UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO E DE SUSTENTABILIDADE EM CAFEEIROS ARBORIZADOS

JOSÉ MÁRIO LOBO FERREIRA

Florianópolis, março de 2005.

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

FERREIRA, José Mário Lobo
Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados / José Mário Lobo Ferreira – Florianópolis, 2005. 90 f.
Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato

1. Café orgânico. 2. Nitrogênio Potencialmente Mineralizável. 3. Café sombreado

JOSÉ MÁRIO LOBO FERREIRA
Engenheiro Agrônomo

INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO E DE SUSTENTABILIDADE EM CAFEEIROS ARBORIZADOS

Dissertação para obtenção do grau de *Mestre em Agroecossistemas*, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato.

Florianópolis, março de 2005.

AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Paulo Emílio Lovato, pela sábia condução no processo de elaboração e desenvolvimento deste trabalho e pelo apoio e troca de conhecimentos.

Ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) pela parceria firmada com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) para a execução deste projeto. Ao pesquisador Paulo Caramori pelo grande apoio e atenção, ao Engenheiro Agrônomo Renzo Gorreta pela facilitação no contato com os produtores e pela ajuda na coleta de dados, ao Élcio pela ajuda incansável durante as coletas de dados e ao pesquisador Carlos Armenio Khatounian pelo apoio durante a realização deste trabalho.

Aos produtores Issamo Higa, Cornélia e Nobert Gamerschlag e ao Sr. Mathias pela receptividade, disposição e atenção durante as visitas e na condução deste trabalho.

Ao auxílio imprescindível dos técnicos Francisco Vetúlio Wagner e Luis Algostinho da Silva nas análises realizadas no laboratório de solos do Centro de Ciências Agrárias da UFSC. À Cia Integrada de Desenvolvimento Rural e da Agricultura (CIDASC) pelas análises das amostras de solo através do convênio firmado com o programa de Pós-graduação em Agroecossistemas da UFSC.

Ao Antônio Guidoni e o professor Paul Richard Miller pelo auxílio nos tratamentos estatísticos.

Aos colegas Vanessa e Marcos Alberto Lana pela agradável companhia e ajuda na coleta das amostras.

Aos demais professores do curso de Pós-Graduação em Agroecossistemas pelo apoio e pelo rico aprendizado. Aos colegas do curso pela valiosa amizade construída e pelo companheirismo. À Universidade Federal de Santa Catarina e a Coordenação do curso de Agroecossistemas pela disponibilização de recursos financeiros, aparelhagem e reagentes necessários para a condução das análises, deslocamentos para as áreas de campo e congressos.

À minha esposa Cláudia pelo carinho e suporte nesta jornada e a minha família pelo apoio e confiança depositados em mim.

INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO E DE SUSTENTABILIDADE EM CAFEEIROS ARBORIZADOS

Autor: José Mário Lobo Ferreira
Orientador: Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato

RESUMO

A capacidade de um agroecossistema gerar biomassa vegetal e proporcionar uma eficiente ciclagem e retenção de nutrientes depende das inter-relações entre os componentes do solo, do clima, dos organismos e sócio-econômicos. Com vistas a otimizar os mecanismos destas interações é feito, através do uso de indicadores, o monitoramento da qualidade dos recursos naturais e do sistema como um todo. Foram avaliados um indicador de qualidade do solo e um indicador de sustentabilidade em duas propriedades com produção orgânica de café, arborizadas com as espécies *Macadamia integrifolia* (macadâmia) ou *Myroxylon peruiferum* (cabreúva-vermelha), na região norte do Estado do Paraná. O objetivo foi investigar a relação do elemento arbóreo com aspectos do manejo do nitrogênio (N) e com a qualidade do solo, usando um indicador acessível a laboratórios de análise de rotina e ao produtor. Também se buscou uma abordagem mais geral dos sistemas, pela aplicação de um indicador de sustentabilidade, que incluiu a participação de produtores na investigação e interpretação de alguns parâmetros qualitativos do solo, do cultivo e da diversidade do ambiente. O indicador de qualidade do solo Nitrogênio Potencialmente Mineralizável (NPM) foi avaliado por incubação anaeróbia e sua medição pelo método colorimétrico. A propriedade onde o cafeeiro apresentou os teores mais altos do N foliar e o maior aporte de N ao cafeeiro, proveniente da adubação orgânica e principalmente da mineralização da biomassa de plantas espontâneas, também alcançou os teores mais altos do NPM. Este indicador apontou diferenças significativas nas parcelas sob a influência da arborização e nas parcelas a pleno sol, com valores mais altos a pleno sol (25,9 g de $N\text{-}NH_4^+$ Kg^{-1}) em relação às parcelas sombreadas (21,8 g de $N\text{-}NH_4^+$ Kg^{-1}). Na outra propriedade, não foram observadas diferenças significativas dos valores do NPM entre os tratamentos (19,4 e 21,3 g de $N\text{-}NH_4^+$ Kg^{-1}). Os indicadores de sustentabilidade permitiram uma visão geral dos sistemas de produção e, ao mesmo tempo, de fatores específicos mais limitantes, através da comparação, entre as propriedades, dos atributos avaliados.

Palavras-chave: Café orgânico, Nitrogênio Potencialmente Mineralizável, Café sombreado.

SOIL QUALITY AND SUSTAINABILITY INDICATORS IN SHADE-GROWN COFFEE

Author: José Mário Lobo Ferreira
Adviser: Prof. PhD Paulo Emílio Lovato

ABSTRACT

An agroecosystem's ability to generate biomass and promote a efficient nutrient cycling depends on interactions involving soil, climate, organisms and socio-economic components. In order to optimize the mechanisms of these interactions, it is necessary to monitor the quality of natural resources as well as the system as an whole. Indicators of soil quality and sustainability in northern Paraná were applied on two farms with organic coffee production shaded with *Macadamia integrifolia* or *Myroxylon peruiferum*. The objective was to investigate the relation of shade trees with nitrogen (N) management aspects and soil quality, using an indicator available to soil analysis laboratories and to farmers. A systems approach was carried out through the application of a sustainability indicator, which included farmer's participation in evaluating soil quality, crop health and the diversity of ecosystem components. There were ten observation units with shaded and unshaded coffee. The nitrogen mineralization potential (NMP) was measured through anaerobic incubation and colorimetric analysis. The unit with the highest values of N from biomass in resident vegetation and coffee's foliar N, showed the highest value of NMP. This indicator pointed to significant differences between management systems in this unit, with higher values in unshaded coffee (25,9 g of $N\text{-}NH_4^+$ Kg^{-1}) compared with shaded coffee (21,8 g of $N\text{-}NH_4^+$ Kg^{-1}). In the other unit with no significant differences between them, the NMP values were 19,4 and 21,3 g of $N\text{-}NH_4^+$ Kg^{-1}. The sustainability indicator gave an overview of the systems and pointed to most limiting factors, through comparison among farms.

Key words: Organic coffee, Nitrogen Mineralization Potential, Shade coffee

SUMÁRIO **Página**

Lista de tabelas ____ ix
Lista de figuras ____ xi
Lista de anexos ____ xii
Lista de abreviaturas ____ xiv
1 – Introdução ____ 1
2 - Revisão de Literatura ____ 3
2.1 - A abordagem sistêmica dos agroecossistemas ____ 3
2.2 - O agroecossistema cafeeiro ____ 6
2.3 - A arborização do cafeeiro ____ 8
2.4 - O desafio do gerenciamento de aportes do nitrogênio nos agroecossistemas ____ 11
2.5 - Os ciclos do nitrogênio ____ 16
2.6 - O Nitrogênio Potencialmente Mineralizável ____ 20
2.7 – Indicadores de sustentabilidade ____ 24
3 – Objetivos ____ 29
4 - Material e Métodos ____ 30
4.1 – Locais avaliados e características do sistema ____ 30
4.2 – Delineamento experimental ____ 31
4.3 – Variáveis avaliadas ____ 32
4.4 – Preparo e análise das amostras ____ 33
4.4.1 - Coleta, processamento e análise de amostras de solo. ____ 33
4.4.2 - Coleta, processamento e análise de amostras de folhas do cafeeiro. ____ 34
4.4.3 - Coleta, processamento e avaliação da produção do cafeeiro. ____ 34
4.4.4 - Coleta, processamento e análise da biomassa das plantas espontâneas. ____ 34
4.4.5 - Coleta e análise do composto utilizado na adubação do cafeeiro ____ 35
4.5 – Análises do indicador Nitrogênio Potencialmente Mineralizável (NPM) ____ 35
4.5.1 – Determinação do $N\text{-}NH_4^+$, através da medida da absorbância em espectrofotômetro ____ 36

4.6 - Método de avaliação da sustentabilidade do cafeeiro segundo os indicadores de qualidade de solo e saúde do cultivo. 37
4.7 – Procedimentos estatísticos 40
5 - Resultados e Discussão 41
5.1 – Parâmetros químicos do solo 41
5.2 - Teores de nutrientes foliares no cafeeiro 42
5.3 – Aporte de N ao cafeeiro 43
5.4 – Produção do cafeeiro 50
5.5 - Teores de C e N total do solo na profundidade de 0-7.5 cm 52
5.6 – Nitrogênio Potencialmente Mineralizável – NPM 53
5.7 - Indicadores de sustentabilidade 59
6 – Síntese dos resultados 64
7 – Considerações finais e recomendações 65
8 – Referências Bibliográficas 67
9 – Anexos 75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios das análises químicas e do teor de argila de amostras de solos de cafeeiros com sombra e a pleno sol, na profundidade de 0-20 cm em Abatiá. _____ 41

Tabela 2 – Valores médios das análises químicas e do teor de argila de amostras de solos de cafeeiros com sombra e a pleno sol, na profundidade de 0-20 cm em Santa Mariana. 41

Tabela 3 – Valores médios dos teores de nutrientes em folhas de cafeeiros com sombra e a pleno sol, coletadas no mês de janeiro de 2004, em Abatiá. _____ 42

Tabela 4 – Valores médios dos teores de nutrientes em folhas de cafeeiros com sombra e a pleno sol, coletadas no mês de janeiro de 2004, em Santa Mariana. _____ 42

Tabela 5 – Peso seco e teores de N e C da biomassa de plantas espontâneas, coletadas nas entrelinhas dos cafeeiros em abril de 2004 e o número de espécies identificadas por parcelas nos tratamentos, em Abatiá. _____ 45

Tabela 6 – Peso seco e teores de N e C da biomassa de plantas espontâneas, coletadas nas entrelinhas dos cafeeiros em setembro de 2004 e o número de espécies identificadas por parcelas nos tratamentos, em Abatiá. _____ 45

Tabela 7 – Peso seco e teores de N e C da biomassa de plantas espontâneas, coletadas nas entrelinhas dos cafeeiros em abril de 2004 e o número de espécies identificadas por parcelas nos tratamentos, em Santa Mariana. _____ 46

Tabela 8 – Peso seco e teores de N e C da biomassa de plantas espontâneas, coletadas nas entrelinhas dos cafeeiros em setembro de 2004 e o número de espécies identificadas por parcelas nos tratamentos, em Santa Mariana. _____ 47

Tabela 9 – Estimativa da adição de N proveniente dos adubos orgânicos utilizados na propriedade de Abatiá, no período entre 1999 e 2004, e produções de café das safras correspondentes. _____ 49

Tabela 10 – Estimativa da adição de N proveniente dos adubos orgânicos utilizados na propriedade de Santa Mariana, no período entre 1999 e 2004, e produções de café das safras correspondentes. _____ 50

Tabela 11 – Valores médios da produção de café beneficiado em kg ha^{-1} e o rendimento do beneficiamento do café em coco a 12% de umidade, nas parcelas sombreadas e a pleno sol, coletadas em maio de 2004 em Abatiá. _____ 51

Tabela 12 – Valores médios da produção de café beneficiado em kg ha^{-1} e o rendimento do beneficiamento do café em coco a 12% de umidade, nas parcelas sombreadas e a pleno sol, coletadas em maio de 2004 em Santa Mariana. _____ 51

Tabela 13 – Valores médios dos teores de C total, matéria orgânica, N total e a relação C/N das parcelas sombreadas e a pleno sol, das amostras de solo coletadas na profundidade de 0 – 7,5 cm em setembro de 2004, em Abatiá. _____ 52

Tabela 14 – Valores médios dos teores de C total, matéria orgânica, N total e a relação C/N das parcelas sombreadas e a pleno sol, das amostras de solo coletadas na profundidade de 0 – 7,5 cm em setembro de 2004, em Santa Mariana. _____ 53

Tabela 15 – Valores médios do NPM (teores de $N\text{-}NH_4^+$), de amostras coletadas em abril de 2004 (NPM abril), do N inicial, antes da incubação, do NPM e do Δ $N\text{-}NH_4$ de amostras coletadas em setembro de 2004 (NPM setembro), das amostras de solo coletadas na profundidade de 0- 7,5 cm, em Abatiá. _____ 54

Tabela 16 – Valores médios do NPM (teores de $N\text{-}NH_4^+$), de amostras coletadas em abril de 2004 (NPM abril), do N inicial, antes da incubação, do NPM e do Δ $N\text{-}NH_4$ de amostras coletadas em setembro de 2004 (NPM setembro), das amostras de solo coletadas na profundidade de 0- 7,5 cm, em Santa Mariana. _____ 55

Tabela 17 – Coeficientes de correlação entre as análises de NPM, da segunda incubação da amostragem feita em setembro, e do N total do solo, dos teores de N inicial (Ni), do teor da matéria orgânica e do N foliar. _____ 58

Tabela 18 – Valores médios dos teores de $N\text{-}NH_4^+$ determinados pelo método colorimétrico das amostras de solo de cafeeiros em Abatiá, coletadas em setembro de 2004. _____ 58

Tabela 19 – Valores médios dos teores de $N\text{-}NH_4^+$ determinados pelo método colorimétrico das amostras de solo de cafeeiros em Santa Mariana, coletadas em setembro de 2004. _____ 58

Tabela 20 – Coeficientes de correlação entre as análises de NPM realizadas em abril e setembro e entre as incubações das amostras coletadas em setembro. _____ 59

Tabela 21 – Média dos valores atribuídos aos indicadores de qualidade do solo e saúde do cultivo nas propriedades de Abatiá e Santa Mariana. _____ 60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição dos indicadores de qualidade do solo nas propriedades de Abatiá e Santa Mariana. _____ 61

Figura 2: Distribuição dos indicadores da saúde do cafeeiro nas propriedades de Abatiá e Santa Mariana. _____ 62

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Mapa da região norte do Estado do Paraná, com os municípios onde foi realizado o trabalho em destaque. _____ 75

Anexo 2 – Cronograma das atividades realizadas nas propriedades. _____ 76

Anexo 3 – Indicadores de qualidade do solo, características e valores correspondentes. 76

Anexo 4 – Indicadores de saúde do cultivo, características e valores correspondentes. 77

Anexo 5 – Valores de nutrientes do solo considerados adequados para a cultura do cafeeiro. _____ 77

Anexo 6 – Valores de nutrientes foliares considerados adequados para a cultura do cafeeiro. _____ 77

Anexo 7 – Laudo das análises do teor de N e da relação C/N de uma amostra do composto orgânico utilizado em Abatiá coletada em julho de 2004. _____ 78

Anexo 8 – Identificação das espécies de plantas espontâneas e a frequência de ocorrência (%), nas amostragens da coleta realizada em abril de 2004, por sistema de manejo em cada propriedade. _____ 79

Anexo 9 – Identificação das espécies de plantas espontâneas e a frequência de ocorrência (%), nas amostragens da coleta realizada em setembro de 2004, por sistema de manejo em cada propriedade. _____ 80

Anexo 10 – Coeficientes de correlação entre os indicadores NPM e as variáveis: teor de matéria orgânica (MO); N total; relação C/N; N foliar; N da biomassa e o número de espécies dos resíduos vegetais, referente aos tratamentos envolvidos. _____ 81

Anexo 11 – Coeficiente de correlação entre o indicador NPM das amostras coletadas no mês de abril, do NPM das duas incubações das amostras coletadas em setembro, e do N inicial, referente aos tratamentos em cada propriedade. _____ 82

Anexo 12 – Estimativas da média e respectivo erro padrão das variáveis, referentes aos tratamentos em cada propriedade e nas propriedades. _____ 83

Anexo 13 – Resultados da análise de variância (ANOVA), média, coeficiente de variação (CV), R^2 e média do desvio padrão (DPM) de todas as variáveis analisadas em ambas propriedades. _____ 84

Anexo 14 – Imagem: Arborização com macadâmia. _____ 90

Anexo 15 – Imagem: Arborização com cabreúva. _____ 90

Anexo 16 – Imagem: Aspecto geral do cafeeiro na propriedade de Santa Mariana. ___ 90

LISTA DE ABREVIATURAS

cm	centímetro
ed.	edição
et al.	e outros
g	grama
ha	hectare
kg	kilograma
m	metro
m^2	metro quadrado
mg	miligrama
mL	mililitro
v.	volume
B	boro
ANDA	Associação Nacional para Difusão de Adubos
ANOVA	Análise de Variância
C	carbono
Ca	cálcio
Cu	cobre
$Cmol_c\ L^{-1}$	centimol de cargas por litro de solo
Cfa	identificação de clima pela classificação de Köppen
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CIDASC	Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina
CO_2	dióxido de carbono, gás carbônico
CTC	capacidade de troca catiônica
CV%	coeficiente de variação
EM	microrganismos eficientes
Fe	ferro
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
IBD	Instituto Biodinâmico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	potássio
L	litro
Mg	magnésio
Mn	manganês
N	nitrogênio
NH_3^+	amônia
NH_4^+	amônio
NO_3^-	nitrato
N_2O	óxido nitroso
NPM	nitrogênio potencialmente mineralizável
OXFAM	Oxford Committee for Famine Relief
ºC	graus centígrados
P	fósforo
pH	potencial hidrogênico

SBCS	Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
SAS	Statistical Analysis Systems
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
Zn	zinco

1. INTRODUÇÃO

O manejo dos agroecossistemas, numa perspectiva voltada à sustentabilidade, passa pelo uso racional dos recursos naturais, inclusive o solo, através do aumento da eficiência da ciclagem e retenção de nutrientes no sistema. Para isso deve-se considerar a disponibilidade de nutrientes no solo e a capacidade do sistema gerar biomassa vegetal fertilizante.

O monitoramento da capacidade produtiva do solo por produtores e técnicos pode ser aprimorado com o uso de indicadores de qualidade do solo, desde que se abordem as diversas inter-relações dos componentes do solo e do sistema de produção como um todo, com vistas a otimizar os mecanismos destas interações.

Nos agroecossistemas centrados em culturas perenes como o cafeeiro, o manejo de adubos verdes ou plantas espontâneas pode complementar ou substituir o uso de fontes externas de nutrientes. À medida que o espaço entre as linhas do cultivo torna-se mais restrito, com o crescimento do cafeeiro ou o uso de plantios mais adensados, a produção de biomassa vegetal de adubos verdes diminui. A introdução do elemento arbóreo no sistema, desde que conduzido de forma adequada, pode proporcionar a produção de biomassa num dossel acima dos cafeeiros, a minimização do impacto de ventos e de temperaturas extremas, além da possibilidade de se constituírem alternativas de renda ao produtor. As mudanças nas condições de umidade e de temperatura do solo e na ciclagem de nutrientes promovidas pela arborização gera reflexos na atividade microbiana e, conseqüentemente, na taxa de decomposição e de mineralização dos resíduos vegetais.

Este trabalho visa investigar a influência da arborização na qualidade do solo, por meio da utilização de um indicador relacionado com a dinâmica do nitrogênio (N) no solo. O indicador nitrogênio potencialmente mineralizável (NPM) pode apontar diferenças na qualidade do solo ao longo do tempo, bem como entre sistemas de manejo ou em relação a dados referenciais deste indicador em sistemas locais. Ao mesmo tempo, tal indicador pode fornecer um indício do teor de N disponível proveniente da mineralização da matéria orgânica do solo, servindo assim de auxílio para o produtor no gerenciamento de N no sistema de produção e no monitoramento da capacidade produtiva do solo.

A busca da sustentabilidade demanda abordagens abrangentes, visto que os processos de produção agrícola incluem relações sociais, econômicas e culturais, onde o produtor, o consumidor e o técnico têm papéis importantes. O produtor contribui para a geração de conhecimentos, e estes podem ser levados para a universidade e instituições de pesquisa. Visando contribuir para uma avaliação da sustentabilidade relacionada aos aspectos ambientais buscou-se investigar um método prático, para a participação do produtor na avaliação do sistema baseado em um conjunto de atributos da qualidade do solo, da saúde do cultivo e da diversidade do sistema de produção.

O objetivo deste trabalho foi buscar uma abordagem mais geral de dois sistemas com cafeeiros arborizados, através da aplicação de um indicador de sustentabilidade, vinculando-o às relações do elemento arbóreo com aspectos do manejo do nitrogênio e de qualidade do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A abordagem sistêmica dos agroecossistemas

Vários esforços têm sido empreendidos na tentativa de buscar manejos e tecnologias que contribuam para a sustentabilidade dos agroecossistemas, em decorrência da crescente conscientização da sociedade sobre os impactos negativos das atividades agrícolas no meio-ambiente, do uso inadequado dos recursos naturais e da falta de equidade social no modelo de desenvolvimento vigente.

Neste sentido, linhas de pesquisa interdisciplinares vêm sendo utilizadas para abordar os diversos aspectos sociais, econômicos, culturais e ambientais dos agroecossistemas. A sua compreensão requer uma abordagem de processos, incluindo os mecanismos das diversas interações entre os organismos e destes com o ambiente, transcendendo a visão focada em produtos e em reações de causa e efeito. Segundo Resende (2002), na abordagem de um sistema como um todo, suas propriedades não podem ser reduzidas à soma das propriedades das partes que o constituem, pois outras, denominadas emergentes, surgem a partir das interações entre as partes.

A aproximação dos sistemas de produção agrícola com os ecossistemas naturais visa aumentar esta riqueza de interações biológicas e sinergismos, subsidiando a fertilidade do sistema com o aumento da eficiência na ciclagem e retenção de nutrientes e da resiliência dos sistemas, fortalecendo-os diante dos impactos climáticos ou advindos de desequilíbrios de populações de insetos ou de ocorrências de doenças.

Para facilitar a compreensão das diversas inter-relações dentro dos ecossistemas naturais, pode-se destacar quatro processos que formam a base para o seu funcionamento: os fluxos de energia e matéria, a ciclagem de nutrientes, e a diversidade de organismos e suas diversas interações. De acordo com Swift (1999), a produtividade dos ecossistemas é mantida pela interação próxima entre os processos de produção primária, com a transformação da energia proveniente da radiação solar em energia química armazenada nas ligações das cadeias de carbono, e os processos associados com a decomposição e fluxo de nutrientes, intermediados por uma alta diversidade de organismos, diminuindo a

dissipação de energia e conferindo aos sistemas de produção maior estabilidade diante de fatores adversos.

Nos processos de fluxos de energia e matéria, um dos componentes principais, comum aos seres vivos e que propiciou a sua origem, são as cadeias de carbono, constituindo-se no elo entre a produção primária e toda a rede trófica na natureza. São as principais fontes de energia dos organismos, armazenada nas ligações de suas longas cadeias, e também, fonte para a construção das suas estruturas orgânicas. Maturana e Varela (2003) descrevem a importância das cadeias de carbono distintas em tamanho, ramificação, dobradura e composição, possibilitando a formação de redes de reações moleculares, produzindo o mesmo tipo de molécula que as integram, e também limitando o entorno espacial no qual se realizam, constituindo-se os seres vivos.

As atividades agrícolas são permeadas por processos cíclicos, como os ciclos de nutrientes e de matéria e energia. O solo exerce papel fundamental, constituindo-se em uma reserva de carbono, nutrientes e energia. No sistema solo-planta, os nutrientes estão em um estado contínuo de transferências. Plantas os absorvem para a sua utilização nos processos metabólicos, e os retornam para o solo com a queda de ramos e folhas, com a morte de raízes ou com a poda de ramos, através da decomposição e mineralização dos resíduos vegetais por microrganismos. Além da ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta existem outras entradas e saídas de nutrientes, como nos processos de intemperismo das rochas, com a poeira, chuva, com a adição de materiais orgânicos e fertilizantes, com a fixação biológica do N_2 e outras transformações na biosfera, litosfera e hidrosfera. As perdas ocorrem com a erosão, lixiviação, colheitas, volatilização do N e no uso do fogo (Nair, 1999).

A interação dos seres vivos com o ambiente não é determinada somente pelos fatores externos, mas também pela própria estrutura dos organismos. Segundo Scheller (1999), a reação dos organismos a um fator externo não se dá de forma linear, como uma reação direta de causa e efeito. Um organismo possui a possibilidade de desenvolver-se a partir de si, e conquistar novas capacidades, reagindo de forma diferente ao mesmo impulso. De acordo com Maturana e Varela (2003) as possíveis mudanças que resultam da interação entre o ser vivo e o meio são desencadeadas pelo agente perturbador e determinadas pela estrutura do sistema perturbado. Como o sistema é dinâmico, sua

estrutura está em contínua mudança, e por conta destas mudanças, o meio também o está, ocorrendo um acoplamento estrutural, sempre mútuo, onde o organismo e meio sofrem transformações. Dito isto, na intervenção em um agroecossistema deve-se considerar o efeito de uma ação sobre o sistema como um todo, e não apenas em algumas propriedades.

A diversificação dos sistemas de produção com o uso de arborizações, coberturas vegetais variadas e rotações de culturas anuais poderá nutrir um complexo de organismos também diversificado, contribuindo para os mecanismos de homeostase do sistema. Quando sistemas florestais são convertidos para culturas anuais por um período prolongado, ocorre uma diminuição da produção de biomassa, que é a fonte primária de energia e nutrientes para todas as cadeias alimentares, resultando em um empobrecimento químico e biológico do solo (Khatounian, 2001).

As diversas interações entre os componentes do sistema aumentam o grau de complexidade, demandando uma maior quantidade de informações. Diversos indicadores têm sido utilizados para avaliar os impactos das intervenções nos sistemas de produção sobre os recursos naturais e na qualidade do solo, não só através de parâmetros químicos e físicos, que eram a base da interpretação de sua capacidade produtiva, mas também, com o levantamento de parâmetros biológicos e das diversas interações destes com os outros fatores que interferem o sistema. Segundo Swift (1999), pesquisas em fertilidade do solo têm investigado e reconhecido a importância do papel da biota do solo e dos processos relacionados a ela.

O desafio para a ciência é o gerenciamento desta complexidade das inter-relações entre organismos, solo e planta, e o monitoramento dos diversos parâmetros biológicos, químicos e físicos do solo, no sentido de avaliar o desempenho ambiental, considerando ainda, as particularidades sócio-econômicas e culturais de cada sistema.

O cafeeiro possui uma boa adaptação para sistemas diversificados, com o uso da arborização, de consórcios com outras culturas, ou de sistemas de policultivos, tornando-se uma referência para a investigação de sistemas que se aproximem da dinâmica de ciclagem de nutrientes e diversidade encontrada nos ecossistemas naturais.

