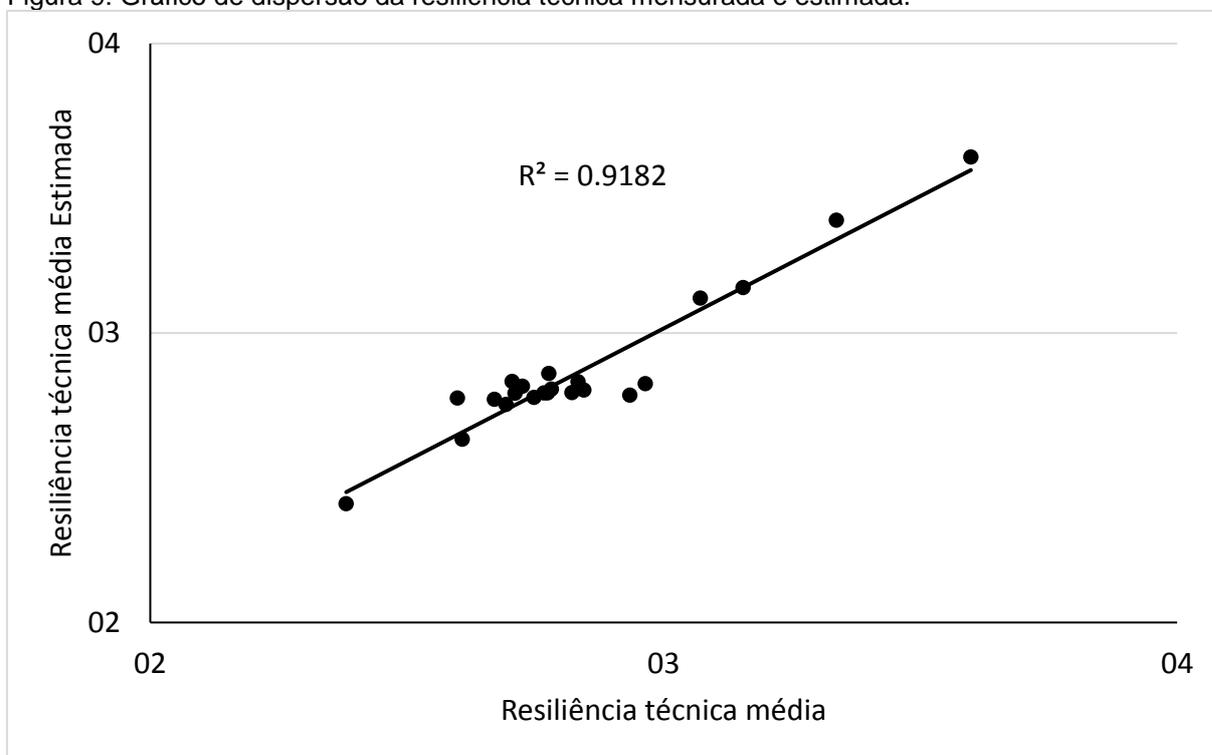
A explicação de mais de 90% da variabilidade com apenas a metade das variáveis inicialmente analisadas se explica devido à ausência da variabilidade do indicador “acesso”; e devido à elevada correlação da variável “nível de renda” com a variável “renda não agrícola” ($0,85 \text{ } p < 0,001$). Um elevado nível de renda permite que as famílias consigam se manter financeiramente durante períodos de estresses, como os períodos de escassez de água, quando a produção agropecuária sofre queda, e, com isso, diminuição de seus rendimentos. Consequentemente apresenta relações diretas e indiretas com todos os indicadores socioeconômico.

A regressão múltipla aplicada a resiliência técnica (resiliência relacionada às características e práticas de manejo nos sistemas de produção) identificou que 90.71% da variabilidade da resiliência é explicada por 4 dos indicadores (equação 2). Vale a pena lembrar que a resiliência técnica foi constituída por 16 indicadores, portanto, a maior parte da variabilidade da resiliência técnica pode ser explicada com apenas um quarto das variáveis originais.

Resiliência técnica = $1,17 + 0,1 \times \text{proporção de P circulando internamente} + 0,043 \times \text{balanço de K} + 0,15 \times \text{fluxos internos de K} + 0,37 \times \text{M.O do solo}$.

