

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SOLO E DE CULTIVO EM AGROECOSSISTEMAS NO IFPA CAMPUS CASTANHAL

EVALUATION OF SOIL AND CROP QUALITY IN AGROECOSYSTEMS AT IFPA CAMPUS CASTANHAL

Braulio Veloso Galvão¹
Abilio Tavares Viana²
Aline Correa Silva de Oliveira³
Adebaro Alves dos Reis⁴

Área Temática 01: Desenvolvimento Rural Sustentável, Dinâmica Territoriais e Conhecimentos

Tradicionais

Modalidade: Artigo Científico

Resumo

O estudo avaliou a qualidade de solo levando em consideração alguns atributos físicos e biológicos de fertilidade do solo, em três agroecossistemas distintos: Floresta, Pastagem e Sistema Agroflorestal Sucessional (SAF) no IFPA Campus Castanhal. A pesquisa utilizou uma metodologia aplicada que comparou os sistemas elencados sob diferentes práticas de manejo, com uma abordagem de avaliação rápida da qualidade do solo e sanidade dos cultivos adaptada de Altieri e Nicolls (2002). A metodologia incluiu pesquisa bibliográfica e estudo de campo, com coletas de pontos georreferenciados, análise de trincheiras (40cm x 40cm), avaliação da infiltração de água no solo e contagem de espécies vegetais para análise da biodiversidade a qual foi realizada no ano de 2018. Em seguida, foram realizadas análises técnicas dos atributos do solo (estrutura, compactação, infiltração, profundidade, desenvolvimento de raízes, cobertura, estado dos resíduos e atividade biológica) e saúde do cultivo (aparência, crescimento, diversidade de espécies e sistema de manejo), com o uso da escala likert com atribuição de notas de 1 a 10. Os resultados revelaram que o SAF obteve nota média de 10 para qualidade do solo, indicando estabilidade e sustentabilidade, com boa estrutura, infiltração (4 segundos), abundância de matéria orgânica (profundidade de 27 cm), raízes finas e profundas (38 cm), e alta atividade biológica. A área da Floresta apresentou média de 9,8 na qualidade do solo e de 9,4 na saúde do cultivo, confirmando sua capacidade de auto sustentação e alta biodiversidade. Em contraste, a Pastagem foi caracterizada como um sistema frágil e instável, com nota média de 3,75 para qualidade do solo, baixa infiltração e pouca matéria orgânica, necessitando de insumos externos para o uso e produtividade. Conclui-se que

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Belém; braulio.galvao@ifpa.edu.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Itaituba; abilio.filho@ifpa.edu.br

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Araguatins; aline.silva@ifto.edu.br

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Castanhal; adebaro.reis@ifpa.edu.br

ecossistemas naturais e sistemas agroflorestais bem manejados, como a Floresta e o SAF, promovem maior sustentabilidade do solo e do sistema produtivo em comparação com a pastagem.

Palavras-Chave: Atributos, Fertilidade do solo, Biodiversidade, Sistemas, Agroflorestais.

Abstract

The study evaluated soil quality taking into account some physical and biological attributes of soil fertility in three distinct agroecosystems: Forest, Pasture and Successional Agroforestry System (SAF) at IFPA Campus Castanhal. The research used an applied methodology that compared the listed systems under different management practices, with a rapid assessment approach of soil quality and crop health adapted from Altieri and Nicolls (2002). The methodology included bibliographic research and field study, with collections of georeferenced points, analysis of trenches (40cm x 40cm), evaluation of water infiltration in the soil and counting of plant species for biodiversity analysis, which was carried out in 2018. Then, technical analyses of soil attributes (structure, compaction, infiltration, depth, root development, coverage, residue status and biological activity) and crop health (appearance, growth, species diversity and management system) were carried out, using the Likert scale with scores from 1 to 10. The results revealed that the SAF obtained an average score of 10 for soil quality, indicating stability and sustainability, with good structure, infiltration (4 seconds), abundance of organic matter (depth of 27 cm), fine and deep roots (38 cm), and high biological activity. The Forest area presented an average of 9.8 in soil quality and 9.4 in crop health, confirming its self-sustaining capacity and high biodiversity. In contrast, Pasture was characterized as a fragile and unstable system, with an average score of 3.75 for soil quality, low infiltration and little organic matter, requiring external inputs for use and productivity. It is concluded that natural ecosystems and well-managed agroforestry systems, such as Forest and SAF, promote greater sustainability of the soil and the production system compared to pasture.

Key words: Attributes, Soil fertility, Biodiversity, Systems, Agroforestry.

1. Introdução

O ecossistema pode ser definido como um sistema dinâmico de interdependência entre a vida e o ambiente físico. Nele, organismos e fatores bióticos se relacionam de forma complementar com componentes abióticos, como solo, luz, umidade e temperatura, dentro de um limite estabelecido (Odum, 1988). A organização interna do sistema é moldada pelas relações entre seus componentes, e a maneira como esses componentes interagem dinamicamente define o funcionamento do sistema (Friderichs e Kruger, 2016). Dessa maneira

para esse trabalho o ecossistema é considerado como o conjunto de organismos em um ambiente que desenvolvem relações simples e complexas por meio de processos dinâmicos com o uso de componentes bióticos e abióticos de um determinado ambiente.

Os ecossistemas inerentes à natureza residem nos complexos mecanismos que neles se desenrolam: a circulação, a evolução, a transformação e o intercâmbio de substâncias e energia, bem como as múltiplas conexões e interações entre os seres vivos e os elementos biológicos do entorno. Tais fenômenos são cruciais para a compreensão da vitalidade, da otimização e da capacidade produtiva desses sistemas. A movimentação energética entre seus constituintes e os ciclos dos elementos nutritivos representam pilares essenciais. A organização hierárquica abrange desde Organismos e Populações, passando por Comunidades e Agroecossistemas, culminando na Biosfera (Friderichs e Kruger, 2016).

Altieri (2002) define o agroecossistema como uma unidade ecológica essencial composta por elementos abióticos e bióticos interdependentes que interagem, facilitando os ciclos de nutrientes e o fluxo energético. O agroecossistema é uma área de cultivo que funciona como um ecossistema. Ele pode ser definido pela complexa rede de interações físicas e biológicas entre seus elementos constituintes. A configuração desses componentes no tempo e no espaço é determinada pelo ambiente, permitindo que o sistema processe as entradas naturais e gere saídas dentro dessa atividade (Hart, 1980). Os agroecossistemas são frequentemente submetidos a intensas ações antrópicas, o que os diferencia de muitos ecossistemas naturais, e essas atividades podem desestabilizar gravemente a fauna e a flora.