2.2 O agroecossistema cafeeiro

A cultura do cafeeiro desempenhou um papel fundamental na formação do Brasil, criando e povoando cidades, fazendo-se presente em várias instâncias sociais, políticas e culturais, representando para o país até hoje, uma importante atividade econômica. O Brasil é o maior produtor mundial de café, e possui atualmente cerca de 1.800 municípios onde a cafeicultura é a atividade principal, 2,3 milhões de hectares de cafeeiros em produção, 314 mil hectares em formação e 300 mil propriedades (OXFAM, 2002).

No estado do Paraná, o seu desenvolvimento iniciou-se no final do século XIX e início do século XX, caracterizado pela prática de derrubada e queima da floresta natural, e pelo afluxo de famílias trabalhadoras européias, atraídas pelas plantações de café e algodão (Dean, 1996).

Após as crises de superprodução e da quebra da bolsa de Nova York, no início do século passado, a política do café passou a ser centralizada, inibindo novos plantios de café e promovendo a queima dos estoques excedentes. Após a década de 1930, as áreas de lavoura de café no Brasil, predominantes nos estados de São Paulo e Minas Gerais, diminuíram em quase 50%. A partir daí incentivaram-se novos cultivos, sobretudo na região norte do Paraná. Com a nova intensificação do café, durante o período entre 1950 e 1970, a cafeicultura paranaense atingiu seu apogeu, tornando-se o principal produtor de café do Brasil, com o equivalente a 54% da produção brasileira e 28% da produção mundial no início da década de 60. Após a ocorrência de duas geadas de grande intensidade, nos anos de 1975 e 1977, o eixo da produção nacional de café foi deslocado para uma área de clima menos vulnerável ao frio (Eccardi e Sandalj, 2003). A partir deste período, a cafeicultura no norte do estado do Paraná cedeu espaço para culturas como a soja, milho, trigo e cana de açúcar.

Contrariamente ao mito de que o café é uma cultura predominantemente de grande escala, atualmente, cerca de 43 % da atividade cafeeira é exercida pela agricultura familiar no estado do Paraná (OXFAM, 2002). A produção orgânica tem se tornado uma alternativa econômica importante para as regiões de tradição cafeeira, sobretudo para a agricultura familiar, ao promover uma menor dependência de insumos externos, maior adequação à sua realidade local e melhor remuneração para o produto. Apesar de ainda ocupar pequena

parcela da produção nacional, cerca de 0,55% da área total de café no país, tem apresentado um alto crescimento nos últimos anos. De acordo com o IBGE (Ormond et al., 2002), em 2002 havia 419 produtores e 13.000 ha envolvidos neste tipo de sistema de produção.

A agricultura familiar apresenta algumas vantagens para a adoção do sistema de produção orgânica, como a maior facilidade para o gerenciamento das atividades devido a sua escala, e o melhor aproveitamento da mão de obra. No entanto, a falta de incentivos durante a fase de conversão, tida como um período crítico para o produtor quando ainda não recebe um preço diferenciado pela produção, somada a sua maior aversão ao risco proveniente da adoção de mudanças tecnológicas, constituem-se como importantes entraves. Na produção empresarial, a utilização de mais mão de obra repercute em importante componente do custo de conversão. O médio e grande produtor têm mais dificuldades no manejo agroecológico dos sistemas de produção, os quais demandam uma maior capacidade técnica e gerencial dos funcionários, à medida que se aumenta o grau de complexidade nos processos para a condução dos sistemas de produção. Quanto maior o grau de adoção do pacote do padrão técnico moderno, maior a possibilidade de uma queda de produtividade, quando feita a conversão para o sistema de produção orgânico. (Assis e Romeiro, 2004). A inserção no mercado orgânico, muitas vezes voltado para a exportação, também é outro fator limitante, sendo necessário um bom planejamento para o gerenciamento dos processos de colheita e pós-colheita do café e do seu beneficiamento.

Uma das grandes dificuldades levantadas pelos agricultores nos sistemas de produção orgânica se refere ao gerenciamento do N, considerado o nutriente mais limitante para uma produtividade adequada do cafeeiro. Uma das causas é a necessidade de se adicionar grandes quantidades de adubos à base de esterco, ou de produtos e subprodutos orgânicos de origem vegetal e animal, como resíduos de destilarias, torta de mamona, vermicomposto, entre outros. Em sua maioria, eles são provenientes de fora da propriedade agrícola, oneram os custos e aumentam os riscos de contaminantes para a produção orgânica.

A adubação verde têm sido utilizada nas entrelinhas do cafeeiro, visando a complementação da adubação nitrogenada através da utilização de leguminosas anuais ou semi-perenes. Normalmente, sua utilização fica restrita à fase inicial da implantação da lavoura, à medida que os espaços tornam-se mais reduzidos com o crescimento do cafeeiro

e/ou com uso de plantios mais adensados. A biomassa fertilizadora também pode ser produzida em áreas adjacentes, mas o dispêndio de energia e seu custo monetário podem se tornar altos em decorrência do transporte, preparo, plantio, colheita, aquisição de sementes e mão de obra.

Espécies arbóreas podem contribuir para a adição de N no sistema, através da produção de biomassa em um dossel acima do cafeeiro, que poderá ser disponibilizada com a queda de folhas ou com o manejo de podas. Alguns sistemas de café arborizados apresentaram adições significativas de N através da fixação nitrogenada de espécies leguminosas. Severino e Oliveira (1997) encontraram um input de 49 kg de N ha^{-1} em um período de 4 meses, da espécie arbórea *Inga ingoides* em um sistema agroflorestal com cafeeiro no estado do Ceará.

2.3 A arborização do cafeeiro

O cafeeiro, assim como o cacau, chá verde, baunilha, cardamomo, pimenta, entre outros, é adaptado aos sistemas agroflorestais, utilizados em várias regiões do mundo. Entende-se por arborização do cafeeiro a implantação de um sistema agroflorestal, sendo a cultura do café a atividade principal. De acordo com Azevedo et al. (2002), arborização é o termo usado para o sombreamento ralo dos cafezais, tratando-se de um recurso utilizado para diversificar os monocultivos de cafeeiro.

Sistemas com cafeeiro arborizado são comuns nos países da América central, Colômbia e Venezuela. O cultivo a pleno sol é mais freqüente no Havaí, Brasil e Quênia. As plantas do gênero *Coffea* demonstram uma ampla adaptabilidade para os diversos ambientes e manejos, desde que atendidas as condições mínimas de disponibilidade de água e faixas de temperatura adequadas (Carvajal, 1984). Na sua origem, tanto o café arábica (*Coffea arabica*), proveniente de sub-bosques de plantas caducifólias de regiões montanhosas do centro-leste africano, quanto o café robusta (*Coffea canephora*), oriundo de sub-bosque de florestas tropicais de baixa altitude em uma ampla região da África ocidental até o planalto ugandense (Eccardi e Sandalj, 2003), adequam-se ao sombreamento parcial.

O cafeeiro pode ser utilizado em um sistema multiestratificado ou de policultivo. Para o agricultor familiar, a arborização do cafeeiro pode se constituir em alternativas de renda, sem a necessidade de aumentar a sua área, como, por exemplo, no uso de espécies melíferas, frutíferas, medicinais ou madeireiras. Há um crescente interesse para a arborização dos cafeeiros, estimulado pelas certificadoras de produtos orgânicos e de certificadoras específicas para produtos originados de sistemas de produção que preservam espécies arbóreas em extinção ou que servem de habitat para aves migratórias.

No Brasil, os estudos sobre o efeito da arborização na produção do cafeeiro são mais recentes. De acordo com Ricci et al. (2004), os poucos estudos realizados em meados do século passado eram feitos com sombreamento muito denso, resultando na redução da produção do cafeeiro, o que serviu de desestímulo para a implantação de sistemas arborizados no país e a continuidade desta pesquisa, diferentemente do que ocorreu nos países produtores na América Central, Colômbia e Venezuela. Nas regiões sul e sudeste do Brasil, a maioria das lavouras é constituída por monocultivos de café arábica a pleno sol. Nas regiões norte e nordeste, de clima mais quente e com o predomínio do café robusta, a arborização é mais utilizada, favorecendo o aspecto vegetativo e a produtividade no longo prazo quando comparado ao sistema a pleno sol (Azevedo et al., 2002).

Segundo Alvarenga e Guimarães (1998), a utilização de espécies arbóreas vem ganhando mais atenção no Brasil nos últimos anos, visando principalmente aumentar a proteção do cafeeiro contra geadas e da ação dos ventos, atenuar temperaturas acima do ideal, proporcionar ao produtor uma renda adicional, atender ao mercado de cafés especiais que visam a preservação de flora e fauna e o fornecimento de nutrientes ao sistema, principalmente com a utilização de leguminosas. Entretanto, para alcançar bons resultados na implantação de um sistema arborizado, devem ser considerados aspectos como a identificação das espécies e espaçamentos mais adequados para as condições ecológicas de cada região, no sentido de evitar perdas na produtividade do cafeeiro decorrentes de uma possível competição por nutrientes, luz ou por processos de alelopatia.

A utilização de uma espécie leguminosa com capacidade de fixação de nitrogênio por processos simbióticos, sem um levantamento adequado dos fatores descritos acima, pode proporcionar ao produtor um custo maior que o seu benefício. Outros fatores que devem ser considerados antes da implantação da arborização são a capacidade do solo de

fornecer nutrientes ao sistema, topografia, posição do relevo, altitude, temperatura, umidade relativa, disponibilidade de mudas na região, disponibilidade de mão de obra para a implantação e manejo, adaptabilidade da cultivar de café, arquitetura da copa e da raiz das espécies arbóreas e a sua adaptabilidade para o manejo de podas.

O grau de modificação micro-climática depende do grau da intensidade da sombra e também das condições climáticas do local. A homogeneidade da sombra também é um fator importante, sombras homogêneas são encontradas em cafeeiros onde as copas das árvores para sombreamento se tocam. Se este sombreamento for excessivo, não vai haver uma produtividade adequada. No manejo de podas para a diminuição do sombreamento, recomenda-se o corte seletivo de ramos, para evitar uma mudança abrupta do nível de sombreamento (Muschler, 1999).

A arborização vai conferir mudanças fisiológicas no cafeeiro. Rena e Maestri (1986) relataram o efeito do sombreamento na indução de um aumento da área foliar do cafeeiro e na diminuição da diferenciação floral. No cafeeiro a pleno sol, principalmente com espaçamentos mais largos, o florescimento é abundante na maioria das condições de radiação no país, além da característica de uma alta retenção de frutos após a polinização. Visto que o cafeeiro não regula naturalmente a carga de frutos ou a razão folha/fruto, pode ocorrer o depauperamento da planta, pois reservas de carboidratos e os compostos produzidos pela fotossíntese são, preferencialmente, canalizados para o desenvolvimento dos frutos (Rena et al., 1998). Mesmo com o fornecimento de nutrientes nas quantidades adequadas ao cafeeiro, o sistema de manejo a pleno sol normalmente proporciona uma alternância de safras altas e baixas, denominada ciclo bienal de produção. Os sistemas com arborização permitem uma produção mais constante e o aumento da longevidade do cafeeiro por evitar o estresse advindo de uma superprodução, características dos ciclos bienais a pleno sol. Outro aspecto ligado à regularidade da produção vincula-se aos nutrientes exigidos pela planta. Um dos grandes interesses em relação à presença do elemento arbóreo no cafeeiro é a relação deste com o aumento da eficiência na ciclagem de nutrientes, sobretudo do N.

2.4 O desafio do gerenciamento de aportes do nitrogênio nos agroecossistemas cafeeiros

O N ocupa uma posição única entre os elementos classificados como essenciais para o desenvolvimento de plantas e para o crescimento da população dos microorganismos, em razão da grande quantidade demandada e de sua baixa disponibilidade, o que o torna um dos nutrientes mais limitantes à produtividade da maioria das culturas.

Para uma produtividade considerada adequada, de 30 sacos por ha, recomenda-se uma adubação nitrogenada entre 160 e 300 kg de N por ha. (Matiello et al., 2002, Ribeiro et al., 1999, e IAC, 1997). A cultura cafeeira consumiu no ano de 2003, aproximadamente 1,38 milhões de toneladas de adubo solúvel industrializado (formulações NPK), quarta posição entre as culturas agrícolas, atrás apenas das culturas de soja, milho e cana-de-açúcar (ANDA, 2004). Dada a sua dimensão, o manejo inadequado de nutrientes, sobretudo o N, pode causar grandes impactos ambientais, como a contaminação de lençóis freáticos e cursos de água, a poluição atmosférica e alterações da atividade biológica no solo.

Há um crescente interesse em práticas de manejo da adubação que buscam diminuir as perdas de nutrientes no sistema, espelhando-se na dinâmica dos ciclos de nutrientes dos ecossistemas naturais. Segundo Nair et al. (1999), nestes sistemas a mineralização ocorre em sincronia com a absorção de elementos pelas plantas, entretanto, nos sistemas mal manejados tal sincronia pode ser interrompida, e perdas vão ocorrer.

A exposição do solo, decorrente da eliminação de plantas espontâneas (ou de cobertura), pode levar ao decréscimo dos teores de matéria orgânica, o principal reservatório de N no solo. Além do fornecimento de nutrientes para as plantas, a matéria orgânica contribui para a estabilidade dos agregados, na infiltração e retenção de água, na resistência à erosão, na atividade biológica e na capacidade de troca catiônica (CTC). Aumentos nos teores da matéria orgânica ocorrem com a adição de compostos de carbono produzidos pelo processo da fotossíntese, enquanto as perdas ocorrem principalmente pela liberação de CO_2 na respiração da biomassa microbiana, durante a decomposição dos resíduos vegetais e da matéria orgânica do solo, e pela lixiviação e erosão de compostos orgânicos (Mielniczuk, 1999).

Um dos indicadores do manejo do solo com relação ao fornecimento de nutrientes no sistema de produção agrícola é a medida do teor de carbono orgânico do solo. Porém, as mudanças dos teores deste elemento no solo se dão de forma lenta. Segundo Resende et al. (2002), este teor é resultante do balanço entre incorporação e decomposição da matéria orgânica, sob condições ótimas para a atividade microbiana. Normalmente o material orgânico é decomposto tão rapidamente que não há acumulação significativa. A acumulação ocorre quando a produção ou adição de matéria orgânica é alta, ou quando há restrições para a sua decomposição, como a falta de água, baixas temperaturas, deficiência de oxigênio ou carência de nutrientes. A associação entre compostos orgânicos e a argila também dificulta a sua decomposição.

O manejo inadequado do solo pode levar à compactação da camada mais superficial, com consequências negativas na eficiência da ciclagem de nutrientes. A decomposição anaeróbia é mais lenta e menos eficiente que a decomposição em condições aeróbias. Segundo Schnitzer e Khan, (1978), entre 2 e 5 % do substrato de C é assimilado pelas bactérias anaeróbicas, comparado à taxa de 30 a 40 % pelos fungos e bactérias em sistemas aeróbios.

Nos ecossistemas das regiões tropicais, o compartimento da matéria orgânica constituído pela biomassa microbiana é bem maior que nas regiões de clima temperado, pois as taxas de reciclagem são maiores, incluindo-se estruturas de adaptações biológicas que conservam nutrientes, como as simbioses mutualísticas entre microrganismos e plantas. Com a diminuição desta estrutura biótica, os nutrientes perdem-se mais rapidamente (Odum, 1986). Segundo Loomis e Connor (1998), o tamanho da biomassa microbiana pode chegar a uma faixa de uma a seis toneladas de matéria seca por hectare. Admite-se que uma grande quantidade de N fique guardada nesta reserva, entre 67 e 420 kg de N ha^{-1}, visto que a biomassa microbiana tem uma relação C/N próxima à faixa de 6,7.

De um modo geral, quanto melhor a estrutura do solo, maior a biomassa microbiana ativa, maior a quantidade de substâncias facilmente trocáveis no solo, e maior a quantidade de N mineralizado e disponibilizado para as plantas, proveniente da matéria orgânica. O suprimento de N às culturas muitas vezes depende mais da atividade metabólica do solo do que do conteúdo do N total do solo. Por outro lado, esta atividade é extremamente dependente de como o solo é manejado. O aumento na quantidade de adições de resíduos

vegetais no sistema de produção, em condições adequadas de temperaturas, aeração e suprimento de água propicia o crescimento da atividade e da população dos microrganismos. Estes por sua vez, incrementam a ciclagem de N no solo, diminuindo a necessidade de adições deste nutriente através do uso de fertilizantes (Scheller, 1999).

Quanto maior a biodiversidade dos sistemas de produção agrícola, maior a conservação das estruturas de inter-relações entre os organismos no solo e, por conseguinte, a conservação de nutrientes. Segundo Mielniczuk (2003), o solo é um sistema aberto, através do qual passam fluxos de energia e matéria promovendo processos de organização em diferentes níveis. Quando ocorre um grande aporte de energia e matéria entrando no sistema, através da produção de biomassa vegetal, criam-se condições para uma auto-organização do sistema, com níveis de ordem sucessivamente mais elevados, atingindo estruturas mais complexas e diversificadas. Como consequência podem surgir propriedades emergentes, como a resistência à erosão hídrica, o aumento do estoque de nutrientes e resistência às perturbações do meio. Estas propriedades promovem um aumento da capacidade produtiva do solo, e, por conseguinte, um aumento da produção de biomassa vegetal, favorecendo uma retroalimentação de energia e matéria geradoras de ordem. Se a magnitude do fluxo é baixa, o sistema se organiza em estruturas menores e mais simples. A diversidade da comunidade vegetal também traz outros benefícios, como a atração de inimigos naturais de pragas do cafeeiro, o fornecimento de rendas alternativas ao produtor e a extração de nutrientes em zonas de influência diversificadas, causando estímulos diferenciados na biota do solo.

Sistemas de produção que propiciam condições adequadas para a atividade microbiológica no solo, podem fornecer um aporte significativo de N aos cultivos. O uso de leguminosas pode complementar este aporte por meio da fixação de nitrogênio atmosférico por bactérias, principalmente do gênero Rhizobium, e também à grande produção de biomassa e ao sistema radicular pivotante, capaz de extrair nutrientes nas camadas mais profundas. A quantidade de nutrientes acumulada é proporcional à quantidade de biomassa produzida pelas leguminosas, variando entre as espécies a eficiência de absorção (Favero et al., 2000). No entanto, espécies vegetais espontâneas podem promover os mesmos efeitos de cobertura do solo, produção de biomassa e ciclagem de nutrientes que as espécies introduzidas ou cultivadas para a adubação verde. Segundo o trabalho de pesquisa do autor

acima citado, parcelas contendo plantas espontâneas tiveram uma produção de biomassa e acúmulo de nutrientes menor que parcelas com leguminosas anuais, porém, apresentaram teores mais altos de potássio, fósforo e magnésio. Muitas plantas espontâneas são eficientes na extração de nutrientes do solo e possuem uma capacidade seletiva de absorção, variável com cada espécie. Alguns exemplos são os teores mais altos de K e Mg na beldroega, de Mg no caruru e N no amendoim bravo em relação à cultura comercial (Guimarães et al., 2002).

Segundo estudos realizados no Paraná, um grande número de leguminosas utilizadas como adubo verde apresentaram boa capacidade de fixação de N_2, com potencial para a redução da utilização de fertilizantes minerais solúveis (Pavan e Chaves, 1998). Chaves (2000) observou em cafeeiros conduzidos em espaçamento 4 m x 2 m durante dez anos, uma melhora na nutrição e no rendimento do cafeeiro com o emprego de adubação orgânica e da leucena (*Leucaena leucocephala*) na adubação verde, em comparação à adubação química. Ocorreram aumentos nos teores de P, Ca, Mg, K e Co no solo com a utilização da adubação verde, e a contribuição para o fornecimento ao cafeeiro foi equivalente a 130 kg N ha^{-1}.

Nye e Greenland (1960) observaram incrementos de cerca de 110 Kg de N ha^{-1} ano^{-1} em sistemas de cultivo com pousio na África. Os autores consideraram como principal fonte de adição de N no sistema a fixação biológica de bactérias simbiontes e/ou de vida livre. Como a proporção de espécies arbóreas leguminosas observada foi em torno de 25%, e considerando que muitas destas espécies não fixam nitrogênio, existe a possibilidade de uma contribuição considerável proveniente de organismos de vida livre, como *Azotobacter* spp, *Beijerinckia* spp, *Clostridia* spp, entre outros, ou de simbioses com espécies não leguminosas.

Para se obter um alto índice de fixação biológica de nitrogênio, além de uma condição adequada de temperatura, umidade e aeração para uma boa atividade microbiana, é necessário uma alta produção de material carbonáceo para prover energia. Se esta produção é proveniente de espécies vegetais diversificadas, refletindo-se em uma diversificação equivalente da microbiota do solo, é possível alcançar uma ciclagem eficiente de nutrientes, possibilitando um aporte adequado de N ao cultivo.

Uma das dificuldades enfrentadas pelos produtores é com relação à estimativa da disponibilização de nutrientes ao cafeeiro, provenientes da adubação orgânica e da biomassa vegetal de plantas espontâneas e da arborização. Com relação aos adubos orgânicos, a falta de padronização impede uma estimativa mais precisa da quantidade de N disponibilizada para os cultivos, principalmente quando são produzidos dentro da propriedade. Normalmente os materiais apresentam uma alta heterogeneidade devido a baixa uniformidade na composição das pilhas de compostagem. O teor de N do esterco utilizado nas pilhas pode variar de acordo com a época do ano, a idade do rebanho, a qualidade do pasto, a utilização de ração, volumosos, silagem, etc. O dimensionamento inadequado, mesmo para estes adubos, pode levar a um excesso de N, com conseqüências ao meio ambiente, além de promover desequilíbrios nutricionais no cafeeiro. Por outro lado, se o fornecimento de N for insuficiente, ocorre queda da produção.

Quanto à disponibilização do N através da adição da biomassa vegetal, seu dimensionamento é dificultado pelos diversos fatores que interferem nos mecanismos de fixação biológica do nitrogênio, suas interações simbióticas com micorrizas, a disponibilização de nutrientes via produção e decomposição da matéria orgânica e a assimilação de nutrientes de camadas mais profundas, intermediada pelo elemento arbóreo (Nair et. al., 1999). Dentre os fatores mais importantes que influenciam a decomposição de resíduos e a subseqüente disponibilização de N às culturas, destacam-se a qualidade de resíduos vegetais, as condições climáticas e edáficas e a atividade microbiana (Matta-Machado et al., 1994).

A vegetação é a principal responsável pela deposição de materiais orgânicos no solo, principalmente através da queda de restos culturais e de material morto do dossel, formando a serrapilheira, e da rizodeposição no solo próximo às raízes. O tipo de vegetação e as condições ambientais são os fatores determinantes da quantidade e qualidade do material depositado na superfície (Moreira e Siqueira, 2002). Os agroecossistemas cafeeiros apresentam uma gama de variações em relação ao espaçamento, ao manejo de podas, à utilização de plantas arbóreas, ao manejo de plantas espontâneas, entre outros. Tudo isso irá interferir nos fatores mencionados acima.

No planejamento para o manejo da biomassa proveniente das plantas espontâneas ou de leguminosas, cabe avaliar o ponto de corte ideal de acordo com a estimativa dos

teores de C e N do material. A adição de materiais com uma relação C/N alta pode causar uma competição dos microrganismos com o cultivo pelo N, interferindo também na velocidade de decomposição e mineralização. Materiais com relação C/N mais alta sofrerão uma decomposição mais lenta, liberando a princípio pouco nitrogênio e ao final gerando maior porção de húmus (Kiehl, 1985).

Os agroecossistemas cafeeiros com arborização podem obter um aproveitamento mais eficiente dos aportes de energia na forma de radiação solar e de nutrientes, através da produção de biomassa nos vários estratos de vegetação, da maior proteção do solo e da maior diversificação do sistema. Segundo Mafongoya et al. (1998), alguns índices baseados na qualidade dos compostos de C estão sendo desenvolvidos para que se possa fazer uma previsão da taxa de decomposição e da disponibilidade de nutrientes provenientes da poda de ramos da arborização ou da serrapilheira. Os resíduos são fracionados e categorizados de acordo com a constituição química e facilidade para a sua decomposição pela ação dos microrganismos do solo, com o objetivo de se obter uma informação mais precisa, comparada aos dados mais tradicionais, como a relação C/N destes materiais. Algumas espécies arbóreas apresentam uma quantidade maior de compostos de C menos lábeis, o que resultaria em taxas mais baixas de decomposição, mineralização e disponibilização de nutrientes aos cultivos.

A eficiência do gerenciamento do N nos cafeeiros depende da compreensão dos ciclos do N nos agroecossistemas, evitando ao máximo as perdas deste elemento no processo produtivo. Segundo Babbar e Zak, (1993), a arborização do cafeeiro pode apresentar diferenças significativas na quantidade de resíduos vegetais adicionados ao sistema, na temperatura do solo e no potencial de retenção de água em relação a cultivos a pleno sol, refletindo-se nos processos cíclicos do N.

2.5 Os ciclos do nitrogênio

As entradas e saídas do N nos sistemas de produção passam pela mineralização da matéria orgânica, exercida pela atividade microbiana, através da degradação das formas orgânicas desse nutriente. Os microrganismos desenvolveram vários caminhos para a utilização dos diversos compostos nitrogenados encontrados no solo, como no processo de

mineralização do N da matéria orgânica formando a amônia (NH_3), da oxidação do amônio (NH_4^+) em nitrato (NO_3^-), da redução do nitrato em N_2 e da redução do gás N_2 em amônia. Segundo Camargo et al. (1999), a principal característica nos ciclos de N é a interação entre as atividades dos organismos autotróficos e heterótrofos, onde este elemento é repetidamente utilizado pela circulação contínua entre a fase onde ocorre a fotossíntese, com a transformação da energia solar em energia química armazenada na biomassa vegetal, e a fase quando os resíduos vegetais são incorporados no solo e utilizados como fonte de carbono e energia pelos microrganismos, ocorrendo a transformação do N orgânico para formas inorgânicas, que poderão ser absorvidas pelas plantas.

O nitrato e o amônio são as principais fontes de N inorgânico absorvido pelas raízes das plantas superiores. Para a biossíntese de aminoácidos, o nitrato tem que ser reduzido. Apesar do gasto de energia envolvido nesta reação, a maioria das plantas apresenta um maior crescimento com a adição de nitrato em comparação com o amônio (Loomis e Connor 1998). Nitritos (NO_2^-) e alguns compostos orgânicos simples, contendo compostos aminados, também podem ser absorvidos, mas em uma proporção pequena. Plantas como o arroz e algumas plantas durante a fase inicial, como o algodão, preferem a forma de amônio, enquanto que as outras culturas absorvem preferencialmente o nitrato (Schnitzer e Khan, 1978).

A maior parte do amônio é incorporada nas raízes, enquanto que o nitrato é transportado pelo xilema, podendo ser armazenado nos vacúolos das raízes, brotações e órgãos de armazenamento. O seu acúmulo nestes órgãos tem importância relacionada à qualidade de vegetais e forrageiras, e quanto à segurança em relação aos níveis de toxicidade de nitrato para o consumo humano e de animais. Plantas do tipo C_4 têm maior eficiência na redução do nitrato, com menor dispêndio de energia (Marschner, 1995).