(Equação 2).

Figura 9: Gráfico de dispersão da resiliência técnica mensurada e estimada.



Fonte: autor, 2017.

Dentre os indicadores considerados nesse modelo, a matéria orgânica do solo (MOS) apresentou o maior peso. Isto deve-se à relação direta e indireta da MOS com vários outros indicadores. Pois a MOS é influenciada pela adubação, balanço de nutrientes, agrobiodiversidade e influencia a produção e conservação do solo e, indiretamente, a renda.

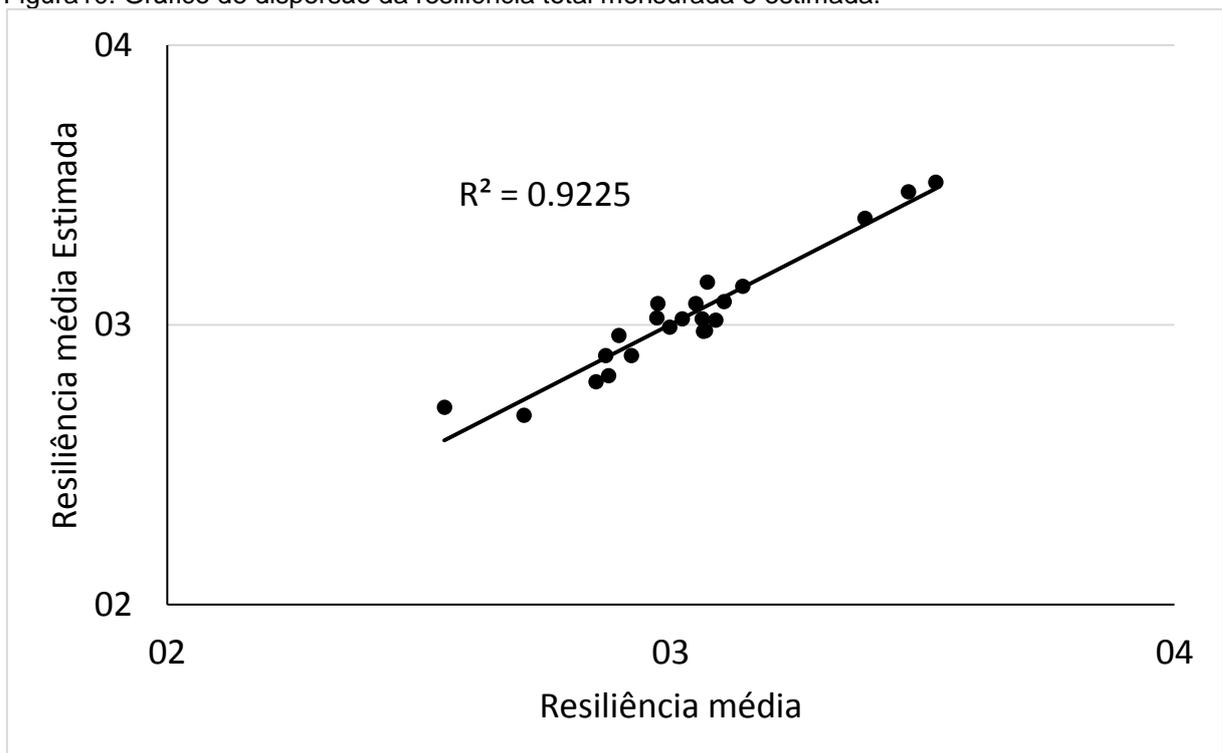
Os outros três indicadores considerados no modelo (Proporção de P circulando internamente, Balanço de K, Fluxos interno de K) estão ligados a dinâmica dos nutrientes (P e K) dentro do agroecossistema. Desse modo, a resiliência técnica pode ser explicada a partir da dinâmica dos nutrientes e da MOS.

Com relação a resiliência total do agroecossistema, a regressão múltipla apontou que apenas 5 do total de indicadores utilizados explicam 92.46% da variabilidade da resiliência das propriedades, uma redução de 77.27% no número de indicadores (equação 3). Este resultado aponta que é possível a redução do número

de indicadores para mensuração e avaliação da resiliência com um elevado nível de confiança.