Dessa maneira para essa pesquisa um agroecossistema é um local de produção agrícola a qual possui elementos básicos para que se construa e desenvolva atividades sistêmicas que possa evoluir constantemente e sustente-se a longo prazo, nela estão presentes a conservação dos recursos renováveis, a adaptação dos cultivos ao meio ambiente e a diversificação de espécies animais e vegetais, porque é por meio dela que se realizam as interações necessárias para manter um solo produtivo. O solo desempenha um papel indispensável, sendo a base para altas produções agropecuárias, a conservação do meio ambiente e, por conseguinte, a promoção da saúde de organismos vegetais, animais e da espécie humana (Sharma et al., 2005).

Na concepção de Gliessman (2003), deve-se ter consciência de que cada ecossistema tem uma capacidade de produção, e ainda, as bases do enfoque agroecológico visam manter a produtividade agrícola, mantendo a capacidade produtiva do solo, a qualidade e a quantidade dos alimentos ao longo prazo. A degradação da qualidade do solo advém de um desequilíbrio pelo uso exagerado, retirada e/ou contaminação dos nutrientes existente nesse ambiente que possuem características diversas entre as quais destacam-se as químicas, físicas e biológicas,

que podem ser afetadas pelo manejo impróprio que substitui a vegetação nativa por diferentes formas pelo uso inadequado da terra (Lourente et al., 2011).

Diante dessa situação diversos estudos têm sido realizados com o intuito de identificar sistemas de manejo que promovam aumento da qualidade do solo (Salmi et al., 2009). Para avaliação da viabilidade ambiental de um agroecossistema, convencional ou conservacionista tem-se sugerido como ferramenta, o monitoramento das propriedades dos solos que podem servir como indicadores de qualidade do solo (D'Andrea et al., 2002; Sharma et al., 2005), como no caso dos parâmetros usados para indicar o nível de fertilidade do solo. Para o monitoramento da qualidade do solo, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo em utilização pelos agricultores a tempo de evitar a sua degradação, é necessário definir atributos de solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação (Mielniczuk, 1999).

A relevância deste trabalho reside na abordagem crítica da qualidade do solo como pilar da sustentabilidade de diferentes sistemas de uso da terra, em consonância com a visão de que o solo é um recurso essencial responsável pelas boas produtividades na agropecuária, pela manutenção da qualidade do meio ambiente e, conseqüentemente, pela sanidade das plantas, animais e seres humanos (Sharma et al., 2005). Ao comparar as dinâmicas de atributos físicos e biológicos em agroecossistemas como pastagem, Sistemas Agroflorestais (SAFs), e um ecossistema natural de floresta, o estudo fornece ideias cruciais sobre a capacidade de autossustentação e a necessidade de insumos externos, evidenciando que a perda de qualidade do solo, resultado do desequilíbrio entre atributos químicos, físicos e biológicos, que pode ser atribuída ao manejo inadequado do solo devido à substituição de sua cobertura natural pelos mais diversos usos (Lourente et al., 2011). Tal perspectiva é fundamental para o planejamento de práticas agrícolas que minimizem impactos ambientais e garantam a longevidade dos recursos produtivos.

Conceitualmente, o estudo se insere no campo da Agroecologia, que, conforme Gliessman (2002), preconiza uma perspectiva ecológica nos processos de produção, onde a forma de produção é entendida como uma questão complexa que envolve múltiplos fatores, incluindo a preservação da biodiversidade e as interações entre pessoas, cultivos, solos e animais. Este trabalho demonstra uma forte vinculação com as áreas temáticas da extensão universitária, especialmente ao considerar a qualidade do solo como um indicador de sustentabilidade diretamente aplicável ao contexto dos produtores rurais do Campus Castanhal.

A compreensão da função dos ecossistemas naturais que refere-se aos processos dinâmicos que ocorrem dentro deste: o movimento, o desenvolvimento, a conversão e o fluxo

de matéria e de energia, e as interações e relações dos organismos e componentes bióticos do ambiente (Friderichs e Kruger, 2016) serve de arcabouço para a transferência de conhecimentos sobre as melhores práticas de manejo do solo, podendo evidenciar quais sistemas mimetizam processos naturais e promovem maior sustentabilidade, além do estudo fornecer subsídios valiosos para programas de extensão que buscam fomentar a transição agroecológica, capacitando agricultores e técnicos a adotarem métodos conservacionistas e a valorizarem a biodiversidade em seus agroecossistemas. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar atributos físicos e biológicos da qualidade do solo em três agroecossistemas diferentes no IFPA Campus Castanhal.

2. Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho se fez a partir de uma pesquisa aplicada que contribuiu para a avaliação dos agroecossistemas tanto pela comparação de uma única de um sistema ao longo do tempo nos domínios do IFPA Campus Castanhal, quanto pela comparação de dois ou mais sistemas que estão sobre diferentes estágios de transição ou prática de manejo, o que possibilitou aos interessados uma avaliação rápida da sustentabilidade dos agroecossistemas existentes no local do estudo com base na análise de atributos físicos e biológicos que foram elencados na execução das atividades realizadas da pesquisa.

Para o desenvolvimento das atividades, buscou-se a metodologia denominada sistemas de avaliação rápida da qualidade do solo e sanidade dos cultivos proposta por Altieri e Nicolls (2002), adaptada por Machado; Vidal (2006) para o estudo em questão. O método foi realizado com um grupo de discentes do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares (PPGDREA), constituído por seis integrantes, sendo, dois engenheiros agrônomos, uma bióloga, um químico industrial, um engenheiro sanitário e um profissional da área de sistema de informação no dia 03/04/2018 em três áreas diferentes localizados no espaço físico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) - Campus Castanhal.