Uma das entradas do N nos sistemas de produção é através da fixação do N atmosférico. A molécula N_2 é bastante estável, para a sua disponibilização, é necessário um alto dispêndio de energia para a combinação direta de N e H, sob alta pressão em presença de um catalisador. Compostos de nitrogênio formam-se a partir de N livre pela ação dos relâmpagos, resultando em óxidos de nitrogênio que são levados para o solo pela chuva. Em alguns agroecossistemas a adição deste elemento proveniente de relâmpagos é

significativa, chegando às quantidades de 5 a 20 kg de N ha^{-1} ano^{-1}, segundo Moreira e Siqueira (2002).

A fixação biológica é realizada por algumas bactérias que possuem a capacidade, altamente especializada, de assimilar o N da atmosfera e convertê-lo quimicamente para a sua utilização nas células. As bactérias simbióticas de seis gêneros agrupados sob o termo rizóbio (Hungria et al., 1999) são as mais importantes em termos de quantidades totais de N fixado. Bactérias não simbióticas fixadoras de N são comumente encontrada nos solos. Outro grupo importante constitui-se nas cianobactérias, importantes para o cultivo de arroz, e que também podem desempenhar um importante papel ecológico na fixação do N nos oceanos.

O nitrato pode ser convertido para formas gasosas de N_2O ou N_2, sob condições anaeróbicas, através das bactérias dos grupos Alcaligenes e Pseudomonas. Este processo, denominado denitrificação, é a principal rota de retorno deste elemento para a atmosfera, do contrário, o teor de N na atmosfera seria decrescente.

Grande parte do N encontrado no solo provém de materiais orgânicos mortos, sob a forma de compostos orgânicos. Cerca de 95%, encontra-se em compostos complexos, de difícil separação e identificação bioquímica, denominados compostos de N recalcitrante ou fração não lábil, portanto, somente uma pequena parte pode ser mineralizada pela microbiota do solo (Camargo et. al, 1999). De acordo com Schnitzer e Khan, (1978), apenas 25 a 50 % do total do N no solo foram identificados, sendo entre 20 e 40% compostos de aminoácidos, e entre 5 e 10 % de aminoaçúcares. As dificuldades na identificação destas substâncias, segundo os autores, estão nas análises dos complexos formados por ligações ligno-proteicas e reações de ligninas com amônio, de carboidratos com compostos aminados, nitratos com a matéria orgânica, taninos com proteínas, compostos fenólicos com aminoácidos, além de compostos orgânicos protegidos pela argila. A complexação destes compostos dificulta o ataque de microrganismos, uma vez que a energia despendida por estes para o acesso de substâncias nutritivas é maior do que as fornecidas por estes compostos. Daí a tendência de uma maior estabilidade nos teores de N total e C no solo.

Os compostos nitrogenados mais facilmente decomponíveis são transformados em substâncias mais simples por microorganismos no solo. Bactérias saprofíticas e várias

espécies de fungos utilizam as proteínas e aminoácidos como fonte para a síntese de suas próprias proteínas, liberando o excesso de N sob a forma de amônia, dissolvida na água do solo, onde se combina a prótons para formar o íon amônio. O N na forma de amônio é convertido em nitrato pela ação de bactérias nitrificadoras.

Os ciclos do N passam pela mineralização da matéria orgânica e dos resíduos vegetais realizada pelos microrganismos, com exceção da deposição atmosférica de amônia e ácido nítrico (reação de óxidos de N com umidade na atmosfera) através da chuva. Pode-se inferir que a dinâmica do N nos sistemas de produção agrícola está diretamente ligada a atividade microbiológica do solo, que por sua vez depende da qualidade do solo.

A fração do N da matéria orgânica que pode ser mineralizada pela atividade microbiana é denominada lábil. Esta fração é importante para a qualidade ambiental, pois podem ocorrer perdas deste elemento, provocando a poluição da água e da atmosfera, ocasionada pelo seu manejo inadequado. As atividades agrícolas podem aumentar estas perdas, principalmente nos processos erosivos das camadas superficiais do solo, onde se concentra a matéria orgânica, e com a lixiviação de nitratos, bastante solúveis em água, com alto potencial poluidor de cursos de água e lençóis freáticos (Doran e Safley, 1997)

A fração lábil da matéria orgânica é a mais importante para o gerenciamento do N nos sistemas agrícolas devido à disponibilização do nitrogênio potencialmente mineralizável. Esta fração pode ser dividida em três compartimentos: o N da biomassa microbiana, o N da fração orgânica altamente susceptível de sofrer decomposição biológica, e o N estável. Neste último compartimento, o N está protegido pela incorporação física de agregados de média a grande escala. Estes agregados podem sofrer ruptura, ocorrendo em várias intensidades, através dos ciclos de umedecimento e secagem, frio e calor, e com o revolvimento do solo nas práticas agrícolas, disponibilizando N para os processos de mineralização (Duxbury e Nkambule, 1994).

A fração não lábil da matéria orgânica, correspondente ao N não hidrolisado ou recalcitrante, faz parte das interações entre a matéria orgânica e os componentes minerais do solo no nível de escala molecular, consideradas a mais importante força de ligação entre os pequenos agregados.

As dificuldades do desenvolvimento de testes para a avaliação da disponibilidade do N do solo decorrem da complexidade de fatores que influenciam a taxa de decomposição da

matéria orgânica, como a temperatura, umidade, aeração, pH, nível de nutrientes no solo, qualidade dos resíduos orgânicos, entre outros. Alterações também podem ocorrer durante o manuseio das amostras de solo: na coleta, transporte, armazenagem, pré-tratamento e durante as análises devido à alta mobilidade deste elemento (Dahnke e Vasey, 1986).

Camargo (1999) aponta a necessidade de se buscar parâmetros que auxiliem no desenvolvimento de práticas adequadas de manejo, a fim de se obterem dados quantitativos que sirvam de auxílio para estabelecer adequadamente recomendações economicamente viáveis do fornecimento de N aos sistemas de produção.

2.5 O Nitrogênio Potencialmente Mineralizável

O nitrogênio potencialmente mineralizável (NPM) corresponde à fração do N que pode ser prontamente absorvida pelas plantas, a partir da mineralização das reservas da matéria orgânica, identificada também como a fração lábil. Segundo Feigenbaum et al. (1986), a quantidade de N mineralizado é considerada significativa no suprimento deste nutriente para as lavouras. Há um interesse crescente em relação à fração do NPM, em função da estimativa do suprimento de N para o cultivo, da possibilidade de utilização deste índice como indicador de qualidade do solo e de sua ligação com os aspectos ambientais, uma vez que as perdas de N ocorridas no sistema podem levar à poluição da água e da atmosfera (Duxbury e Nkambule, 1994).

Na busca da eficiência no gerenciamento do N nos agroecossistemas, é fundamental que o solo alcance o seu potencial produtivo. Esta capacidade produtiva é caracterizada pela multifuncionalidade, diversificação, complexidade e riqueza de relações e estruturas. Através das relações e interações entre os diversos elementos que compõem os agroecossistemas, como o solo, organismos, clima e os aspectos sócio-econômicos, surge a possibilidade do sistema como um todo funcionar adequadamente e atingir a qualidade. No ambiente solo ocorrem as ciclagens de nutrientes e criam-se as condições de retenção de umidade, aeração e fornecimento de nutrientes. Os organismos realizam a decomposição e mineralização dos resíduos vegetais, e na produção da biomassa pelos vegetais, os fatores climáticos mais importantes são a radiação solar, a temperatura, umidade, precipitação,

entre outros. Finalizando, existe o caráter antrópico, expresso através do manejo dos sistemas de produção.

A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade de uma classe específica de solo realizar, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, várias funções intrínsecas e extrínsecas, representadas por um conjunto de propriedades físicas, químicas e biológicas, que juntas vão prover um meio para sustentar a produtividade das plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade da água e do ar, e sustentar a saúde e habitação do homem (Larson e Pierce, 1994).

Segundo Rapport et al. (1997), existe uma aparente relação da saúde do ecossistema com a biodiversidade nos solos, a ciclagem de nutrientes e a produtividade. A qualidade do solo aborda uma complexidade de diversas inter-relações dos fatores citados acima, e, portanto, seus indicadores também serão complexos. De acordo com Pankhurst et al. (1997), os indicadores de qualidade do solo deveriam apresentar as seguintes propriedades: ser ligados ou correlacionados aos processos dos ecossistemas, integrar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, possuírem uma facilidade e custos viáveis para a sua medição e avaliação, reagirem às variações de manejo e clima em uma escala de tempo apropriada, e que componham um banco de informações de dados já existentes sobre a qualidade de solos ou que se busque um ponto de referência local.

Muitas evidências vêm sendo levantadas com relação ao potencial do uso de parâmetros biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo. Estes parâmetros possuem um grau de sensibilidade suficiente para apontar estresses ambientais e mudanças ou progressos na estrutura e na fertilidade do solo em um curto período de tempo, quando acompanhados da determinação de alguns parâmetros físicos e químicos do solo, como a textura, pH, saturação de bases, entre outros (Valarini et al., 2003).

A utilização de parâmetros biológicos, como a biomassa microbiana, enzimas, identificação da microfauna, entre outros, muitas vezes exige uma maior disponibilidade de tempo para a apuração dos resultados. Segundo Duxbury e Nkambule (1994), a biomassa microbiana é ao mesmo tempo um agente de transformações dos resíduos orgânicos e da matéria orgânica do solo, e um receptor ou fornecedor de nutrientes, à medida que muda o seu tamanho. Uma das dificuldades da utilização da biomassa microbiana como um indicador de qualidade do solo é que o seu tamanho pode ser influenciado pela

disponibilidade e pela qualidade do substrato, podendo haver elevações temporárias, mesmo em solos degradados. Outro fator que pode complicar a sua avaliação como indicador de qualidade de solo é a condição de umidade do solo.

Teores de matéria orgânica também podem ser utilizados como indicador de qualidade do solo e de sustentabilidade dos sistemas de produção partindo da definição de um teor crítico, a partir do qual a qualidade do solo fica comprometida, variando de solo para solo. Como o conteúdo da matéria orgânica no solo muda de forma muito lenta ao longo do tempo, têm sido propostos alguns indicadores de qualidade do solo que procuram identificar compartimentos da matéria orgânica que melhor expressem as alterações no manejo do solo (Mielniczuk 2003).

Práticas para o incremento da matéria orgânica do solo e dos diversos benefícios à qualidade do solo, relacionadas ao seu aumento, vão ser detectadas depois de alguns anos, dificultando a sua relação direta com aumentos de produtividade na colheita. De acordo com Swift (1999), os benefícios de tecnologias de gestão dos recursos naturais geralmente são mais difíceis de serem estimados do que os custos.

A mineralização do N orgânico do solo ocorre sob distintas velocidades, sendo diretamente relacionadas com o caráter lábil ou recalcitrante das frações e com atividade dos grupos microbianos que as utilizam (Camargo et al., 1997). Ela tem sido sugerida como um indicador útil para a qualidade do solo, já que tanto a acumulação quanto a mineralização do N no solo são predominantemente processos biológicos (Sparling, 1997). Este indicador parece atender a algumas características desejáveis como a integração das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, a possibilidade de ser utilizado em laboratórios de análise de rotina de solos, com baixo custo e procedimentos simples, necessitando de períodos curtos para a sua determinação, com sensibilidade suficiente para detectar variações provocadas por diferentes manejos nos agroecossistemas.

O indicador de qualidade NPM é uma medida da quantidade de N mineralizado sob condições ótimas de umidade e temperatura, em função das condições edáficas, do sistema de manejo e da quantidade e qualidade dos resíduos vegetais. Segundo Camargo et al. (1999), é uma estimativa da provável liberação de N-mineral da reserva orgânica do solo para a solução em um determinado tempo.

É difícil determinar um valor específico do N potencialmente mineralizável que pode definir a qualidade do solo (Sparling, 1997). Normalmente, são utilizadas referências locais, principalmente em solos com pouca ou nenhuma interferência de atividades agrícolas. Vargas e Scholles (2000) concluíram que a mineralização do N mostrou-se mais sensível do que a biomassa e atividade microbiana, em um trabalho de pesquisa com alguns sistemas de manejo no Rio Grande do Sul, utilizando diferentes sistemas de preparo, de sucessões de culturas, profundidades e épocas de amostragem.

A quantidade de N mineralizado depende de fatores como temperatura, umidade, aeração e quantidade e natureza do material orgânico presente. Através da incubação feita em laboratório, pretende-se homogeneizar os primeiros três fatores (Camargo et al., 1997). Existem incubações aeróbias de longa duração para estimar a fração potencial líquida de mineralização por meio de um modelo matemático que indica a parcela do N-orgânico mineralizada em um determinado tempo. O método de incubação aeróbica para a estimativa do NPM normalmente leva entre 12 e 32 semanas de incubação. Uma de suas desvantagens é o longo período de incubação e a dificuldade para manter as condições ideais durante este processo, principalmente com relação ao grau de umidade. Por mais próximo que se chegue das condições de campo, o método sempre será um indicador do potencial do solo de suprir N às plantas.

Métodos de incubação anaeróbia foram desenvolvidos com o objetivo de propiciar uma incubação mais simples e mais rápida, sem a necessidade de manter as amostras na condição ideal de umidade. O método baseia-se na variação das quantidades de $N\text{-}NH_4^+$ (Δ $N\text{-}NH_4^+$) entre o início e o final da incubação a 40º C de 5 g de solo seco ao ar, em condições anaeróbias durante sete dias (Bundy e Meisinger, 1994)

Experimentos de incubação aeróbia e anaeróbia têm sido utilizados para avaliar a dinâmica de N e sua taxa de mineralização e disponibilização para cultivos provenientes não só da fração da matéria orgânica do solo, mas também de insumos e resíduos orgânicos, utilizados na adubação das culturas, como, por exemplo, lodo de esgoto, tortas, cascas, dejetos de suínos e cama de aves. Segundo Boeira e Maximiliano (2004), em um estudo onde foi utilizado lodo de esgoto, o método de incubação anaeróbia teve uma correlação significativa com o método de incubação aeróbia, mostrando-se adequado para a avaliação da fração de mineralização de N orgânico nesse material.

O indicador NPM pode servir também como uma referência para a estimativa da quantidade de N que poderá ser disponibilizada ao cultivo a partir da reserva da matéria orgânica, auxiliando o gerenciamento do N nos sistemas de produção. Segundo Dahnke e Vasey (1986), algumas universidades norte americanas utilizam os dados de teores de N-NO_3, N-NH_4^+, juntamente com o teor de umidade, produtividade esperada e o tipo de manejo, para a determinação das recomendações de adubação com N para as culturas de grãos.

O uso de indicadores de qualidade do solo, como o NPM, pode auxiliar na avaliação do nível da capacidade produtiva do solo, como também no processo de gerenciamento do N para os cultivos, visando uma maior eficiência na ciclagem e retenção de nutrientes nos agroecossistemas. A vinculação deste indicador com aspectos mais gerais, relacionados ao manejo e ao meio ambiente, possibilita uma melhor contextualização e compreensão dos processos que englobam não só a dinâmica dos nutrientes e a qualidade do solo, mas também aspectos sócio-econômicos e culturais.

2.6 Indicadores de sustentabilidade

A capacidade de observação dos produtores pode ser aproveitada nos processos de investigação dos agroecossistemas. A interpretação mais global dos sistemas de produção é fundamental para subsidiar a discussão em torno de uma visão de mais longo prazo dos sistemas de produção e de sua sustentabilidade. Parâmetros analíticos utilizados nestes processos muitas vezes dificultam a inserção do produtor e da comunidade como participantes ativos na discussão e na interpretação dos dados gerados. Estes parâmetros podem ser associados a um método de diagnóstico mais geral, possibilitando aos produtores articular, fazer comparações entre sistemas e identificar quais se sobressaíram no sentido de uma aproximação à sustentabilidade. Também permite levantar quais processos contribuíram para um melhor desempenho, com o objetivo de aplicar tais princípios nos seus sistemas de produção.

A busca da produtividade passa pela garantia de níveis e métodos sustentáveis de produção. Segundo Altieri (2003), apesar do conceito de sustentabilidade ser controverso e

difuso, ele é útil porque capta várias inquietações sobre agricultura, concebida como o resultado da coevolução de sistemas socioeconômicos e naturais.

Agroecossistemas necessitam de uma abordagem que inclua dimensões de sua complexidade, instabilidade como também da intersubjetividade. Segundo Vasconcellos (2002), a objetividade da ciência não é independente do observador, não podendo separar o processo de observação do observador e do observado. De acordo com D'Agostini e Schlindwein (1998), a sustentabilidade deveria ser buscada em uma relação homem-meio e não de uma determinada condição do meio, uma vez que o homem não é mais um espectador do processo de produção, mas protagonista, e, portanto, também deve ser avaliado, necessitando reconhecer-se como parte do que descreve e do que interpreta.

No processo de avaliação da sustentabilidade, além da contextualização local e temporal, seria necessário apontar qual o nível de desenvolvimento almejado para a comunidade inserida no sistema, onde o produtor faz parte de uma rede de relações entre fornecedores, consumidores, moradores, entre outros. Conforme a perspectiva de desenvolvimento, recursos podem faltar, e o sistema continuará a favorecer uma pequena parcela da sociedade em detrimento do restante. À medida que se avança na discussão da sustentabilidade dos sistemas de produção, o consumidor passa a ser um dos agentes mais importantes para promover mudanças no sistema, ao exercer a sua cidadania e buscar um posicionamento mais consciente no ato do consumo.

Segundo Ulcak e Pall (2003), um sistema sustentável de uma área rural deve incorporar a proteção dos recursos bióticos e abióticos, enquanto mantém um nível aceitável da economia local e alcança condições sociais satisfatórias. A complexidade da sustentabilidade, dada ao seu caráter multifuncional, permite que se assuma que esta nunca será alcançada na sua plenitude, mas esforços devem ser realizados no sentido de aproximar-se dela. De acordo com os autores, a sustentabilidade pode ser vista como uma construção social, por conseguinte, é um processo regional exclusivo, não podendo ser reduzida a um conjunto de medidas tecnológicas focadas para a questão ambiental. Ela necessita de um sistema político mais descentralizado, o qual respeita a identidade regional e um controle local para os investimentos. Portanto, os métodos de avaliação da sustentabilidade dos agroecossistemas possuem uma dificuldade na determinação de limites, pois o produtor está inserido em uma comunidade e em uma rede de inter-relações.

Diversos indicadores de sustentabilidade têm sido propostos no sentido de construir um processo participativo para comparar sistemas de produção e identificar quais os fatores que interferiram e quais os processos que propiciaram um melhor desempenho. Segundo Vivan e Floriani (2004), um dos fatores para que um determinado sistema de avaliação possa servir como indicador de sustentabilidade é a existência ou não de descritores que sejam verificáveis e possam ser apropriados pelos agricultores e técnicos, no sentido de ter custo acessível, fácil monitoramento e serem aptos à situações bastante diversas, produzindo dados dentro de um padrão de variação que possibilite futuros contrastes.

Alguns sistemas de avaliação buscam uma abordagem interdisciplinar. Tal é o caso do sistema de avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas denominado MESMIS, idealizado no México em 1994 por um grupo multidisciplinar e multi-institucional (Lopez-Ridaura et al., 2004). A sustentabilidade dos sistemas de produção é definida pelos atributos produtividade, estabilidade, confiabilidade, equidade e autoconfiança. É realizado de forma participativa, através de uma equipe interdisciplinar, incluindo participantes locais. A sustentabilidade não é medida por si mesma, mas sim através da comparação entre dois ou mais sistemas, ou de etapas de um mesmo sistema ao longo do tempo. Segundo os autores, os passos para a aplicação do método começam pela definição do objeto de avaliação e do contexto sócio-ambiental, passam pela determinação dos pontos críticos, pela seleção de critérios para um diagnóstico baseado nos atributos descritos anteriormente e pela utilização de indicadores que sejam de fácil mensuração, passível de monitoramento e provenientes de informações viáveis, confiáveis e claras para o seu entendimento. Após a aplicação dos indicadores selecionados, os resultados são apresentados de forma quantitativa, qualitativa e gráfica, processos e pontos positivos são identificados entre os sistemas comparados, e então, procede-se à elaboração de recomendações para os outros sistemas.

As dificuldades na aplicação destes sistemas de avaliação estão na mobilização de uma equipe de trabalho multidisciplinar, exigindo recursos e tempo para a sua aplicação. A elaboração de recomendações para outros sistemas muitas vezes não vai atender os problemas dos produtores, que podem ter realidades diferentes dos sistemas avaliados.

Outros sistemas buscam realizar um trabalho em etapas, o que permitiria uma abordagem inicial da sustentabilidade dos sistemas de forma mais rápida e prática. Segundo

Ulcak e Pall (2003), o caminho para se aproximar da sustentabilidade do espaço rural pode ser realizado em estágios, partindo de uma intervenção mais focada nas questões econômicas e ambientais, como, por exemplo: a incorporação de práticas regenerativas como a utilização de plantas fixadoras de N; práticas alternativas para o controle de pragas e doenças; criação de habitats para predadores; priorização de práticas de conservação dos solos e dos recursos hídricos e estímulo à quebra das monoculturas. Em um estágio mais avançado, é feito o envolvimento da comunidade rural para a necessidade do entendimento de uma sustentabilidade regional. Segundo os autores, a participação dos membros da comunidade é fundamental para a emergência de diversos recursos locais e tecnologias de conservação, para a coesão e autoconfiança, para a regeneração econômica através das atividades rurais e de comercialização dos seus produtos, que são estimuladas também através de políticas de desenvolvimento local.

Visando uma abordagem preliminar da avaliação da sustentabilidade relacionada aos aspectos do meio ambiente, o sistema proposto por Altieri e Nicholls (2002) consiste em uma ferramenta que analisa atributos relacionados à qualidade do solo e saúde do cultivo. Este sistema também se propõe a medir a sustentabilidade de forma comparativa, entre lavouras ou propriedades ou ao longo do tempo, permitindo aos produtores e técnicos identificar os que se sobressaem entre os demais, identificando os processos e interações ecológicas que possivelmente explicam melhor o comportamento destes sistemas de produção. A proposta de um método aberto e participativo permite fazer adaptações necessárias para a sua aplicação em regiões distintas, abordando as especificidades de cada realidade local.

Segundo Reichert et al. (2003), indicadores qualitativos são importantes, especialmente para que sejam compartilhados com os agricultores, permitindo que eles avaliem os fatores limitantes da produção em suas propriedades, integrando-os no trabalho de monitoramento dos progressos ou regressos relacionados à sustentabilidade dos sistemas.

Mudanças na qualidade do solo podem ser averiguadas por meio de indicadores, e comparadas aos valores definidos como desejáveis, pela demarcação de limites críticos, considerados como limiares para a sustentabilidade de agroecossistemas, baseados em uma média de condições locais (Arshad e Martin, 2002). Segundo Altieri (2001), estes

indicadores buscam um referencial de nível mínimo de sustentabilidade, definido de acordo com critérios regionais e de forma participativa, aferindo-se os valores junto à comunidade.

Dados analíticos de qualidade do solo podem ser correlacionados com dados qualitativos, visando uma avaliação mais ampla dos sistemas de produção e do desempenho ambiental destes sistemas, mesmo que, sua avaliação esteja, em um primeiro momento, restrita aos aspectos do meio físico. Estas informações podem auxiliar o agricultor e o técnico na compreensão da capacidade produtiva e na tomada de decisões relacionadas ao manejo dos agroecossistemas.

As avaliações por produtores e técnicos limitam-se, em geral, ao rendimento físico final, ou a observações pontuais que exigem intervenção rápida, como a ocorrência de pragas e doenças. Normalmente o produtor não utiliza ferramentas que o auxiliem em um diagnóstico mais amplo de seu sistema de produção, como, por exemplo, uma análise da capacidade produtiva do solo, ou um possível incremento em aspectos relacionados à biodiversidade, à ciclagem de nutrientes, entre outros. Nos sistemas de produção orgânica ou em conversão, tal avaliação é de grande valia, pois na ausência de referências ou indicadores que apontem para uma evolução do sistema no sentido da sustentabilidade, o produtor e o técnico podem tomar decisões imediatistas, limitadas a uma análise parcial do sistema, e que são limitadas ao curto prazo.

3. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi estabelecer relações da arborização com a nutrição e rendimento do cafeeiro, bem como com indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade no sistema de produção.

Os objetivos específicos foram:

Estimar a absorção de nitrogênio e rendimento do cafeeiro;
Avaliar o N potencialmente mineralizável como um indicador de qualidade do solo;
Avaliar o grau de sustentabilidade das áreas monitoradas através de um indicador de sustentabilidade;
Correlacionar aspectos de nutrição do cafeeiro com os indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade das unidades de produção.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Locais avaliados e características dos sistemas

As avaliações foram conduzidas em duas propriedades com lavouras de café, em sistema de produção orgânica, localizadas em municípios próximos à Londrina, norte do Estado do Paraná (mapa no Anexo 1).

O clima, do tipo Cfa segundo o sistema de classificação de Koppen, é caracterizado como subtropical, com verões quentes e geadas pouco freqüentes. Isso possibilita a atividade cafeeira nesta região, apesar dos riscos de ocorrência de geada esporádica. A concentração de chuvas se dá nos meses quentes, mas não existe uma estação seca bem definida. As temperaturas médias anuais mínimas e máximas da região estão entre 16 e 17ºC e entre 27 e 28ºC, respectivamente. A temperatura média anual é de 21.5ºC e a precipitação pluviométrica média anual é de 1.500 mm (IAPAR, 2004).

Uma das propriedades localiza-se no município de Abatiá/PR, coordenadas geográficas: latitude 23º 16' e longitude 50º 20'. Ela possui uma altitude média de 470 m e relevo variando entre suavemente ondulado a ondulado, com solo do tipo LATOSSOLO ROXO. A área total da propriedade é de 56 ha, com 41,5 ha de café no sistema de produção orgânica certificado pelo Instituto Biodinâmico (IBD) desde 1997. A área avaliada constitui-se em uma lavoura com 3,8 ha, com aproximadamente 26 mil plantas da cultivar Catiflor, no espaçamento, caracterizado como adensado, de 2,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Esta área era ocupada com lavoura de café desde o ano de 1968. A lavoura atual foi formada em maio de 1997, simultaneamente ao plantio da macadâmia (*Macadamia integrifolia*), na linha do cafeeiro, no espaçamento de 17 x 17 metros. A altura média da macadâmia, segundo medição feita em quatro árvores no mês de janeiro de 2004, foi de 5,2 m e o diâmetro da copa de 4,7 m. No ano de 2000, o produtor realizou uma poda em toda a lavoura de café, denominada recepa, a uma altura aproximada de 40 cm do solo, devido à ocorrência de uma geada severa.