$Resiliência\ estimada_1 = 2.20685 + 0.08941 \times Níveis\ de\ renda_1 + 0.0659 \times Agrobiodiversidade_1 + 0.05435 \times Proporção\ de\ P\ circulando\ internamente_1 + 0.10597 \times Fluxos\ internos\ de\ K_1 + 0.04676 \times Proporção\ de\ K\ circulando\ internamente_1$.
(Equação 3).

Figura10: Gráfico de dispersão da resiliência total mensurada e estimada.



Fonte: autor, 2017.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu a mensuração e avaliação dos indicadores de resiliência dos agroecossistemas da comunidade Agrovila de forma a propiciar uma melhor visualização de seu espaço agrário e a compreensão de sua conjuntura socioeconômica e de manejo do agroecossistema, possibilitando identificar os principais pontos que necessitam de maior atenção e intervenção para melhorar a resiliência socioeconômica, a resiliência técnica, e conseqüentemente, a resiliência geral dos agroecossistemas de produção de caju.

A análise da resiliência nos agroecossistemas estudados apresentaram valores medianos, necessitando, portanto, de ações que visam melhorias. Tomando como base os resultados da avaliação das resiliências, juntamente com as características da localidade, podemos indicar algumas ações objetivando melhorias tanto para o sistema de produção de caju, como para as demais culturas produzidas na comunidade. Assim como ações de manejo para melhorar a conservação do solo, favorecer a integração entre os sistemas e subsistemas e a ciclagem de nutrientes.

Ensaando a elaboração de proposta de intervenção na comunidade de modo a melhorar os pontos anteriormente relatados, podemos sugerir as seguintes ações:

Como na comunidade a pecuária não é realizada de forma eficiente, bem como é baixa a integração entre a pecuária e a agricultura, podemos sugerir o sistema agrossilvipastoril como uma forma de melhorar a alimentação animal, integrada com o cultivo de cajueiro gigante e/ou cajueiro anão-precoce, ou algum outro produto de finalidade alimentícia ou comercial. Altieri (2012), diz que o sistema agrossilvipastoril corresponde ao manejo do solo para a produção simultânea de culturas agrícolas e florestais, aliado com a criação de animais de produção. Sendo assim, este tipo de sistema irá propiciar um maior desenvolvimento dos animais pelo melhor fornecimento de forragem, além de favorecer a integração lavoura-pecuária, melhorando também a ciclagem de nutrientes no sistema.

Outra estratégia de manejo que pode ser implementada visando melhoria do sistema seria o aumento do número de espécies cultivadas, ou seja, aumento da agrobiodiversidade no agroecossistema. Na comunidade esta estratégia pode ser

conseguida pelo cultivo de hortaliças e outras culturas tanto nas áreas de cultivos de caju, como nos quintais produtivos. Nas áreas de cajueiros poderiam ser inseridas, por exemplo, culturas como: o jerimum (*Cucurbita spp*), o quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.), o maxixe (*Cucumis anguria* L.), o melão (*Cucumis melo* L.), a melancia (*Citrullus lanatus* L.), entre outras. O aumento da agrobiodiversidade irá favorecer o aumento da renda do produtor, tanto pela comercialização da produção, como pelo autoconsumo das famílias. É preciso ressaltar que essa estratégia de aumento do número de espécies cultivadas possui a mesma limitação das culturas já existente na comunidade, que no caso é a limitação hídrica. No entanto, existem estratégias de manejo que conserva e otimiza a água no solo. Entre essas estratégias podemos citar o plantio direto, o consorciamento e a rotação de culturas.

No caso do plantio direto, essa é uma técnica já consolidada e bem difundida que contribui para o uso racional do solo e atua na conservação da água do solo, além de minimizar o seu revolvimento, conservação da palhada na superfície, aumentando assim a sua proteção.

O consorciamento de culturas é uma prática muito interessante e já implementada em alguns sistemas de produção na comunidade, por meio do consorciamento do cajueiro com o feijão, milho e a mandioca. No caso em questão, a sugestão seria conservar os restos culturais na área de cultivo, protegendo assim o solo e diminuindo a perda de água.