A área de estudo delimitada é o IFPA Campus Castanhal que está situado nas coordenadas geográficas de latitude 1°17'49" Sul e longitude 47°55'19" Oeste. Sendo uma Autarquia Federal vinculada à Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) e ao Ministério da Educação (MEC), e está localizado às margens da BR-316, km 63, no município de Castanhal, na mesorregião do leste paraense e na microrregião Bragantina, no

estado do Pará. Limita-se ao Norte pelos municípios de Santo Antônio do Tauá e Curuçá; ao Sul por São Miguel do Guamá, Inhangapi e Santa Izabel do Pará; a Leste pelos municípios de São Francisco do Pará e Igarapé-Açu e a Oeste pelos de Santa Izabel do Pará e Santo Antônio do Tauá. Para o desenvolvimento dessa parte da pesquisa optou-se por apresentar este trabalho em três etapas, conforme disposto na sequência:

1º - ETAPA

Nessa primeira etapa foram realizadas a pesquisa bibliográfica em livros e artigos científicos com buscas virtuais nas bases de dados do Google Scholar, Scopus e Web of Science pela internet, para isso utilizou-se as buscas dos documentos com os seguintes termos de buscas no título: “Ecosystems” or “Agroecosystems” or “Life of Quality”, com o refinamento de critérios de inclusão e exclusão, conforme pode ser observado no Quadro 01.

Quadro 01: Elementos Utilizados para a Pesquisa

BASE DE DADOS	Google Scholar, Scopus, Web of Science
TERMOS DE BUSCA	“Ecosystems” or “Agroecosystems” or “Life of Quality”
CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	- Abordam os termos utilizados na Pesquisa; - Estejam nos Idiomas Português, Inglês e Espanhol; - Artigos em periódicos e documentos científicos revisados por pares; - Apenas publicações disponíveis livremente na internet;
CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	- Omissão dos termos adotados na busca da Pesquisa; - Incoerente com a proposta da pesquisa; - Ausência de vínculo com as fontes de dados utilizadas; - Não estar no Idioma Português, Inglês ou Espanhol;

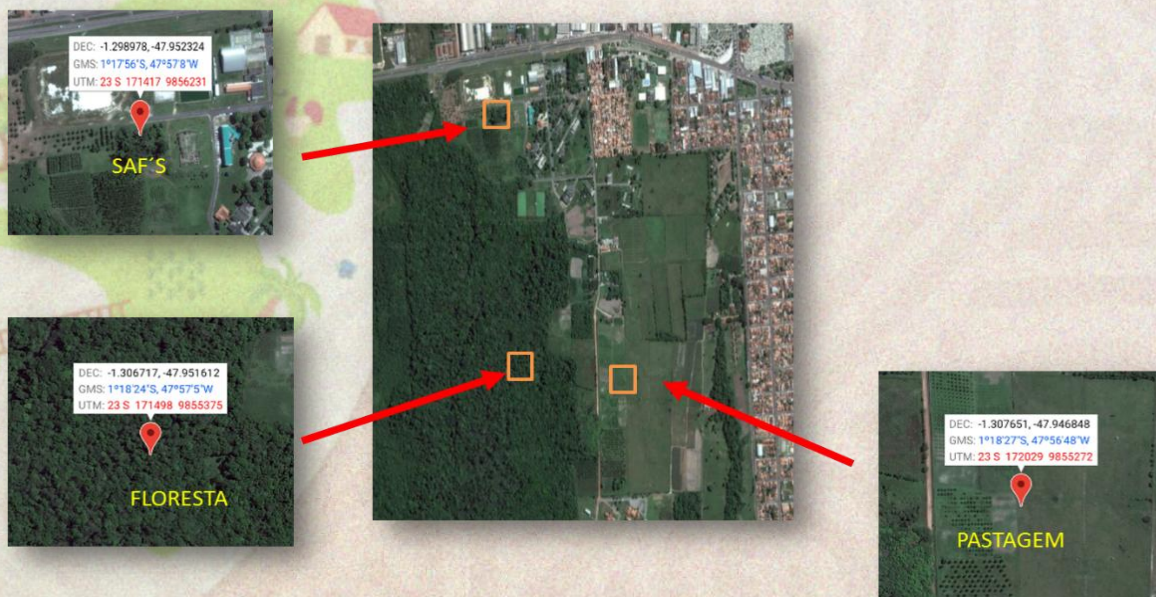
Fonte: Autoria Própria, 2018.

Na sequência foram utilizados como critérios de inclusão nos arquivos buscados, documentos (livros e artigos científicos) que tivessem acesso aberto, escritos nos idiomas português, inglês e espanhol, levando em consideração a relevância do trabalho, número de citações e aderência a temática do trabalho. No entanto para os critérios de exclusão foram descartados os documentos que estavam repetidos, não tivessem aderência a temática da pesquisa, acesso fechado, que não tivessem sido revisados por pares. Ainda nesta etapa da pesquisa foram baixados os documentos no formato *Portable Document Format* (PDF), salvos em pastas no computador com a organização de sua respectiva base de dados e incluídos as

informações principais em uma planilha eletrônica sendo usado o *Software Excel* versão 2010 para facilitar o manuseio das demais informações contidas nos arquivos.

Após a atividade da pesquisa bibliográfica foi realizada a pesquisa de campo com visitas aos três sistemas (áreas) diferentes que ficam localizadas no domínio do IFPA Campus Castanhal, sendo a primeira área a ser visita a da mata ou denominada também de floresta, em seguida foi realizada a visita a área de pastagem por último a área do Sistema Agroflorestal Sucessional (SAF), conforme dispostos na Figura 01. É importante salientar que as três áreas de estudo foram selecionadas por meio de amostragem com indicações intencionais determinados pelos integrantes da pesquisa, para que as mesmas apresentassem características distintas uma das outras, embora pertençam ao mesmo domínio institucional, essa decisão foi relevante e serviu de elemento para analisar os diferentes atributos físicos e biológicos característicos que compõem o solo em cada área visitada.

Figura 01: Localização dos Agroecossistemas no IFPA Campus Castanhal.



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Em cada sistema foi identificado os locais com a coleta de pontos georreferenciados dos três ambientes visitados, em cada local foram também estabelecidas um perímetro de isolamento de cada área escolhida com o uso de uma corda, esse perímetro teve a medição de 5m x 5m ou seja 25 m² para realizar os trabalhos quanto a avaliação do solo existente no local, para realizar essa atividade foi feita a abertura de trincheira com a utilização de um gabarito que contém o tamanho de 40cm x 40cm que foi localizado no centro do perímetro estipulado

para realizar o estudo da condição do solo, além de uma análise da capacidade de infiltração do mesmo com a adição de água no solo e a cronometragem deste por meio da observação por um tempo de quatro segundos para verificar a capacidade de infiltração da água em cada área visitada. Vale destacar também que foram contabilizadas a quantidade de espécies vegetais presentes em cada área visitada para a verificação da composição e biodiversidade local.