A outra propriedade localiza-se no município de Santa Mariana, coordenadas geográficas: latitude 23º 04' e longitude 50º 30'. Possui uma altitude média de 480 m e relevo variando entre suavemente ondulado a ondulado. O solo é do tipo LATOSSOLO

ROXO. Os proprietários desta área possuem uma fazenda ao lado, com aproximadamente 120 ha de café, no sistema convencional. A área total da propriedade, onde foi realizada a avaliação, é de 43,7 ha, com 8,5 ha de café no sistema de produção orgânica certificado pelo IBD desde 1999. O restante da área é ocupado com pastagens e pela reserva legal. A lavoura possui aproximadamente 32 mil plantas da cultivar Obatã, no espaçamento, também caracterizado como adensado, de 2,6 m entre linhas e 1,0 m entre covas, com duas plantas por cova. A área era ocupada com pastagem desde 1993. O cafeeiro foi plantado no período entre dezembro de 1997 e janeiro de 1998, simultaneamente ao plantio de diversas espécies arbóreas, na linha do cafeeiro, no espaçamento de 15 x 15 metros, com o objetivo de posteriormente transformar esta área em uma reserva legal. Entre as árvores identificadas encontram-se, sibipiruna, cedro, jacarandá mimoso, gurucaia e canafístula. A espécie arbórea utilizada nas parcelas do projeto é a cabreúva-vermelha (*Myroxylon peruiferum*). A altura média da cabreúva, segundo medição feita em dez árvores, no mês de janeiro de 2004, foi de 4,9 m e o diâmetro de copa, de 4,4 m. Em decorrência da mesma geada ocorrida no ano de 2000, mas com menor intensidade nesta área, foi feita uma poda parcial de correção, apenas nos pés de café mais atingidos, utilizando-se o esqueletamento, poda dos ramos laterais do cafeeiro, e a recepa. Não foi feita nesta lavoura a poda de condução, necessária em plantios adensados para facilitar os tratos culturais e a colheita do cafeeiro, e atualmente o cafeeiro encontra-se bastante adensado.

Durante a realização do experimento, as atividades para o manejo do cafeeiro foram realizadas sem nenhuma modificação ou interrupção, com exceção da colheita das parcelas do experimento, que foram feitas separadamente do restante do talhão. A coleta de dados foi realizada entre os meses de outubro de 2003 e setembro de 2004.

4.2 Delineamento experimental

Em ambas propriedades as lavouras com cafeeiros arborizados continham vazios de arborização, o que possibilitou a investigação de cafeeiros com sombra e a pleno sol no mesmo talhão. Dentro de cada sistema de produção orgânica de café arborizado foram selecionados dois tratamentos, denominados cafeeiro com sombra e a pleno sol. O primeiro é constituído de cafeeiros sob a influência do sombreamento das espécies arbóreas citadas

anteriormente, e o segundo, de cafeeiros a pleno sol. Para cada sistema avaliado, foram escolhidos 10 pares de parcelas, totalizando 20 parcelas em cada propriedade. Cada parcela foi constituída de 15 plantas, distribuídas em três linhas de cafeeiros.

No cafeeiro sombreado, as parcelas localizam-se a uma distância média de 2,0 metros do tronco da árvore, na orientação sul – sudeste. No cafeeiro a pleno sol, as parcelas estão a uma distância entre oito e nove metros do tronco da árvore, ou localizam-se nos vazios da arborização, provenientes de falhas no plantio ou morte das árvores. As parcelas a pleno sol localizam-se próximas à parcela correspondente do cafeeiro sombreado. Isso foi feito com o objetivo de se buscar o pareamento dos dados, ou seja, obter amostras similares nos dois tratamentos para cada repetição das parcelas.

4.3 Variáveis avaliadas

Foram avaliadas variáveis de solo e de plantas. No solo quantificaram-se teores de macro e micronutrientes, pH, teor de matéria orgânica, saturação de bases, H + Al, CTC e teor de argila do solo. Em relação às plantas foram medidos os teores de macro e micronutrientes das folhas dos cafeeiros, a produção de grãos de café, os teores de N e C da biomassa proveniente das plantas espontâneas e dos adubos orgânicos utilizados pelos produtores. Além disso, avaliaram-se os teores de N total e o N Potencialmente Mineralizável (NPM) do solo. Também foram analisados parâmetros qualitativos relacionados aos aspectos de qualidade do solo e saúde do cafeeiro, provenientes de uma adaptação do método de avaliação da sustentabilidade do cafeeiro, proposto por Altieri e Nicholls (2002), descrito no item 4.6.

Foram realizadas seis visitas às propriedades: uma para a escolha e identificação das unidades de amostragem; uma para a coleta de folhas do cafeeiro e coleta de solos na profundidade de 0-20 cm para análise química de rotina; duas para a coleta de solos na profundidade de 0-7,5 cm para a avaliação do NPM e coleta da biomassa das plantas espontâneas; uma para a avaliação da produção do cafeeiro; e uma para a aplicação do método de avaliação da sustentabilidade (Cronograma no Anexo 2).

4.4 Preparo e análise das amostras

4.4.1 Coleta, processamento e análise de amostras de solo

Amostras de solo foram coletadas com trado tipo holandês, na profundidade de 0 a 20 cm em todas as parcelas, nos dias 28 e 29 de janeiro de 2004. As amostras foram colocadas em sacos plásticos e transportadas para Florianópolis. Estas foram secas e peneiradas (4 mm mesh), com o objetivo de homogeneizar e eliminar fragmentos de raízes e outros tipos de resíduos vegetais.

Foram realizadas as análises químicas de rotina no Laboratório da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (CIDASC). Foram determinados o teor de argila e as seguintes propriedades químicas: pH (H_2O), pH ($CaCl_2$) e Índice SMP, capacidade de troca de cátions (CTC), teores de macronutrientes (P, K, Ca, Mg), de micronutrientes (Zn, B e Cu), de Alumínio (Al), Alumínio mais Hidrogênio (Al + H) e percentagem de saturação de Bases (V). A avaliação da textura foi feita com a utilização do densímetro após a dispersão do solo. As metodologias utilizadas nas análises químicas estão descritas em Tedesco et al. (1995).

Para a determinação do NPM, foram realizadas duas amostragens. A primeira entre os dias 31 de março e 1º de abril de 2004, e a segunda, entre os dias 16 e 17 de setembro de 2004. Foram coletadas amostras de solo, compostas de 10 sub-amostras por parcela, na profundidade de 0 a 7,5 cm, com a utilização do trado calador. Na segunda amostragem também foram analisados os teores do N total e C do solo. As amostras foram colocadas em sacos plásticos e transportadas para Florianópolis. Em seguida, elas foram secas, homogeneizadas e peneiradas, conforme o procedimento anteriormente descrito.

As análises do NPM, N total e C do solo foram realizadas no laboratório do Departamento da Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. As metodologias utilizadas nas análises dos teores de C orgânico (método Walkley-Black), e de N total do solo (método de digestão Kjeldahl) estão descritas em Tedesco et al. (1995).

4.4.2 Coleta, processamento e análise de amostras de folhas do cafeeiro

Para a análise foliar, foi feita uma amostragem do cafeeiro no mês de janeiro, junto com a coleta de solos, conforme a época indicada para a avaliação do seu estado nutricional. Foi coletado o terceiro par de folhas do terço médio das plantas, totalizando 24 pares de folhas por unidade de amostragem, segundo a metodologia descrita por Ribeiro et al. (1999). Estas foram armazenadas em sacos de papel e transportadas para o Laboratório do IAPAR, na cidade de Londrina. As folhas foram lavadas em água destilada, secas em estufa a 60º C até peso constante, trituradas em moinho de faca e passadas em peneira de 1 mm. Foram feitas as determinações de N, Ca, Mg, P, K, Zn, B, Cu e Mn, conforme metodologia utilizada no laboratório de solos do IAPAR, descrita por Miyazawa et al. (1992).

4.4.3 Coleta, processamento e avaliação da produção do cafeeiro

A avaliação do rendimento do cafeeiro foi feita através da coleta dos frutos de quatro plantas por parcela, na propriedade de Abatiá, e de quatro covas (com duas plantas cada uma) por parcela, na propriedade de Santa Mariana, realizadas nos dias 13 e 18 de maio de 2004. Os frutos foram pesados na propriedade. Foram tiradas amostras de 3,0 kg, para cada tratamento, para determinações do teor de umidade e rendimento realizadas no laboratório do IAPAR. As amostras foram colocadas para secagem em bandejas de fundo de tela. Após atingir 12 % de umidade, o café seco em coco foi pesado antes e depois de passar pelo beneficiamento, para avaliação do seu rendimento.

4.4.4 Coleta, processamento e análise da biomassa das plantas espontâneas.

Foram realizadas duas coletas da parte aérea das plantas espontâneas nas ruas do cafeeiro, incluindo-se folhas e galhos finos provenientes desta vegetação, do cafeeiro e da arborização. Para a coleta do material foi utilizada uma moldura quadrada de 0,25 m^2, lançada ao acaso sobre dois pontos em cada parcela. As plantas foram cortadas à altura do colo e coletadas juntamente com as folhas e ramos secos. O material foi acondicionado em sacos de papel.

Na primeira coleta, feita nos dias 31 de março e 1º de abril, as amostras foram transportadas para o laboratório do IAPAR, pesadas, e depois secas em estufa a 60ºC até peso constante. O material foi novamente pesado e triturado em moinho de faca, com peneira de 1,0 mm, para a análise dos teores de C (método Walkley-Black) e N, segundo os procedimentos padrões utilizados no Laboratório do IAPAR, descrito por Miyazawa et al. (1992). As análises de N e C dos resíduos vegetais foram feitas em apenas cinco parcelas em Abatiá e 16 parcelas em Santa Mariana, em decorrência de limitações operacionais nos laboratórios do IAPAR.

Na segunda coleta, realizada nos dias 16 e 17 de setembro de 2004, as amostras foram colocadas em sacos de papel e transportadas para Florianópolis. No laboratório, foram pesadas e secas em estufa a 60ºC até peso constante. O material foi triturado no moinho de faca, com peneira de 1 mm, para a análise dos teores de C do tecido vegetal (método Walkley-Black), e N total para tecido foliar (método de digestão Kjeldahl), como descrito em Tedesco et al. (1995).

4.4.5 Coleta e análise do composto utilizado na adubação do cafeeiro

No dia 16 de julho de 2004, coletou-se uma amostra do composto utilizado no cafeeiro pelo produtor em Abatiá. O material foi colocado em um saco plástico, transportado para Florianópolis e analisado no laboratório da CIDASC, para avaliação dos teores de umidade, N e C, conforme metodologia utilizada neste laboratório, descrita por Tedesco et al. (1995). Na propriedade de Santa Mariana, não foi feita nenhuma adubação do cafeeiro durante o período do experimento.

4.5 Análises do indicador Nitrogênio Potencialmente Mineralizável (NPM)

O NPM foi determinado pelo método de incubação anaeróbica, desenvolvido por Waring & Bremner, segundo Bundy e Meisinger (1994). Para tanto, foram colocadas 5,0 g de solo em um tubo de vidro, com volume de 16 x 150 mm, juntamente com a adição de 12,5 mL de água. Os tubos foram tampados com rolha de borracha e incubados a 40ºC pelo período de sete dias. Após a incubação, adicionaram-se 12,5 mL de KCl 2,0 mol L^{-1} à mistura solo-água. Logo em seguida, os tubos foram colocados em um agitador mecânico,

durante uma hora, e o material sobrenadante filtrado, com a utilização de filtros de papel Whatman no. 42, para a medição dos teores de $N\text{-}NH_4^+$. As determinações do $N\text{-}NH_4^+$, após a incubação anaeróbica, foram feitas através do método da medida da absorbância em espectrofotômetro, descrito a seguir.

Foram feitas duas incubações nas amostras de solo coletadas no mês de setembro. A primeira incubação foi realizada logo após a coleta do solo e a segunda foi realizada no mês de dezembro de 2004. Para a segunda incubação, as amostras foram resfriadas a 4ºC, após a secagem e peneiramento, até a sua utilização. Foram determinados os teores do $N\text{-}NH_4^+$ antes da incubação anaeróbica, para avaliação do teor de N solúvel, denominado como N inicial.

4.5.1 Determinação do $N\text{-}NH_4^+$ através da medida da absorbância em espectrofotômetro

A determinação do $N\text{-}NH_4^+$ foi feita segundo o método descrito por Kempers e Zweers (1986), através da medida da absorbância em espectrofotômetro.

O método utiliza dois reagentes: o primeiro, denominado de solução reagente (RT), é composto de duas partes de uma solução com 33 g de salicilato de sódio e 0,02 g de nitroprussiato de sódio dissolvidas em água destilada, e uma parte de uma solução com 9,33 g de citrato de sódio e 4,0 g de NaOH, dissolvidas em água destilada. O segundo reagente constituí-se em uma solução de 5,0 mL de hipoclorito comercial (10% de cloro ativo) diluído em 25 mL de água destilada. A solução padrão de 5,0 mg L^{-1} de $N\text{-}NH_4^+$ foi elaborada com 0,02357 g de $(NH_4)_2SO_4$, dissolvidos em solução de KCl 1 mol L^{-1}. A partir desta solução, foram preparadas as soluções padrões nas concentrações de: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 e 1,2 mg L^{-1} de $N\text{-}NH_4^+$.

A curva padrão foi estabelecida com a tomada de alíquotas de 4,0 mL de cada uma das soluções padrão, adicionando-se 0,9 mL de solução reagente (RT) e 0,1 mL de solução de hipoclorito, preparadas imediatamente antes de serem utilizadas. As alíquotas foram deixadas em descanso por 120 minutos, protegidas da luz. Em seguida, foi medida a absorbância em espectrofotômetro ajustado para o comprimento de onda de 646 nm.

Para as amostras, foram tomadas alíquotas de 4,0 mL, adicionadas à solução RT e a solução de hipoclorito, segundo a descrição feita para o estabelecimento da curva padrão.

Como os extratos tinham uma concentração alta de N, fez-se uma diluição das alíquotas, com 0,15 mL do extrato e 3,85 mL de KCl 1mol L^{-1}. Foram feitas três repetições para cada diluição das alíquotas.

Na determinação do $N\text{-}NH_4^+$ das amostras coletadas em abril e na primeira incubação das amostras coletadas em setembro, através da medida da absorbância em espectrofotômetro, foi adotado o procedimento de análise utilizado por Cantarutti (correspondência, 2004) no departamento de solos da Universidade Federal de Viçosa, no qual o reagente RT é feito com as proporções invertidas, ou seja, com duas partes da solução com NaOH e uma parte da solução tampão.

Na segunda incubação das amostras coletadas em setembro, realizada no mês de dezembro, foi utilizado o método descrito por Kempers e Zweers (1986), com o objetivo de verificar os valores de $N\text{-}NH_4^+$ e compará-los à metodologia utilizada na primeira incubação.

4.6 Método de avaliação da sustentabilidade do cafeeiro segundo os indicadores de qualidade de solo e saúde do cultivo

Foi aplicado o método proposto por Altieri e Nicholls (2002) para a avaliação da sustentabilidade de cafeeiros, atribuindo-se valores para atributos relacionados à qualidade do solo e à saúde do cafeeiro. Em cada propriedade, foi selecionada uma área da lavoura para a avaliação dos indicadores.

Cinco pessoas participaram do sistema de avaliação: dois produtores convidados, dois pesquisadores, além do dono na propriedade localizada no município de Abatiá e do gerente na propriedade localizada em Santa Mariana. Os produtores convidados fazem parte de um grupo de 47 agricultores familiares, organizados em duas associações e uma cooperativa, no distrito de Lerroville, no município de Londrina, que têm na produção de café sua atividade principal. A participação destes produtores teve como objetivo a troca de experiências e a prática do método de avaliação, para posteriormente utilizá-lo na comunidade de Lerroville.

Para cada indicador foi atribuída uma nota de 1 a 10 segundo a avaliação do seu estado, quanto melhor é a condição do indicador maior é a nota dada ao mesmo. O valor 1,

corresponde ao nível indesejável, o 5 representa um valor médio e o 10 equivale ao nível desejável. Para a avaliação, foram utilizadas as referências propostas por Altieri e Nicholls (2002), correspondentes às notas 1, 5 e 10. Algumas referências foram adaptadas de acordo com as especificidades locais. Foram utilizados nove indicadores para avaliar a qualidade do solo e nove indicadores para avaliar a saúde do cafeeiro (Anexos 3 e 4). Foram suprimidos os indicadores estresse hídrico, diversidade genética do cultivo e o desenvolvimento de raízes, e acrescentado o indicador capacidade de produção de biomassa das plantas espontâneas.

Indicadores de qualidade do solo:

- Estrutura do solo
- Compactação e infiltração de água no solo
- Profundidade do solo
- Cor odor e teor de matéria orgânica
- Retenção de umidade no solo
- Erosão
- Atividade biológica do solo
- Cobertura do solo
- Diversidade de plantas espontâneas

Indicadores de saúde do cafeeiro:

- Aparência do cafeeiro
- Crescimento do cafeeiro
- Incidência de doenças no cafeeiro
- Competição de plantas espontâneas com o cafeeiro
- Rendimento atual e potencial do cafeeiro
- Diversidade da vegetação arbórea no cafeeiro
- Diversidade da vegetação circundante ao cafeeiro

- Grau de dependência de insumos externos à propriedade (sistema de manejo)
- Capacidade de produção de biomassa de plantas espontâneas

Alguns indicadores avaliados no campo foram baseados somente nas observações do produtor ao longo do ano, como os rendimentos atual e potencial do cafeeiro e a competição de plantas espontâneas. A retenção de umidade foi avaliada de acordo com o comportamento do cafeeiro sob o estresse hídrico, conforme relatado pelo produtor. O indicador da diversidade circundante é referente à vegetação natural das áreas adjacentes ao talhão. Segundo Nicholls et al. (2004), nas observações dos níveis de diversidade de plantas espontâneas ou para adubação verde, a diversidade da vegetação circundante à área de cultivo e o sistema de manejo visam avaliar a infra-estrutura ecológica da lavoura, admitindo-se que o manejo de um sistema com alta diversidade, com baixa entrada de insumos externos, e com diversidade no entorno, seria beneficiado pelas sinergias da biodiversidade e exibiria um maior nível de sustentabilidade.

As médias foram plotadas em gráficos do tipo "ameba", para a visualização dos resultados em conjunto, permitindo uma análise geral dos atributos de maior destaque ou com maior limitação, em cada propriedade. Outro fator observado foi em relação à distribuição dos parâmetros analisados no gráfico, partindo do pressuposto que uma distribuição mais equilibrada, ou seja, sem valores muito díspares, determinaria um sistema mais próximo da sustentabilidade, desde que os valores plotados no gráfico estejam acima do valor médio (5), considerado como o limiar de sustentabilidade.

Os indicadores foram aplicados nas duas propriedades, sem diferenciar os sistemas de manejo, uma vez que estes não teriam um grau de sensibilidade suficiente para uma avaliação mais precisa dos atributos do solo entre as parcelas a pleno sol e sombreadas.

4.7 Procedimentos estatísticos

Os resultados das variáveis foram analisados através de procedimentos de análise de variância (SAS, 2001). As médias das variáveis foram comparadas pelo teste de comparação F, adotando-se o critério para aceitar a significância de 5 % de probabilidade.

Realizou-se também um estudo de correlação entre as variáveis NPM, N total, N foliar, teor de matéria orgânica e relação C/N do solo, envolvendo o cruzamento completo entre os tratamentos em cada propriedade. O critério de significância da correlação foi de 5%.

Resultados e Discussão

5.1 Parâmetros químicos do solo

A análise química de rotina dos solos permite aos produtores acompanhar a evolução de alguns parâmetros importantes para avaliar aspectos relacionados à qualidade do solo e nutrição dos cultivos. Na propriedade de Abatiá, os resultados das análises de solos coletados na profundidade de 0-20 cm não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos a pleno sol e sombreados (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores médios das análises químicas e do teor de argila de amostras de solos de cafeeiros com sombra e a pleno sol, na profundidade de 0-20 cm em Abatiá.

Localidade	Tratamento	Teor de argila (%)	pH $CaCl_2$	Matéria Org. g kg^{-1}	P_2O_5 mg L^{-1}	K_2O mg L^{-1}	Ca $cmol_c$ L^{-1}	Mg $cmol_c$ L^{-1}	Saturação de Bases(%)
Abatiá	Sombra	67	5,2	47	22,9	445	12,8	2,9	75,3
	Sol	68	5,4	45	24,2	470	13,8	3,0	77,8

Em Santa Mariana, também não houve diferenças significativas em nenhum dos parâmetros analisados entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios das análises químicas e do teor de argila de amostras de solos de cafeeiros com sombra e a pleno sol, na profundidade de 0-20 cm em Santa Mariana.

Localidade	Tratamento	Teor de argila (%)	pH $CaCl_2$	Matéria Org. g kg^{-1}	P_2O_5 mg L^{-1}	K_2O mg L^{-1}	Ca $cmol_c$ L^{-1}	Mg $cmol_c$ L^{-1}	Saturação de Bases(%)
Sta Mariana	Sombra	67	5,6	45	17,9	545	16,0	4,0	83,7
	Sol	65	5,6	44	16,7	584	15,6	3,9	83,8

Em ambas propriedades, os resultados das análises indicaram valores de macro e micronutrientes próximos ou acima dos níveis considerados adequados (Anexo 5), conforme a referência para a cultura do cafeeiro (Matiello et al., 2002).

Uma das possíveis causas para a similaridade dos teores de nutrientes das amostras de solo entre os tratamentos, em ambas propriedades, pode ser relacionada ao período de implantação da arborização, entre sete e oito anos, insuficiente para apontar diferenças

significativas nas análises químicas de rotina, à característica de desenvolvimento mais lento de ambas espécies e ao espaçamento entre as árvores, com cerca de oito a dez metros.

5.2 Teores de nutrientes foliares no cafeeiro

O elemento arbóreo não interferiu nos teores de macro e micronutrientes das análises foliares no cafeeiro. Não foram observadas diferenças significativas em nenhum parâmetro avaliado entre os tratamentos em ambas propriedades (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 – Valores médios dos teores de nutrientes em folhas de cafeeiros com sombra e a pleno sol, coletadas no mês de janeiro de 2004, em Abatiá.

Localidade	Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	B	Mn
				g Kg^{-1}			mg Kg^{-1}			
Abatiá	Sombra	26,7	1,9	20,6	12,6	3,2	18,5	33,1	63,2	64,8
	Sol	27,0	1,9	21,7	12,7	3,2	19,1	28,1	70,7	58,2

Tabela 4 – Valores médios dos teores de nutrientes em folhas de cafeeiros com sombra e a pleno sol, coletadas no mês de janeiro de 2004, em Santa Mariana.

Localidade	Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	B	Mn
				g Kg^{-1}			mg Kg^{-1}			
Sta Mariana	Sombra	21,3	2,0	23,7	10,4	3,0	27,1	13,3	81,0	67,7
	Sol	20,9	2,0	25,8	10,9	2,9	25,0	11,6	80,4	57,2

Os teores de macro e micronutrientes foliares encontram-se na faixa de adequação, segundo os padrões recomendados para o cafeeiro (Matiello et al., 2002 e Ribeiro et al., 1999), com exceção dos teores de N da propriedade de Santa Mariana, abaixo da faixa considerada como suficiente entre 27 e 35 g kg^{-1} (Anexo 6).

Os teores mais baixos de N nesta propriedade podem estar correlacionados ao pequeno aporte de nutrientes ao cafeeiro, conforme análise do ítem 5.3, associado a uma carga pendente de frutos mais alta em relação à propriedade de Abatiá, provocando a diminuição do N nas folhas e ramos do cafeeiro, em função do dreno de nutrientes para o desenvolvimento da frutificação. Segundo Rena e Maestri (1986), os frutos em crescimento

são o mais forte dreno metabólico, limitando a mobilização de assimilados para os tecidos vegetativos e reduzindo o seu crescimento.

Não foram encontradas referências de uma faixa de adequação para os níveis de N foliar para cafeeiros no sistema de produção orgânica com arborização, a qual pode ser distinta em relação ao manejo convencional do cafeeiro a pleno sol. Existem evidências de que a presença do elemento arbóreo provoca mudanças fisiológicas no cafeeiro, incluindo a diminuição dos teores de N foliar. Rena e Maestri (1986) descrevem uma redução da radiação e alteração da temperatura do ar, da umidade relativa e da umidade do solo, além da indução do aumento na área foliar, causados pelo sombreamento. Os autores concluíram que o cafeeiro na fase inicial, assim como o cacaueiro, apresenta uma maior atividade da nitrato-redutase foliar e um melhor desenvolvimento à sombra do que a pleno sol. Segundo Matiello et al. (2002), além do aumento da atividade da nitrato-redutase sob menor luminosidade, diminuindo a necessidade de adições de N, o processo produtivo, desde a floração até a maturação do grão, se dá de forma mais lenta. Malavolta (1986) cita a limitação da capacidade fotossintética e do florescimento em função do sombreamento, apesar do aumento de área foliar, e a menor necessidade de adição de N, condição válida também para cafeeiros muito adensados, quando ocorre um auto-sombreamento.

As parcelas na propriedade de Santa Mariana apresentaram uma heterogeneidade quanto ao adensamento do cafeeiro, promovendo em algumas parcelas o auto-sombreamento, principalmente no terço médio e inferior da planta, como consequência da falta de poda para a condução do cafeeiro, necessária no manejo em sistema adensado de plantio.

5.3 Aporte de N ao cafeeiro

A estimativa do aporte de N ao cafeeiro, através de adições de adubos orgânicos ou procedente da ciclagem de nutrientes, baseou-se no levantamento do teor deste elemento em uma amostra do adubo orgânico utilizado em Abatiá, e do peso seco e teor de N de amostras da biomassa vegetal proveniente da coleta de plantas espontâneas, de folhas da arborização e do cafeeiro sob o solo. Além disto, foi feito um levantamento das adubações

e produtividades do cafeeiro anteriores ao experimento, visando apurar uma possível formação de reserva de nutrientes no solo.

Em Abatiá foram realizadas duas aplicações do composto produzido na propriedade, durante o período de acompanhamento da lavoura, formulado com uma mistura de farelos de cereais e oleaginosas, farinhas de origem animal e casca de café, e inoculado com um produto comercial denominado "EM" (microrganismos eficazes).

Segundo Valarini et al. (2003), o EM é constituído basicamente por quatro grupos de microorganismos: bactérias produtoras de ácido lático (*Lactobacillus plantarum* e *Streptococcus lactis*); bactérias fotossintéticas (*Rhodopseudomonas capsulatus* e *Rhodobacter sphaeroides*); actinomicetos (*Streptomyces albus*) e leveduras (*Saccharomyces cerevisiae* e *Candida utilis*). Sua utilização visa aumentar a diversidade e o número de microrganismos naturais benéficos ao cultivo, servindo de auxílio na decomposição e mineralização dos resíduos vegetais. Alguns trabalhos têm investigado a influência do EM sobre alguns atributos do solo. De acordo com o autor citado, em um experimento realizado em solo franco-argiloso na Espanha, foi verificado um aumento significativo na produção de polissacarídeos e na atividade de algumas enzimas após a incorporação de compostos inoculados com EM, que são diretamente correlacionadas com a humificação da matéria orgânica, com a CTC e com retenção de água. Paschoal et al. (1993) observaram um aumento dos teores de matéria orgânica, pH e CTC do solo , em pomares de citrus no estado de São Paulo, nos tratamentos que tiveram aplicação de EM.