A rotação de culturas também é uma prática interessante e que alguns produtores da comunidade também já adotaram. Essa técnica protege o solo, proporciona um aumento na produção, diminui a infestação de plantas invasoras e a ocorrência de pragas e doenças.

Todas essas práticas melhoram a quantidade matéria orgânica e nutrientes, a atividade biológica e a disponibilidade de água no solo. A adoção destas técnicas irá influenciar diretamente no indicador de resiliência relacionado ao manejo de preparo do solo, que na avaliação da resiliência apresentou nota 3, não havendo disparidade nos resultados entre os produtores avaliados. Com a maior conservação do solo, da água, do aumento do número de espécies cultivadas e da matéria orgânica do solo, todos os indicadores relacionados ao manejo do sistema de produção tendem a

apresentar melhores resultados, aumentando assim o poder de resiliência do agroecossistema.

Quanto ao controle das pragas e doenças, como já relatado, na comunidade alguns produtores utilizam o veneno químico para o controle de algumas pragas e doenças nas culturas do feijão, milho e caju, o que provoca efeito negativos nas culturas, no solo, na fauna, cadeias alimentares, no homem, etc. A gestão da biodiversidade é uma prática para o controle das pragas e doenças mais indicada visando o aumento da resiliência do sistema, assim como constatado por Córdoba-Vargas e León-Sicard (2013).

Os estudos da dinâmica dos fluxos de nutrientes mostraram-se importantes indicadores na avaliação da resiliência, demonstrando boas correlações com a resiliência média, podendo inclusive substituir um grande número de indicadores na avaliação da resiliência.

A regressão múltipla juntamente com a análise de correlação nos mostraram os principais indicadores que contribuem de forma significativas para a explicação da resiliência do agroecossistema estudado, de tal modo que podemos minimizar as variáveis de avaliação utilizadas, proporcionando desta forma maior otimização de tempo e recursos na realização deste tipo de investigação com elevado nível de confiança.

O conjunto de variáveis utilizadas para a mensuração da resiliência do agroecossistema do caju foram definidos com base na realidade da comunidade ao qual o presente estudo foi realizado, mas são variáveis que permitem ser utilizadas em outros sistemas de produção de caju, pois são indicadores comum para esse tipo de agroecossistema, não sendo nada muito específico ou atípico que não ocorra em outras realidades. Outros indicadores, no entanto, podem ser inseridos com o propósito de melhor representar a realidade e absorver particularidade da região e/ou localidade ao qual se pretende estudar.

Espera-se que o presente estudo possibilite uma maior compreensão da realidade da comunidade e dos sistemas de produção e seja utilizado como base para a formulação de ações e projetos voltados ao desenvolvimento local mais adaptado a realidade das famílias.

Em tempos, faz-se necessário valorizar as relações e os modos de produção construídos pelos agricultores e as características que são específicas de sua

realidade, de forma que proporcione mecanismos que melhorem as condições de vida das famílias.

8 CONCLUSÃO

O mapeamento dos fluxos de P e K demonstram falhas nos fluxos de ciclagem de nutrientes. Por meio deste mapeamento foi possível identificar as propriedades que apresentam déficit de P e K nos sistemas de cultivos, bem como os principais produtos e subprodutos responsáveis pela exportação de nutrientes do sistema de produção. Os diferentes fluxos e o grau de interatividade e diversidade se limitam a fluxos com início no sistema de produção agrícola para a produção animal e consumo das famílias, não fechando com isso um ciclo que possibilita o retorno dos nutrientes as áreas de cultivos.

Um número mínimo de indicadores avalia a resiliência socioeconômica do agroecossistema de produção de caju, sendo eles: Níveis de renda da família, Número de fontes de renda agrícola e Participação. Estes indicadores são capazes de explicar 92.75% da variabilidade da resiliência social.

Já a resiliência técnica, um conjunto de apenas 4 indicadores (Proporção de P circulando internamente, Balanço de K, Fluxos interno de K e M.O do solo), explica 90.71% da variabilidade da resiliência técnica do agroecossistema de produção de caju.