2º - ETAPA

Nessa segunda etapa foram realizadas as análises técnicas da pesquisa que consistiram com as observações nos três ambientes de estudos referentes aos aspectos da qualidade do solo como: estrutura, compactação e infiltração, profundidade do solo, desenvolvimento das raízes, cobertura do solo, estado dos resíduos e atividade biológica, bem como a saúde do cultivo envolvendo aspectos da aparência do plantio, crescimento do cultivo, diversidade de espécies diversidade natural circundante e sistema de manejo. Com base nesses indicadores, se estabeleceu notas que variaram entre um, cinco e dez, sendo 1 - menos desejável (frágil), 5 - médio ou moderado (regular), 10 - preferível (estável). As notas atribuídas foram formadas após as percepções de cada participante da equipe e definida com base no consenso entre estes, onde cada valor atribuído desses indicadores apresentou um “estado desejado” dos agroecossistemas visitados.

3º - ETAPA

Na terceira e última etapa foram tratados os dados da aplicação das visitas realizadas nos três ambientes, onde os participantes deste grupo se reuniram para realizar o cálculo das médias das notas atribuídas e o consenso obtido pelos avaliadores a cada indicador da qualidade do solo, essa atividade foi relevante para a produção de gráficos, tabelas e ilustrações que compõem os resultados do trabalho realizado e para a divulgação dos conhecimentos obtidos. Os valores foram analisados conforme a metodologia proposta, onde podemos ressaltar que a média obtida, quando se apresenta um valor inferior a cinco pontos para a qualidade do solo ou do cultivo, foi considerado com um valor abaixo do limite para a sustentabilidade do sistema, servindo de elementos para a análise que este sistema não possui uma qualidade do solo considerada adequada, necessitando nesse caso de medidas para mitigação ou ação de recuperação desse sistema.

Para uma melhor visualização dos resultados optou-se pela representação dos gráficos na forma de radar ou “ameba”, sendo este tipo escolhidos pelos pesquisadores, por considerarem de mais fácil compreensão para a visualização dos resultados e interpretação das

informações dos indicadores elencados para a análise da pesquisa aplicada realizada, tanto no formato individual quanto para observação de maneira geral ou em comparação com os outros sistemas em análise. Ressalta-se a título de informação que quanto mais próximo os valores estiverem da borda do círculo ou seja com as notas próximo de dez, mais sustentável será o agroecossistema analisado.

3. Resultados

Sistema Agroflorestal Sucessional – SAF

O SAF em estudo, teve seu projeto desenvolvido no ano de 2005 por professores juntamente com discentes do curso técnico em agropecuária integrado ao ensino médio pertencente a antiga escola Agrotécnica Federal de Castanhal – EAFC, hoje designada como IFPA Campus Castanhal. O sistema implantado tinha como objetivo a criação de uma unidade demonstrativa de uma parcela cultivada biodiversa ou comumente chamada de UPEA (Unidade Pedagógica de Experimentação Agroecológica).

A área selecionada para a implantação do projeto, constituía um histórico de manejo voltado para o método convencional de produção, com culturas trabalhadas em sistema de monocultivo, e tratos culturais baseados em métodos químico-industriais e de motomecanização. Além disso, a área também já havia sido dedicada a produção de mudas. Devido ao sistema adotado na área, o manejo anterior a implantação do projeto ocasionou uma série de mudanças tanto na estrutura física, quanto química e biológica do solo, no qual se apresentava com elevada compactação superficial e subsolar (“pé de grade”) do solo; intensa vegetação pioneira espontânea; baixa fertilidade; e falta de proteção contra a ação de agentes erosivos. Dessa forma, pode-se concluir que a área apresentava um estado de degradação e desproteção. Nessa perceptiva, durante a implantação do sistema agroflorestal, buscou-se por métodos de conservação do solo, optando-se pelo manejo sem o uso do fogo, com a incorporação da matéria orgânica, em oposição ao método convencional.

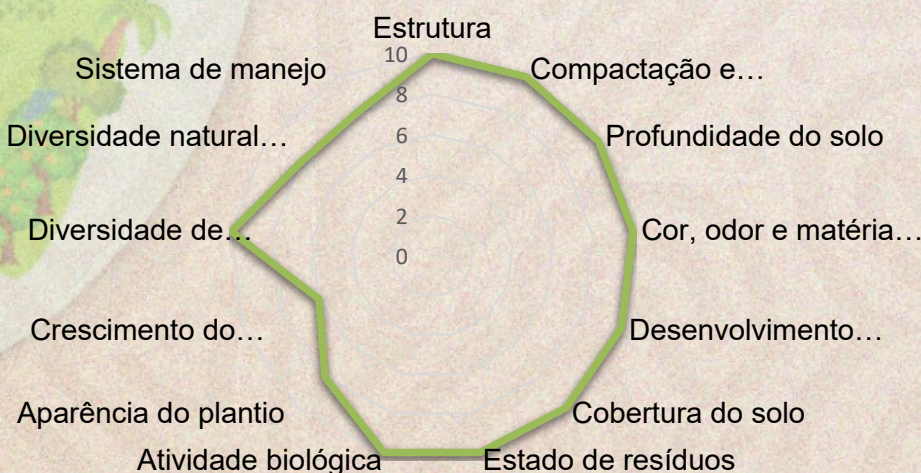
O agroecossistema possui uma área total de 0,18 ha, onde a delimitação foi realizada utilizando as dimensões de 30m x 60m. Acerca das espécies implantadas, foi realizado consórcios com culturas anuais que evidentemente já cumpriram sua função no sistema, frutíferas como cacau (*Theobromacacao* L.) cupuaçu (*Theobromagrandiflorum* (Willd) Spreng) Schum) açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). Espécies lenhosas como mogno africano (*Khaya* spp.) andiroba (*Carapaguianensis* Aubl). As leguminosas como o ingá

(*Ingaedulis* Mart) palheteira (*Clitoria racemosa*Benth) também tiveram papel fundamental nesse processo, buscando contribuir para qualidade do solo, através principalmente, da incorporação de biomassa. Em uma perspectiva ampla, buscou-se priorizar os aspectos ecológicos-econômicos da produção.

Diante do histórico de uso da área, e compreendendo o manejo adotado, anterior a implantação do projeto, é possível discorrer a despeito dos resultados quanto a sustentabilidade da área que corresponde ao agroecossistema SAF sucessional, que ao longo de anos foi sendo moldado em outra perspectiva de produção. Nesse sentido, os valores atribuídos a qualidade do solo podem ser evidenciados na Figura 2, onde os indicadores demonstram uma estabilidade no sistema, com valor médio próximo a 10, ou seja, todos os atributos referentes a qualidade atingiram nota máxima.

Os indicadores de qualidade são elementos que se inter-relacionam entre si, a exemplo, o aporte de resíduos orgânicos no solo caracterizado pelo estado dos resíduos, aumentará a quantidade de matéria orgânica, bem como o aumento da capacidade de retenção de água, ou seja, este solo infiltrará mais facilmente, bem como manterá a umidade por mais tempo, o que contribui para os demais processos. Ademais, os resíduos orgânicos promovem uma maior atividade biológica, o que ocasiona melhoria na estrutura física deste solo, bem como o bom desenvolvimento das raízes.

Figura 02: Indicadores de qualidade do solo e cultivo da área do sistema SAF Sucessional.



Fonte: Aatoria Própria, 2018

No que concerne aos indicadores referentes a saúde do cultivo identificado no estudo embora constituem uma média 8, com um desempenho considerado moderado, próximo do estável. Com base na observação e número de espécies encontradas dentro da parcela, denota-

se que a área demonstrou uma diversidade de espécies, apresentando-se em sistema de policultivo. Além disso, a compactação e infiltração são fatores que tratam da relação das características físicas como textura, agregação e o efeito do manejo no solo. Aborda-se também a relação entre a compactação e o aprofundamento das raízes, já que esta última está intimamente ligada com o desenvolvimento da planta (PRIMAVESI, 2016). Diante do exposto, nota-se que no agroecossistema em questão, o solo não demonstrou a presença de compactação, com infiltração em torno de quatro segundos. Essa característica é resultado do que se vem trabalhando na área, com o uso de técnicas conservacionistas para o manejo do solo.

A cor, assim como o odor são muito importantes na identificação dos tipos de solos e, ao mesmo tempo, pode nos informar sobre a história do desenvolvimento e manejo do mesmo. Onde a coloração do solo apresenta aparência escura, indicando elevada concentração e conteúdo de matéria orgânica; solos vermelhos e amarelos, normalmente, indicam elevados níveis de óxidos de ferro, formados sob boas condições de aeração e drenagem; já as cores cinza e amarelo-amarronzada podem ser indicadoras de drenagem pobre (GLIESSMAN, 2005). Nesse aspecto, sua compreensão como indicador de qualidade torna-se essencial, uma vez que serve como um elemento na determinação de condições do solo, que o agricultor pode querer buscar ou evitar, variando conforme o tipo de sistema de cultivo que pode ser usado.

Figura 03: A - Profundidade de matéria orgânica identificada no sistema SAF; B - Características do solo.



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Refletindo sobre esse aspecto, os resultados quanto a cor, odor e matéria orgânica no sistema SAF mostrou-se com características relevantes do ponto de vista de um solo bem

manejado, com cor superficial preta, odor de terra fresca, e uma presença abundante de matéria orgânica ou húmus (Figura 3 B). Cabe aqui ressaltar, que a presença abundante de cor escura representa a quantidade de matéria orgânica presente neste tipo de solo, logo, a profundidade de solo escuro pode ser observada na Figura 3 A, chegando ao valor de 27 cm de comprimento. Diante dos resultados, percebe-se que a matéria orgânica, assim como a cor e odor presente no sistema, dentre tantos papéis importantes, desempenha a função de fornecer fonte de nutrientes para o crescimento das plantas, constrói, promove, protege e mantém o ecossistema do solo, sendo um componente-chave na boa estrutura, aumento da retenção de água, também identificada na área.

A raiz é a indicadora mais confiável sobre as condições do solo, ela indica tanto compactações e adensamentos, como a colocação correta ou errada da matéria orgânica. Desse modo, raízes abundantes e bem desenvolvidas são reflexos de uma nutrição e uma agregação boa da terra, já que apresentam melhor desempenho em solos bem estruturados (PRIMAVESI, 2002). No que concerne o desenvolvimento das raízes, as análises identificaram a presença abundante de raízes finas, com diferentes tamanhos e profundidades, chegando ao comprimento de 38 cm.

A presença de raízes de diferentes tamanhos, no sistema, ocupando o solo em diferentes profundidades, caracteriza uma maior diversidade de espécies no sistema, o que reflete na qualidade do solo, pois haverá contribuição de matéria orgânica com diferentes teores de nutrientes, que será disponibilizado em períodos diferentes, dependendo do tempo de decomposição de cada espécie. A cobertura do solo, é imprescindível para manter a fertilidade da terra. Sendo o solo um sistema vivo, mantê-lo sempre protegido, coberto é fundamental, uma vez que sua proteção com plantas vivas e/ou cobertura morta de matéria orgânica torna-se essencial no processo de produção de forma mais sustentável. Vale ressaltar também a importância da cobertura na proteção contra a erosão, sendo perceptível que o sistema SAF sofre pouca influência neste aspecto, devido a diversidade de espécies em seus diversos níveis de estratificação.

A presença de cobertura viva ou morta na área é constante como mostra a Figura 04, com mais de 50% do solo com cobertura viva ou morta. O material orgânico encontrado é fonte de energia para a vida deste sistema, onde inúmeros organismos que vivem nele, estarão se alimentando, além de liberar os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas. E esses organismos, tais como: as minhocas também são encontradas nessa área, os quais trabalham a terra, aumentando a sua porosidade que apresenta elemento fundamental para que as raízes possam respirar, crescer e desenvolverem-se de maneira apropriada.

Figura 04: Cobertura e estados dos resíduos encontrados no agroecossistema SAF



Fonte: Autoria Própria, 2018.

O estado dos resíduos oriundos desse setor é um fator que se relaciona com a atividade biológica, pois dependendo dos estágios de decomposição da matéria orgânica, denota-se a riqueza dos organismos presentes no sistema. Tanto com a presença de macrofauna nos estágios iniciais dos processos de decomposição ou microfauna nas etapas finais (PRIMAVESI, 2016). Na área, os resultados quanto a atividade biológica mostrou-se uma diversidade de organismos existentes no local, conforme observados na pesquisa realizada por meio da evidencia na presença de pequenos insetos, minhocas, larvas, o que é constatada com a presença de invertebrados nesse ambiente. As minhocas têm papel fundamental na qualidade do solo, pois são organismos que enriquecem a terra que passa pelo intestino, com cálcio e aumentam o nível dos outros nutrientes, como nitrogênio e fósforo; contribuem na estrutura do solo, já que produzem agregados de até 4 mm de diâmetro muito estáveis à ação da água (PRIMAVESI, 2016), além disso, agregam o solo e contribuem para sua permeabilidade, podendo fazer túneis, o que traz também como vantagem o melhor enraizamento das plantas.

As avaliações da aparência geral do cultivo e crescimento das plantas são fatores que indicam qual o estado nutricional e de desenvolvimento da mesma. Nesse sentido, as limitações observadas compreenderam principalmente esses indicadores de qualidade, onde o crescimento da planta apresentou nota 6 e aparência do cultivo nota 8. Apesar de encontrarem-se acima do limite, com cultivo denso, bom crescimento e ramas e caules grossos firmes, folhas verdes intensa, se observou que nem toda área apresenta essas características, onde algumas parcelas evidenciam a ausência de espécies, ou mesmo sinais de deficiência. A aparência do cultivo bem como o seu crescimento pode ser reflexo das atividades desenvolvidas na área, pois, devido ser

uma área utilizada apenas para fins pedagógicos, tanto por professores da instituição quanto por membros do Núcleo de Estudos em Educação e Agroecologia – NEA, as atividades desenvolvidas ocorrem apenas em períodos específicos, não havendo uma manutenção constante, o que influencia na característica do cultivo.

A respeito do sistema de manejo ponderou-se pela nota 8, pois, apesar de apresentar características semelhantes a um ecossistema natural, ainda sofre influência humana devido ao incremento de técnicas e práticas para aumento da produção. Entretanto, ao manejo adotado dentro do agroecossistema, ressalta-se que é atribuído um conjunto de elementos seguindo os princípios da agroecologia, onde a condução do sistema foi, desde a sua implantação, baseada na imitação da sucessão ecológica natural de acordo com as características ecológicas de cada planta.

PASTO

O atual agroecossistema de pasto corresponde uma área de dez hectares, que até o período de 2002 foi utilizada pelos técnicos e estudantes da Escola Agrotécnica Federal de Castanhal EAFC, para o cultivo de culturas anuais, como arroz, feijão, milho e mandioca. Posteriormente sofreu manejo mecanizado para a atual instalação da pastagem. Os indicadores da qualidade do solo do agroecossistema pastagem pode ser considerado como um sistema frágil do ponto de vista da sustentabilidade, pois sua estrutura representa uma nota baixa que cada indicador recebeu no momento da avaliação. Dessa forma, o agroecossistema é caracterizado como instável, necessitando de insumos externos para poder se manter produtivo. Na perspectiva de caracterizar esse agroecossistema, foram dadas as notas com base nas observações, sendo que alguns atributos como estrutura receberam nota cinco. Em relação à estrutura, o agroecossistema recebeu nota cinco, devido não apresentar uma boa estrutura, sendo que a mesma foi definida como um solo solto com poucos grânulos que se rompem ao aplicar uma pressão suave.

A compactação e infiltração recebeu nota um, devido à dificuldade da água em infiltrar quando depositada na superfície do solo. O solo foi caracterizado como compacto, quase sem infiltração de água. Do ponto de vista da agronomia, Altieri (2002) fala sobre a compactação que pode ser uma consequência indesejada da mecanização que reduz a produtividade biológica do solo e, em casos extremos, o torna inadequado ao crescimento das plantas. Outras variáveis também receberam nota cinco, como é o caso da profundidade, cor, odor, matéria orgânica, desenvolvimento das raízes, atividade biológica e aparência do cultivo (GLIESSMAN, 2005;

PRIMAVERSI, 2016). Essa avaliação pode variar de acordo com o período do, como essa análise foi realizada em um período de elevada precipitação, pode ter contribuído para se obter notas melhores nesses quesitos analisadas, sendo necessário replicar em período de menor precipitação para analisar se as notas se mantêm, com escassez de água.

Figura 05: Indicadores de qualidade do solo e cultivo do Agroecossistema pasto.



Fonte: Autoria Própria, 2018.

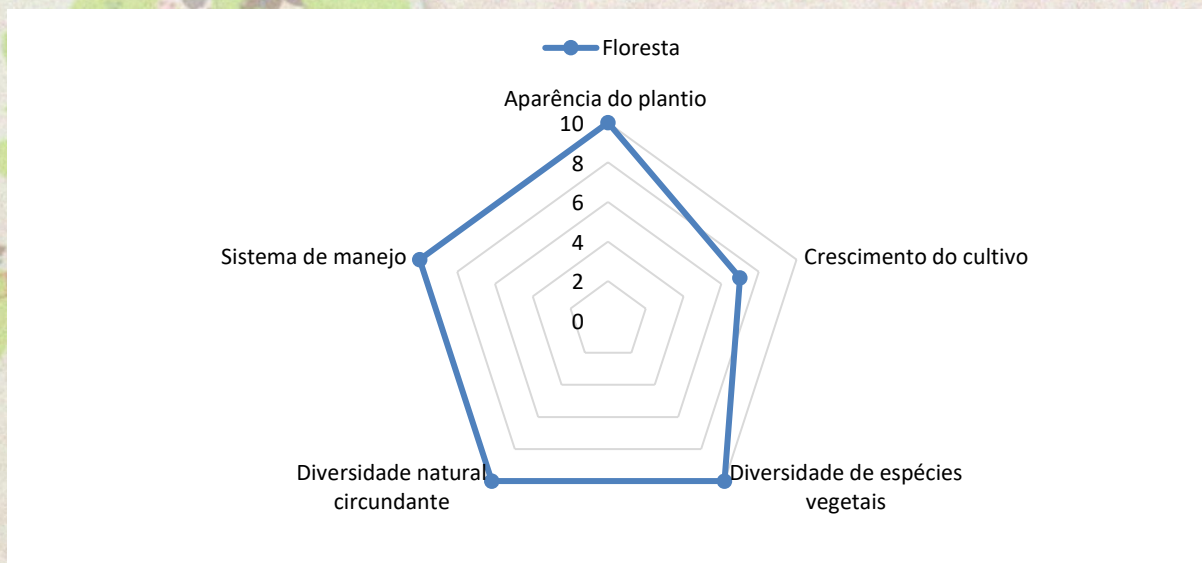
A cobertura do solo, não se apresentou de forma satisfatória em relação a proteção do solo, apresentava se com muitas plantas espontâneas com áreas descobertas que deixavam o solo completamente exposto. Uma das formas de erosão mais comum, de solos descobertos é a erosão hídrica, causando perdas dos atributos físicos e químicos do solo (LOURETE et al., 2011). A pouca cobertura influenciou diretamente a deposição de matéria orgânica na superfície do solo, sendo que não foi possível contabilizar devido não ter disponível na área. A ausência de matéria orgânica é um forte indicador de solo pobre do ponto de vista microbiológico, haja vista, que a matéria orgânica serve de alimento para os micro-organismos (PRIMAVESI, 2016).

Dessa forma, quanto mais a nota foi próxima de zero, caracteriza que mais dependente é o sistema, sendo assim, o agroecossistema do pasto foi o que apresentou mais dependência do ponto de vista da sustentabilidade. Essa teoria é afirmada por Gliessman (2005), que fala que quanto maior é a quantidade de espécies no sistema, maior é sua complexidade e sustentabilidade.

FLORESTA

A área de floresta visitada pelo grupo que se encontra dentro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará do Campus Castanhal é considerada como uma mata secundária, devido ao histórico de exploração de madeira que ocasionalmente acontecia dentro da área. A partir de 2002, alguns professores juntamente com os alunos do curso técnico em floresta, buscando a preservação da diversidade existente dentro dessa área da floresta, estabeleceram algumas parcelas de preservação permanente –APP, que até os dias atuais deste estudo vem sendo utilizada pelas turmas dos diversos cursos técnicos, de graduação e pós-graduação que o campus oferece a comunidade como sendo um laboratório aberto as diversas atividades e unidades para fins didáticos. A área tem um papel fundamental na disponibilização de recursos hídricos que abastece diversos locais sendo um dos principais os lagos da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, sendo contabilizado atualmente cerca de 15 nascentes neste local.

Figura 06: Indicadores de Qualidade quanto a Saúde do Cultivo no Ecosistema Floresta.



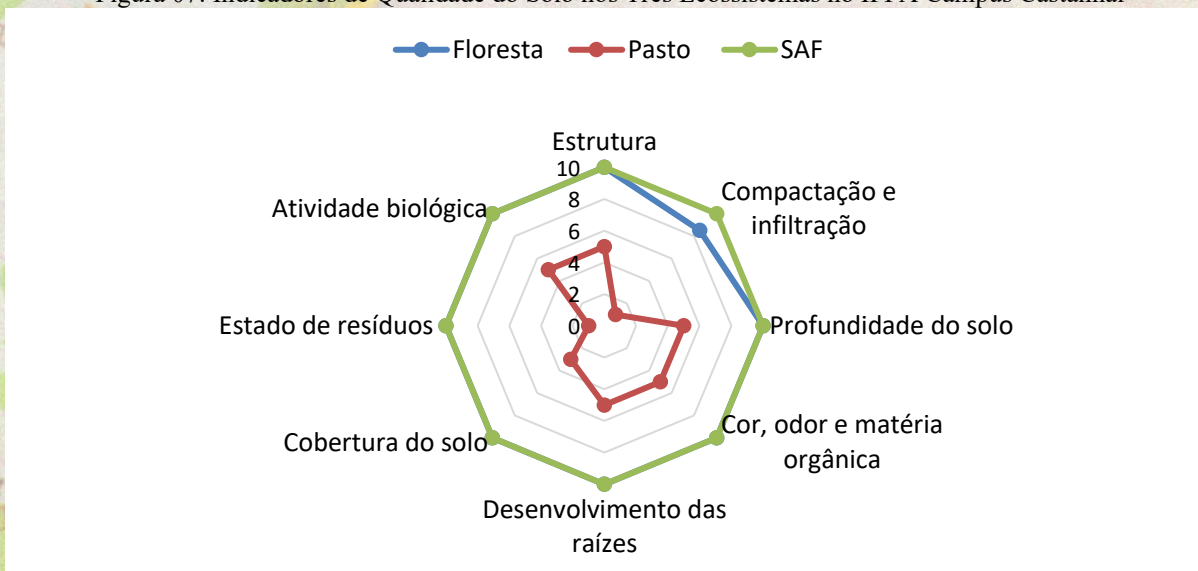
Fonte: Autoria Própria, 2018.

No que concerne os indicadores referentes a saúde do cultivo identificado na figura 06, a floresta apresentou média de 9,4, onde os indicadores: aparência do plantio, sistema de manejo, diversidade natural circundante e diversidade de espécies apresentaram nota máxima, o que demonstra uma estabilidade no sistema, e que apesar de apresentar histórico de exploração e a presença constante de atividades pedagógicas na área, o ecossistema constitui-se de uma diversidade de espécies com presença de folhagens verde intenso, sem sinais

aparentes de deficiência, além de uma vegetação natural circundante. No entanto, em relação ao indicador crescimento do cultivo, se atribuiu a nota 7, devido considerar que este ecossistema não pode ser comparado a um sistema de cultivo convencional, modificado pelo homem, seja para fins econômicos ou de subsistência.

Diante do histórico de uso das áreas visitadas e compreendendo o manejo adotado, é possível discernir a despeito dos resultados quanto a sustentabilidade das áreas que corresponde ao ecossistema floresta e agroecossistema pasto e SAF sucessional, que ao longo de anos, com exceção da floresta, foram moldados em diferentes perspectivas de produção. Nesse sentido, os valores designados a qualidade do solo podem ser evidenciados na figura 2, onde pode-se comparar os valores atribuídos a cada sistema.

Figura 07: Indicadores de Qualidade do Solo nos Três Ecossistemas no IFPA Campus Castanhal



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Com valor médio de 9,8, a floresta apresenta características consideradas preferíveis em um ecossistema sustentável. Os resultados dos indicadores de qualidade de solo mostram que os ecossistemas naturais, com toda sua complexidade são capazes de se auto sustentar, sem a necessidade da introdução de insumos externos. A arquitetura mais aberta representada na Figura 07, representa que esse ecossistema recebeu notas altas, demonstrando características de qualidade de solo próximo ao que se deseja para os agroecossistemas para que eles se tornem mais sustentáveis, ou seja, que sejam próximo ao ecossistema natural.

Quanto aos indicadores referentes ao agroecossistema pastagem, também discriminados na Figura 07, foi possível observar que esse sistema é considerado frágil do ponto de vista da sustentabilidade, pois sua estrutura obteve nota baixa em cada indicador no momento da avaliação com um valor médio de 3,75. Dessa forma, o agroecossistema foi

caracterizado como instável, necessitando de insumos externos para poder se manter produtivo (MACHADO e VIDAL, 2006). Já o agroecossistema SAF, os valores atribuídos a qualidade do solo (Figura 07), todos os indicadores demonstram uma estabilidade no sistema.

Figura 08: Aspectos gerais da cobertura do solo nos diferentes sistemas. A - área da Floresta; B - área do SAF; C - área da pastagem.



Fonte Autoria Própria, 2018.

Por apresentarem características similares, nas áreas da floresta e SAF, os resultados quanto a atividade biológica mostrou-se com a existência de organismos, observados principalmente, pela presença de pequenos insetos, o que denota a presença de invertebrados, bem diferente da pastagem que apresentou nota 5, sendo observado presença escassa de insetos. Quanto ao pasto, a cobertura não se apresentou de forma satisfatória a proteção do solo (Figura 8 C), apresentando-se com muitas plantas espontâneas com áreas descobertas que deixavam o solo completamente exposto. Uma das formas de erosão mais comum de solos descobertos, segundo Lourente et al. (2011) é a erosão hídrica, que causa perdas dos atributos físicos e químicos do solo.

A presença de raízes de diferentes tamanhos, no sistema em diferentes profundidades, caracteriza uma maior diversidade de espécies no sistema, o que reflete na qualidade do solo, com diferentes teores de nutrientes, que será disponibilizado em períodos diferentes, dependendo do tempo de decomposição de cada espécie (D'ANDREA et al., 2002). A cobertura do solo é imprescindível para manter a fertilidade da terra, uma vez que sua proteção com plantas vivas e/ou cobertura morta de matéria orgânica torna-se essencial no processo de produção de forma mais sustentável. Vale ressaltar a importância da cobertura na proteção contra a erosão, sendo perceptível que o ecossistema Floresta (Figura 8 A) e agroecossistema SAF (Figura 8 B) sofrem pouca influência neste aspecto, devido a diversidade de espécies em diferentes níveis de estratificação.

4. Considerações Finais

Diante do histórico de uso das áreas visitadas dentro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará localizado no Campus Castanhal, e compreendendo o manejo adotado em cada ambiente, é possível concluir que os resultados obtidos diante desse trabalho referente a qualidade do solo das áreas e a saúde e cultivo que corresponde ao ecossistema floresta e agroecossistema pasto e SAF sucessional, que ao longo de anos vem sofrendo diversas ações antrópicas apresentam valores sustentáveis, com exceção da área de pasto que conforme o estudo apresentou valores muito baixos e insustentáveis, necessitando de medidas de remediação para ajudar no processo de recuperação desse sistema.

Os indicadores de qualidade do solo são elementos que se inter-relacionam entre si, a exemplo, o aporte de resíduos orgânicos no solo caracterizado pelo estado dos resíduos, aumentará a quantidade de matéria orgânica, bem como o aumento da capacidade de retenção de água, ou seja, este solo infiltrará mais facilmente, bem como manterá a umidade por mais tempo, o que contribui para os demais processos. Ademais, os resíduos orgânicos promovem uma maior atividade biológica, o que ocasiona melhoria na estrutura física deste solo, bem como o bom desenvolvimento das raízes. Os resultados dos indicadores de qualidade de solo mostram que os ecossistemas naturais, com toda sua complexidade são capazes de se auto sustentar, sem a necessidade da introdução de insumos externos.

Finalizadas as análises individuais de cada tipo de manejo das diversas áreas visitadas, pode-se concluir que os dados analisados de forma individual apontaram para ecossistema floresta como o melhor ambiente com os resultados mais satisfatórios para a sustentabilidade, em segundo lugar aponta-se para o sistema S.A.F. o segundo mais viável, pois em todos os parâmetros analisados, o sistema apresentou resultados que eram similares ou superiores aos dos demais outros sistemas e em último e menos sustentável o pasto, necessitando de atenção e de atividades para a sua recuperação do solo, mitigando impactos ambientais que podem ocorrer pela sua vulnerabilidade caso não seja tomada ação por parte da gestão local ou pela comunidade acadêmica que utiliza os espaços para o desenvolvimento de atividades práticas de ensino, pesquisa, extensão e inovação dentro do IFPA Campus Castanhal.

5. Agradecimentos

Agradecimentos para Alex Medeiros, Armanda Ribeiro e Tayse do Amaral Silva que participaram da execução da pesquisa nas atividades práticas na pesquisa de campo.

6. Referências Bibliográficas

- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. São Paulo: Expressão Popular; AS-PTA, 2002. 400 p.
- D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; Siqueira, J. O; Carneiro, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:913-923, 2002.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2005.
- HART, R. D. **Agroecosistemas: conceptos básicos**. Turrialba: CATIE, 1980. p 211.
- LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M. ALOSIVI, A. M. T.; GOMES, C. F. GASPARINI, A. S. & NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 41: 20-28, 2011.
- MACHADO, C.T.T.; VIDAL, M.C. **Avaliação Participativa do Manejo de Agroecossistemas e Capacitação em Agroecologia utilizando Indicadores de Sustentabilidade de Determinação Rápida e Fácil**. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, 2006.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas Agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Gênese, Porto Alegre, 1999. p 1-8.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 438 p.
- PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. NBL Editora, 2002.
- PRIMAVESI, Ana. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio**. Expressão Popular, 2ª ed. São Paulo, 2016.
- SALMI, A. P.; DUERRA, J. G. M.; RISSO, J. A. M. Teores de nutrientes na biomassa aérea da leguminosa *flemingia macropylla*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 4:10131017, 2009.
- SHARMA, K. L.; MANDAL, U. K.; SRINIVAS, K.; VITTAL, K. P. R.; MANDAL, B.; GRACE, J. K.; RAMESH, V. Longterm soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland alfisol. **Soil & Tillage Research**, 83:246259, 2005.