O uso do composto inoculado com EM em Abatiá tem o objetivo mais voltado para uma promoção de um incremento na atividade microbiana, visando aumentar a eficiência da decomposição e da mineralização da biomassa vegetal, que para um fornecimento de nutrientes ao cafeeiro, e por isso, pequenas quantidades foram utilizadas. Durante o período do experimento foi aplicada 1,29 tonelada ha^{-1} de composto. Considerando o teor de N de 1,25%, segundo a análise da amostra coletada (Anexo 7), e uma taxa de mineralização de aproximadamente 50%, a quantidade de N mineralizado corresponderia a 8 Kg de N ha^{-1}, valor muito inferior à demanda do nutriente pelo cafeeiro. Segundo a recomendação para uma produção de café de até 20 sacas ha^{-1} seriam necessários 200 Kg de N ha^{-1} ano^{-1} (Ribeiro et al., 1999).

Outra fonte de nutrientes para essa cultura é a decomposição da biomassa das plantas espontâneas, roçadas nas ruas dos cafeeiros, e da queda de folhas dos cafeeiros e das plantas da arborização. A biomassa fertilizante é considerada pelos produtores como estratégica para o fornecimento de nutrientes, buscando diminuir a necessidade de aportes externos de insumos, principalmente no estágio inicial da lavoura quando o espaço útil nas entrelinhas do cafeeiro é maior. Em Abatiá, atualmente são realizadas dez roçadas por ano, devido ao maior espaço e insolação nas entrelinhas em decorrência da recepa do cafeeiro realizada no ano de 2000, o que tem propiciado o desenvolvimento de plantas espontâneas.

Para a estimativa do aporte de N proveniente desta biomassa vegetal foram analisados os teores de N e C e o peso seco das plantas coletadas. Foram observadas diferenças significativas no peso seco da biomassa vegetal entre os tratamentos, nas duas coletas realizadas nos meses de abril e setembro em Abatiá, e nos teores de C na coleta realizada em setembro (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5 – Peso seco e teores de N e C da biomassa de plantas espontâneas, coletadas nas entrelinhas dos cafeeiros em abril de 2004 e o número de espécies identificadas por parcelas nos tratamentos, em Abatiá.

Localidade	Tratamento	Peso Seco ton ha^{-1}	N Total g Kg^{-1}	C g Kg^{-1}	C/N	Nº espécies por 0,5 m^2
Abatiá	Sombra	5,7 b	10,4 a	450,7 a	45,5 a	5,5 a
	Sol	10,7 a	12,1 a	473,8 a	40,6 a	4,4 a

Médias dos tratamentos seguidas de letras minúsculas distintas diferem significamente pelo teste f ($p \leq 0,05$).

Tabela 6 – Peso seco e teores de N e C da biomassa de plantas espontâneas, coletadas nas entrelinhas dos cafeeiros em setembro de 2004 e o número de espécies identificadas por parcelas nos tratamentos, em Abatiá.

Localidade	Tratamento	Peso Seco ton ha^{-1}	N Total g Kg^{-1}	C g Kg^{-1}	C/N	Nº espécies por 0,5 m^2
Abatiá	Sombra	0,6 b	19,1 a	392,2 a	21,5 a	7,1 a
	Sol	1,2 a	19,8 a	374,6 b	19,3 a	5,6 a

Médias dos tratamentos seguidas de letras minúsculas distintas diferem significamente pelo teste f ($p \leq 0,05$).

As parcelas a pleno sol apresentaram valores mais altos do peso seco da biomassa vegetal, o que pode ser atribuído à maior radiação solar. Segundo um trabalho realizado com plantas espontâneas em áreas cultivadas com cajueiro, a massa seca das plantas espontâneas a pleno sol foi 3,2 vezes maior que nas parcelas sombreadas (Maia, et al., 2003). Na amostragem feita em setembro, os teores de C da biomassa vegetal foi maior nas parcelas sombreadas em relação à pleno sol. A possível causa é a presença das folhas de macadâmia, que apresentam uma relação C/N maior que o material proveniente das plantas espontâneas nas parcelas a pleno sol. Não houve diferenças entre os tratamentos quanto a diversidade de espécies. A lista das espécies com maior freqüência nas amostragens realizadas nos meses de abril e setembro encontram-se nos Anexos 8 e 9.

Na propriedade de Santa Mariana não foi feita nenhuma aplicação de adubos orgânicos no cafeeiro durante o período de acompanhamento desta pesquisa. Segundo o histórico da propriedade, nos primeiros anos de condução da lavoura foi feito o plantio de leguminosas anuais, como feijão-de-porco e crotalária. Com o desenvolvimento dos cafeeiros a área livre entre as linhas de café ficou restrita, como o espaço e insolação nas entrelinhas é menor, somada a ausência de poda de condução para cafeeiro no sistema de plantio adensado, a produção de biomassa de plantas espontâneas é bem menor comparada à propriedade de Abatiá. Atualmente as plantas espontâneas são roçadas de três a quatro vezes ao ano.

Nas análises dos teores de N, C e peso seco da biomassa vegetal não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos nas amostragens de abril e setembro (Tabelas 7 e 8). O adensamento do cafeeiro, incluindo algumas parcelas onde foi observado um autosombreamento do cafeeiro, pode ter influenciado nos resultados da quantidade de biomassa vegetal nas parcelas a pleno sol, com o aumento da variabilidade dos dados e uma aproximação dos valores entre os tratamentos.

Tabela 7 – Peso seco e teores de N e C da biomassa de plantas espontâneas, coletadas nas entrelinhas dos cafeeiros em abril de 2004 e o número de espécies identificadas por parcelas nos tratamentos, em Santa Mariana.

Localidade	Tratamento	Peso Seco ton ha^{-1}	N Total g Kg^{-1}	C g Kg^{-1}	C/N	Nº espécies por 0,5 m^2
Sta Mariana	Sombra	3,4	13,2	479,2	37,8	3,3
	Sol	4,0	12,5	516,0	42,5	3,9

Tabela 8 – Peso seco e teores de N e C da biomassa de plantas espontâneas, coletadas nas entrelinhas dos cafeeiros em setembro de 2004 e o número de espécies identificadas por parcelas nos tratamentos, em Santa Mariana.

Localidade	Tratamento	Peso Seco ton ha^{-1}	N Total g Kg^{-1}	C g Kg^{-1}	C/N	Nº espécies por 0,5 m^2
Sta Mariana	Sombra	0,2	19,1	378,9	20,6	5,4
	Sol	0,5	19,3	381,4	20,4	5,0

Na comparação dos resultados entre as duas amostragens, em ambas propriedades, observa-se que os valores do peso seco da biomassa e dos teores de N e C foram bastante distintos (Tabelas 5, 6, 7 e 8). Uma das possíveis causas atribuídas para esta diferença é a época das coletas. A primeira foi realizada próxima a colheita do café, havendo um risco de uma superestimativa do peso seco, diante da possibilidade da presença de outros resíduos vegetais junto com o material coletado, que teriam sido arrastados para a entrelinha, na ocasião da capina realizada na linha do cafeeiro, prática conhecida como arruação, feita antes da colheita dos grãos. Por outro lado, a segunda amostragem foi realizada após um período de estiagem de dois meses, havendo uma queda abrupta na produção de biomassa proveniente das plantas espontâneas.

O coeficiente de variação dos dados de peso seco e da identificação do número de espécies por amostragem observado em ambas propriedades foi alto (anexo 13). Uma das prováveis causas é a heterogeneidade do adensamento do cafeeiro em Santa Mariana e a variabilidade na distribuição das plantas espontâneas em Abatiá, com um predomínio maior de gramíneas e uma maior produção de biomassa destas em relação as outras parcelas. Segundo o relato do produtor em Abatiá, a diversidade das plantas espontâneas tem aumentando progressivamente com o manejo orgânico, promovendo a diminuição de plantas com características de crescimento rápido, as quais causam maior competição com o cafeeiro por água e nutrientes. De acordo com Staver (1999), lavouras de café arborizadas são caracterizadas por uma heterogeneidade interna, decorrente de irregularidades na topografia dos terrenos, da variabilidade do desenvolvimento e do vigor dos cafeeiros e da distribuição irregular do sombreamento, repercutindo no tipo e na produção da biomassa das plantas espontâneas nos cafeeiros.

Um aumento do número de amostras e de amostragens poderia aumentar o nível de precisão acerca do potencial de produção de biomassa vegetal, e consequentemente, da estimativa do fornecimento de N ao cultivo proveniente deste material.

Os teores de N das amostras equipararam-se aos valores da vegetação espontânea em sistema de plantio direto de hortaliças, levantados em Seropédica-RJ por Vitol et al. (2003), de 18,02 g de N Kg^{-1}. Também foram semelhantes aos valores da biomassa proveniente da serrapilheira em sistemas agroflorestais no município de Ji-Paraná-RO levantados por Sampaio et al. (2003), com teores de 13,03 g de N Kg^{-1}. Em um experimento desenvolvido no Paraná, foram encontrados valores entre 22 e 36 g de N Kg^{-1} na biomassa proveniente de plantas espontâneas de áreas agrícolas, muitas delas comuns às plantas identificadas no experimento (Meda et al., 2002). Segundo o trabalho realizado por Aita e Giacomini (2003), com plantas de cobertura de solo no Rio Grande do Sul, o teor médio de N dos resíduos culturais de aveia preta, nabo forrageiro, ervilhaca, e da combinação entre estes, variou entre 11,1 a 28,8 g Kg^{-1} e a relação C/N, entre 14,8 e 40,3.

A taxa de disponibilização dos nutrientes proveniente de adubos orgânicos e resíduos vegetais pode variar com a constituição química do material e com as condições edáficas e climáticas, repercutindo na atividade microbiana, principal agente no processo de decomposição e mineralização. A taxa média de conversão do N da forma orgânica para a mineral de um adubo orgânico foi considerada como sendo de aproximadamente 50% no primeiro ano da aplicação (Ribeiro et al., 1999), para o cálculo da disponibilidade de N dos adubos orgânicos ao cafeeiro e para a estimativa de um residual de N disponível das adubações anteriores.

Para a estimativa dos teores de N disponíveis ao cafeeiro, proveniente de plantas espontâneas, foram utilizados os valores do teor de N e peso seco da biomassa da amostragem realizada em setembro, em razão da maior proporção de plantas verdes, visando também, evitar uma eventual superestimativa do peso seco ocorrido na primeira coleta. Os valores calculados consideraram a área útil entre as linhas do cafeeiro, o número de cortes da biomassa vegetal realizado pelo produtor e a taxa de mineralização. Em Abatiá, a área útil foi correspondente a 1/3 da área total e a freqüência de roçadas de dez vezes ao ano. Considerando o teor médio de 11,9 kg de N ha^{-1} na parcela sombreada em Abatiá (19,1 g kg^{-1} x 0,62386 ton ha^{-1} – Tabela 6) multiplicado pelo número de roçadas (10

vezes), pelo fator da proporção da área útil da entrelinha do cafeeiro (1/3) e pela taxa de mineralização, de aproximadamente 50%, o valor estimado do N proveniente da biomassa vegetal foi de aproximadamente 18 Kg de N ha^{-1} ano^{-1} e no sistema de manejo a pleno sol, 36 Kg de N ha^{-1} ano^{-1}. Em Santa Mariana, a área útil correspondeu a 1/4 da área total, com três roçadas por ano. Os valores estimados foram: 1,3 Kg de N ha^{-1} ano^{-1} no sistema sombreado e 3,5 Kg de N ha^{-1} ano^{-1} no sistema a pleno sol.

Foi feito um levantamento do histórico da produção do cafeeiro e das adubações realizadas nos últimos cinco anos, incluindo o período de acompanhamento do projeto (2003 e 2004), visando estimar o fluxo de nutrientes e uma possível formação da reserva de N no solo. Os teores de N dos adubos orgânicos basearam-se nas análises de laboratório e referências de literatura (Kiehl, 1985 e 1998). As produções de café basearam-se nos registros e relatos dos produtores (Tabela 9). Como não existem informações precisas da taxa de conversão de N dos resíduos e nem da influência do sombreamento na dinâmica da mineralização da matéria orgânica, os dados estimados foram utilizados a título de comparação entre os tratamentos e propriedades.

Tabela 9 – Estimativa da adição de N proveniente dos adubos orgânicos utilizados na propriedade de Abatiá, no período entre 1999 e 2004, e produções de café das safras correspondentes.

Localidade				Período				
			unidade	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
Abatiá	Produção		sacos ha^{-1}			18,0	15,0	4,8
	Insumos	Esterco de galinha (3% N)[1]	Kg N ha^{-1}	245				
		Borra de café (1.5% N)[1]		522				
		Torta de Mamona (5,4% N)[1]			43		29	
		Composto + EM (1.25% N)[2]				20	25	8
	N - Biomassa	Estimativa média[3]						27
	Estimativa - N Total		Kg ha^{-1}	767	43	20	54	35

1- Fonte Kiehl (1985 e 1998); 2 – Teor de N da amostra do composto analisada no laboratório da CIDASC3 – estimativa da média entre os sistemas de manejo do N proveniente da biomassa vegetal.

Em Abatiá, em razão da recepa realizada após a geada de 2000, não houve produção de café nas safras do ano de 2000 e 2001. Foi observada uma queda na produção de café no período do acompanhamento do projeto, mesmo levando-se em conta o ciclo bienal de produção, quando uma alta produtividade é seguida por uma diminuição na produção. O menor rendimento pode ser um indicativo de um aporte insuficiente de nutrientes e do

esgotamento das reservas de N no solo. A estimativa da adição de N proveniente da biomassa das plantas espontâneas não foi incluída nos anos anteriores.

Tabela 10 – Estimativa da adição de N proveniente dos adubos orgânicos utilizados na propriedade de Santa Mariana, no período entre 1999 e 2004, e produções de café das safras correspondentes.

Localidade				Período				
			unidade	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
Sta Mariana	Produção		sacos ha^{-1}	26,8	11,0	29,6	7,0	13,0
	Insumos	Composto (1.2% N)[1]	Kg N ha^{-1}	804		264	264	
		Fonte de N comercial (4% N)[2]			120			
	N - Biomassa	Estimativa média[3]						2,5
	Estimativa - N Total		Kg ha^{-1}	804	120	264	264	2,5

1- Fonte Kiehl (1985 e 1998) ; 2 – Teor de N do composto comercial, fornecido pelo distribuidor; 3 – Estimativa da média entre os sistemas de manejo do N proveniente da biomassa.

Na propriedade de Santa Mariana também foi observada uma queda de produção de café, podendo ser relacionada com a ausência do aporte de nutrientes provenientes de adubos orgânicos no último período somado a uma reduzida produção de biomassa vegetal nas entrelinhas do cafezal.

A maior produção de biomassa proveniente das plantas espontâneas em Abatiá, somada à adição de N através da adubação orgânica, proporcionou uma entrada maior de N no sistema de produção em relação à propriedade de Santa Mariana. Este fato pode ter influenciado nos resultados das análises foliares, conforme o ítem 5.2.

Considerando a estimativa da adição de N através da adubação orgânica e da mineralização da biomassa vegetal, conclui-se que o fornecimento foi insuficiente para a demanda fisiológica do cafeeiro em ambas propriedades. Pode-se inferir que durante este período, parte da nutrição do cafeeiro foi proveniente da extração de nutrientes disponíveis da reserva da matéria orgânica do solo.

5.4 Produção do cafeeiro

A análise da produção do cafeeiro indicou diferenças significativas entre os tratamentos em Abatiá. As parcelas sombreadas apresentaram um produção maior do que as parcelas a pleno sol (Tabela 11).

Tabela 11 – Valores médios da produção de café beneficiado em kg ha^{-1} e o rendimento do beneficiamento do café em coco a 12% de umidade, nas parcelas sombreadas e a pleno sol, coletadas em maio de 2004 em Abatiá.

Localidade	Tratamento	Produção Sacas/ha	Rendimento beneficiamento (%)
Abatiá	Sombra	10,3 a	45
	Sol	3,5 b	52

Médias dos tratamentos seguidas de letras minúsculas distintas diferem significativamente pelo teste f ($p \leq 0,05$).

A diferença dos valores da produção entre os tratamentos pode variar de um ano para o outro em função da bianualidade da produção do cafeeiro nas parcelas a pleno sol. A interpretação dos dados de produtividade do cafeeiro necessitaria de um período mais longo, possibilitando aumentar a precisão desta avaliação para investigar possíveis diferenças entre os tratamentos.

Em Santa Mariana não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 12). A produção nesta propriedade foi maior em relação à propriedade de Abatiá. Segundo a estimativa do aporte de N nos últimos cinco anos, levantado no ítem anterior (capítulo 5.3), este foi superior em Santa Mariana.

Tabela 12 – Valores médios da produção de café beneficiado em kg ha^{-1} e o rendimento do beneficiamento do café em coco a 12% de umidade, nas parcelas sombreadas e a pleno sol, coletadas em maio de 2004 em Santa Mariana.

Localidade	Tratamento	Produção Sacas/ha	Rendimento beneficiamento (%)
Sta Mariana	Sombra	19,4 a	46
	Sol	22,5 a	42

Médias dos tratamentos seguidas de letras minúsculas distintas diferem significativamente pelo teste f ($p \leq 0,05$).

Outro fator que pode interferir na produtividade do cafeeiro é a adaptação da cultivar ao sistema de manejo. Existem poucas pesquisas de melhoramento de cafeeiros direcionado para sistemas de produção orgânica ou para sistemas de produção com arborização. Segundo um estudo feito no Estado do Espírito Santo, com 98 cultivares de

café, a cultivar Catiflor, utilizada em Abatiá, apresentou rendimento baixo e vigor de fraco a intermediário, destacando-se apenas em relação à resistência a ferrugem (Ferrão et al., 2001). Seriam necessários mais estudos sobre a adaptação de cultivares em sistemas de produção orgânica e com arborização, uma vez que o melhoramento do cafeeiro no Brasil é direcionado para o cultivo a pleno sol e com alta adição de nutrientes.

Os rendimentos no beneficiamento do café (retirada da casca e do pergaminho que envolve o grão após a secagem) apresentaram pequenas diferenças, indicando uma possível correlação negativa entre a quantidade de frutos e o rendimento na propriedade de Abatiá.

5.5 Teores de C e N total do solo na profundidade de 0 - 7,5 cm

Apesar das diferenças do aporte de N entre os tratamentos, não foram observadas diferenças significativas dos teores do N total e da matéria orgânica das amostras de solo coletadas na profundidade de 0 a 7,5 cm, em ambas propriedades (Tabelas 13 e 14). Os teores de matéria orgânica e N total possuem uma tendência de estabilidade nos solos, ocorrendo decréscimos significativos somente quando ocorrem grandes impactos provenientes de um mau uso do solo ou devido ao manejo intensivo com revolvimento constante do solo.

A percentagem de matéria orgânica foi calculada através da multiplicação do resultado do carbono orgânico pelo fator 1,724, admitindo-se que na composição média do húmus o carbono participa com 58% (EMBRAPA, 1997).

Tabela 13 – Valores médios dos teores de C total, matéria orgânica, N total e a relação C/N das parcelas sombreadas e a pleno sol, das amostras de solo coletadas na profundidade de 0 – 7,5 cm em setembro de 2004, em Abatiá.

Localidade	Tratamento	Carbono $g\ kg^{-1}$	Mat. Org. $g\ kg^{-1}$	N %	C/N
Abatiá	Sombra	33,3	57	0,32	10,48
	Sol	33,6	58	0,33	10,32

Tabela 14 – Valores médios dos teores de C total, matéria orgânica, N total e a relação C/N das parcelas sombreadas e a pleno sol, das amostras de solo coletadas na profundidade de 0 – 7,5 cm em setembro de 2004, em Santa Mariana.

Localidade	Tratamento	Carbono g kg^{-1}	Mat. Org. g kg^{-1}	N %	C/N
Sta Mariana	Sombra	34,1	59	0,32	10,85
	Sol	31,8	55	0,33	9,73

Os teores de N total encontrados em ambas propriedades equipararam-se aos valores encontrados em trabalhos com cafeeiros arborizados realizados na Venezuela, entre 0,21 e 0,34 % (Mogollón et al., 1996), no México, entre 0,40 e 0,54 % (Babbar e Zak, 1993) e na Guatemala, entre 0,16 e 0,43 % (Villatoro et al., 2004).

A produção de biomassa fertilizante em Santa Mariana foi inferior à propriedade de Abatiá, porém os teores de N total e de matéria orgânica foram similares entre as propriedades. Este fato pode indicar uma possível formação de reserva de N no solo, proveniente de adubações orgânicas realizada nos anos anteriores, conforme o levantamento do histórico de adubações. Na propriedade de Abatiá, a reserva de N deve ser proveniente da produção de biomassa fertilizante, compensando o menor aporte de adubos orgânicos nos últimos cinco anos, conforme o histórico levantado no ítem 5.3.

5.6 Nitrogênio Potencialmente Mineralizável - NPM

O indicador de qualidade do solo NPM foi avaliado através da incubação anaeróbia de amostras de solos coletadas em abril e setembro de 2004. Na segunda coleta determinou-se o teor de NH_4^+ inicial presente no solo (N inicial) e, por diferença, foi calculada a quantidade de NH_4^+ produzida durante a incubação (Δ N-NH_4^+). O NPM apontou diferenças altamente significativas entre os tratamentos em Abatiá nas amostras de solo coletadas em setembro (Tabela 15).

Tabela 15 – Valores médios do NPM (teores de $N\text{-}NH_4^+$), de amostras coletadas em abril de 2004 (NPM abril), do N inicial, antes da incubação, do NPM e do Δ $N\text{-}NH_4$ de amostras coletadas em setembro de 2004 (NPM setembro), das amostras de solo coletadas na profundidade de 0- 7,5 cm, em Abatiá.

Localidade	Tratamento	NPM (abril)	N inicial	NPM (setembro)	Δ $N\text{-}NH_4^+$
			mg Kg^{-1}		
Abatiá	Sombra	19,69 a	2,40 a	21,79 b	19,4 b
	Sol	20,47 a	2,28 a	25,85 a	23,6 a

Médias dos tratamentos seguidas de letras minúsculas distintas diferem significativamente pelo teste f ($p \leq 0,05$).

Na propriedade de Abatiá, os valores de NPM foram maiores nas amostras a pleno sol em relação à sombra. A capacidade de produção de biomassa proveniente das plantas espontâneas, a principal fonte de N nos sistemas de produção durante o período de acompanhamento, conforme apontado no ítem 5.3, pode ter contribuído para as diferenças levantadas do NPM entre os tratamentos. De acordo com a estimativa da disponibilidade de N ao cafeeiro, nas parcelas a pleno sol o aporte de N foi de 36 kg ha^{-1} ano^{-1}, duas vezes maior que nas parcelas sombreadas, com cerca de 18 Kg de N ha^{-1} ano^{-1}.

Outro fator que pode ter interferido nas diferenças do NPM entre os sistemas de manejo nesta propriedade é a característica da espécie utilizada na arborização. A macadâmia pode ser considerada de duplo propósito, exercendo as funções de sombreamento para o cafeeiro e de produção de nozes. A partir do quarto ano a produção pode atingir 30 a 40 Kg de nozes por planta (São José, 1991), resultando na exportação de nutrientes através da sua colheita. Como o produtor não faz nenhuma adubação específica para atender à demanda de nutrientes da macadâmia, pode ocorrer uma competição por nutrientes com o cafeeiro. De acordo com as recomendações de adubação da macadâmia, a partir do quinto ano seriam necessários de 180 a 500 g de N por planta (São José, 1991 e Ribeiro et al., 1999). A menor disponibilidade de N nas parcelas arborizadas em Abatiá pode estar relacionada à exportação de nutrientes pelas nozes de macadâmia, e a uma menor disponibilidade do N ciclado pela produção e decomposição da biomassa vegetal. Estes resultados podem apontar para uma necessidade de uma adubação específica para esta espécie, a fim de evitar um esgotamento da reserva de N disponível no solo, e consequentemente, um maior impacto na atividade biológica e na produtividade do

cafeeiro. Os possíveis benefícios do sombreamento do cafeeiro relacionados a atividade biológica podem estar sendo contrabalançados pelo menor aporte da biomassa vegetal no sistema e pela exportação de nutrientes através da colheita das nozes.

Os valores do NPM da amostragem realizada em abril não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Um dos fatores que podem ter interferido nos resultados das análises do NPM destas amostras é a diferença nos procedimento para a determinação dos teores de $N\text{-}NH_4^+$ entre as amostragens. A mudança do procedimento, discutida adiante, resultou em valores maiores do NPM com um menor coeficiente de variação para uma mesma amostragem.

Foram observados valores mais altos do NPM e do N inicial nesta propriedade em relação à propriedade de Santa Mariana (Tabela 16), em consonância com os resultados obtidos das análises de N foliar e da estimativa de aporte de N ao cafeeiro. O fato de não ter havido nenhuma aplicação de adubos orgânicos em Santa Mariana no corrente ano, associado a uma baixa produção de biomassa vegetal, pode ser correlacionado aos valores mais baixos do N das amostras foliares do cafeeiro e do indicador de qualidade NPM observados nesta propriedade durante o levantamento.

Tabela 16 – Valores médios do NPM (teores de $N\text{-}NH_4^+$), de amostras coletadas em abril de 2004 (NPM abril), do N inicial, antes da incubação, do NPM e do Δ $N\text{-}NH_4$ de amostras coletadas em setembro de 2004 (NPM setembro), das amostras de solo coletadas na profundidade de 0- 7,5 cm, em Santa Mariana.

Localidade	Tratamento	NPM (abril)	N inicial	NPM (setembro)	Δ $N\text{-}NH_4^+$
			mg Kg^{-1}		
Sta Mariana	Sombra	19,08	1,86	21,34	19,47
	Sol	17,44	1,78	19,40	17,66

Em Santa Mariana não houve diferenças significativas do NPM entre os sistemas de manejo, em conformidade com os dados de produção de biomassa vegetal entre os tratamentos. A espécie arbórea avaliada nesta propriedade, diferentemente da macadâmia, é uma espécie leguminosa fixadora de N atmosférico (Mafongoya et al., 1998), e provavelmente contribuiu para a adição de N no sistema de produção. A cabreúva pertence à família Leguminosae, gênero *Myroxylon*, conhecida também como cabreúva vermelha,

bálsamo e bálsamo do Peru (Lorenzi, 2000). Na classificação do estádio de sucessão ecológica é considerada como espécie secundária tardia, o que a caracteriza como sendo de crescimento lento (Moreira e Silva, 2004). Um dos prováveis fatores que contribuiu para a semelhança dos valores do NPM entre sistemas de manejo nesta propriedade é com relação à eficiência da fixação biológica de N desta espécie, que pode não estar proporcionando um aporte suficiente de N ao sistema. A escolha das espécies utilizadas na arborização do cafeeiro nesta propriedade foi direcionada para a recomposição da vegetação nativa, com o objetivo de transformar posteriormente esta área em reserva legal.

O coeficiente de variação das análises do NPM em Santa Mariana foi de aproximadamente 23%, e em Abatiá foi de 18%. Os valores foram menores do que o coeficiente de variação encontrado por Maia e Cantarutti (2004), em um estudo correlato com um argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com milho, cujo valor médio foi de 30%. O aumento do número de parcelas pode minimizar a variabilidade encontrada nas análises das propriedades.