Um conjunto mínimo de indicadores é capaz de avaliar a resiliência geral de sistemas agrícolas de produção de caju em região semiárida, são eles: Níveis de renda, Agrobiodiversidade, Proporção de P circulando internamente, Fluxos internos de K, Proporção de K circulando internamente. Explicando 92% da variabilidade da resiliência média total.

Frente aos resultados encontrados e considerações expostas, aceita-se ambas as hipóteses inicialmente levantadas.

9 REFERENCIAS

- ALTIERI, Miguel. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3 ed. rev. Ampl. – São Paulo, Rio de Janeiro: **Expressão Popular**, AS-PTA, 2012. 400 p.
- AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHÔA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza, 1993. 248 p.
- AGUIAR, M. J. N.; NETO, N. C. S.; BRAGA, C. C.; BRITO, J. I. B.; VENTURA SILVA, E. D. V.; SILVA, M. A. V.; COSTA, C. A. R.; LIMA, J. B. Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) na região nordeste do Brasil e no norte de minas gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 557-563, 2001.
- ALTIERI, M. A.; KOOHAFKAN, P.; NICHOLLS, C.I. Strengthening resilience of modern farming systems: a key prerequisite for sustainable agricultural production in an era of climate change. **Third World Network Brief Paper**, n. 70, 8 p. jan. 2014. Disponível em: <http://www.twn.my/title2/briefing_papers/No70.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2016.
- APRILE, F. M.; SIQUEIRA, G. W. Modelo de fluxo de fósforo total para o sistema hidrogeológico da bacia do lago tupé, amazônia central. *In* **Diversidade biológica e sociocultural do baixo rio negro, amazônia central**. SANTOS-SILVA, E. N.; SCUDELLER, V. V. (Org.). Manaus, v. 2, p. 19-34, 2009.
- ARAÚJO, J. P. P. (E.). **Caju: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 250 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- BARROS, L. M.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V. Cajueiro anão precoce. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, DF, v. 2, n. 6, p. 18-21, 1998.
- BUSCHBACHER, R. 2014. A teoria da resiliência e os sistemas socioecológicos: como se preparar para um futuro imprevisível?. **IPEA - Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, n. 9, p. 11-24, jan./jun. 2014.
- CABELL, J. F.; OELOFSE, M. An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. **Ecology and Society**, v. 17, n. 1, p. 18, 2012.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; PEREIRA, J. C.; DELLA-FLORA, J. B.; SANTOS, E. M. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. no rio grande do sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.19-24, 1999.

CAMELO, G. G. S. **Fluxos de nutrientes em propriedades rurais na região semiárida do Brasil**. 2015. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo. Fortaleza, 2015.

CARDONA, J. C. R.; VARGAS, L. V. V. Análise da sustentabilidade em agroecossistemas a escala da propriedade rural, um estudo de caso: centro agropecuário cotové (Antioquia, Colômbia). *In*: Congresso Brasileiro de Sistemas, 4., 2008, Franca, SP. **Anais...** Franca: Centro Universitário de Franca Uni – FACET, 2008.

CÓRDOBA-VARGAS, C. A.; LEÓN-SICARD, T. E. Resiliência de sistemas agrícolas ecológicos y convencionales frente a la variabilidad climática em anolaima (cundinamarca - colombia). *In*: NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. **Agroecologia y cambio climático: metodologías para evaluar la resiliencia socio-ecológica en comunidades rurales**. Red Ibero Americana de Agroecología para el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático (REDAGRES). Lima, Peru: Gama Gráfica, 2013. 99 p.

CLAESSEN, M. E. C.; BARRETO, W. O.; PAULA, J. L.; DUARTE, M. N. **Manual de métodos de análises de solos**. 2 ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1).

CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. (Org.). **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. 238 p. (IIP. Boletim, 18).

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, F. J. S.; OLIVEIRA, V. H.; RAIJ, B. V.; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C. A.; SOARES, I. **Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 20 p. (Circular Técnica, 08).

CUNHA, G. M.; MOREIRA, G. R.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, A. M.; TAIRA, A.; MARCELINO, L. L. Ciclagem de nutrientes em pastagens. *In*: MOREIRA, G. R.; DEMINICIS, B. B.; MARTINS, C. B. (Org.). **Tópicos especiais em ciência animal iv**, v. 2, p. 199-217, Alegre, ES, 2015.