Os valores médios do Δ N-NH_4^+ encontrados em ambas propriedades foram inferiores a alguns estudos correlatos: em um trabalho realizado no RS, em lavoura de milho no sistema de plantio direto, em um argissolo vermelho distrófico, o valor médio de Δ N-NH_4^+, nas camadas de 2,5 a 5,0 cm, foi de 31,15 mg N-NH_4^+ Kg^{-1} (Giacomini et al. 2002). No município de Coimbra/MG, em lavoura de milho em um solo argissolo vermelho amarelo, o valor de N-NH_4^+ na camada de 0-10 cm foi de 30,17 mg Kg^{-1}. (Maia e Cantarutti, 2004), e em sistemas de cafeeiros com arborização, na Venezuela, em amostras de solos coletadas nas camadas de 0-20cm, os valores foram de 28,37 mg Kg^{-1} nas parcelas arborizadas com Citros e de 47,14 mg Kg^{-1} nas parcelas arborizadas com *Inga sp*. (Mogollón et al., 1996).

Estima-se que, no geral, o percentual de N potencialmente mineralizável gira em torno de 1 a 3 % da reserva da matéria orgânica do solo (Moreira e Siqueira, 2002). O percentual dos valores médios do NPM nas propriedades de Abatiá e Santa Mariana em relação ao N total do solo foram entre 0,59 a 0,79 % (Tabela 9), inferiores aos valores de 1,89 % encontrados por Maia e Cantarutti, (2004), e de 1,32 e 1,37 %, constatados por Mogollón et al. (1996).

Ikerra et al. (1999), em um estudo realizado na Tanzânia com milho consorciado com gliricídia, encontrou valores do NPM entre 6,72 e 11,76 mg Kg^{-1} em um ano e entre 19,32 e 44,52 mg Kg^{-1} no ano seguinte, em amostras de 0-20 cm, com 7 dias de incubação anaeróbia. A diferença, segundo o autor, foi relacionada ao déficit severo de chuva e à produção quase nula de milho que antecedeu a amostragem. Na revisão de trabalhos realizada por Camargo et al. (1997), os valores de NPM apresentaram uma ampla distribuição em períodos de incubação aeróbica entre 12 e 32 semanas. O menor valor encontrado foi de 11 mg N kg^{-1} e o valor máximo foi de 383 mg N kg^{-1} de solo.

Segundo Babbar e Zak, (1993), a arborização pode promover mudanças na quantidade e qualidade da serrapilheira, na temperatura do solo e na disponibilidade de água. Segundo um trabalho realizado pelos autores no México, a variabilidade e o tamanho da amostragem pode interferir nos resultados, visto que se esperariam diferenças significativas nas taxas de ciclagem de N entre sistemas com cafeeiros arborizados e a pleno sol. Caberia uma investigação da época mais propícia para a coleta de amostras e a busca de estratégias para diminuir a variabilidade dos dados provenientes da condição das lavouras no campo.

Segundo Staver (1999), o gerenciamento de áreas homogêneas, derivado da replicação de unidades experimentais e do melhoramento direcionado para cultivares com alta produtividade, dependente de um alto input de insumos, gera uma suposta uniformidade da relação solo-planta e a expectativa de uma resposta esperada com alta uniformidade. A questão é como ajustar o gerenciamento para incorporar heterogeneidade, dentro de um manejo baseado em princípios ecológicos, com variabilidade e diversidade, como a dinâmica da ciclagem de nutrientes no gerenciamento de nutrição de um cultivo. Nos sistemas de produção com a agricultura familiar a variabilidade pode ser ainda maior devido à utilização de áreas mais marginais para a cultura do cafeeiro, como terrenos com maior declividade.

Os teores de NPM nos sistemas de manejo a pleno sol apresentaram uma correlação mais baixa com os teores de N total, N inicial e da matéria orgânica do solo, podendo indicar que fatores como o manejo e clima podem ter uma influência maior neste indicador do que a quantidade de N total na matéria orgânica do solo (Tabela 17). Não houve correlações entre os sistemas de manejo e o peso seco da biomassa vegetal (Anexo 10).

Tabela 17 – Coeficientes de correlação entre as análises de NPM, da segunda incubação da amostragem feita em setembro, e do N total do solo, dos teores de N inicial (Ni), do teor da matéria orgânica e do N foliar.

Localidade	Tratamento	NPM x N total	NPM x Ni	NPM x mat. org.	NPM x N foliar
Abatiá	Sombra	0,82	0,68	0,53 (n.s.)	0,00 (n.s.)
	Sol	0,44 (n.s.)	- 0,08 (n.s.)	0,28 (n.s.)	0,55 (n.s.)
Sta Mariana	Sombra	0,72	0,65	0,86	0,54 (n.s.)
	Sol	0,50 (n.s.)	0,31 (n.s.)	0,24 (n.s.)	0,31 (n.s.)

Os dados que não apresentaram correlações significativas contêm uma observação entre parênteses, com critério de significância da correlação de 5%.

Com relação as duas incubações realizadas na segunda amostragem para comparar os procedimentos utilizados para a medição dos teores de N-NH_4^+, os valores de NPM da segunda incubação, realizada no mês de dezembro, apresentou valores mais altos do que os observados na primeira (Tabela 18), e um menor coeficiente de variação (Anexo 13).

Tabela 18 – Valores médios dos teores de N-NH_4^+ determinados pelo método colorimétrico das amostras de solo de cafeeiros em Abatiá, coletadas em setembro de 2004.

Localidade	Tratamento	NPM (1ª incubação) mg Kg^{-1}	NPM (2ª incubação) mg Kg^{-1}
Abatiá	Sombra	16,99 b	21,79 b
	Sol	20,17 a	25,85 a

Médias dos tratamentos seguidas de letras minúsculas distintas diferem significativamente pelo teste f ($p \leq 0,05$).

Tabela 19 – Valores médios dos teores de N-NH_4^+ determinados pelo método colorimétrico das amostras de solo de cafeeiros em Santa Mariana, coletadas em setembro de 2004.

Localidade	Tratamento	NPM (1ª incubação) mg Kg^{-1}	NPM (2ª incubação) mg Kg^{-1}
Sta Mariana	Sombra	11,05	21,34
	Sol	10,54	19,40

Não houve correlação entre os valores do NPM da segunda incubação da amostragem feita no mês de setembro e da amostragem do mês de abril, com exceção das parcelas com sombra em Santa Mariana (Tabela 20).

Tabela 20 – Coeficientes de correlação entre as análises de NPM realizadas em abril e setembro e entre as incubações das amostras coletadas em setembro.

Localidade	Tratamento	NPM abr x NPM set	NPM set x NPM set (1ª)
Abatiá	Sombra	- 0,53 (n.s.)	0,72
	Sol	0,11 (n.s.)	0,57 (n.s.)
Sta Mariana	Sombra	0,77	0,90
	Sol	0,44 (n.s.)	0,78

Os dados que não apresentaram correlações significativas contêm uma observação entre parênteses, com critério de significância da correlação de 5%.

Um dos fatores que podem explicar a correlação negativa entre as análises de abril e setembro no cafeeiro com sombra em Abatiá é a presença de algumas parcelas com solos mais rasos e com pedregosidade. Este fato pode ter interferido nos dados da segunda amostragem, realizada após um longo período de estiagem, devido às diferenças quanto à capacidade de retenção de água em parcelas de solos mais rasos, e uma maior competição por água com a presença do elemento arbóreo. Um eventual déficit hídrico provocaria a diminuição da atividade microbiana, e conseqüentemente nos valores de NPM. Em Santa Mariana, a presença do elemento arbóreo parece ter minimizado a variabilidade proveniente do adensamento do cafeeiro, refletindo em valores mais altos de correlação entre as análises de NPM.

Além de o indicador NPM apontar diferenças entre os sistemas de manejo e avaliar a qualidade do solo de forma comparativa entre sistemas de produção, pode servir também como uma referência para a estimativa da quantidade de N que poderá ser disponibilizada ao cafeeiro a partir da reserva da matéria orgânica, auxiliando no gerenciamento do N no sistema de produção. Caberia uma investigação das diferenças encontradas entre métodos de determinação do $N\text{-}NH_4^+$ e da época mais adequada para a coleta de amostras de solo.

5.7 Indicadores de sustentabilidade

As avaliações do conjunto de indicadores qualitativos relacionados aos aspectos de qualidade do solo mostraram similaridades entre as lavouras de café das duas propriedades. As médias foram semelhantes entre as propriedades (Tabela 21), assim como a distribuição

dos atributos de qualidade do solo avaliados no gráfico, com exceção do atributo profundidade do solo, em Abatiá (Figura 1). Nesta propriedade, este parâmetro foi avaliado de acordo com algumas manchas de solo mais raso, com o objetivo de alertar o produtor da necessidade de cuidados com a cobertura do solo e adição de matéria orgânica nestas áreas.

Tabela 21 – Média dos valores atribuídos aos indicadores de qualidade do solo e saúde do cultivo nas propriedades de Abatiá e Santa Mariana.

Indicadores	**Valor**	
Qualidade do solo	Abatiá	Santa Mariana
1 – Estrutura do solo	8.2	9.4
2 – Compactação e infiltração	8.6	8.2
3 – Profundidade do solo	5.2	10.0
4 – Cor, odor e teor de matéria orgânica	8.0	9.0
5 – Retenção de umidade	8.0	8.0
6 – Erosão	9.8	10.0
7 - Atividade biológica	9.0	8.4
8 – Cobertura do solo	10.0	10.0
9 – Diversidade de plantas espontâneas	9.4	8.0
Média	**8.46**	**9.00**
Saúde do cultivo	Abatiá	Santa Mariana
1 – Aparência do cafeeiro	6.8	7.4
2 – Crescimento do cafeeiro	6.2	8.6
3 – Incidência de doenças	6.0	7.8
4 – Competição de plantas	9.0	8.0
5 – Rendimento atual e potencial	4.0	5.8
6 – Diversidade vegetal	5.4	10.0
7 – Diversidade circundante	6.0	10.0
8 – Sistema de manejo	9.0	9.0
9 – Produção de biomassa	10.0	6.0
Média	**6.90**	**8.10**

Com relação à avaliação dos aspectos vegetativos do cafeeiro e do grau de diversificação do ambiente, os resultados mostraram uma distribuição mais distinta entre as propriedades, conforme a distribuição das médias no gráfico (figura 2).

A diversidade e a produção de biomassa de plantas espontâneas se destacaram em Abatiá, em conformidade com os dados analíticos do peso da matéria seca proveniente da coleta de plantas espontâneas e do números de espécies identificadas por parcela (Tabelas 5 e 6, do ítem 5.3).

A observação do conjunto dos indicadores serviu também de auxílio para os produtores priorizarem algumas intervenções agroecológicas com o objetivo de corrigir algumas deficiências.

Figura 1: Distribuição dos indicadores de qualidade do solo nas propriedades de Abatiá e Santa Mariana.

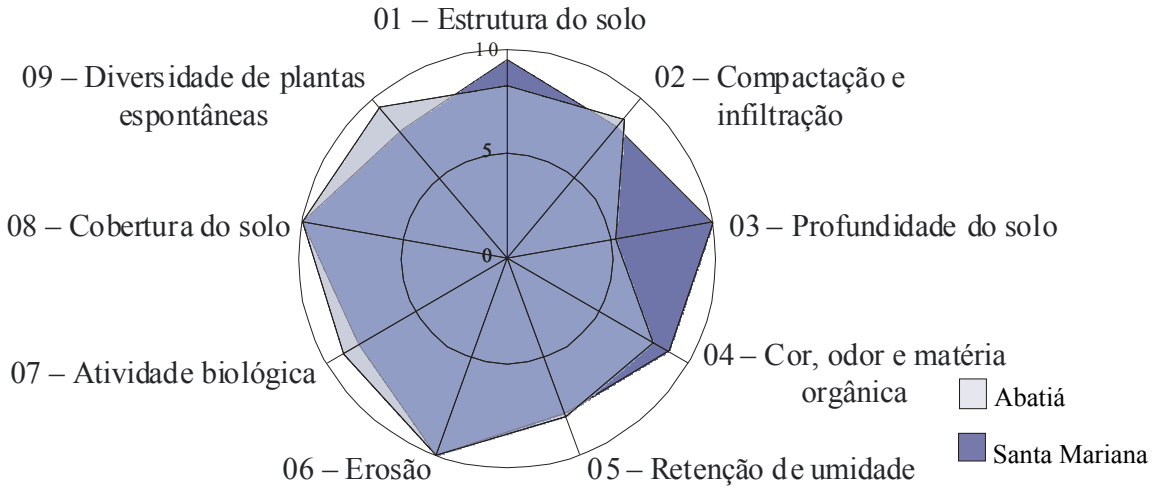
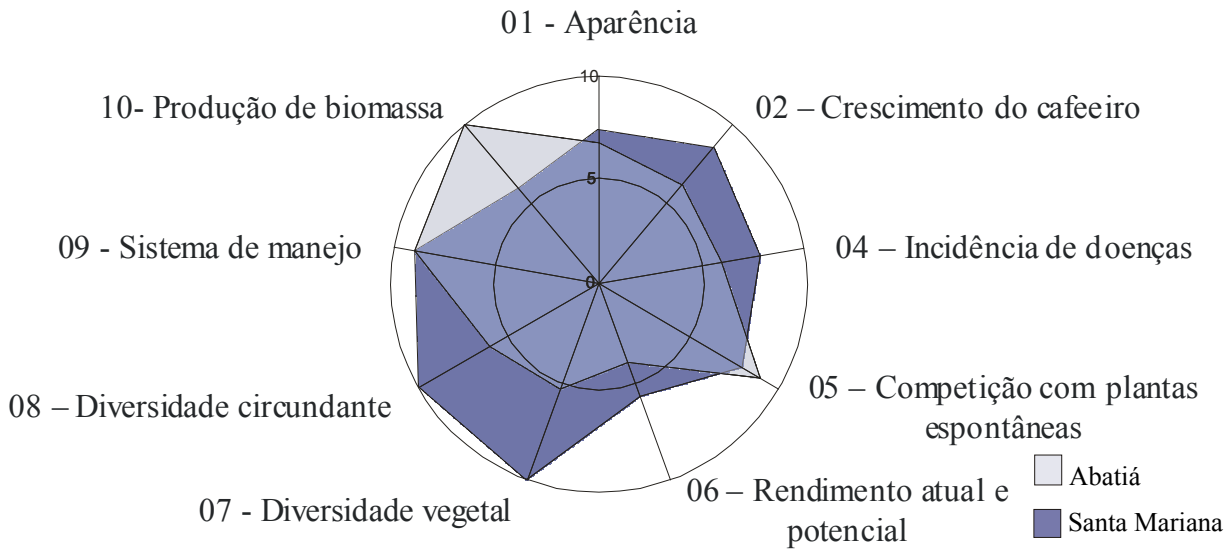


Figura 2: Distribuição dos indicadores da saúde do cafeeiro nas propriedades de Abatiá e Santa Mariana.



Na propriedade de Santa Mariana, o sistema de produção apresentou maior diversificação na arborização e na vegetação circundante. Os aspectos de saúde do cafeeiro apresentam uma condição melhor em relação à Abatiá, apesar dos indicadores analíticos do NPM e da análise do N foliar, juntamente com o potencial de produção de biomassa e ciclagem de nutrientes apontarem uma condição de menor sustentabilidade no médio prazo em Santa Mariana. Existe a possibilidade de um esgotamento da reserva de N, que irá refletir no potencial produtivo do cafeeiro e na atividade biológica do solo.

Em Abatiá, também pode haver um declínio na produção e esgotamento das reservas de N no solo devido a falta de diversificação na arborização, incluindo-se a ausência de espécies com potencial de fixação biológica de N, a baixa produtividade do cafeeiro por causa da exportação de nutrientes com a macadâmia, pelo baixo potencial produtivo da cultivar e devido ao aporte insuficiente de nutrientes, mesmo com uma alta produção de biomassa vegetal no sistema.

A melhoria dos aspectos de saúde do cafeeiro e a menor dependência de insumos externos aliada a uma produtividade desejável, poderão ser alcançadas com mudanças no

manejo da poda do cafeeiro em Santa Mariana e com a inclusão de espécies arbóreas eficientes na fixação de N e um maior aporte de adubos orgânicos em ambas propriedades.

Os produtores convidados para a aplicação deste sistema de avaliação fizeram uma adaptação desta metodologia para o manejo de colheita e pós-colheita do cafeeiro em sua comunidade (Lerroville), com resultados bastante satisfatórios. Após a aplicação dos indicadores pela comunidade, foram eleitas algumas medidas prioritárias, adotadas ao longo do ano, e que reverteram na premiação dos produtores em um concurso estadual de qualidade de café. Os produtores conquistaram quatro colocações entre os dez primeiros classificados, incluindo-se aí o primeiro e segundo lugares.

Os resultados e os fatos apontados acima demonstram que esse sistema de avaliação se relaciona com dados quantitativos e tem uma capacidade de estruturar o grupo para ações mais abrangentes, que ultrapassam o escopo inicial da avaliação.

6. Síntese dos resultados

A presença do elemento arbóreo não interferiu nos teores de nutrientes do solo e foliares. A propriedade de Abatiá obteve teores mais altos do N foliar, do aporte estimado de N ao cafeeiro, e do nitrogênio potencialmente mineralizável (NPM) em relação à propriedade de Santa Mariana. O indicador de qualidade do solo NPM apontou diferenças significativas entre os tratamentos nesta propriedade na amostragem de solos realizada no mês de setembro, com valores de NPM maiores nas amostras a pleno sol. As possíveis causas foram: a arborização de duplo propósito, com produção de nozes e conseqüente exportação de nutrientes sem uma adubação direcionada para esta produção; a provável competição do elemento arbóreo com o cafeeiro por nutrientes; e diferenças entre os tratamentos no aporte de biomassa das plantas espontâneas.

Na propriedade de Santa Mariana, não foram observadas diferenças entre os tratamentos. As possíveis causas foram: a espécie leguminosa não ter proporcionado um aporte significativo de N ao sistema de produção ou o porte da árvore não ter permitido identificar diferenças significativas entre os sistemas de manejo, o adensamento do cafeeiro a pleno sol, provocando um auto-sombreamento em algumas parcelas, e a pequena produção de biomassa vegetal nos dois sistemas de manejo.

Os indicadores de sustentabilidade permitiram a inclusão do produtor na investigação e interpretação de alguns parâmetros qualitativos do solo, do cultivo e da diversidade do ambiente, e possibilitaram uma visão do conjunto e, ao mesmo tempo, dos fatores específicos que podem estar limitando os sistemas de produção.

7. Considerações finais e recomendações

O NPM possui uma maior sensibilidade a mudanças que podem interferir na atividade biológica do solo, mas não o suficiente para ser detectada nos teores de N total ou da matéria orgânica. Com tal indicador, pode-se evitar que um determinado sistema de manejo possa levar a um maior nível de degradação do solo. Este indicador pode auxiliar o técnico e o produtor no acompanhamento da capacidade produtiva do solo e na tomada de decisões com relação ao manejo, servindo também para estimar a disponibilidade de nitrogênio em sistemas de produção de cafeeiro com arborização, mesmo que o nutriente provenha da biomassa das plantas espontâneas, das folhas do cafeeiro e do elemento arbóreo.

O método NPM possui um grande potencial para ser aplicado em laboratórios de análise de solos de rotina, podendo complementar as informações das análises químicas e auxiliar no monitoramento de alterações de alguns atributos do solo. Isso contribui para orientar o produtor na manutenção ou aumento da capacidade produtiva do solo. Por tal razão, recomenda-se investigar a padronização dos procedimentos para a análise do NPM, assim como a época mais indicada de coleta de solos para a avaliação deste indicador.

Como as espécies arbóreas investigadas têm um desenvolvimento lento, cabe uma avaliação destes sistemas em estágio mais avançado de desenvolvimento da arborização. Em uma das propriedades, foi observada uma maior heterogeneidade da lavoura, em função do adensamento desigual do cafeeiro. Para as investigações futuras, recomenda-se um maior número de parcelas para diminuir a variabilidade dos dados, e o manejo de podas para evitar uma maior perda na produtividade do cafeeiro.

O sistema da avaliação empírica da qualidade do solo, da saúde do cafeeiro e da diversidade do ambiente de produção constitui-se em uma importante ferramenta para uma avaliação geral das áreas de cultivo. Tal sistema possibilita o surgimento de trocas de experiências entre produtores e destes com os técnicos, assim como a construção de novos indicadores, como na comunidade envolvida neste trabalho, que adaptou o método para avaliação e melhoramento dos processos de manejo de colheita e pós-colheita.

Os parâmetros aplicados neste trabalho, tanto relativos à qualidade do solo quanto à sustentabilidade do agroecossistema, podem ser aprimorados, buscando maior precisão na interpretação dos processos envolvidos.

8. Referências bibliográficas

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **R Bras Ci. Solo**, 27:601-612, p. 604, 2003.

ALTIERI, M. A. A sustentabilidade da agricultura orgânica. Rev. **Agroecologia Hoje**. AnoII, n. 7, fev/março p. 7, 2001.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia**, Costa Rica, 64:17-24, p. 19 e 24, 2002.

ALTIERI, M. A.; Agroecology: principles and strategies for designing sustainable farming systems. Disponível em: <www.agroeco.org > Acesso em: 25 out. 2003.

ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, P. T. G. **Arborização como componente da sustentabilidade da lavoura cafeeira.** EPAMIG, 1998. (Circular técnica, 80).

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2003**, São Paulo: ANDA, p. 34, 2004.

ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 88 p.153-160, p. 155-157, 2002.

ASSIS R. L.; ROMEIRO, A. R. Análise do processo de conversão de sistemas de produção de café convencional para orgânico: um estudo de caso. EMBRAPA: **Caderno de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 21, n.1, p. 143-168, jan/abr 2004

AZEVEDO, M.S.F.R.; LIMA, P.C.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; MOURA, W.M. Conversão de cafezais convencionais em orgânicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 214/15, p. 58 e 59, 2002.

BABBAR, L. I.; ZAK, D. R. Nitrogen Cycling in coffee agroecosystems: net N mineralization and nitrification in the presence and absence of shade trees. **Agriculture, ecosystems and environment**, 48, 107-113. p.108, 109 e 112, 1994.

BOEIRA, R. C.; MAXIMILIANO, V.C.B. **Determinação da fração de mineralização de nitrogênio de lodos de esgoto**: um método alternativo. Jaguariúna, SP. EMBRAPA Meio Ambiente. p. 3, 2004. (Comunicado Técnico, 13).

BUNDY, L. G.; MEISINGER, J. J. Nitrogen Availability Indices. In: WEAVER R.W et al., ed. **Methods of soil analysis**. Part 2 - Microbiological and biochemical properties. 5. ed. SSAJ, p. 961 e 962, 1994.

CAMARGO, F. A. O., GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J., VIDOR, C. Nitrogênio orgânico no solo, p 117 - 137. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo:** ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênesis, p.118, 120, 131 e 133, 1999.

CAMARGO, F. A. O., GIANELLO, C., VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, 21:575-579, p. 578, 1997.

CANTARUTTI, R. B. Publicação eletrônica {mensagem pessoal} recebida por <jmlobo@inet.com.br> em 27 abril 2004.

CARVAJAL, J. F. **Cafeto – cultivo y fertilización**. 2. ed. Costa Rica: Instituto Internacional de la Potasa. p. 76 e 77, 1984.

CHAVES, J. C. D. Efeito de adubações mineral, orgânica e verde sobre a fertilidade do solo, nutrição e produção do cafeeiro, In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL 1, 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos**. Brasília: EMBRAPA Café, v.2, p.1389-1392, 2000.

D'AGOSTINI, L. R.; SCHLINDWEIN S. L. **Dialética da avaliação do uso e manejo das terras**: da classificação interpretativa a um indicador de sustentabilidade. Florianópolis: Ed. da UFSC, p. 16, 1998.

DAHNKE, W. C.; VASEY, E. H. Testing soil for nitrogen, In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. **Soil testing and plant analysis** 6 ed. SSSA, Inc Wisconsin USA, p. 97, 1986.

DEAN, W. **A ferro e fogo**: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras, p. 235, 1996.

DORAN, J. W.; SAFLEY, M. Defining and assessing soil health and sustainable productivity, In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M; GUPTA, V. V. S. R. **Biological indicators of soil health**, CAB International, P. 4, 1997.

DUXBURY, J. M., NKAMBULE, S. V. Assessment and significance of biologically active soil organic nitrogen, p125-144. In: DORAN, J. W.; et al. **Defining soil quality for a sustainable environment**. SSSA Special Publication n.35. Madison, Wisconsin, USA. p. 125, 129 e 131, 1994.

ECCARDI, F. SANDALJ, V. **O café: ambientes e diversidade**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, p. 9, 10, 11, 21 e 22, 2003.

EMBRAPA. **Manual de métodos e análise de solo.** Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, p. 86, 1997.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L. M.; ALVARENGA, R. C.; NEVES, J. C. L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:171-177, p. 172 e177, 2000.

FEIGENBAUM, H. A. S.; FEIGIN, A.; PORTNOY, R. Nitrogen mineralization in profiles of differently managed soil types. **Soil Sci. Am. J**. 50:314-319. 1986.

FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; ROCHA, A. C.; CELIN E. Avaliação de progênies e cultivares de Coffea arábica no estado do Espírito Santo, In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL 2.: 2001: Vitória, ES. **Anais**, Brasília, DF.: Embrapa Café, p. 1272-1278, (CD-ROM), 2001.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; GUIDINI, E.; et. al. Potencial de mineralização do carbono e do nitrogênio no solo após três anos de uso de dejetos de suínos em sistema plantio direto. FERTBIO 2002, Rio de Janeiro/RJ: **Anais**, UFRRJ/SBCS (CD-ROM), 2002.

GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. D.; LIMA, P. C.; GUIMARÃES, M. J. C. L.; POZZA, A. A. A. Adubação e nutrição do cafeeiro em sistema orgânico de produção. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 214/15, p. 69, 2002.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ANDRADE, D. S.; et al. Fixação biológica do nitrogênio em leguminosas de grãos. In: CARVALHO, J. O.; SIQUEIRA, F. M. S.; et al. (eds.).(org.) **Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships**. Lavras: p. 597 - 620 v, p. 597, 1999.

IAC - INSTITUTO AGRONÓMICO de CAMPINAS. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas, Instituto Agronômico/Fundação IAC, p. 99, 1997.

IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná – Dados climáticos do estado do Paraná. Disponível em: <www.iapar.br> Acesso em 15 dez. 2004.

IKERRA, S. T.; MAGHEMBE, J. A.; SMITHSON, P. C.; BURESH, R. J. Soil nitrogen dynamics and relationships with maize yields in a gliricidia-maize intercrop in Malawi. **Plant and Soil 211**: 155-164, p. 160, 1999.

KHATOUNIAN, C.A.; **A reconstrução ecológica da agricultura**, ed. Agroecológica Botucatu, p. 162 e 174, 2001.

KEMPERS A. J.; ZWEERS A. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate method. **Commun. In Soil Sci. Plant Anal**., 17(7), 715-723, 1986.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Ceres, p. 152, 179 e 187, 1985.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem:** maturação e qualidade do composto. Piracicaba, E. J. Kiehl, p. 13, 14 e 88, 1998.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas** Volume I, II e III. 2. ed. Editora da BASF, 1997.

KRANZ W. M. Comunicação pessoal. Instituto Agronômico do Paraná, Lodrina, abril de 2004.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W. et al. **Defining soil quality for a sustainable environment** . SSSA special publication no. 35, Madison, Wisconsin. p. 37-51, 1994.

LOOMIS R. S.; CONNOR D. J. **Crop ecology:** productivity and management in agricultural systems. Cambridge: Cambridge university press, p. 199 e 206, 1998.

LOPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M. The MESMIS framework: evaluating the sustainability of integrated peasantry systems. ILEIA newsletter, December 2000. Disponível em: <www.oikos.unam.mx/gira/english.htm> Acesso em 15 dez. 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, vol. 1 – 3. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, p. 219, 2000.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 3. ed. Nova Odessa, SP. Editora Plantarum, 1990.

MAFONGOYA, P. L.; GILLER, K. E.; PALM, C. A. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunins and litter. **Agroforestry Systems 38**: 77-97, p. 85 e 87, 1998.

MAIA, C. E.; CANTARUTTI, R. B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p. 39, 40 e 43, 2004.

MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, F. N. S. Plantas espontâneas na cobertura do solo e acúmulo de nutrientes em áreas cultivadas com cajueiro. **Revista Ceres**, 51(293):83-97, p. 92, 2004.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA T. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 185, 1986.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Cambridge: Academic Press Limited, 2. ed. p. 239 a 255, 1995.

MATIELLO, J.B; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNÁNDEZ, D.R. **Cultura de café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro – RJ e Varginha – MG, MAPA/PROCAFÉ, p. 49, 163, 164, 168, 189 e 319, 2002.

MATTA-MACHADO, R. P., NELLY, C. L., CABRERA, M. L. Plant residue decomposition and nitrogen dynamics in an alley cropping and an annual legume-based cropping system, **Commun. Soil Sci Plant Anal**., 25(19&20), 3365-3378, p. 3366, 1994.

MATURANA, H. R.; VARELA, F. G. **A árvore do conhecimento**: as bases biológicas da compreensão humana. São Paulo: Palas Athena, 288 p. 3 ed. p. 40 a 54, 2003.

MEDA, A. R.; PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M.; CASSIOLATO, M. E. Plantas invasoras para melhorar a eficiência da calagem na correção da acidez subsuperficial do solo. **R Bras Ci. Solo**, 26:647-654, p. 649, 2002.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M. **Análise química de tecido vegetal**. Londrina, IAPAR. 39p. 1992 (IAPAR. Circular Técnica, 74).

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: **e**cossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênesis, p.2, 1999.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. **Tópicos em Ciência do Solo,** Viçosa, MG. V. 3, p. 217, 220, 221 e 222, 2003.

MOGOLLÓN, J. P.; MIRAGAYA, J. G.; SÁNCHEZ, L. F.; CHACÓN, N.; ARAUJO, J. Nitrogeno potencialmente disponible en suelos de cafetales bajo diferentes arboles de sombra. **Agronomía Tropical**,Venezuela - 47 (1): 87-102, 1996.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**, Lavras : Editora UFLA, p. 235 e 307, 2002.

MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. Produção de serrapilheira em área reflorestada, **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n.1. p. 49-59, 2004.

MUSCHLER, R. **Árboles em cafetales**. CATIE. Proyecto Agroflorestal CATIE/GTZ, p. 13 e 14, 1999.

NAIR, P. K. R., et al. Nutrient cycling in tropical agroforestry systems: myths and science, In: BUCK, L E., LASSOIE, J. D., FERNANDES, E. C. M. **Agroforestry in sustainable agricultural systems**, Buck et. al., CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 2, 3 e 25, 1999.

NICHOLLS, C. I,; ALTIERI, M. A.; DEZANET, A.; LANA, M.; FEISTAUER, D.; OURIQUES, M. A rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems. **Biodynamics**, Pottstow, PA, v.20, 05 nov, p.36, 2004.

NYE, P. H.; GREENLAND, D. J. **The soil under shifting cultivation**. Techinical Communication No. 51, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Hollen Street Presss Ltd., Bucks, England, p. 55,56 e 118, 1960.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, p. 133, 1986.

ORMOND, J. G. P., et al. Agricultura orgânica: quando o passado é futuro, In: **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 15, p 3-34. mar. p. 15, 2002.

OXFAM Internacional. **Café do Brasil:** o sabor amargo da crise, Observatório Social, Florianópolis/SC, p. 8 e 15, 2002.

PANKHURST, C. E., DOUBE, B. M., GUPTA, V. V. S. R. Biological indicators of soil health: synthesis, In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M; GUPTA, V.V.S.R. **Biological indicators of soil health**, CAB International, p. 424, 1997.

PASCHOAL A. D.; HOMMA S. K.; JORGE, M. J. A.; NOGUEIRA, M. C. S. Effect of EM on soil properties and nutrient cycling in a citrus agroecosystem**.** THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING, **Proceedings**. Santa Bárbara, CA, USA, 5-7 outubro, p. 185-191, p. 185, 1993.

PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D. **A importância da matéria orgânica nos sistemas agrícolas**. Londrina: IAPAR, p. 22, 1998 (IAPAR, Circular, 98).

RAPPORT, D. J.; McCULLUM, J.; MILLER, M. H. Soil health: its relationship to ecosystem health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M; GUPTA, V.V.S.R. **Biological indicators of soil health**, CAB International, p. 41, 1997.

REICHERT J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Santa Maria/RS. **Ciência & Ambiente** 27, julho/dezembro p. 29-48, p. 16 e 48, 2003.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiología do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 34 a 52, 1986.

RENA, A. B.; NACIF, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; BARTHOLO, G. F. Plantios adensados de café: Aspetos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agronômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 61-70, p. 64, 1998.

RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S. B., CORRÊA, G. F. **Pedologia**: Base para distinção de ambientes – 4ªed. – Viçosa: NEPUT, p. 88 e 237, 2002.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.,V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes para o Estado de Minas Gerais**; 5ª aproximação, Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 90, 148, 156, 252 e 300, 1999.

RICCI, M. S. F.; COSTA, J. R.; PINTO, A. N.; SANTOS, V. L. S. Cultivo orgânico do café (*Coffea arábica*) nos sistemas a pleno sol e sombreado. II CONGRESSO

BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA. **Resumos expandidos**. Porto Alegre-RS, (CD-ROM), 2004.

SAMPAIO, F. A. R.; ABREU, S. L.; MENDES, A. C. S.; SILVA, R. J. S.; Estimativa de nutrientes na fitomassa de uma floresta natural no município de Ji-Paraná, RO. XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2003, Brasília: **Resumos expandidos**. Brasília. EMBRAPA-SBCS (CD-ROM), 2003.

SÃO JOSÉ, A. R. **Macadâmia**: Tecnologia de produção e Comercialização. Vitória da Comquista – Ba, DFZ/UESB, p. 110 e 111, 1991.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT user's guide**. Version 8.2. ed. Cary, 2001.

SCHELLER, E. Fundamentos científicos da nutrição vegetal na agricultura ecológica I Seminário Estadual sobre Agroecologia, Rio do Sul – SC, **Anais**, Botucatu, SP: ABD - Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, p. 23 e 24, 1999.

SCHNITZER, M.; KHAN, S. U. **Soil organic matter**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, p. 205, 210 e 211, 1978.

SEVERINO, L. S.; OLIVEIRA, T. S. **Café sombreado no maciço de Baturité**. Fortaleza, p. 38, 2000.

SPARLING, G. P.; Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health, p 97 – 119. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M; GUPTA, V.V.S.R.; **Biological indicators of soil health**, CAB International, p. 108 e 109, 1997.

STAVER, C. Managing ground cover heterogeneity in coffee (*Coffea arabica* L.) under managed tree shade: from replicated plots to farmer practice. In: BUCK, L E., LASSOIE, J. D., FERNANDES, E. C. M.; **Agroforestry in sustainable agricultural systems**, Buck et. al., CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 70 e 94, 1999.

SWIFT, M. J. Towards the second paradigm: Integrated biological management of soil, In: SIQUEIRA, J. O.; et al. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**, Viçosa: SBCS, p. 11, 21 e 22, 1999.

TEDESCO, M. J.; GAINELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, J. S. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 174p. 1995. (Boletim Técnico, n. 5)

ULCAK, Z.; PALL, J. Indicators of agricultural sustainability – the moral of a story. In: HELMING, K.; WIGGERING, H. **Sustainable development of multifunctional landscapes.** Berlim: Springer, p. 67 e 71, 2003.

VALARINI, P. J.; ALVARES M. C. D.; GASCO, J. M.; GUERREIRO, F.; TOKESHI, H. Assessment of soil properties by organic matter and EM-microorganisms incorporation. **R Bras Ci. Solo**, 27:519-525, 2003.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO_2 e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:35-42, p. 43, 2000.

VASCONCELLOS M. J. E. **Pensamento Sistêmico, o novo paradigma da ciência**. Campinas – SP, Papirus, p. 89 a 94, 2002.

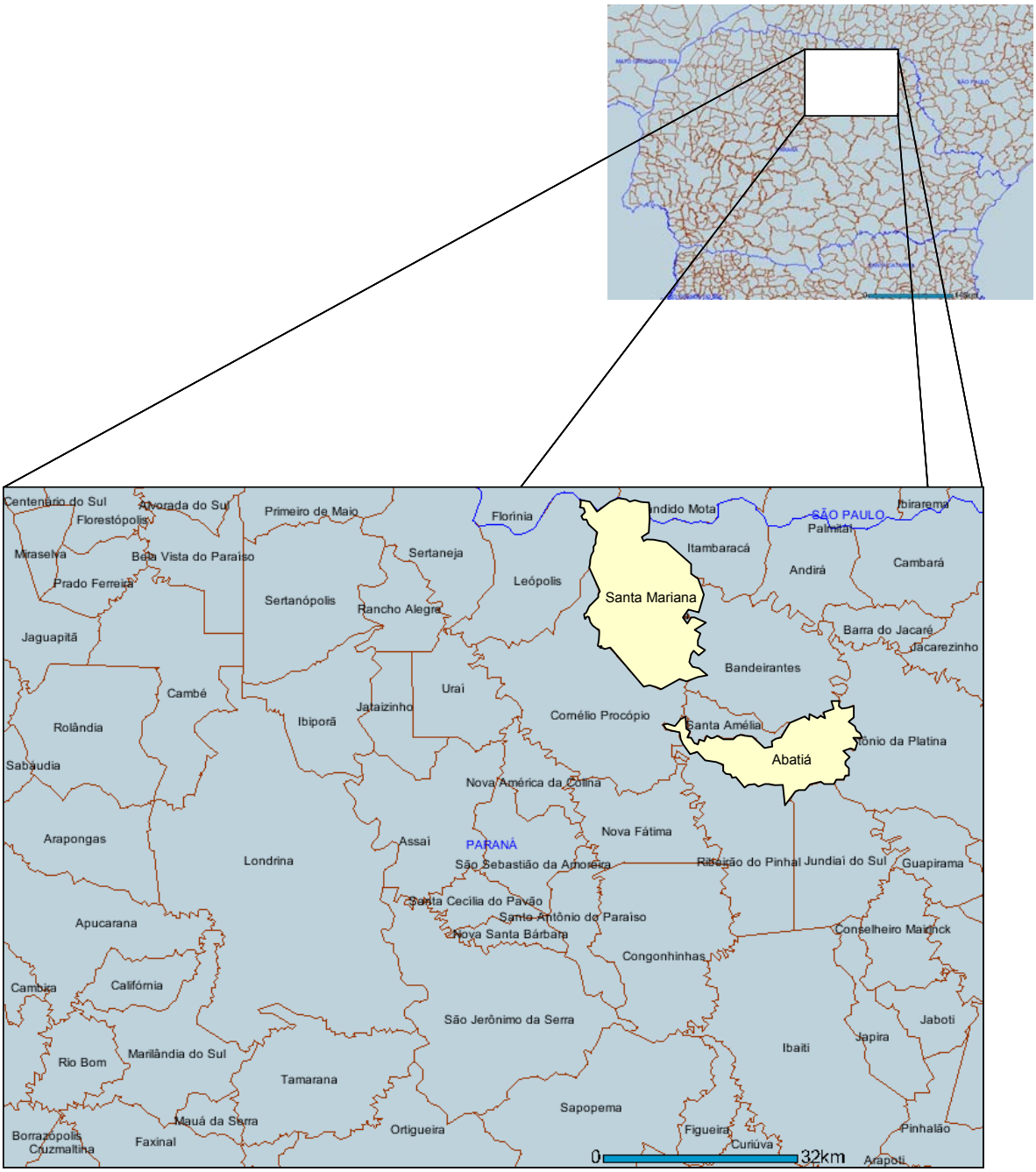
VILLATORO, M. A. A.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; BERBARA, R. L. Matéria orgânica e atividade microbiana do solo em sistemas de produção de café sob manejo agroflorestal. FERTBIO 2004, Lages-SC: **Resumos expandidos** (CD ROOM), 2004.

VITOL, V.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R L.; Decomposição "in situ" e liberação de nutrientes da palhada de plantas de cobertura. XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2003, Brasília: **Resumos expandidos**. Brasília. EMBRAPA-SBCS (CD-ROM), 2003.

VIVAN, J. L.; FLORIÁN, G. S.; Construção participativa de indicadores de sustentabilidade em sistemas agroflorestais em rede na mata atlântica. V CONGRESSO BRASILEIRO DE SAF'S: **Resumos expandidos**. Curitiba. EMBRAPA (CD-ROM), 2004.

9. ANEXOS

Anexo 1 – Mapa da região norte do Estado do Paraná, com os municípios onde foi realizado o trabalho em destaque.



Anexo 2 – Cronograma das atividades realizadas nas propriedades.

Atividades no campo	2003			2004								
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set
Identificação das parcelas												
Coleta de solo												
Coleta de folhas												
Coleta de resíduos vegetais												
Coleta do adubo orgânico												
Avaliação da produção de café												
Aplicação dos indicadores												

Anexo 3 – Indicadores de qualidade do solo, características e valores correspondentes.

Indicadores de qualidade de solo	Valor	Características
Cor, odor e teor de matéria orgânica	1	Coloração mais clara, odor desagradável, teor muito baixo de matéria orgânica
	5	Coloração mais escura, sem odor marcante, pouca matéria orgânica
	10	Coloração escura, com odor de terra fresca, muita matéria orgânica
Profundidade do solo	1	Raso, subsolo quase exposto ou com afloramento de rochas
	5	Camada arável com pelo menos 30 cm
	10	Camada arável profunda, de pelo menos 60 cm
Estrutura do solo	1	Poeirento, não forma agregados visíveis
	5	Poucos agregados que se rompem com leve pressão
	10	Muitos agregados, mantém a estrutura após leve pressão
Compactação e infiltração	1	Muito compactado, pouca ou nenhuma infiltração
	5	Presença de uma fina camada compactada, água infiltra lentamente
	10	Não há compactação do solo, água infiltra facilmente
Erosão	1	Erosão severa, presença de sulcos e canais de erosão
	5	Erosão difícil de observar, escorrimento não cria sulcos
	10	Sem sinais visíveis de erosão
Retenção de umidade	1	Solo seca rápido
	5	Baixa capacidade de retenção de umidade durante estiagem prolongada
	10	Boa capacidade de retenção de umidade, mesmo durante estiagem prolongada
Atividade biológica	1	Sem sinais da presença de minhocas e artrópodes
	5	Presença de algumas minhocas e artrópodes
	10	Abundância de minhocas e artrópodes
Diversidade de plantas espontâneas	1	Uma só espécie
	5	Poucas espécies
	10	Alta diversidade de espécies
Estado dos restos vegetais e cobertura do solo	1	Solo pouco coberto, pouca ou nenhuma palhada, sem sinais de decomposição
	5	Fina camada de palha, cobertura do solo acima de 50%
	10	Solo bem coberto, restos vegetais em diferentes estágios de decomposição

Anexo 4 – Indicadores de saúde do cultivo, características e valores correspondentes.

Saúde do cultivo	Valor	Características
Aspecto do cafeeiro	1	Folhas apresentam sinais de deficiências de nutrientes
	5	Coloração das folhas verde
	10	Folhas de coloração verde-intenso, sem sinais de deficiência nutricional
Desenvolvimento do cafeeiro	1	Desenvolvimento fraco, talos e ramos curtos e quebradiços
	5	Ramos e talos finos, cafeeiro denso mas com baixa uniformidade
	10	Bem desenvolvido, crescimento vigoroso, uniforme, ramos abundantes
Doenças no cafeeiro	1	Alta incidência, mais de 50% de plantas apresentam sintomas
	5	Entre 20 - 40% de plantas com sintomas leves a severos
	10	Baixa incidência, menos de 20% de plantas com sintomas leves
Competição de plantas espontâneas	1	Stress devido à competição com plantas espontâneas
	5	Baixo stress por competição com plantas espontâneas
	10	Plantas vigorosas, não sofrem com a competição
Rendimento do cafeeiro atual e potencial	1	Baixo em relação à média da região
	5	Médio, aceitável
	10	Bom a alto
Arborização	1	Sem arborização
	5	Só uma espécie para arborização
	10	Duas ou mais espécies para arborização
Diversidade natural circundante	1	Circundado por outros cultivos ou pastos, sem vegetação natural
	5	Vegentação natural adjacente a pelo menos um lado do cultivo
	10	Circundado em pelo menos 50% dos limites da lavoura por vegetação natural
Sistema de manejo	1	Alto uso de insumos externos
	5	Dependencia parcial de insumos externos
	10	Diversificado, com baixo uso de insumos externos à propriedade
Produção de biomassa	1	Baixa
	5	Média
	10	Alta

Anexo 5 – Valores de nutrientes do solo considerados adequados para a cultura do cafeeiro.

pH	Matéria Org.	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Saturação
$CaCl_2$	g kg^{-1}	mg L^{-1}		$cmol_c$ L^{-1}		de Bases(%)
5,6	20 - 30	20 - 30	100 - 160	3,0 - 5,0	0,9 - 1,5	60 - 80

Fonte: Matiello et al., (2002).

Anexo 6 – Valores de nutrientes foliares considerados adequados para a cultura do cafeeiro.

N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	B	Mn
		g Kg^{-1}					mg Kg^{-1}	
27 - 35	15 - 20	19 - 24	10 - 14	3,1 - 3,6	8 - 16	10 - 20	59 - 80	50 - 200

Fonte: Matiello et al., (2002) e Ribeiro et al., (1999)

Anexo 7 – Laudo das análises do teor de N e da relação C/N de uma amostra do composto orgânico utilizado em Abatiá coletada em julho de 2004.

Anexo 8 – Identificação das espécies de plantas espontâneas e a frequência de ocorrência (%), nas amostragens da coleta realizada em abril de 2004, por sistema de manejo em cada propriedade.

Local	Sistema de manejo	Identificação	Espécie	Ocorrência (%)
Abatiá	Sombra	trapoeraba	*Commelina benghalensis*	90%
		folhas de macadâmia		80%
		guanxuma	*Sida rhombifolia*	60%
		quebra-pedra	*Phylanthus tenellos*	60%
		capim colchão	*Digitaria ciliares*	50%
	Sol	capim marmelada	*Brachiaria plantaginea*	90%
		trapoeraba	*Commelina benghalensis*	90%
		leitero	*Euphorbia heterophylla*	70%
		capim amargoso	*Digitaria insularis*	30%
		maria gorda	*Talinum patens*	30%
Santa Mariana	Sombra	trapoeraba	*Commelina benghalensis*	90%
		folhas de café		70%
		capim colchão	*Digitaria ciliares*	30%
		maria gorda	*Talinum patens*	30%
		grama estrela	*Cynodon plectostachyus*	20%
	Sol	trapoeraba	*Commelina benghalensis*	100%
		folhas de café		70%
		capim colchão	*Digitaria ciliares*	40%
		grama estrela	*Cynodon plectostachyus*	40%
		Picão Preto	*Bidens pilosa*	40%

Anexo 9 – Identificação das espécies de plantas espontâneas e a frequência de ocorrência (%), nas amostragens da coleta realizada em setembro de 2004, por sistema de manejo em cada propriedade.

Local	Sistema de manejo	Identificação	Espécie	Ocorrência (%)
Abatiá	Sombra	folha de macadâmia		100%
		folha de café		100%
		picão preto	*Bidens pilosa*	60%
		cevadilha	*Bromus catharticus*	60%
		guanxuma	*Sida rhombifolia*	50%
	Sol	picão preto	*Bidens pilosa*	100%
		folha de café		90%
		cevadilha	*Bromus catharticus*	70%
		caruru	*Amarantus deflexus*	60%
		nabo forrageiro	*Raphanus raphanistum*	50%
Santa Mariana	Sombra	folha de café		100%
		grama estrela	*Cynodon plectostachyus*	70%
		folha de cabreuva		60%
		trapoeraba	*Commelina benghalensis*	40%
		caruru	*Amarantus deflexus*	40%
	Sol	folha de café		100%
		quebra-pedra	*Phyllanthus tenellus*	70%
		trapoeraba	*Commelina benghalensis*	50%
		serralha	*Sonchus oleraceus*	40%
		grama estrela	*Cynodon plectostachyus*	40%

Anexo 10 – Coeficientes de correlação entre os indicadores NPM e as variáveis: teor de matéria orgânica (M O); N total; relação C/N; N foliar; N da biomassa e o número de espécies dos resíduos vegetais, referente aos tratamentos envolvidos.

Propriedade	Tratamento	Variável	NPM abril	NPM set	NPM set(1º)
Propriedade Abatiá		MO 0 - 7,5 cm	0,127	0,345	0,402
Propriedade Santa Mariana			0,606	0,655	0,690
Abatiá	Sol		0,376	0,277	0,196
	Sombra		0,011	0,532	0,649
Santa Mariana	Sol		0,617	0,237	0,552
	Sombra		0,610	0,858	0,773
Propriedade Abatiá		N Total	-0,160	0,554	0,679
Propriedade Santa Mariana			0,234	0,590	0,528
Abatiá	Sol		0,580	0,443	0,259
	Sombra		-0,425	0,823	0,947
Santa Mariana	Sol		-0,024	0,500	0,409
	Sombra		0,423	0,728	0,621
Propriedade Abatiá		N foliar	-0,180	0,321	0,340
Propriedade Santa Mariana			0,213	0,315	0,461
Abatiá	Sol		-0,083	0,552	0,652
	Sombra		-0,274	-0,004	0,173
Santa Mariana	Sol		0,312	0,309	0,705
	Sombra		0,113	0,547	0,261
Propriedade Abatiá		N biomassa set	-0,094	0,404	0,239
Propriedade Santa Mariana			0,417	0,211	0,351
Abatiá	Sol		0,664	-0,037	-0,135
	Sombra		-0,403	0,875	0,365
Santa Mariana	Sol		0,579	0,151	0,554
	Sombra		0,284	0,285	0,194
Propriedade Abatiá		C/N 0 - 7,5 cm	0,333	-0,223	-0,311
Propriedade Santa Mariana			0,418	0,133	0,209
Abatiá	Sol		0,006	-0,066	0,017
	Sombra		0,506	-0,405	-0,504
Santa Mariana	Sol		0,591	-0,245	0,101
	Sombra		0,257	0,267	0,262
Propriedade Abatiá		Nº espécies set	-0,005	-0,407	-0,388
Propriedade Santa Mariana			-0,700	-0,766	-0,731
Abatiá	Sol		-0,096	-0,335	-0,220
	Sombra		0,142	-0,178	-0,316
Santa Mariana	Sol		-0,670	-0,848	-0,688
	Sombra		-0,759	-0,760	-0,781

Nível de significância (R) envolvendo sistemas de manejo corresponde a 0,632 e dentro da propriedade a 0,444.

Anexo 11 – Coeficiente de correlação entre o indicador NPM das amostras coletadas no mês de abril, do NPM das duas incubações das amostras coletadas em setembro, e do N inicial, referente aos tratamentos em cada propriedade.

Propriedade	Tratamento	Variável	N inicial	NPM abril	NPM set	NPM set (1º)
Propriedade Abatiá		NPM abril	-0,1007	-	-0,1530	-0,1645
Propriedade Santa Mariana			0,5356	-	0,6330	0,7378
Abatiá	Sol		-0,1821	-	0,1131	-0,1148
	Sombra		-0,0312	-	-0,5379	-0,3003
Santa Mariana	Sol		0,3954	-	0,4425	0,4686
	Sombra		0,6274	-	0,7707	0,9393
Propriedade Abatiá		NPM setembro	0,0888	-0,1530	-	0,7014
Propriedade Santa Mariana			0,5203	0,6330	-	0,8424
Abatiá	Sol		-0,0861	0,1131	-	0,5689
	Sombra		0,6823	-0,5379	-	0,7225
Santa Mariana	Sol		0,3068	0,4425	-	0,7788
	Sombra		0,6512	0,7707	-	0,8984
Propriedade Abatiá		NPM setembro (1º)	0,1351	-0,1645	0,7014	-
Propriedade Santa Mariana			0,6616	0,7378	0,6330	-
Abatiá	Sol		-0,0590	-0,1148	0,5689	-
	Sombra		0,5323	-0,3003	0,7225	-
Santa Mariana	Sol		0,7472	0,4686	0,7788	-
	Sombra		0,6005	0,9393	0,8984	-
Propriedade Abatiá		N inicial	-	-0,1007	0,0888	0,1351
Propriedade Santa Mariana			-	0,5356	0,5203	0,6616
Abatiá	Sol		-	-0,1821	-0,0861	-0,0590
	Sombra		-	-0,0312	0,6823	0,5323
Santa Mariana	Sol		-	0,3954	0,3068	0,7472
	Sombra		-	0,6274	0,6512	0,6005

Nível de significância (R) envolvendo sistemas de manejo corresponde a 0,632 e dentro da propriedade a 0,444.

Anexo 12 - Estimativas da média e respectivo erro padrão das variáveis, referentes aos tratamentos em cada propriedade e nas propriedades.