CUNHA, L. M. L., 2017. (isabela maria de lima cunha) – DISSERTAÇÃO: **FLUXOS E ESTOQUE DE NUTRIENTES EM SISTEMAS DE CULTIVOS DE PRODUTORES RURAIS COM BAIXO NIVEL SOCIOECONOMICO**. 107 p.

DIAS, H. C. T.; FIGUEIRA, M. D.; SILVEIRA, V.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira De um fragmento de floresta estacional Semidecidual montana em lavras, mg. **CERNE**, Lavras, v. 8, n.2, p. 01-17, 2002.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

DUARTE, I. M.; REGO, F. C.; FONSECA, L. C. Avaliação da regeneração da paisagem após incêndio de 2004 na serra do caldeirão. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, n. 20, p. 41-60, jan. 2009.

DUFUMIER, M. Projetos de desenvolvimento agrícola: manual para especialistas. **EDUFBA**, Salvador, 2007. 328 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014, 18 p. (EMBRAPA. Documentos. 115).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do Cajueiro**: características da planta. 2003. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/CultivodoCajueiro/>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

FAGUNDES, G.; CARAÇA, R.; LIMA, A.; LINS, D.; FERRAZ, J. M.; HABIB, M. Agricultura familiar: caracterização de agroecossistemas no distrito de barão geraldo, Campinas, SP. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 2, n. 2, out. 2007.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I – macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2039-2056, dez. 2011.

FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHÃES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia Benth.*) e andiroba (*Carapa guianensis Aubl.*) na flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 163-175, 2006.

FERREIRA, J. M. L.; VIANA, J. H. M.; COSTA, A. M.; SOUSA, D. V.; FONTES, A. A. Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 271, p.12-25, nov./dez. 2012.

FRANÇA, M., M.; XAVIER, B., T., L. Caracterização de agroecossistemas minimiza impactos ambientais. *In*: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 7., Fortaleza, CE, 2011. **Cadernos de Agroecologia**. v. 6, n. 2, 2011.

GALVÃO, S. R.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 99-105, jan. 2008.

GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais: funcionalidade e sustentabilidade. *In*: **Sistema agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida**. 1. ed., p.1-30, 2004.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais

nativas no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, mai./jun. 2008.

GARCIA FILHO, D. P. Análise diagnóstico de sistemas agrários: guia metodológico. **INCRA/FAO**, 1999. 65 p.

GAVIOLI, F. R. Avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas através de indicadores em um assentamento rural em São Paulo. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 5, p. 99-110, dez. 2011.

GERVAZIO, W.; YAMASHITA, O. M.; FELITO, R. A.; ROCHA, A. M.; FERREIRA, A. C. T. Indicadores de resiliência do solo de um agroecossistema ecológico amazônico. In: Agroecol, Dourados-MS, 2016. **Cadernos de Agroecologia**. v. 11, n. 2, 2016.

GOMES, Raimundo Pimentel. **Fruticultura Brasileira**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 2012.

GUYOT, M. S. D.; FALEIROS, K. S.; GANDARA, F. B. **Agroecologia e resiliência às mudanças climáticas na agricultura familiar: estudo de caso no semiárido da Bahia**. Piracicaba, SP. Nov. 2015. 134 p.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil básico municipal 2016**: Aracoiaba. Fortaleza, 2016.

LEVIEN, R.; COGO, N. P. **Erosão na cultura do milho em sucessão à aveia preta e pousio descoberto, em preparo convencional e plantio direto, com tração animal e tratorizada**. R. Bras. Cien. Solo, p. 683-692, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n3/17.pdf>>. Acesso em: 28 jun 2017.

LIN, B. B. Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. **BioScience**, v. 61, n. 3, p. 183-193, mar. 2011.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS**. México: Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada; Instituto de Ecología; Mundi-Prensa, 2000. p. 109.

MELO, I. G. C. **Efeitos do carvão vegetal no solo e sobre cultivos de feijão-caupi em ambiente protegido**. 2016. 97 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural do Semiárido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2016.

MENDES FERRÃO, J. E. **O Cajueiro**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1995. 299 p.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GIONGO, V.; PÉREZ-MARIN, A. M. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the caatinga biome. **Brazilian Journal of Biology**. São Carlos, v. 72, n. 3, ago. 2012.

- MOURA, P. M. **Ciclagem de biomassa e nutrientes em estádios sucessionais de caatinga**. 2010. 99 f. Tese (Doutorando em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. **Agroecologia y cambio climatico: metodologias para evaluar la resiliência socio-ecologica en comunidades rurales**. Red Ibero Americana de Agroecologia para el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes al cambio climatico (REDAGRES). Lima, Peru: Gama Gráfica, 2013. 99 p.
- NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; SALAZAR, A. H.; LANA, M. A. Agroecologia e o desenho de sistemas agrícolas resilientes às mudanças climáticas. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, Rio de Janeiro, n. 2, 34 p., jan. 2015.
- OLIVEIRA, V. H. Cajucultura. **Revista brasileira de fruticultura**. Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 001-284, 2008.
- OZIEGBE, M. B.; MUOGHALU, J. I.; OKE, S. O. Litterfall, precipitation and nutrient fluxes in a secondary lowland rain forest in Ile-Ife, Nigeria. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 25, n. 3, 2011.
- PESSOA, P. F. A. P.; LEITE, L. A. S. **Caju: Importância socioeconômica**. 2016. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fobhagqo02wyiv8065610d00dl9xp.html>>. Acesso em: 15 jul. 2016.
- PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. G. R.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro-amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 32, n. 5, p.1997-2005, out. 2008.
- PLATÃO, G.; REIS, A.; LOPES, E.; ALVES, L.; FÁVERO, C. Caracterização de agroecossistemas na região do semiárido de Minas Gerais. **Cadernos de Agroecologia**. v. 10, n. 3, 2015. Disponível em: < <http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/18481/11402>>. Acesso em: 10 mai. 2016.
- POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações de Eucalyptus e Pinus: implicações silviculturais**. Piracicaba, 1985. 229 p. Tese (Livre Docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, 1985.
- REDIN, M.; SANTOS, G. F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 381-392, abr./jun. 2011.

REIS JÚNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 227-231, nov. 2001.

SANTOS, F. T. Resiliência estratégica para um desenvolvimento regional sustentável. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, n. 20, p. 29-40, jan. 2009.

SCHEER, M. B. Fluxo de nutrientes pela precipitação pluviométrica em dois trechos de floresta ombrófila densa em guaraqueçaba, paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 117-130, jan./mar. 2009.

SCHNEIDER, S. As novas formas sociais do trabalho no meio rural: a pluriatividade e as atividades rurais não-agrícolas. **Revista Redes**, Santa Cruz do Sul - RS, v. 9, n. 3, p. 75-109, 2005.

SCHNEIDER, S.; CONTERATO, M. A.; KOPPE, L. R.; SILVA, C. C. Pluriatividade e as condições de vida dos agricultores familiares do rio grande do sul. *In: A Diversidade da Agricultura Familiar*. Porto Alegre: UFRGS, 2006, p. 137-165.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, out. /dez. 2007.

SINDELAR, F. C. W.; BARDEN, J. E.; SCHULTZ, G. **Proposta para avaliação das condições de sustentabilidade econômica**. Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 10. Vitória, ES, setembro, 2013.

SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **CERNE**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 101-114, 2001.

SOUZA, L. C.; MARQUES, R. Fluxo de nutrientes em floresta ombrófila densa das terras baixas no litoral do paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 125-136, jan./mar. 2010.

VERDEJO, Miguel Expósito. **Diagnóstico rural participativo**: um guia prático. Brasília: DF, 2006. 62 p.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Exportação de nutrientes pela colheita do pinus. **Caderno de Pesquisa. Série Biologia (UNISC)**, 2010. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/280554531>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P. Deposição de serapilheira e nutrientes por espécies nativas em uma floresta estacional decidual em Itaara, RS, Brasil. **FLORESTA**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 129-136, jan./mar. 2012.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication in Soil Science and Plant Analyses**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

ANEXOS

ANEXO I

Roteiro de perguntas base utilizada na realização das entrevistas semiestruturada

Perguntas	
01.	Quais são os principais cultivos da propriedade?
02.	É realizado consócio de culturas?
03.	Como é feito o manejo do solo? (Realiza queimada? Utiliza algum maquinário? Há algum tipo de cobertura do solo?)
04.	Que tipos de fertilizantes (adubos) é utilizado? Qual a quantidade e sua origem?
05.	Como as pragas e doenças dos cultivos são controladas?
06.	Utiliza algum sistema de irrigação?
07.	Qual o destino da produção? (Autoconsumo; comercialização; troca; etc.)
08.	É realizado algum tipo de beneficiamento da produção?
09.	Como é aproveitado os restos das colheitas, da produção animal e resíduos da casa?
10.	Qual a principal mão de obra utilizada nos trabalhos relacionados a agropecuária? Contrata mão de obra em alguma época da produção?
11.	Participa de grupos organizados (associação, cooperativa, etc.)?
12.	Quais as principais fontes de renda da família?
13.	Possui acesso a serviços públicos (saúde, educação, saneamento, transporte, etc.)?
14.	Possui acesso a políticas públicas para a produção e/ou comercialização dos produtos?
15.	Possui algum tipo de assistência técnica?
16.	Como aprendeu a trabalhar com a terra? Já recebeu algum tipo de capacitação?

ANEXO II

Resultados e interpretação das análises de solo das 22 propriedades pesquisadas

PROPRIEDADES	FÓSFORO DISPONÍVEL			POTÁSSIO			Carbono Orgânico	Matéria Orgânica do Solo	
	Teor $\mu\text{g cm}^{-3}$	Estoque kg ha^{-1}	Classificação	Teor $\mu\text{g cm}^{-3}$	estoque kg ha^{-1}	Classificação $\mu\text{g cm}^{-3}$	dag kg^{-1}	Concentração %	Classificação $\mu\text{g cm}^{-3}$
01	11,54	17,32	Médio	113,13	169,69	Alto	1,04	1,80	Médio
02	8,50	12,75	Baixo	85,97	128,95	Médio	1,02	1,75	Médio
03	22,15	33,22	Alto	133,74	200,60	Alto	1,18	2,04	Médio
04	10,87	16,30	Médio	86,69	130,03	Médio	0,99	1,72	Médio
05	5,33	8,00	Baixo	64,75	97,13	Médio	0,97	1,67	Médio
06	8,96	13,45	Baixo	67,31	100,97	Médio	1,06	1,83	Médio
07	8,24	12,35	Baixo	155,83	233,75	Alto	1,04	1,80	Médio
08	10,00	15,00	Baixo	115,17	172,76	Alto	1,13	1,96	Médio
09	7,03	10,54	Baixo	91,05	136,58	Alto	1,04	1,79	Médio
10	13,94	20,91	Alto	74,52	111,78	Médio	1,47	2,53	Médio
11	6,43	9,65	Baixo	149,94	224,92	Alto	1,11	1,92	Médio
12	10,65	15,97	Médio	113,58	170,37	Alto	1,04	1,79	Médio
13	23,63	35,45	Alto	84,46	126,68	Médio	1,26	2,16	Médio
14	9,37	14,06	Médio	92,22	138,34	Alto	1,18	2,04	Médio
15	21,73	32,59	Alto	166,71	250,06	Alto	1,23	2,12	Médio
16	9,66	14,49	Médio	90,77	136,16	Alto	1,32	2,28	Médio
17	6,95	10,43	Médio	138,09	207,14	Alto	1,02	1,76	Médio
18	12,21	18,31	Médio	147,57	221,35	Alto	1,04	1,79	Médio
19	12,68	19,03	Médio	108,42	162,64	Alto	0,73	1,27	Baixo
20	7,03	10,55	Médio	96,00	144,00	Alto	1,18	2,04	Médio
21	8,57	12,85	Médio	151,96	227,94	Alto	1,21	2,08	Médio
22	7,86	11,79	Médio	109,15	163,72	Alto	0,94	1,63	Médio

Nota: Resultados de análise de solo interpretados conforme Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará (AQUINO, *et al.*, 1993).