VARIAVEL	ABATIA		STAMARIANA		PROPRIEDADES	
	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	ABATIA	STMARIANA
Textura solo	67,50 ± 1,23	67,00 ± 1,52	64,70 ± 2,82	66,60 ± 1,33	67,25 ± 0,95	65,65 ± 1,54
pHCaCl2	5,38 ± 0,12	5,23 ± 0,10	5,63 ± 0,08	5,58 ± 0,07	5,31 ± 0,08	5,61 ± 0,05
M O	4,52 ± 0,29	4,72 ± 0,22	4,39 ± 0,34	4,52 ± 0,17	4,62 ± 0,18	4,46 ± 0,18
Fósforo	24,22 ± 3,71	22,93 ± 1,89	16,67 ± 2,76	17,92 ± 2,93	23,58 ± 2,03	17,30 ± 1,96
Potássio	469,7 ± 53,54	444,6 ± 41,00	583,8 ± 45,97	544,8 ± 37,01	457,2 ±32,95	564,3 ±29,06
Cálcio	13,82 ± 1,00	12,80 ± 0,81	15,57 ± 0,90	16,00 ± 0,79	13,31 ± 0,64	15,79 ± 0,59
Magnésio	2,97 ± 0,15	2,87 ± 0,12	3,87 ± 0,26	4,00 ± 0,18	2,92 ± 0,09	3,94 ± 0,15
Sat de bases	77,84 ± 2,92	75,28 ± 2,58	83,83 ± 1,72	83,72 ± 1,13	76,56 ± 1,92	83,77 ± 1,00
N Foliar	26,98 ± 0,80	26,73 ± 0,69	20,95 ± 1,23	21,26 ± 1,20	26,86 ± 0,51	21,10 ± 0,84
P Foliar	1,94 ± 0,07	1,90 ± 0,04	2,00 ± 0,11	1,96 ± 0,06	1,92 ± 0,04	1,98 ± 0,06
K Foliar	21,66 ± 0,56	20,61 ± 0,59	25,76 ± 0,92	23,66 ± 0,43	21,14 ± 0,41	24,71 ± 0,55
Ca Foliar	12,70 ± 0,39	12,58 ± 0,43	10,89 ± 0,48	10,41 ± 0,26	12,64 ± 0,28	10,65 ± 0,27
Mg foliar	3,19 ± 0,10	3,24 ± 0,08	2,90 ± 0,06	2,99 ± 0,12	3,21 ± 0,06	2,95 ± 0,07
Cu Foliar	19,10 ± 1,08	18,45 ± 1,01	24,96 ± 1,85	27,11 ± 1,64	18,78 ± 0,72	26,04 ± 1,23
Zn Foliar	28,08 ± 3,87	33,12 ± 6,79	11,59 ± 0,63	13,25 ± 1,48	30,60 ± 3,85	12,42 ± 0,80
B Foliar	70,73 ± 4,03	63,16 ± 2,96	80,37 ± 2,18	80,99 ± 2,54	66,95 ± 2,58	80,68 ± 1,63
Mn Foliar	58,22 ± 4,69	64,76 ± 5,75	57,22 ± 3,95	67,73 ± 4,73	61,49 ± 3,69	62,48 ± 3,23
C 0-7,5cm	3,36 ± 0,16	3,33 ± 0,14	3,18 ± 0,11	3,41 ± 0,21	3,34 ± 0,10	3,29 ± 0,12
M O 0-7,5	5,77 ± 0,27	5,72 ± 0,25	5,47 ± 0,20	5,86 ± 0,35	5,75 ± 0,18	5,67 ± 0,20
N Total	0,33 ± 0,01	0,32 ± 0,02	0,33 ± 0,01	0,32 ± 0,02	0,32 ± 0,01	0,32 ± 0,01
C/N	10,32 ± 0,37	10,48 ± 0,44	9,73 ± 0,36	10,85 ± 0,43	10,40 ± 0,28	10,29 ± 0,30
N Inicial	2,28 ± 0,13	2,40 ± 0,10	1,78 ± 0,07	1,86 ± 0,08	2,34 ± 0,08	1,82 ± 0,05
NPM abril	20,47 ± 0,83	19,69 ± 1,53	17,44 ± 1,87	19,08 ± 2,04	20,08 ± 0,85	18,26 ± 1,36
NPM set (1)	20,17 ± 0,70	16,99 ± 1,10	10,54 ± 1,04	11,05 ± 1,27	18,58 ± 0,73	10,80 ± 0,80
NPM set (2)	25,85 ± 1,39	21,79 ± 1,02	19,44 ± 1,40	21,34 ± 1,59	23,82 ± 0,96	20,39 ± 1,05
Biomassa abril	514,8 ± 79,38	283,9 ± 44,99	201,7 ± 31,63	169,5 ± 39,62	399,4 ±51,70	185,6 ±24,95
Nº espécies abril	4,40 ± 0,54	5,50 ± 0,40	3,90 ± 0,35	3,30 ± 0,50	4,95 ± 0,35	3,60 ± 0,30
Biomassa set	60,59 ± 12,56	31,19 ± 4,36	24,12 ± 9,35	8,65 ± 3,16	45,89 ± 7,30	16,38 ± 5,12
Nº espécies set	5,60 ± 0,72	7,10 ± 0,53	5,00 ± 0,91	5,40 ± 0,99	6,35 ± 0,47	5,20 ± 0,66
N biomassa set	19,83 ± 0,91	19,09 ± 1,29	19,30 ± 1,04	19,13 ± 1,04	19,46 ± 0,78	19,21 ± 0,72
C biomassa set	374,6 ± 3,61	392,2 ± 4,20	381,4 ± 8,07	378,9 ± 9,58	383,4 ± 3,37	380,1 ± 6,10
C/N biomassa set	19,32 ± 1,08	21,48 ± 1,62	20,45 ± 1,56	20,59 ± 1,67	20,40 ± 0,98	20,52 ± 1,11
Peso Café	538 ± 173	1899 ± 329	9585 ±1343	7585 ±1308	1219 ±239	8585 ± 941
M O 20-40 cm	2,60 ± 0,32	2,65 ± 0,16	2,30 ± 0,20	1,85 ± 0,35	2,63 ± 0,16	2,08 ± 0,21
Fósforo 20-40 cm	7,25 ± 3,32	5,40 ± 1,12	2,70 ± 0,40	3,10 ± 0,60	6,33 ± 1,66	2,90 ± 0,32
Potássio 20-40 cm	451,5 ± 137,57	499,5 ± 57,78	312,0 ± 30,00	291,0 ± 15,00	475,5 ±69,67	301,5 ±14,97
Cálcio 20-40 cm	13,43 ± 1,48	11,90 ± 0,44	13,80 ± 1,10	15,85 ± 2,45	12,66 ± 0,77	14,83 ± 1,25
Magnesio 20-40 cm	1,93 ± 0,09	1,78 ± 0,09	3,70 ± 0,30	2,90 ± 0,20	1,85 ± 0,06	3,30 ± 0,27
Sat. bases 20-40 cm	85,72 ± 2,60	82,33 ± 1,57	87,06 ± 0,82	88,50 ± 2,06	84,03 ± 1,55	87,78 ± 0,99

Anexo 13 - Resultados da análise de variância (ANOVA), média, coeficiente de variação (CV), R^2 e média do desvio padrão (DPM) de todas as variáveis analisadas em ambas propriedades.

	Teor de argila Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	116,25	12,92	0,51	0,835
Tratamentos	1	1,25	1,25	0,05	0,829
Erro	9	228,25	25,36		
Total	19	345,75			
Média = 67,3; CV = 7,49; R^2 = 0,34; DPM = 5,04					

	Teor de argila Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	749,05	83,23	5,79	0,008
Tratamentos	1	18,05	18,05	1,25	0,292
Erro	9	129,45	14,38		
Total	19	896,55			
Média = 65,7; CV = 5,78; R^2 = 0,86; DPM = 3,79					

	pH $CaCL_2$ Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	1,85	0,21	4,01	0,025
Tratamentos	1	0,11	0,11	2,19	0,173
Erro	9	0,46	0,05		
Total	19	2,43			
Média = 5,31; CV = 4,27; R^2 = 0,81; DPM = 0,23					

	pH $CaCL_2$ Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	0,64	0,07	1,56	0,258
Tratamentos	1	0,01	0,01	0,27	0,614
Erro	9	0,41	0,05		
Total	19	1,07			
Média = 5,61; CV = 3,82; R^2 = 0,61; DPM = 0,21					

	Teor de matéria orgânica Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	9,9720	1,1080	5,87	**0,007**
Tratamentos	1	0,2000	0,2000	1,06	0,330
Erro	9	1,7000	0,1889		
Total	19	11,8720			
Média = 4,62; CV = 9,41; R^2 = 0,86; DPM = 0,43					

	Teor de matéria orgânica Sta Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	8,49	0,94	1,99	0,160
Tratamentos	1	0,08	0,08	0,18	0,683
Erro	9	4,27	0,47		
Total	19	12,85			
Média = 4,45; CV = 15,5; R^2 = 0,67; DPM = 0,69					

	Teor de P Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	901,95	100,22	1,37	0,322
Tratamentos	1	8,32	8,32	0,11	0,743
ERRO	9	657,12	73,01		
TOTAL	19	1567,40			
Média = 23,8; CV = 36,25; R^2 = 0,58; DPM = 8,54					

	Teor de P Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	1288,78	143,20	7,69	**0,003**
Tratamentos	1	7,81	7,81	0,42	0,533
ERRO	9	167,65	18,63		
TOTAL	19	1464,25			
Média = 17,3; CV = 24,96; R^2 = 0,89; DPM = 4,32					

	Teor de K Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	305620,05	33957,78	2,95	0,062
Tratamentos	1	3150,05	3150,05	0,27	0,614
ERRO	9	103704,45	11522,72		
TOTAL	19	412474,55			
Média = 457,2; CV = 23,48; R^2 = 0,75; DPM = 107,34					

	Teor de K Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	232432,20	25825,80	2,87	0,066
Tratamentos	1	7605,00	7605,00	0,85	0,382
ERRO	9	80973,00	8997,00		
TOTAL	19	321010,20			
Média = 564,3; CV = 16,81; R^2 = 0,75; DPM = 94,85					

	Teor de Ca Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	123,60	13,73	4,83	**0,014**
Tratamentos	1	5,20	5,20	1,83	0,209
Erro	9	25,58	2,84		
Total	19	154,38			
Média = 13,31; CV = 12,67; R^2 = 0,83; DPM = 1,69					

	Teor de Ca Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	112,79	12,53	6,73	**0,005**
Tratamentos	1	0,92	0,92	0,50	0,499
Erro	9	16,75	1,86		
Total	19	130,47			
Média = 15,79; CV = 8,64; R^2 = 0,87; DPM = 1,36					

	Teor de Mg Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	1,05	0,12	0,47	0,861
Tratamentos	1	0,05	0,05	0,20	0,664
Erro	9	2,23	0,25		
Total	19	3,33			
Média = 2,92; CV = 17,05; R^2 = 0,33; DPM = 0,50					

	Teor de Mg Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	7,91	0,88	7,53	**0,003**
Tratamentos	1	0,08	0,08	0,72	0,417
Erro	9	1,05	0,12		
Total	19	9,05			
Média = 3,94; CV = 8,68; R^2 = 0,88; DPM = 0,34					

	Saturação de bases Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	1096,18	121,80	4,05	**0,025**
Tratamentos	1	32,64	32,64	1,08	0,325
Erro	9	270,97	30,11		
Total	19	1399,79			
Média = 76,56; CV = 7,17; R^2 = 0,81; DPM = 5,49					

	Saturação de bases Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	252,44	28,05	1,94	0,169
Tratamentos	1	0,06	0,06	0,00	0,950
Erro	9	130,15	14,46		
Total	19	382,65			
Média = 83,77; CV = 4,54; R^2 = 0,66; DPM = 3,80					

	N Foliar Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	56,38	6,26	1,29	0,357
Tratamentos	1	0,31	0,31	0,06	0,808
Erro	9	43,87	4,87		
Total	19	100,55			
Média = 26,86; CV = 8,22; R^2 = 0,56; DPM = 2,21					

	N Foliar Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	251,17	27,91	16,60	**0,000**
Tratamentos	1	0,48	0,48	0,28	0,607
Erro	9	15,13	1,68		
Total	19	266,78			
Média = 21,10; CV = 6,15; R^2 = 0,94; DPM = 1,30					

	P Foliar Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	0,39	0,04	2,33	0,112
Tratamentos	1	0,01	0,01	0,52	0,488
Erro	9	0,17	0,02		
Total	19	0,56			
Média = 1,92; CV = 7,08; R^2 = 0,70; DPM = 1,14					

	P Foliar Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	1,06	0,12	2,66	0,080
Tratamentos	1	0,01	0,01	0,27	0,616
Erro	9	0,40	0,04		
Total	19	1,48			
Média = 1,98; CV = 10,65; R^2 = 0,73; DPM = 0,21					

	K Foliar Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	22,64	2,52	0,62	0,760
Tratamentos	1	5,51	5,51	1,35	0,275
Erro	9	36,79	4,09		
Total	19	64,95			
Média = 21,14; CV = 9,57; R^2 = 0,43; DPM = 2,02					

	K Foliar Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	53,76	5,97	1,38	0,318
Tratamentos	1	22,05	22,05	5,11	**0,050**
Erro	9	38,83	4,31		
Total	19	114,64			
Média = 24,71; CV = 8,41; R^2 = 0,66; DPM = 2,08					

	Ca Foliar Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	24,14	2,68	3,75	**0,031**
Tratamentos	1	0,07	0,07	0,10	0,760
Erro	9	6,44	0,72		
Total	19	30,64			
Média = 12,64; CV = 6,69; R^2 = 0,79; DPM = 0,85					

	Ca Foliar Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	14,68	1,63	1,18	0,403
Tratamentos	1	1,17	1,17	0,85	0,381
Erro	9	12,40	1,38		
Total	19	28,24			
Média = 10,65; CV = 11,02; R^2 = 0,56; DPM = 1,17					

	Mg Foliar Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	1,05	0,12	2,21	0,127
Tratamentos	1	0,01	0,01	0,21	0,659
Erro	9	0,47	0,05		
Total	19	1,53			
Média = 3,21; CV = 7,14; R^2 = 0,69; DPM = 0,23					

	Mg Foliar Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	1,00	0,11	1,53	0,268
Tratamentos	1	0,04	0,04	0,56	0,474
Erro	9	0,65	0,07		
Total	19	1,70			
Média = 2,95; CV = 9,15; R^2 = 0,61; DPM = 0,27					

	Cu Foliar Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	166,23	18,47	5,34	**0,010**
Tratamentos	1	2,11	2,11	0,61	0,454
Erro	9	31,11	3,46		
Total	19	199,46			
Média = 18,78; CV = 9,90; R^2 = 0,84; DPM = 1,86					

	Cu Foliar Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	462,93	51,44	5,41	**0,010**
Tratamentos	1	23,11	23,11	2,43	0,153
Erro	9	85,56	9,51		
Total	19	571,61			
Média = 26,04; CV = 11,84; R^2 = 0,85; DPM = 3,08					

	Zn Foliar Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	2417,69	268,63	0,79	0,637
Tratamentos	1	127,01	127,01	0,37	0,557
Erro	9	3074,26	341,58		
Total	19	5618,96			
Média = 30,60; CV = 60,40; R^2 = 0,45; DPM = 18,48					

	Zn Foliar Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	143,99	16,00	1,63	0,240
Tratamentos	1	13,78	13,78	1,40	0,267
Erro	9	88,46	9,83		
Total	19	246,23			
Média = 12,42; CV = 25,24; R^2 = 0,64; DPM = 3,14					

	B Foliar Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	1596,36	177,37	2,45	0,099
Tratamentos	1	286,52	286,52	3,96	0,078
Erro	9	651,82	72,42		
Total	19	2534,71			
Média = 66,95; CV = 12,71; R^2 = 0,74; DPM = 8,15					

	B Foliar Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	729,12	81,01	2,58	0,087
Tratamentos	1	1,92	1,92	0,06	0,810
Erro	9	282,37	31,37		
Total	19	1013,41			
Média = 80,68; CV = 6,94; R^2 = 0,72; DPM = 5,60					

	Mn Foliar Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	3275,80	363,98	1,95	0,166
Tratamentos	1	213,86	213,86	1,15	0,312
Erro	9	1675,84	186,20		
Total	19	5165,50			
Média = 61,49; CV = 22,19; R^2 = 0,68; DPM = 13,65					

	Mn Foliar Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	2073,99	230,44	1,54	0,264
Tratamentos	1	552,30	552,30	3,70	0,087
Erro	9	1343,38	149,26		
Total	19	3969,68			
Média = 62,48; CV = 19,56; R^2 = 0,66; DPM = 12,22					

	Peso seco biomassa (abril) Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	314816,05	34979,56	0,72	0,680
Tratamentos	1	266574,05	266574,05	5,52	**0,043**
Erro	9	434460,45	48273,38		
Total	19	1015850,55			
Média = 399,35; CV = 55,02; R^2 = 0,57; DPM = 219,71					

	Peso seco biomassa (abril) Sta. M.				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	210013,80	23334,87	9,86	**0,001**
Tratamentos	1	5184,20	5184,20	2,19	0,173
Erro	9	21304,80	2367,20		
Total	19	236502,80			
Média = 185,60; CV = 26,21; R^2 = 0,91; DPM = 48,65					

	N biomassa (abril) Abatiá (2 amostras)				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	1	18,53	9,27	4,73	0,309
Tratamentos	1	0,24	0,24	0,12	0,786
Erro	1	1,96	1,96		
Total	3	24,12			
Média = 11,10; CV = 12,61; R^2 = 0,92; DPM = 1,40					

	N biomassa (abril) Sta. M. (2 amostras)				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	5	72,92	8,10	5,75	**0,034**
Tratamentos	1	0,37	0,37	0,27	0,628
Erro	5	7,04	1,41		
Total	11	81,55			
Média = 12,87; CV = 9,22; R^2 = 0,91; DPM = 1,19					

	C biomassa (abril) Abatiá (2 amostras)				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	1	3648,44	1824,22	1,22	0,539
Tratamentos	1	2261,00	2261,00	1,51	0,435
Erro	1	1493,82	1493,82		
Total	3	5782,59			
Média = 459,94; CV = 8,40; R^2 = 0,74; DPM = 38,65					

	C biomassa (abril) Sta. M. (2 amostras)				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	5	33075,85	3307,59	2,34	0,180
Tratamentos	1	1194,01	1194,01	0,85	0,400
Erro	5	7057,38	1411,48		
Total	11	40133,23			
Média = 495,31; CV = 7,59; R^2 = 0,82; DPM = 37,57					

	C/N (abril) Abatiá (2 amostras)				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	1	555,21	277,60	4,22	0,325
Tratamentos	1	15,85	15,85	0,24	0,709
Erro	1	65,71	65,71		
Total	3	649,35			
Média = 43,51; CV = 18,63; R^2 = 0,90; DPM = 8,11					

	C/N (abril) Sta. M. (2 amostras)				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	5	903,63	100,40	1,97	0,235
Tratamentos	1	22,78	22,78	0,45	0,533
Erro	5	254,35	50,87		
Total	11	1247,87			
Média = 39,85; CV = 17,90; R^2 = 0,80; DPM = 7,13					

	Nº espécies (abril) Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	25,45	2,83	1,65	0,234
Tratamentos	1	6,05	6,05	3,52	0,093
Erro	9	15,45	1,72		
Total	19	46,95			
Média = 4,95; CV = 26,47; R^2 = 0,67; DPM = 1,31					

	Nº espécies (abril) Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	16,80	1,87	1,04	0,479
Tratamentos	1	1,80	1,80	1,00	0,343
Erro	9	16,20	1,80		
Total	19	34,80			
Média = 3,60; CV = 37,27; R^2 = 0,53; DPM = 1,34					

	Peso seco biomassa (setembro) Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	10926,62	1214,07	2,19	0,129
Tratamentos	1	4320,62	4320,62	7,80	**0,021**
Erro	9	4983,70	553,74		
Total	19	20230,95			
Média = 45,89; CV = 51,28; R^2 = 0,75; DPM = 23,53					

	Peso seco biomassa (setembro) Sta. M.				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	6454,36	717,15	2,80	0,070
Tratamentos	1	1196,91	1196,91	4,68	0,059
Erro	9	2301,94	255,77		
Total	19	9953,21			
Média = 16,38; CV = 97,63; R^2 = 0,77; DPM = 15,99					

	N biomassa (setembro) Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	147,16	16,35	1,87	0,182
Tratamentos	1	2,70	2,70	0,31	0,591
Erro	9	78,52	8,72		
Total	19	228,38			
Média = 19,46; CV = 15,18; R^2 = 0,66; DPM = 2,95					

	N biomassa (setembro) Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	93,53	10,39	0,92	0,549
Tratamentos	1	0,15	0,15	0,01	0,910
Erro	9	101,80	11,31		
Total	19	195,49			
Média = 19,22; CV = 17,50; R^2 = 0,48; DPM = 3,36					

	C biomassa (setembro) Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	2248,60	249,84	4,37	**0,019**
Tratamentos	1	1547,71	1547,71	27,08	**0,001**
Erro	9	514,44	57,16		
Total	19	4310,75			
Média = 383,37; CV = 1,97; R^2 = 0,88; DPM = 7,56					

	C biomassa (setembro) Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	4845,75	538,42	0,52	0,826
Tratamentos	1	33,31	33,31	0,03	0,861
Erro	9	9264,05	1029,34		
Total	19	14143,11			
Média = 380,14; CV = 8,44; R^2 = 0,34; DPM = 380,14					

	C/N biomassa (setembro) Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	244,02	27,11	2,53	0,091
Tratamentos	1	23,43	23,43	2,19	0,173
Erro	9	96,29	10,70		
Total	19	363,74			
Média = 20,40; CV = 16,03; R^2 = 0,74; DPM = 3,27					

	C/N biomassa (setembro) Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	208,10	23,12	0,79	0,634
Tratamentos	1	0,10	0,10	0,00	0,954
Erro	9	263,13	29,24		
Total	19	471,34			
Média = 20,52; CV = 26,35; R^2 = 0,44; DPM = 5,41					

	Nº espécies (setembro) Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	37,05	4,12	1,08	0,454
Tratamentos	1	11,25	11,25	2,96	0,120
Erro	9	34,25	3,81		
Total	19	82,55			
Média = 6,35; CV = 30,72; R^2 = 0,59; DPM = 1,95					

	Nº espécies (setembro) Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	108,20	12,02	2,00	0,159
Tratamentos	1	0,80	0,80	0,13	0,724
Erro	9	54,20	6,02		
Total	19	163,20			
Média = 5,20; CV = 47,19; R^2 = 0,67; DPM = 2,45					

	Produção café Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	8209030,00	912114,44	1,91	0,174
Tratamentos	1	9261605,00	9261605,0	19,40	**0,002**
Erro	9	4296995,00	477443,89		
Total	19	21767630,0			
Média = 1219,0; CV = 56,68; R^2 = 0,80; DPM = 690,97					

	Produção café Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	208906961	23211884,6	1,94	0,169
Tratamentos	1	20010001,3	20010001,3	1,67	0,228
Erro	9	107656861	11961873,5		
Total	19	336573824			
Média = 8585,25; CV = 40,29; R^2 = 0,68; DPM = 3458,59					

	C 0-7.5 Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	2,32	0,26	1,25	0,371
Tratamentos	1	0,00	0,00	0,02	0,884
Erro	9	1,85	0,21		
Total	19	4,17			
Média = 3,34; CV = 13,56; R^2 = 0,56; DPM = 0,45					

	C 0-7.5 Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	2,74	0,30	1,21	0,388
Tratamentos	1	0,26	0,26	1,05	0,332
Erro	9	2,26	0,25		
Total	19	5,26			
Média = 3,29; CV = 15,20; R^2 = 0,57; DPM = 0,50					

	N 0-7.5 Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	0,0261	0,0029	5,54	**0,009**
Tratamentos	1	0,0001	0,0001	0,22	0,653
Erro	9	0,0047	0,0005		
Total	19	0,0309			
Média = 0,32; CV = 7,09; R^2 = 0,85; DPM = 0,02					

	N 0-7.5 Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	0,0290	0,0032	2,30	0,115
Tratamentos	1	0,0008	0,0008	0,58	0,466
Erro	9	0,0126	0,0014		
Total	19	0,0424			
Média = 0,32; CV = 11,60; R^2 = 0,70; DPM = 0,04					

	NPM abril Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	111,90	12,43	0,69	0,705
Tratamentos	1	3,07	3,07	0,17	0,689
Erro	9	161,90	17,99		
Total	19	276,87			
Média = 20,08; CV = 21,12; R^2 = 0,42; DPM = 4,24					

	NPM abril Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	431,93	47,99	1,67	0,229
Tratamentos	1	13,34	13,34	0,46	0,513
Erro	9	259,13	28,79		
Total	19	704,40			
Média = 18,26; CV = 29,38; R^2 = 0,63; DPM = 5,37					

	N inicial Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	0,74	0,08	0,42	0,891
Tratamentos	1	0,06	0,06	0,33	0,581
Erro	9	1,75	0,19		
Total	19	2,56			
Média = 2,34; CV = 18,85; R^2 = 0,32; DPM = 0,44					

	N inicial Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	0,96	0,11	6,41	**0,005**
Tratamentos	1	0,04	0,04	2,23	0,169
Erro	9	0,15	0,02		
Total	19	1,14			
Média = 1,82; CV = 7,07; R^2 = 0,87; DPM = 0,13					

	NPM setembro Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	193,43	21,49	2,63	0,083
Tratamentos	1	82,21	82,21	10,06	**0,011**
Erro	9	73,57	8,17		
Total	19	349,20			
Média = 23,82; CV = 12,0; R^2 = 0,79; DPM = 2,86					

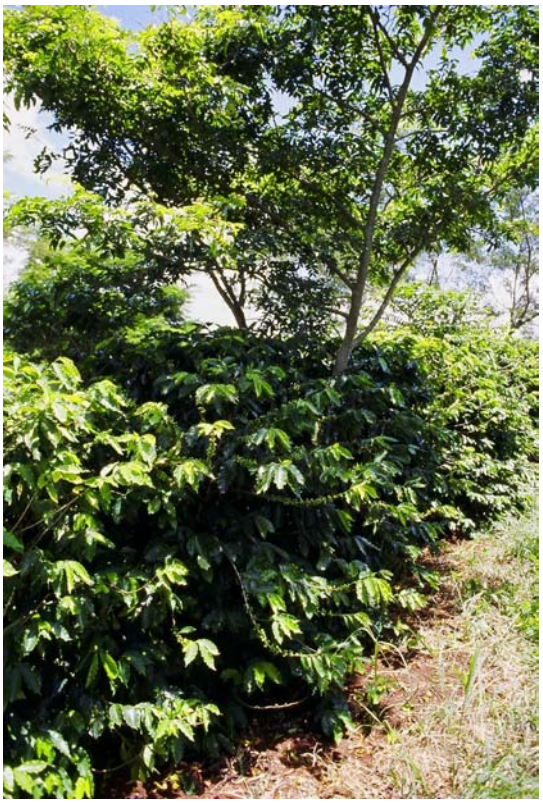
	NPM setembro Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	307,22	34,14	3,20	0,049
Tratamentos	1	17,99	17,99	1,69	0,227
Erro	9	96,06	10,67		
Total	19	421,26			
Média = 20,39; CV = 16,02; R^2 = 0,77; DPM = 3,27					

	NPM setembro (1ª leitura) Abatiá				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	78,90	8,77	1,08	0,455
Tratamentos	1	50,44	50,44	6,22	**0,034**
Erro	9	73,00	8,11		
Total	19	202,33			
Média = 18,58; CV = 15,33; R^2 = 0,64; DPM = 2,85					

	NPM setembro (1ª leitura) Santa Mariana				
	GL	SQ	QM	F	p
Blocos	9	197,90	21,99	4,51	**0,018**
Tratamentos	1	1,31	1,31	0,27	0,617
Erro	9	43,89	4,88		
Total	19	243,10			
Média = 10,80; CV = 20,45; R^2 = 0,82; DPM = 2,21					

Anexo 14 – Arborização com macadâmia

Anexo 15 – Arborização com cabreúva



Anexo 16 – Aspecto geral do cafeeiro na propriedade de Santa Mariana

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo