AVALIAÇÃO DE FATORES EDAFOCLIMATICOS E DO MANEJO NA PRODUÇÃO
DE CAFEEIROS (Coffea arabica L.) NA REGIÃO DE MARILIA E
GARÇA, SP

Mara de Andrade Marinho Weill
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. João Bertoldo de Oliveira

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Solos e Nutrição de
Plantas.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Weill, Mara de Andrade Marinho

W422a Avaliação de fatores edafoclimáticos e do manejo
na produção de cafeeiros (Coffea arabica L.) na re-
gião de Marília e Garça, SP. Piracicaba, 1990.
182p. ilus.

Diss. (Mestre) - ESALQ

Bibliografia.

1. Café - Produção - Manejo 2. Café - Produtivi-
dade - Efeito do clima 3. Café - Produtividade -
Efeito do solo I. Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CDD 633.73

**AVALIAÇÃO DE FATORES EDAFOCLIMÁTICOS E DO MANEJO NA PRODUÇÃO
DE CAFEEIROS (Coffea arabica L.) NA REGIÃO DE MARÍLIA
E GARÇA, S.P.**

MARA DE ANDRADE MARINHO WEILL

Aprovada em: 27.03.1991

Comissão julgadora:

Dr. João Bertoldo de Oliveira

IAC

Prof. Dr. Geraldo Victorino de França

ESALQ/USP

Dr. Flávio Bussmeyer Arruda

IAC

Dr. JOÃO BERTOLDO DE OLIVEIRA
Orientador

A Ruy e Lila. pela vida
de dedicação e amor.
ofereço.

A Paulo, pelo incentivo,
companheirismo e amor.
dedico.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, pela oportunidade de realização de meu programa de pós-graduação;

A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em especial ao coordenador do curso de pós-graduação em "Solos e Nutrição de Plantas", Prof. Dr. Geraldo Victorino de França, pelo permanente acompanhamento acadêmico;

Ao Pesquisador Científico Dr. João Bertoldo de Oliveira, pela orientação no desenvolvimento deste trabalho;

Ao Pesquisador Científico Dr. Flávio Bussmeyer Arruda, pela valiosa co-orientação na elaboração desta pesquisa;

Ao Pesquisador Científico Dr. Bernardo Van Raij, pelo incentivo e colaboração no desenvolvimento deste trabalho;

Ao Instituto Agrônomo, em especial ao Pesquisador Científico Dr. Pedro Luiz Donzeli, pelo apoio, facilidades e recursos concedidos para realização desta pesquisa;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa, pelo provimento de bolsa de estudos;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo provimento de recursos para aquisição de materiais necessários à elaboração desta pesquisa;

Aos Engenheiros Agrônomos Rui Bonini e Norberto Luiz de Oliveira Filho, da Casa de Agricultura de Marília, pela valiosa colaboração junto aos produtores das áreas estudadas durante o levantamento de dados;

A Cooperativa dos Produtores de Café de Garça, pelo provimento de recursos humanos e materiais por ocasião dos trabalhos de campo;

As Seções de Pedologia, Fertilidade do Solo, e Conservação do Solo do Instituto Agrônômico, pela realização das determinações analíticas;

A Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônômico, pela cessão dos registros meteorológicos;

A Maria Raquel Ludovico de Paula, pela colaboração na edição do texto e desenho final das figuras;

Aos demais funcionários da Seção de Fotointerpretação do Instituto Agrônômico e a todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho de pesquisa.

SUMARIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xiii
SUMMARY	xv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Conceitos básicos	4
2.2 Métodos de avaliação de terras	6
2.3 Aplicações dos métodos paramétricos na avaliação da produtividade biológica	11
2.4 Outras aplicações dos métodos paramétricos em avaliação de terras	15
3 MATERIAL E METODOS	19
3.1 Caracterização da área de estudo e das lavouras	19
3.2 Esquema de amostragem	23
3.2.1 Caracterização morfológica e classifi_ cação taxonômica dos solos.	23
3.2.2 Amostras para determinações físicas e hídricas	25
3.2.3 Amostras para caracterização da fertilidade do solo.	26

	Página
3.3 Métodos analíticos	26
3.3.1 Caracterização analítica dos solos ...	26
3.3.2 Caracterização físico-hídrica	29
3.3.3 Caracterização da fertilidade do solo.	30
3.4 Métodos estatísticos	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 O clima das lavouras.	33
4.2 O solo das lavouras.	39
4.2.1 Caracterização morfológica e analíti_	
ca e classificação taxonômica.	39
4.2.2 Caracterização da fertilidade do solo.	57
4.2.3 Caracterização dos atributos físico-	
hídricos.	75
4.2.3.1 Porosidade	75
4.2.3.2 Retenção de água	82
4.2.3.3 Densidade do solo	85
4.3 As lavouras e as produções	94
4.3.1 Caracterização dos locais e peculiari_	
dades do manejo.	98
4.4 O efeito isolado de cada fator nas produções:	
resultados das correlações simples.	108
4.4.1 Avaliação da influência do clima.	108
4.4.2 Avaliação da influência do solo nas	
produções (1)- atributos da classifi_	
cação de solos.	114

	Página
4.4.3 Avaliação da influência do solo nas produções (2)- atributos de fertilidade.	118
4.4.4 Avaliação da influência do solo (3)- atributos físico-hídricos.	123
4.5 O efeito integrado dos diversos fatores nas produções: resultados das análises de regressão múltipla.	126
5 CONCLUSÕES	154
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	158
APENDICE	170

LISTA DE FIGURAS

	Página
3.1 Localização dos municípios onde estão instaladas as áreas experimentais.	20
3.2 Representação esquemática da trincheira e das posições de coleta de amostra.	24
4.1 Variação da precipitação anual em milímetros de chuva.	34
4.2 Balanço hídrico representativo da localidade de Garça, SP.	38
4.3 Balanço hídrico representativo da localidade de Adamantina, SP.	40
4.4 Variação da produtividade média anual para dez lavouras no período entre 1984 e 1989.	97
4.5 Comparação entre os valores de produção de café observados e estimados pelo modelo 1, para dez locais na região de Marília e Garça.	151
4.6 Comparação entre os valores de produção de café observados e estimados pela equação 3, para dez locais na região de Marília e Garça.	152

LISTA DE TABELAS

	Página
3.1 Relação dos locais da pesquisa e algumas informações cadastrais.	22
4.1 Valores médios mensais da precipitação, frequência de chuvas e temperaturas máxima, média e mínima para o período entre 1984 e 1989, ocorridos na região de estudo.	36
4.2 Resultados das análises físicas e químicas dos perfis de solo.	44
4.3 Valores médios ponderados (%) e coeficientes de variação da areia grossa, areia fina, silte e argila para horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos de dez locais da região de Marília e Garça.	49
4.4 Valores médios ponderados e estatísticas descritivas dos indicadores de acidez para horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos de dez locais da região de Marília e Garça.	51
4.5 Valores médios ponderados e estatísticas descritivas dos indicadores de fertilidade para horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos de dez locais na região de Marília e Garça.	54

4.6	Resultados das análises de fertilidade dos solos em duas posições no cafezal, área adubada e meio da rua, em quatro camadas: 1) 0-5cm; 2) 0-20cm; 3) 20-40cm; e, 4) 40-60cm.	58
4.7	Valores da porosidade total em % volume, em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados.	76
4.8	Valores da macroporosidade em % volume, em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados.	78
4.9	Valores da microporosidade em % volume, em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados.	81
4.10	Valores da água disponível retida entre 0,01 e 0,8 MPa, em % volume, em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados.	84
4.11	Valores da água facilmente disponível retida entre 0,01 e 0,1 MPa, em % volume, em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados.	86
4.12	Valores da densidade do solo, em g/cm ³ , em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados.	88
4.13	Estatísticas descritivas dos valores de densidade do solo, entre 0-100 cm, para dez	

	Página
locais estudados.	89
4.14 Produções anuais de café no período entre 1984 e 1989 para dez locais na região de Marília e Garça.	95
4.15 Trimestres, fases fenológicas aproximadas e variáveis meteorológicas correspondentes, para análise do efeito do clima nas produções.	110
4.16 Atributos climáticos correlacionados ao nível de 5% de probabilidade, com as produções de café de dez locais na região de Marília e Garça.	111
4.17 Atributos físicos e químicos dos solos correlacionados ao nível de 5% de probabilidade com as produções de café de dez locais na região de Marília e Garça.	116
4.18 Atributos de fertilidade do solo e respectivos coeficientes de regressão, significativamente correlacionados ao nível de 5% de probabilidade com as produções dos cafezais de dez locais na região de Marília e Garça.	120
4.19 Atributos físicos e hídricos correlacionados com as produções de café, ao nível de 5% de probabilidade, para dez locais na região de Marília e Garça.	124
4.20 Variáveis, coeficientes de determinação e regressão de seis modelos multivariados de	

previsão da produção de café em dez locais na região de Marília e Garça.	141
4.21 Modelos multivariados selecionados para explicar as produtividades dos cafezais nas áreas da pesquisa.	149

AVALIAÇÃO DE FATORES EDAFOCLIMATICOS E DO MANEJO NA PRODUÇÃO
DE CAFEEIROS (Coffea arabica L.) NA REGIÃO DE MARÍLIA E
GARÇA, SP

Autora: Mara de Andrade Marinho Weill

Orientador: Dr. João Bertoldo de Oliveira

RESUMO

Foram caracterizados atributos do clima, solo e manejo, em dez lavouras comerciais de café estabelecidas na região de Marília e Garça, no estado de São Paulo.

Os objetivos foram identificar os principais fatores mesológicos limitantes à cultura e estabelecer um modelo multivariado simples para explicar as produtividades nas áreas da pesquisa.

Inicialmente, mais de dois mil atributos foram correlacionados por regressão simples com a produção final. Dessas correlações, selecionaram-se apenas as variáveis com significância de pelo menos 5%. A seguir, elas foram progressivamente combinadas, a fim de se obter o maior valor de r^2 , em sucessivas análises de regressão múltipla.

A metodologia desenvolvida permitiu estabelecer um modelo com quatorze variáveis e outros dois modelos mais simples, de cinco e seis variáveis preditoras, com graus de explicação da produção observada da ordem de 77%, 73% e 75%, respectivamente.

Quatro variáveis se destacaram como fundamentais, sendo comuns aos três modelos: produção do ano anterior, idade da lavoura, média da temperatura mínima absoluta à época do abotoamento e florescimento e soma dos teores de silte e argila nos horizontes subsuperficiais.

A reação do solo, revelou-se outro aspecto de importância. No modelo de cinco variáveis, o pH foi a variável selecionada entre outras nove. No de seis, entrou alternativamente o teor de cálcio.

O estudo mostrou que, na média, as lavouras se encontram em processo de depauperamento, com declínio da produtividade da ordem de 400 kg/ ha/ ano.

As lavouras necessitam de melhoria da calagem, fosfatagem em profundidade, restabelecimento dos níveis de magnésio no solo e adubação mineral equilibrada.

Ficou também evidenciada, a necessidade de ser evitada a instalação da lavoura em áreas de acúmulo de ar frio no inverno, e em solos com acentuado gradiente textural.

Os modelos desenvolvidos permitem simular os benefícios resultantes das práticas recomendadas. Os níveis de explicação alcançados para a variação das produções observadas, estimulam a continuidade da pesquisa no sentido da validação e aprimoramento das equações ora propostas.

EVALUATION OF SOIL, CLIMATE AND CROP MANAGEMENT FACTORS ON
Coffea arabica L. PRODUCTION IN MARILIA AND GARÇA REGION OF
SÃO PAULO

Author: Mara de Andrade Marinho Weill

Adviser: Dr. João Bertoldo de Oliveira

SUMMARY

Climate, soil and crop management were characterized in ten coffee plantations in the region of Marília and Garça of São Paulo state, Brazil.

The purpose of the work was to identify the main limiting factors and its relation to the six years of coffee production in the evaluated area.

Over two thousand traits were initially simple correlated to final yield. The ones significant with at least 5% level, were selected and combined in multiple regression analysis with final yield.

The best equation established by using the adopted methodology included fourteen variables with a capability to predict 77% of final yield variation. Other two equations were also selected having five and six variables, and an explanation level about 73% and 75%, respectively.

Four important variables appeared in all three models: yield of the preceding year; crop age;

subsurface silt plus clay content; and average of absolute minimum temperature occurred in July to September, i. e., the period of bud development and flowering.

In the six variable model, even though soil pH was not accounted as in the other models, calcium content was present, together with soil density close to plants.

A general analysis of the equations indicated a steady annual reduction on yield, 400 kg per hectare per year.

It was pointed out in the work the need to improve liming, deep phosphate application, recover soil magnesium content to acceptable levels, and a more equilibrated fertilization practice. Yield improvement by soil amendment and fertilization could be simulated from the developed adjusted equations.

The models also indicated the importance of locating a plantation in a correct area. Places prone to cold air accumulation during the winter or soil profiles with strong textural gradient should be avoided for coffee production.

The explanation levels found in the present work encourage the continuity of the research. Improvement and validation of the models for the studied area and other regions will contribute for better understanding of coffee productivity.

1 INTRODUÇÃO

A avaliação de terras representa uma parte fundamental e decisiva do processo de planejamento (FAO, 1976). O objetivo da avaliação é identificar os melhores tipos de uso agrícola em relação às diferentes terras, com base em expectativas de desempenho e de impacto ambiental decorrente (BEEK, 1978).

Uma das maiores dificuldades para os profissionais em avaliação de terras, reside na incipiente disponibilidade de parâmetros objetivos para as análises de desempenho dos sistemas agrícolas. A complexidade dos fatores intervenientes e a multiplicidade de situações presentes e potenciais para análise, explicam o estágio atual mais qualitativo.

No presente estágio de evolução dos conhecimentos, é necessário buscar indicadores que expressem de forma mensurável, inclusive economicamente, o potencial produtivo da terra. Nas tomadas de decisão, o benefício líquido de toda a operação do sistema agrícola deve ser visualizado.

A produtividade biológica é encarada como sendo um bom indicador de desempenho, por integrar os

efeitos das interações que se estabelecem entre os componentes dos sistemas agrícolas, no decorrer do ciclo de produção.

Baseando-se em que variações induzidas em fatores convenientemente selecionados, produzem respostas previsíveis dos sistemas, advém a demanda pela pesquisa integrada de atributos do clima, do solo, do produto (planta ou animal) e do manejo, significativamente correlacionados com produção.

A aplicação ordinária de métodos paramétricos (RIQUIER em FAO, 1974) e da análise de sistemas (DALTON, 1975), representa o caminho natural de evolução dos procedimentos em avaliação de terras. O presente trabalho acompanha essa tendência para quantificação de atributos, com enfoque sobre a produtividade de lavouras comerciais de café, estabelecidas na região de Marília e Garça, uma das principais áreas produtoras do Estado de São Paulo.

Partindo dessas considerações, definiram-se os objetivos da pesquisa como sendo os de:

- 1) reconhecer possíveis fatores limitantes à produção;
- 2) avaliar o peso relativo de atributos do clima, do solo, da planta e do manejo sobre a produtividade das lavouras cafeeiras;
- 3) estabelecer um modelo multivariado simples para explicar a produtividade nas áreas da pesquisa; e,
- 4) desenvolver metodologia de pesquisa aplicável à

caracterização de outros sistemas agrícolas no Estado de São Paulo.

A investigação partiu da hipótese de que, em uma mesma região climática, as produções anuais auferidas pelos cafeicultores, podem ser explicadas por variações locais ou sazonais de atributos mesológicos, da planta e das práticas de manejo adotadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceitos básicos

O termo "terra" engloba um complexo de atributos relativos aos recursos naturais. Os principais recursos da terra são o clima, a vegetação, a fauna, a topografia, a água, os solos e as rochas (CHRISTIAN & STEWART, 1968; MABBUTT, 1968; FAO, 1976; YOUNG, 1976).

Cada porção da superfície terrestre é, em última análise, única em seus atributos. O método científico, no entanto, pelo estabelecimento de princípios e critérios, possibilita a compreensão da natureza e do comportamento dos recursos da terra, e sua comparação, de local para local (MABBUTT, 1968).

A classificação de terras envolve a identificação e registro de atributos chaves, hierarquização, estabelecimento de limites e definição de classes e áreas de ocorrência, em um sistema estruturado (MABBUTT, 1968; BEEK, 1978).

A avaliação de terras se refere à interpretação dos atributos da terra em dado local e determinação da aptidão para os usos considerados, podendo ou não estar envolvido um sistema estruturado de

classificação (STEWART, 1968; NIX, 1968; BEEK & BENNEMA, 1972; BRINKMAN & SMITH, 1973; FAO, 1976; GIBBONS & HAANS, 1976).

A problemática da avaliação de terras gira em torno da predição do desempenho de combinações definidas dos elementos terra x produto x manejo. Tais elementos interagem mutuamente e se comportam como uma entidade completa, definindo o sistema agrícola.

O sistema agrícola tem por finalidade a produção agrícola. A conversão dos recursos em produtos ocorre através de processos intervenientes em um subsistema biológico. No processo, há aporte de insumos, que são utilizados pelo sistema, mas que são externos a ele. SPEEDING (1979) exemplifica com uma situação em que nitrogênio fornecido na forma de fertilizante representa um insumo, que em conjunto com o nitrogênio já disponível no solo (recurso) é usado pela erva, posteriormente comida pela vaca que produz leite (produto).

A mais simples representação do sistema agrícola, segundo o referido autor, inclui o objetivo, os componentes, as interações, os limites, ou algum procedimento para dizer o que está dentro e o que está fora, caracterizando o contexto em que o sistema está inserido e no qual opera.

Como ressaltado por BEEK (1978), a dinâmica desses sistemas envolve variações espaciais e temporais dos

atributos da terra. Também estão presentes variações diárias e sazonais dos requerimentos dos tipos de uso, de acordo com o ciclo das culturas e o calendário das práticas agrícolas.

A possibilidade de melhoramento das qualidades das terras e das alternativas de uso consideradas, conforme enfatizado pela FAO (1976), introduz mais complexidade ao conjunto.

2.2 Métodos de avaliação de terras

Os métodos disponíveis para avaliação de terras permitem tecer previsões aceitáveis dos insumos requeridos para uso, melhoramento e manejo das terras. Porém, a predição dos resultados e, particularmente, da produção a ser obtida, comumente ainda é insatisfatória (BEEK, 1978).

Numa breve classificação, as diferentes metodologias existentes podem atender a propósitos gerais ou específicos (BURROUGH, 1976; GIBBONS & HAANS, 1976; YOUNG, 1976); referir-se aos usos presentes ou aos potenciais, após melhoramento (FAO, 1976); podem ser qualitativas ou quantitativas, e levar em conta estritamente fatores físicos, como na avaliação física, ou, além destes, os econômicos, como na avaliação integral (YOUNG, 1976; BEEK, 1978).

NIX (1968) agrupou os métodos de avaliação da produtividade biológica, segundo três aproximações:

analógica, paramétrica e a análise de sistemas. Essas três aproximações marcariam a evolução do conhecimento acerca das relações funcionais entre fatores locais e os sistemas de produção biológica.

No estágio mais elementar, a transferência de conceitos se dá por analogia. Nenhum conhecimento é exigido a priori, acerca das relações funcionais entre atributos da terra e formas particulares de produção biológica. Os dados de entrada (insumos e requerimentos) e saída (resultados), necessários para a avaliação, são extrapolados a partir de sítios de experimentação para áreas análogas, definidas pela classificação de solos. Na aproximação analógica, a hipótese fundamental é de que uma classe de solo ou de terra, responde de modo similar ao manejo para uso agrícola (NIX, 1968).

Exemplo recente de aplicação, refere-se ao trabalho de GRAVEEL et alii (1989). Esses autores estudaram as produções de milho (Zea mays L.), por um período de 24 anos (1957-1980), em relação à variação de atributos de 33 unidades de mapeamento de solos, submetidos às mesmas condições de clima e manejo. Os atributos edáficos avaliados foram os seguintes: posição fisiográfica, material de origem, drenagem interna, capacidade de água disponível e grau de erosão. Os autores encontraram, no entanto, que diferenças entre anos contribuíram com a maior parte da variabilidade observada entre as produções, de

aproximadamente 55%. As diferenças entre solos e a interação solo x ano, contribuíram com apenas 15% e 14%, respectivamente.

Anteriormente, outros pesquisadores encontraram baixas correlações entre as classes de solo ou de terra e as produções dos cultivos (GIBBONS, 1961; AVERY, 1962; BUTLER, 1964; BEEK, 1978).

A insatisfação com a subjetividade dos métodos qualitativos de avaliação, conduziu à busca da quantificação. A aproximação paramétrica, representou um passo evolutivo em direção à especificidade e objetividade crescentes.

MABBUTT (1968) definiu genericamente a aproximação paramétrica, como sendo um grupamento e classificação das terras com base nos valores de atributos selecionados.

O método paramétrico, conforme descrito por NIX (1968), consiste na análise de medidas pareadas de produtividade biológica e fatores locais relacionados para uma ampla gama de situações. O fundamento do método se apoiaria no fato de que a resposta biológica em dada localidade, seja ela crescimento, desenvolvimento, reprodução ou sobrevivência é, primariamente, uma função do genótipo e do ambiente. Pela análise dos fatores ambientais considerados relevantes, seriam identificados aqueles atributos significativamente correlacionados com a produção

que, então, poderia ser descrita por uma equação de regressão múltipla.

Riquier (FAO, 1974) conceituou os métodos paramétricos como consistindo da avaliação, em separado, de diferentes atributos da terra, atribuindo-lhes valores numéricos, segundo funções matemáticas desenvolvidas empiricamente para cada um, com base na experimentação. A combinação entre fatores far-se-ia segundo diferentes modelos, de modo a incluir as interações entre atributos. Ao final, um índice de desempenho expressaria a capacidade de produção, como uma fração do valor máximo potencial que seria obtido, se todas as condições fossem as ideais.

Para NIX (1968) o maior desenvolvimento da abordagem paramétrica em avaliação de terras ocorreu em silvicultura. A este respeito, destacou os trabalhos de COILE (1952), DUFFY (1965) e PEGG (1967). Na avaliação da produtividade florestal, a abordagem paramétrica é comumente referida por "site factor". Exemplo recente de aplicação é encontrado em TURVEY et alii (1986), para Pinus radiata (D.Don).

Na avaliação de terras para agricultura, um leque considerável de metodologias e procedimentos, poderia ser enquadrado no contexto da aproximação paramétrica. No entanto, dadas suas especificidades, grande parte dos métodos não alcançou ampla difusão e aplicabilidade.

A etapa definitiva da evolução metodológica,

pressupõe a compreensão das relações funcionais que se estabelecem nos sistemas agrícolas, considerando-as nas análises e predições (BEEK, 1978).

A parte central de um modelo de simulação aplicado a um sistema de produção biológica corresponde às relações funcionais entre os regimes estabelecidos de energia, água, nutrientes, etc., e os processos de crescimento, desenvolvimento e produção de matéria seca (NIX, 1968).

Uma vez que não se dispõe de conhecimentos básicos acerca de todas essas relações, numerosos modelos parciais foram desenvolvidos para situações específicas.

WIT (1959) e LOOMIS & WILLIAMS (1963), desenvolveram fórmulas para cálculo da produção de matéria seca que permitem estimar os limites da produtividade biológica em dado local, baseado apenas em considerações sobre a energia.

FISHER & HAGAN (1965) e LOOMIS et alii (1971) elaboraram revisões acerca das relações até então conhecidas entre parâmetros físicos, fisiológicos e produção econômica, para numerosas culturas. Esses estudos serviram de base para trabalhos de análise de sistemas e modelagem, como o de WIT (1978).

TANAKA et alii (1966) relacionaram a produção de arroz em Los Banos, nas Filipinas, ao balanço entre fotossíntese e respiração, enquanto influenciado por

variações na estrutura da planta e atividade fisiológica, radiação incidente, temperaturas e status do nitrogênio, no decorrer do ciclo da cultura.

DALE & SHAW (1965) relacionaram um modelo de balanço hídrico com a variação da produtividade de milho em Ames (Iowa, E.U.), por um período superior a 30 anos. Concluíram que o mesmo explicava 83% da variação encontrada.

WHISLER et alii (1986) elaboraram revisão acerca da construção de modelos de simulação de culturas e da terminologia usada na descrição de certos aspectos da modelagem, apresentando alguns dos inúmeros modelos correntes na literatura.

Um estudo aplicativo da análise de sistemas em avaliação de terras foi apresentado por DRIESSEN (1986).

A complexidade envolvida em estudos de análise de sistemas é muito grande, e o conhecimento disponível acerca da totalidade das relações funcionais dos sistemas agrícolas é ainda limitado (BEEK, 1978). Parece necessário, especialmente no caso da cultura do cafeeiro, iniciar pela abordagem paramétrica para obter subsídios que permitam a aplicação da análise num estágio posterior.

2.3 Aplicações dos métodos paramétricos na avaliação da produtividade biológica

Em termos absolutos, a produtividade biológica primária é expressa pela quantidade de matéria

seca produzida por unidade de área e por unidade de tempo. Em termos relativos, a parte da produção biológica total que é colhida pelo homem é referida por "produção econômica". A relação entre a produção econômica e a produção biológica, foi definida por DONALD (1962), por "Índice de Colheita" (I.C.). Com grande frequência, muitos métodos já desenvolvidos de modelagem (e de análise de sistemas) concentram seu poder estimativo na produção biológica, fazendo uso do I.C. para obtenção da produção econômica.

A maior parte dos esforços de quantificação das avaliações de desempenho dos sistemas agrícolas, concentrou-se inicialmente em atributos dos solos. Outros fatores também considerados envolviam alguns poucos atributos do clima, da topografia e da erosão.

Historicamente, segundo Riquier (FAO, 1974), a primeira aplicação parece dever-se a Fackler na Bavária, que por volta de 1928, teria desenvolvido um método simples, considerando uns poucos atributos do solo, combinados segundo o modelo aditivo. Posteriormente, foi o mesmo adotado como referência para taxaço de terras.

O mais conhecido método paramétrico de avaliação do potencial agrícola de solos, é o Índice de Storie (STORIE, 1937 e 1978). Trata-se de um modelo multiplicativo, considerando os quatro fatores seguintes: A) atributos do perfil de solo (posição na paisagem,

profundidade do solum, substrato rochoso, tipo de contato); B) textura do solo superficial; C) classe de declividade; e, X) condições exclusivas aos fatores anteriores (classe de drenagem, teor de sais ou alcalis, nível de nutrientes, acidez, erosão, microrrelevo, etc.).

O índice de Storrie é calculado atribuindo valores percentuais para cada um dos quatro fatores precedentes, de acordo com uma tabela desenvolvida para os solos da Califórnia (STORIE, 1978). Quanto melhores ou mais ideais as condições do solo, mais o índice se aproxima de 100%; ao contrário, quanto maior a restrição, menor o índice, que tenderá para zero. Esse procedimento é seguido para cada tipo de solo presente e a classificação da área como um todo é obtida, ponderando os índices correspondentes aos diferentes tipos de solos, em relação à proporção em que cada um ocorre na área. Um bom resultado da aplicação do método, pressupõe a disponibilidade de um mapa pedológico atualizado e bem feito, numa escala compatível com a especificidade do estudo. Para aplicação em outras áreas, uma revisão da tabela deve ser efetuada, para proceder às adaptações necessárias, de acordo com as condições em cada local.

BERGER et alii (1952) desenvolveram um método simples na forma de um cartão para avaliação das produtividades dos solos de Wisconsin (E.U.). Consideraram onze fatores relacionados, englobando atributos do perfil de

solo, do clima e do manejo, cujos valores eram combinados pelo modelo aditivo e, posteriormente, feita a ponderação em relação à área de ocorrência daquele solo ou unidade avaliada.

Outras contribuições dos métodos paramétricos na avaliação da produtividade biológica dos sistemas agrícolas, referem-se aos trabalhos de CLARKE (1950), RIQUEIR et alii (1970), SEARL (1965) e MILLETTE & SEARL (1969), todos citados por Riquier (FAO, 1974).

Métodos mais elaborados começaram a ser desenvolvidos inicialmente na Bulgária e Romênia, com a introdução das primeiras avaliações para diferentes culturas separadamente. Muitos outros métodos paramétricos foram desenvolvidos desde então, mas nenhum deles pode ser adotado universalmente como sendo satisfatório para larga aplicação (FAO, 1974).

Recentemente, BRUCE et alii (1990) validaram dois modelos de produtividade para soja, baseados nos seguintes atributos edafoclimáticos: teor de argila, carbono, pH, água disponível e precipitação. Concluíram que os dois modelos, lineares e não interativos, com cinco e dez variáveis preditoras, demonstraram bom potencial prognóstico.

Especificamente para o cafeeiro, PAES DE CAMARGO et alii (1984) desenvolveram um modelo para estimar a produtividade para as localidades de Mococa e Ribeirão

Preto, no Estado de São Paulo. Na construção do modelo, consideraram as variáveis produção do ano anterior e mais dois fatores meteorológicos, precipitação pluviométrica e frequência de chuvas, ambos à época do florescimento.

Ainda para o cafeeiro, LIU & LIU (1987) desenvolveram três modelos de previsão de safras no Estado de Minas Gerais, baseados em parâmetros climáticos para o período entre 1964 e 1986. Os atributos climáticos avaliados foram, entre outros, temperaturas mínima e máxima, umidade relativa, precipitação, deficit e excedente hídrico.

2.4 Outras aplicações dos métodos paramétricos em avaliação de terras

Outras aplicações dos métodos paramétricos na avaliação dos sistemas agrícolas, referem-se à avaliação do impacto resultante do uso agrícola e das necessidades de insumos, tais como corretivos de solo e fertilizantes.

A equação universal de perdas de solo (WISHMEIER & SMITH, 1960 e 1965), permite avaliação objetiva e previsão do impacto decorrente da utilização agrícola, pela estimativa das perdas de solo e água e, conseqüentemente, de fertilizantes.

Outro aspecto, refere-se à avaliação do efeito da erosão do solo na produção de plantas cultivadas. OLSON & NIZEYIMANA (1988), em seu trabalho sobre o impacto da erosão do solo na produção de milho em Illinois (E.U.),

apresentaram uma excelente revisão enfocando um pequeno histórico e o estado da arte neste ramo da pesquisa.

Em termos da avaliação das necessidades de insumos agrícolas, os conceitos de curva de resposta, lei dos incrementos decrescentes, dose mais econômica, como no caso dos fertilizantes, e porcentagem de suficiência ou produção relativa (RAIJ, 1981), associam-se ao estabelecimento de funções de produção, cujo fator avaliado é um nutriente.

CATE & NELSON (1971) desenvolveram um método gráfico para identificar o limite crítico do nutriente que discrimina duas classes de teores no solo. Abaixo do limite crítico, encontram-se os solos com grande probabilidade de resposta ao nutriente em questão (produção relativa < 80%). Acima do limite crítico, aparece o grupo com pequena probabilidade de resposta à fertilização. LEPSCH (1987), RAIJ (1981) e RAIJ et alii (1981) teceram referências ao método, em seus respectivos trabalhos.

Nesta mesma linha, RAIJ et alii (1981) estudaram em 26 ensaios, as correlações entre produção relativa e parâmetros fornecidos pela análise de solos. Obtiveram curvas de resposta para fósforo e potássio, que permitiram delimitar classes de teores dos nutrientes no solo. A classificação em teores muito baixos (0 - 70%), baixos (70 - 90%) e médios (90 - 100%), é referida em relação ao valor da produção relativa, dado entre

parênteses.

Em trabalho posterior, RAIJ et alii (1985), estabeleceram tabelas de recomendação de adubação e calagem para mais de 80 culturas econômicas do Estado de São Paulo, baseando-se nos valores médios de probabilidade de resposta.

Na Austrália, COLWELL (1983) e COLWELL & MORTON (1984), citados por COLWELL (1985), usaram o procedimento comum da regressão estatística e desenvolveram modelos estatísticos a partir de dados experimentais, relacionando produção e respostas dos fertilizantes. Porém, outros atributos dos solos e variáveis também foram incluídos, aproximando-se mais da aplicação da abordagem paramétrica para avaliação do potencial agrícola das terras.

Em publicação mais recente, COLWELL et alii (1988) estabeleceram procedimentos estatísticos para desenvolvimento de modelos gerais de fertilidade do solo, envolvendo equações matemáticas que expressam variáveis de produção como funções de variáveis locais.

Todos os métodos não paramétricos são, por definição, de natureza subjetiva. Os paramétricos apresentam uma vantagem definitiva sobre os primeiros, por envolverem tratamentos não subjetivos resultantes da aplicação de modelos matemáticos padronizados. No entanto, apenas essa parte é puramente objetiva. A seleção e composição dos fatores a serem avaliados estará sujeita a graus variáveis de subjetividade, de acordo com o tipo de procedimento

matemático seguido, além das limitações de recursos e das metodologias disponíveis, entre outras.

A subjetividade apenas é superada quando a seleção dos fatores relevantes reflete resultados obtidos da experimentação no campo e, ainda, se tais resultados são de valor estatístico.

3 MATERIAL E METODOS

3.1 Caracterização da área de estudo e das lavouras

A pesquisa foi desenvolvida em dez lavouras comerciais de café estabelecidas na região da Alta Paulista no Estado de São Paulo, nos municípios de Marília, Garça, Gália, Vera Cruz, Pompéia, Herculândia, Iacris, Bastos e Sagres.

O trabalho iniciou envolvendo mais quinze lavouras nos municípios de Alvaro de Carvalho, Ubirajara, São Pedro do Turvo, Bernardino de Campos e Xavantes. Posteriormente, foram desconsideradas ou por não apresentarem a série completa dos dados de produção ou por inconsistência desses mesmos dados.

A Figura 3.1 localiza esquematicamente a área, mostrando a delimitação dos municípios entre os paralelos 21 30' e 22 30' de latitude Sul e os meridianos 51 15' e 49 15', a oeste de Greenwich.

Os dados de produção em sua maioria se referem a cafeeiros da espécie Coffea arabica L., variedade Mundo Novo. Em um campo analisado, as plantas são da variedade Catuaí Amarelo. Os dados são apresentados em

Figura 3.1 - Localização dos municípios onde estão instaladas as áreas experimentais.

quilos por hectare de café em côco, dispondo-se de registros de produção para o período entre 1984 e 1989.

As produções e outras informações relativas às lavouras e ao manejo adotado foram cedidas pelos produtores por intermédio da seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico. A referida seção desenvolve pesquisa nessas mesmas áreas, em sistema integrado de diagnóstico e recomendação (DRIS) para o cafeeiro, de acordo com o esquema geral proposto por BEAUFILS (1973).

As dez lavouras estudadas, situam-se em nove propriedades cujos nomes e municípios de ocorrência estão relacionados na Tabela 3.1. Os números de identificação destes locais foram mantidos sem alteração, em relação àqueles que receberam no projeto DRIS. Da referida tabela constam a denominação dos talhões ou unidades amostrais, a variedade, a idade da lavoura, o número de covas por hectare e o número de plantas por cova. Cada talhão perfaz uma área aproximada de um hectare.

A caracterização do clima específico dos locais da pesquisa foi efetuada utilizando registros meteorológicos de dois postos, situados nos municípios de Garça e Adamantina, de propriedade das respectivas cooperativas locais dos cafeicultores. A indisponibilidade de dados relativos a 1989 e parte de 1988 para Adamantina, condicionou adotar os registros provenientes de Tupi

Tabela 3.1 - Relação dos locais da pesquisa e algumas informações cadastrais.

Local	Município	Propriedade	Talhão	Variedade	Idade	Covas por hectare	Plantas por hectare
01	Sagres	Sítio Planalto	Casas	Mundo Novo	11	1250	2500
02	Pompéia	Fazenda São Luiz	01	Mundo Novo	10	1250	2500
03	Garça	Sítio Vadico	01	Mundo Novo	12	1250	2500
11	Iacris	Fazenda São José	02	Mundo Novo	15	1000	2000
15	Bastos	Fazenda Conquista	18	Mundo Novo	11	1667	3333
16	Herculândia	Fazenda Santo Antonio	01	Mundo Novo	22	833	2500
19	Marília	Fazenda Santa Gertrudes	--	Mundo Novo	20	1053	3158
20	Vera Cruz	Fazenda Santo Antonio	Decotado p/ pasto	Mundo Novo	21	1000	3000
27	Gália	Fazenda São Carlos	--	Mundo Novo	11	1250	2500
28	Gália	Fazenda São Carlos	--	Catuaí	11	1600	3180

Paulista, o posto mais próximo. Os citados registros foram extraídos dos arquivos da Cooperativa dos Produtores de Café de Garça e da seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônômico.

Os dados meteorológicos colhidos em Garça são representativos do clima dos locais números 2, 3, 16, 19, 20, 27 e 28. Para os locais 1, 11 e 15, associam-se os registros oriundos de Adamantina.

3.2 Esquema de amostragem

3.2.1 Caracterização morfológica e classificação taxônômica dos solos

Em cada unidade amostral, foi aberta uma trincheira perpendicular à linha de plantio. Suas dimensões e a posição no cafezal estão representadas na Figura 3.2.

Os perfis de solo foram observados e amostrados até 100 cm de profundidade, no período entre 11 e 21 de abril de 1989. O estudo dos perfis incluiu a identificação dos horizontes pedogenéticos e a descrição dos atributos morfológicos. Foram caracterizadas in loco a cor, espessura, textura, estrutura, cerosidade, consistência, transição entre horizontes e demais feições, de acordo com as definições e procedimentos usuais descritos em LEMOS & SANTOS (1982) e EMBRAPA-SNLCS (1988 a & b).

Após a descrição, foi efetuada a coleta de amostras para caracterização analítica dos perfis. O

Figura 3.2 - Representação esquemática da trincheira e das posições de coleta de amostra.

material extraído, cerca de dois quilos de terra por horizonte, foi acondicionado em sacos plásticos, para encaminhamento ao laboratório.

3.2.2 Amostras para determinações físicas e hídricas

Nas mesmas trincheiras já descritas foram definidas três posições para extração de amostras indeformadas (Figura 3.2). A coleta ocorreu simultaneamente à descrição e amostragem dos perfis.

Tomando uma parede perpendicular à rua ou entrelinha, os locais de coleta foram:

- 1 - na Cova, próximo aos pés de café,;
- 2 - sob a Rodagem de máquinas;
- 3 - próximo ao Meio da rua.

Em cada posição, a coleta foi efetuada em cinco camadas, nas profundidades 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm e 80-100cm. As situações amostradas englobam quinze posições, designadas por:

C1- cova 0-20 cm	R1- rodagem 0-20 cm	M1- rua 0-20 cm
C2- cova 20-40 cm	R2- rodagem 20-40 cm	M2- rua 20-40 cm
C3- cova 40-60 cm	R3- rodagem 40-60 cm	M3- rua 40-60 cm
C4- cova 60-80 cm	R4- rodagem 60-80 cm	M4- rua 60-80 cm
C5- cova 80-100 cm	R5- rodagem 80-100 cm	M5- rua 80-100 cm

A amostragem foi efetuada utilizando anéis³ volumétricos do tipo Kopeck, com volume ao redor de 100 cm³.

Após a limpeza do material excedente, os anéis foram tampados, etiquetados e acondicionados em caixas de papelão, para condução ao laboratório.

3.2.3 Amostras deformadas para caracterização da fertilidade do solo

As amostras compostas de terra para as análises de fertilidade foram coletadas nas lavouras em dois locais, área adubada e meio da rua, e em quatro camadas, nas profundidades entre 0-5 cm, 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm.

As situações amostradas englobam oito posições:

C1 - área adubada 0-5 cm	R1 - meio da rua, 0-5 cm
C2 - área adubada 0-20 cm	R2 - meio da rua, 0-20 cm
C3 - área adubada 20-40 cm	R3 - meio da rua, 20-40 cm
C4 - área adubada 40-60 cm	R4 - meio da rua, 40-60 cm

Tais amostragens foram realizadas em 1988, como parte das atividades do projeto DRIS-Café.

3.3 Métodos Analíticos

3.3.1 Caracterização analítica dos solos

As amostras deformadas destinadas à caracterização analítica dos perfis foram tratadas e analisadas nos laboratórios da Seção de Pedologia, do Instituto Agronômico.

No laboratório, as amostras de terra foram destorroadas e deixadas em bandejas para secagem ao ar. Posteriormente, a terra foi passada por peneira com malha de 2,0 mm, para compor a terra fina seca ao ar (TFSA). Todo material coletado passou pela malha, não havendo esqueleto do solo.

A partir das amostras de TFSA, realizaram-se as seguintes determinações físicas e químicas: análise granulométrica; carbono orgânico (C); pH; cátions trocáveis (Ca, Mg, K, Na); alumínio trocável (Al); e, hidrogênio covalente (H). Foram calculadas a capacidade de troca de cátions (T); a soma de bases trocáveis (S); a saturação por bases (V); e, a saturação por alumínio (m).

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, cuja descrição pormenorizada consta de CAMARGO et alii (1986). A dispersão das amostras foi efetuada utilizando soluções dispersantes de hidróxido de sódio, de hexametáfosfato de sódio e agitação por tempo prolongado.

Foram determinadas as frações granulométricas correspondentes às classes:

areia grossa	- 2,000 - 0,200 mm;
areia fina	- 0,200 - 0,050 mm;
silte	- 0,050 - 0,002 mm;
argila	- menor do que 0,002 mm.

As frações areia grossa e areia fina foram

obtidas por tamisação; a argila, por pipetagem, segundo tempo de sedimentação dado pela equação de Stokes. O silte foi obtido por diferença.

A caracterização química das amostras, foi realizada seguindo os métodos e procedimentos de rotina dos laboratórios da Seção de Pedologia, resumidamente descritos a seguir. A descrição detalhada dos mesmos também pode ser obtida em CAMARGO et alii (1986).

O carbono orgânico (C) foi determinado por oxidação da matéria orgânica do solo com dicromato de potássio em presença de ácido sulfúrico e titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal.

O pH foi determinado em água e em solução de cloreto de potássio (KCl 1N), em medidor apropriado. O alumínio ou acidez trocável (Al) foi extraído por meio de solução de cloreto de potássio 1N, em agitador mecânico, e determinado por titulação com hidróxido de sódio 1N. Foi determinada a acidez potencial (Al+H), e o hidrogênio covalente (H) obtido por diferença: $H = (Al+H) - Al$.

A extração dos cátions trocáveis, cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na), foi realizada com solução normal de acetato de amônio pH 7,0; a determinação dos teores no extrato foi efetuada por espectrofotometria de absorção atômica.

A capacidade de troca de cátions (T) foi calculada pela soma: $T = Ca + Mg + K + Na + Al + H$. A soma de

bases (S) foi obtida pela adição dos valores dos cátions trocáveis: $S = Ca, Mg, K \text{ e } Na$. A saturação por bases (V), foi calculada pela relação entre a soma de bases e a capacidade de troca de cátions, segundo a fórmula: $V = (S/T)100$. A saturação por alumínio (m) foi calculada pela expressão: $m = [Al / (Al + S)]100$.

Os valores de Al, H, Ca, Mg, K, Na, T e S são apresentados em miliequivalentes (meq) por 100 g de TFSA. Os valores de C, V, m são expressos em porcentagem.

3.3.2 Caracterização físico-hídrica

As amostras indeformadas foram encaminhadas ao laboratório da Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico.

No laboratório, os anéis foram destampados, e a face inferior recebeu uma saia de tecido poroso, cujas bordas foram presas por elástico, para contenção do solo. Assim preparados, os anéis foram dispostos em bandejas com água, para saturação das amostras.

Após a saturação, obtido o peso do conjunto saturado, iniciou o levantamento, por dessorção, das curvas de retenção de água pelo método de TOPP & ZEBCHUK (1979).

Foram levantados os teores de água retidos no solo após a aplicação das tensões: 0,00001; 0,0005; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,07; 0,10; 0,20 e 0,80 MPa.

Montadas as curvas, quando se evidenciaram pontos com problemas de determinação, foram os mesmos eliminados e efetuado um novo traçado da curva, de onde se extraíram os valores corrigidos.

Os parâmetros extraídos a partir dessas curvas correspondem à:

- a) porosidade total determinada (P), referida ao teor de água no solo na saturação (aproximada para o ponto correspondente à tensão de 0,00001 MPa);
- b) microporosidade (m), correspondente ao teor de água no solo após a aplicação de uma tensão da ordem de 0,006 MPa;
- c) macroporosidade (M), obtida por diferença entre a porosidade total determinada e a microporosidade;
- d) água facilmente disponível (AF), dada pela diferença entre os teores de água a 0,01 MPa e 0,10 MPa;
- e) água disponível (AD), dada pela diferença entre os teores de água a 0,01 e 0,80 MPa.

Após as determinações dos volumes de água no solo a várias tensões, foram calculadas as densidades das amostras, a partir da relação entre o peso do solo seco em estufa e o volume total, ou de 100 cm^3 , correspondente ao volume aproximado dos anéis.

3.3.3 Caracterização da fertilidade do solo

A caracterização da fertilidade foi efetuada

no laboratório da Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agrônomo. Os métodos analíticos utilizados estão descritos com detalhes em RAIJ & QUAGGIO (1983).

Foram determinados os seguintes atributos:

- a) fósforo (P), extraído por resina trocadora de íons, os resultados sendo expressos em microgramas (mcg) por cm^3 de TFSA;
- b) matéria orgânica (M.O.), pelo método colorimétrico, expressa em g/ 100 cm^3 TFSA;
- c) pH, determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio;
- d) Ca, Mg e K, trocáveis, extração usando resina trocadora de íons, expressos em meq/ 100 cm^3 TFSA;
- e) acidez potencial (H+Al), determinada com solução tampão SMP, expressa em meq/ 100 cm^3 TFSA;
- f) soma de bases (S), dada por $S=\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K}$, e capacidade de troca de cátions (T), calculada por $T=S+\text{H}+\text{Al}$, ambas expressas em meq/ 100 cm^3 TFSA;
- g) saturação por bases (V), dada pela relação $V=(S/T)100$, e expressa em porcentagem.

3.4 Métodos Estatísticos

Os resultados analíticos foram inicialmente tratados pela estatística descritiva, para obtenção dos momentos estatísticos. Os parâmetros assim obtidos

caracterizam a população amostral e auxiliam a identificação de possíveis fatores limitantes à produção dos cafezais.

Posteriormente, foram estabelecidas matrizes para cálculo das correlações lineares simples e obtenção dos coeficientes de determinação dos atributos edafoclimáticos e do manejo das lavouras, em relação às produções anuais.

Os atributos que se correlacionaram significativamente pelo teste t de Student, ao nível de 5% de probabilidade, com as produções anuais, foram submetidos à uma primeira seleção. O critério adotado foi de manter aqueles atributos concomitantemente significativos para o maior número de locais ou de anos e detentores dos maiores coeficientes de determinação.

Os atributos assim selecionados integraram matrizes para análise multivariada, pelo método de regressão linear múltipla, empregando o programa estatístico SANEST, versão 5 (ZONTA & MACHADO, 1989).

Nesta fase, adotaram-se os processos "máximo valor de r^2 " e "descendente modificado" para promover a hierarquização dos atributos, a seleção das variáveis preditoras e estabelecimento de um modelo multivariado simples para explicar a produção de café nas áreas de estudo.

4 RESULTADOS & DISCUSSÃO

4.1 O clima das lavouras

A caracterização do clima dos locais da pesquisa, no período de seis anos, foi efetuada lançando mão de registros meteorológicos de dois postos mais próximos, localizados em Garça e Adamantina.

A Figura 4.1 representa graficamente a variação da precipitação anual para os seis anos, evidenciando relativamente os anos de maior e menor pluviosidade.

Para os sete locais mais próximos de Garça (nos. 2, 3, 16, 19, 20, 27 e 28, conforme Tabela 3.1), 1984 foi o ano mais seco, com um índice pluviométrico de 833 mm, bem abaixo da faixa regional característica, entre 1100 e 1700 mm (SETZER, 1966; PAES DE CAMARGO et alii, 1974). Sob o mesmo aspecto, 1985 com 1177 mm, pode ser considerado marginal. Os índices pluviométricos anuais foram sempre crescentes de um ano para outro, entre 1984 e 1989.

Para as lavouras mais a oeste, em torno de Adamantina (locais nos. 1, 11 e 15, conforme Tabela 3.1), o ano mais seco foi 1985, com um índice pluviométrico de

Figura 4.1 - Variação da precipitação anual em milímetros (mm) de chuva.

1038 mm. Individualmente, as precipitações anuais foram superiores às ocorridas em Garça, exceto em 89, flutuando em torno da média de 1457 mm.

A Tabela 4.1 ilustra as médias das precipitações mensais, frequência de chuvas e temperaturas máximas, médias e mínimas, no período entre 1984 e 1989.

Os valores médios das precipitações mensais evidenciam tipicamente para os dois locais, uma estação chuvosa coincidente nos meses de novembro a março, e um período seco entre junho e outubro.

As maiores diferenças entre localidades ocorrem em relação aos meses mais secos de junho, julho e agosto. A situação tende a ser mais restritiva em Adamantina, com as precipitações mais baixas.

A frequência de chuvas segue um padrão muito semelhante em Garça e Adamantina.

Os dados de temperatura máxima mostram uma situação diferenciada para as lavouras próximas de Adamantina. Os valores médios mensais, em torno de 31 °C, são mais elevados em relação aos que ocorrem em Garça, que apresenta médias anuais em torno de 29 °C.

Quanto às médias mensais das temperaturas mínimas em Garça e Adamantina, os valores são muito semelhantes entre si, ao redor de 18 °C.

No que se refere às temperaturas médias

Tabela 4.1 - Valores médios mensais da precipitação, frequência de chuvas e temperaturas máxima, média e mínima para o período entre 1984 e 1989, ocorridos na região de estudo.

Local	M e s												A n o
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Precipitação pluviométrica, em milímetros													Total
Garça	232	175	149	96	103	39	29	43	80	80	137	187	1348
Adamantina	305	174	175	103	116	20	27	41	64	57	134	240	1457
Frequência de chuvas, em número de dias													Média
Garça	11	12	9	6	7	2	2	4	7	6	8	12	7
Adamantina	12	12	9	5	7	2	2	4	6	5	8	13	7
Temperatura máxima, em graus Celsius													
Garça	31	31	31	29	26	25	26	27	28	31	31	30	29
Adamantina	33	33	33	32	29	28	28	30	30	33	33	33	31
Temperatura média, em graus Celsius													
Garça	26	26	25	24	21	19	20	21	22	24	25	25	23
Adamantina	26	26	26	26	22	21	21	22	24	26	27	27	24
Temperatura mínima, em graus Celsius													
Garça	21	21	20	18	16	14	14	15	16	18	18	20	18
Adamantina	20	20	20	19	16	13	13	15	17	19	20	21	18

mensais, as diferenças se alternam entre locais, especialmente nos meses mais quentes. As médias anuais ficam ao redor de 23 °C e 24 °C para Garça e Adamantina, respectivamente.

As amplitudes de variação das temperaturas máximas (médias mensais), situam-se entre 24 e 33 °C (Garça) e 27 e 35 °C (Adamantina). Para as médias mínimas as amplitudes são ainda maiores, entre 11 e 23 °C e 10 e 22 °C, respectivamente. Nos meses mais frios de junho, julho e agosto, é sistemática a ocorrência de temperaturas mínimas inferiores a 16 °C.

A avaliação da disponibilidade hídrica foi efetuada através do cálculo dos balanços hídricos representativos das duas localidades. O método utilizado foi o de THORNTHWAITE & MATHER (1955), considerando uma capacidade de armazenamento de 100 mm. Nos cálculos, foram usadas as médias mensais das precipitações e das temperaturas médias, para o período de 6 anos.

Os resultados para Garça (Figura 4.2) indicam a ocorrência na área, no período entre 1984 e 1989, de um déficit hídrico moderado da ordem de 36 mm, concentrados nos meses de junho a outubro. Nos períodos de déficit, a suplementação pelo solo ou consumo hídrico foi de cerca de 65 mm. Nos meses de maiores precipitações, entre novembro e março, registraram-se excedentes em torno de 202 mm.

Em Adamantina, os resultados do balanço

Figura 4.2 - Balanço hídrico representativo da localidade de Garça, SP.

hídrico (Figura 4.3) mostram um elevado déficit no período, de cerca de 128 mm, concentrados nos meses de junho a outubro, e ligeira ocorrência em abril. As maiores precipitações também se reportam aos meses de novembro a março, com excedentes de cerca de 270 mm. O consumo hídrico nos períodos mais secos foi de 100 mm.

Tais resultados, considerando um armazenamento único de 100 mm, mostram um recrudescimento dos déficits hídricos para oeste, em direção à Adamantina. Embora o índice pluviométrico médio para o período seja menor em Garça (1348 mm) do que em Adamantina (1457 mm), em Garça temperaturas mais baixas parecem condicionar menores déficits ao longo do ano.

4.2 O solo das lavouras

4.2.1 Caracterização morfológica e analítica e classificação taxônomica

O exame efetuado no campo, em trincheiras, permitiu identificar solos podzólicos e latossolos, que foram diferenciados em subgrupos, de acordo com os critérios diagnósticos estabelecidos pela EMBRAPA-SNLCS (1988 a).

Nos dez locais analisados, os solos podzólicos ocorrem em nove, tendo sido identificado apenas um latossolo, na Fazenda São Carlos (local 27).

As classes de solos identificadas nas áreas monitoradas são as seguintes:

Figura 4.3 - Balanço hídrico representativo da localidade de Adamantina, SP.

local 1: PVe- solo podzólico vermelho-amarelo eutrófico Tb
abrupto A fraco textura média contrastante
relevo suave ondulado

local 2: PEld- solo podzólico vermelho escuro latossólico
distrófico Tb A fraco textura arenosa/ média
relevo suave ondulado

local 3: PVd- solo podzólico vermelho-amarelo distrófico
Tb A moderado textura arenosa/ média relevo
suave ondulado

local 11: PVla-solo podzólico vermelho-amarelo latossólico
álico Tb A fraco textura arenosa/ média
relevo suave-ondulado

local 15: PVa- solo podzólico vermelho-amarelo álico Tb A
fraco textura arenosa/ média relevo plano a
suave ondulado

local 16: PVe- solo podzólico vermelho-amarelo eutrófico
Tm-->Ta A moderado textura arenosa/ média
relevo suave ondulado a ondulado

local 19: PVa- solo podzólico vermelho-amarelo álico Tb A
fraco textura arenosa/ média relevo plano a
suave ondulado

local 20: PVd- solo podzólico vermelho-amarelo distrófico Tb
abrupto A fraco textura arenosa/ média relevo
suave ondulado

local 27: LEa- latossolo vermelho escuro álico A fraco
textura média relevo suave ondulado

local 28: PVa- solo podzólico vermelho-amarelo álico Tb
abrupto A moderado textura arenosa/ média
relevo suave ondulado

As descrições morfológicas dos solos para os dez sítios de experimentação, estão relacionadas no Apêndice.

Os solos são tipicamente de textura média, por influência do embasamento rochoso constituído pelos arenitos do Grupo Bauru, Formações Marília e Adamantina (IPT, 1981).

Nos solos podzólicos, a diferença textural é normalmente contrastante entre os horizontes superficiais e os de subsuperfície, sendo os primeiros arenosos e os últimos de textura franco arenosa ou franco argilo-arenosa.

No Sítio Planalto (local 1), Fazenda Santo Antonio (local 20) e Fazenda São Carlos (local 28), a diferença chega a ser abrupta, isto é, o teor de argila dobra, do horizonte A (ou E) para o B, numa distância inferior a 7,5 cm (EMBRAPA-SNLCS, 1988 b). A presença de gradiente textural acentuado dificulta a drenagem interna dos perfis, tornando-a mais lenta e conferindo maior susceptibilidade desses solos à erosão e prejuízos ao sistema radicular.

Os solos são profundos e friáveis. O tipo de horizonte A fraco (7 perfis), é mais comum do que o A moderado (3 perfis). A predominância do tipo de A fraco

indica, entre outras coisas, horizontes superficiais com baixos a médios teores de matéria orgânica (menos do que 0,6% de carbono orgânico), cores mais claras (valor >4 na escala de Munsell) e horizontes A pouco a moderadamente espessos (<25cm). Nos solos podzólicos, o horizonte B textural se apresenta com fraco desenvolvimento da estrutura e expressão da cerosidade.

A Tabela 4.2, fornece os resultados das análises físicas e químicas dos perfis.

A avaliação da grandeza e variabilidade dos atributos físicos e químicos foi efetuada, procedendo-se à estatística descritiva dos resultados analíticos. Uma vez que a subdivisão do perfil em profundidade, segue critérios genéticos e morfológicos, não há correspondência perfeita entre horizontes de perfis distintos. Assim, optou-se pela simplificação da entrada de dados, de forma a caracterizar apenas duas situações para análise: profundidade 1 e profundidade 2.

A profundidade 1 representa o conjunto de horizontes superficiais (A, E ou AB) e a profundidade 2, os horizontes subsuperficiais (Bt, Bw ou BC). Os valores dos atributos em cada profundidade, 1 e 2, foram obtidos calculando a média ponderada em relação à espessura dos horizontes.

Os resumos estatísticos foram elaborados de forma a caracterizar a granulometria dos perfis (Tabela

Tabela 4.2 - Resultados das análises físicas e químicas dos perfis de solo.

Horizonte	Areia		Silte		Argila		pH	Carb.	Ca	Mg	K	Na	Al	H	T	S	V	m		
	Grossa		Fina				Água KCl	org.												
cm	%				%				meq/100g TFSA										%	
Perfil 1 (PVe)																				
Ap1 000-005	04	70	17	09	7,6	6,9	1,2	10,0	2,4	0,29	0,02	0,0	0,0	12,71	12,71	100	0			
Ap2 005-021	07	68	14	11	7,0	6,0	0,4	1,6	1,2	0,56	0,03	0,0	0,2	3,59	3,39	94	0			
AB 021-043	04	72	13	11	6,2	4,8	0,2	1,0	0,6	0,47	0,01	0,0	0,5	2,58	2,08	81	0			
Bt1 043-088	02	54	16	28	6,5	5,4	0,4	4,3	1,0	0,38	0,06	0,0	0,5	6,24	5,74	92	0			
Bt2 088-100	02	54	16	28	5,7	4,7	0,3	1,8	1,6	0,07	0,02	0,1	1,1	4,69	3,49	74	0			
Perfil 2 (PEId)																				
Ap 000-010	45	41	04	10	6,0	5,8	0,4	1,8	0,8	0,19	0,01	0,0	0,1	2,90	2,80	97	0			
AB 010-030	35	40	08	17	5,4	4,3	0,4	0,8	0,2	0,25	0,01	0,4	0,7	1,67	1,26	75	24			
Bt1 030-052	31	37	09	23	5,2	4,2	0,4	1,0	0,3	0,15	0,01	0,5	0,8	2,76	1,46	53	26			
Bt2 052-090	29	37	07	27	4,7	4,0	0,3	0,9	0,2	0,04	0,01	0,8	0,7	2,65	1,15	43	41			
BC 090-100	31	38	07	24	4,7	4,1	0,2	0,4	0,0	0,02	0,01	0,9	1,7	3,03	0,43	14	68			
Perfil 3 (PVd)																				
Ap 000-007	54	27	07	12	6,6	6,1	1,0	4,6	1,6	0,09	0,01	0,0	0,1	6,40	6,30	98	0			
Ep 007-023	56	25	05	14	6,2	5,1	0,4	1,6	0,7	0,08	0,01	0,1	0,6	3,09	2,39	77	4			
Bt1 023-057	41	31	07	21	4,9	4,1	0,3	1,0	0,6	0,09	0,02	0,5	1,2	3,41	1,71	50	12			
Bt2 057-090	45	28	07	20	4,8	4,0	0,2	0,8	0,3	0,01	0,01	0,7	0,6	2,42	1,12	46	38			
BC 090-100	42	31	07	20	4,3	3,9	0,1	0,8	0,3	0,01	0,02	0,8	0,5	2,43	1,13	46	41			

Tabela 4.2 - Resultados das análises físicas e químicas dos perfis de solo.

Horizonte	Areia		Silte	Argila	pH	Carb.	Ca	Mg	K	Na	Al	H	T	S	V	a		
	Grossa Fina				Água KCl	org.												
cm	%				%		meq/100g TFSA										%	
Perfil 11 (PVla)																		
Ap 000-007	03	76	12	09	6,5	5,2	0,5	1,5	0,8	0,99	0,02	0,1	0,4	3,81	3,31	87	3	
E 007-019	03	76	10	11	5,6	4,2	0,4	0,7	0,3	0,56	0,02	0,5	1,1	3,18	1,58	50	24	
Bt1 019-043	03	67	14	16	5,1	4,0	0,6	0,8	0,4	0,45	0,02	1,2	1,5	4,37	1,67	38	42	
Bt2 043-077	03	64	14	19	4,9	4,0	0,3	0,6	0,2	0,21	0,02	1,7	0,9	3,63	1,03	28	62	
Bw 077-100	02	61	16	21	4,9	4,1	0,2	0,5	0,2	0,12	0,02	1,8	0,6	3,24	0,84	26	68	
Perfil 15 (PVa)																		
Ap 000-008	14	71	07	08	6,4	6,0	0,4	1,6	0,6	0,20	0,01	0,1	0,0	2,51	2,41	96	4	
AB 008-025	17	68	06	09	6,6	5,6	0,2	0,7	0,4	0,30	0,01	0,0	0,2	1,61	1,41	88	0	
Bt1 025-053	14	61	09	16	6,2	4,4	0,2	0,3	0,0	0,45	0,01	0,3	0,4	1,46	0,76	52	28	
Bt2 053-085	15	60	08	17	5,2	4,1	0,2	0,3	0,0	0,19	0,01	0,5	0,5	1,50	0,50	33	50	
Bt3 085-100	13	60	11	16	5,2	4,1	0,2	0,1	0,0	0,22	0,01	0,6	0,4	1,33	0,33	25	64	
Perfil 16 (PVe)																		
Ap1 000-009	36	49	06	09	6,8	6,2	0,8	3,7	0,6	0,64	0,01	0,1	0,0	5,05	4,95	98	2	
Ap2 009-018	36	49	09	06	7,0	6,2	0,5	2,7	0,3	0,58	0,02	0,0	0,1	3,70	3,60	97	0	
E 018-041	35	49	09	07	7,0	6,1	0,2	1,9	0,2	0,53	0,01	0,0	0,0	2,64	2,64	100	0	
Bt1 041-065	33	46	09	12	6,6	5,5	0,2	2,3	0,3	0,36	0,01	0,0	0,3	3,27	2,97	91	0	
Bt2 065-100	32	42	08	18	6,4	5,2	0,2	2,7	0,7	0,19	0,01	0,1	0,3	4,00	3,60	90	3	
Perfil 19 (PVa)																		
Ap1 000-006	39	46	06	09	7,0	6,2	0,9	2,9	0,9	0,51	0,02	0,0	0,0	4,33	4,33	100	0	

Tabela 4.2 - Resultados das análises físicas e químicas dos perfis de solo.

Horizonte	Areia		Silte Argila		pH		Carb.	Ca	Mg	K	Na	Al	H	T	S	V	■
	Grossa Fina				Água KCl		org.										
cm	%				%			meq/100g TFSA								%	
Perfil 19 (PVa)																	
Ap2 006-022	36	49	06	09	5,2	4,0	0,2	0,3	0,2	0,22	0,01	0,5	0,7	1,93	0,73	38	41
AB 022-045	34	42	12	12	4,9	3,9	0,3	0,3	0,1	0,21	0,01	0,9	0,6	2,12	0,62	29	59
Bt1 045-085	31	41	08	20	4,2	3,7	0,3	0,1	0,0	0,07	0,01	1,8	0,6	2,58	0,18	7	91
Bt2 085-100	26	32	20	22	4,3	3,8	0,2	0,1	0,0	0,06	0,01	1,8	0,5	2,47	0,17	7	91
Perfil 20 (PVd)																	
Ap 000-007	45	40	07	08	6,5	6,1	1,4	4,2	1,3	0,22	0,01	0,1	0,5	6,33	5,73	90	2
Ep 007-015	44	44	05	07	6,2	5,6	0,4	1,7	0,5	0,24	0,01	0,0	0,6	3,05	2,45	80	0
Bt1 015-042	38	38	09	15	4,7	4,1	0,3	0,5	0,3	0,24	0,01	0,9	1,0	2,95	1,05	36	46
Bt2 042-080	37	35	09	19	4,6	4,1	0,3	0,7	0,5	0,05	0,01	0,9	0,9	3,06	1,26	41	42
Bw 080-100	35	35	11	19	4,6	4,1	0,1	0,5	0,2	0,03	0,02	1,2	0,7	2,65	0,75	28	62
Perfil 27 (LEa)																	
Ap 000-005	46	37	06	11	6,6	6,0	1,7	4,3	1,2	0,22	0,02	0,1	0,2	6,04	5,74	95	2
ABp 005-020	39	39	08	14	6,4	5,4	0,4	1,7	0,7	0,26	0,02	0,2	0,1	2,98	2,68	90	7
Bw1 020-045	39	34	07	20	5,3	4,3	0,3	0,9	0,4	0,25	0,02	0,6	0,6	2,77	1,57	57	28
Bw2 045-082	32	38	08	22	4,6	4,0	0,3	0,4	0,2	0,17	0,02	1,1	1,1	2,99	0,79	26	58
Bw3 082-100	32	39	09	20	4,5	3,8	0,2	0,5	0,2	0,06	0,01	1,3	0,7	2,77	0,77	28	63
Perfil 28 (PVa)																	
Ap 000-006	27	56	11	06	6,1	5,5	1,9	3,9	1,0	0,13	0,02	0,0	0,9	5,95	5,05	85	0

Tabela 4.2 - Resultados das análises físicas e químicas dos perfis de solo.

Horizonte	Areia		Silte Argila		pH	Carb.	Ca	Mg	K	Na	Al	H	T	S	V	m
	Grossa Fina				Água KCl	org.										
cm	%				%				meq/100g TFSA						%	
Perfil 28 (PVa)																
E 006-017	26	62	07	05	5,6	4,4	0,2	1,0	0,2	0,06	0,01	0,1	0,4	1,77	1,27	72 7
Bt1 017-050	22	54	10	14	4,9	3,9	0,3	0,4	0,2	0,09	0,02	1,1	0,7	2,51	0,71	28 61
Bt2 050-070	20	35	24	21	4,7	3,9	0,3	0,5	0,3	0,15	0,02	1,5	0,8	3,27	0,97	30 61
Bt3 070-100	20	49	10	21	4,6	3,9	0,2	0,5	0,3	0,08	0,01	1,6	0,4	2,89	0,89	31 64
BC 100+	19	52	09	20	4,6	3,9	0,2	0,5	0,2	0,04	0,02	1,7	0,1	2,56	0,76	30 69

Códigos: T, capacidade de troca catiônica ($T=S+Al+H$); S, soma de bases trocáveis ($S=Ca+Mg+K+Na$); V, saturação por bases trocáveis ($V=100 S/T$); m, saturação por alumínio ($m=100 Al/(Al+S)$).

4.3), a reação dos solos e teor de matéria orgânica (Tabela 4.4) e o status da fertilidade química (Tabela 4.5).

A observação da Tabela 4.3 evidencia que os teores médios das frações areia grossa e areia fina são relativamente elevados para as duas profundidades consideradas.

Nos horizontes superficiais, a média dos teores de areia grossa (30%) é superior à registrada para os horizontes subsuperficiais (25%). Também, para areia fina, as médias continuam elevadas, sendo da ordem de 52 e 45%, respectivamente para as profundidades 1 e 2.

Os teores de silte são baixos, com médias da ordem de 8% (profundidade 1) e de 11% (profundidade 2).

Para argila, as médias correspondem a 10% (profundidade 1) e a 20% (profundidade 2), respectivamente.

Para uma mesma fração granulométrica, os teores ponderados, mínimo e máximo, mostram amplas faixas de variação dos atributos granulométricos dentro da classe, como já indicam os elevados coeficientes de variação da Tabela 4.3.

Os solos dos locais 1 e 2 são os que apresentam os teores médios mais elevados de argila em subsuperfície, respectivamente 28% e 26%. Nos demais, os teores são muito mais baixos, variando entre 16% (locais 15 e 16) e 21% (local 27).

Como indicadores de acidez do solo e

Tabela 4.3 - Valores médios ponderados (%) e coeficientes de variação da areia grossa (AG), areia fina (AF), silte (SIL) e argila (ARG) para horizontes superficiais (índice 1) e subsuperficiais (índice 2) dos solos de dez locais da região de Marília e Garça.

S o l o	Local	AG1	AG2	AF1	AF2	SIL1	SIL2	ARG1	ARG2	SIL+ARG1	SIL+ARG2
P V e	1	5	2	70	54	14	16	11	28	25	44
P E l d	2	38	30	40	37	7	8	15	26	22	34
P V d	3	55	43	26	30	6	7	13	20	19	27
P V l a	11	3	3	76	64	11	15	10	19	21	34
P V a	15	16	14	69	60	6	9	9	16	15	25
P V e	16	35	32	49	44	8	8	7	16	15	24
P V a	19	35	30	45	38	9	11	10	20	19	31
P V d	20	44	37	42	36	6	10	8	18	14	28
L E a	27	41	34	39	37	8	8	13	21	21	29
P V a	28	26	21	60	48	8	14	5	18	13	32
Média		30	25	52	45	8	11	10	20	18	31
C.V. (%)		57	57	32	25	31	31	30	20	22	19

atributos a ela relacionados que afetam o desenvolvimento da planta (TISDALE et alii, 1985), foram analisados o pH em água e em solução de cloreto de potássio 1N, os teores de alumínio trocável e da acidez não trocável, e as porcentagens da saturação por alumínio trocável. Os dados e resumos estatísticos estão apresentados na Tabela 4.4, que inclui os valores para o carbono orgânico.

As médias da Tabela 4.4 evidenciam a ocorrência de variações notáveis dos atributos em um mesmo perfil, quando se comparam as duas profundidades analisadas.

Em termos gerais, as condições médias são melhores nos horizontes superficiais (profundidade 1) do que nos de subsuperfície (profundidade 2). Essa diferenciação no corpo do solo tem consequências imediatas sobre o desenvolvimento do sistema radicular e da planta como um todo.

Nos horizontes superficiais, o pH em água varia em torno de 6,2, enquanto que em subsuperfície é menor em praticamente uma unidade, variando ao redor de 5,2. Para o pH em KCl, a média na profundidade 1 está ao redor de 5,2, também superior àquela obtida para a profundidade 2, da ordem de 4,2. Em termos relativos, os coeficientes de variação, entre 9 e 15%, são baixos; os valores mínimo (3,5) e máximo (7,0) indicam no entanto que, em termos absolutos, podem ocorrer diferenças significativas entre locais.

Para o alumínio trocável, a média de cerca

Tabela 4.4 - Valores médios ponderados e estatísticas descritivas dos indicadores de acidez para horizontes superficiais (índice 1) e subsuperficiais (índice 2) dos solos de dez locais da região de Marília e Garça.

S o l o	Local	pH1	pH2	pHK1	pHK2	C 1	C 2	Al1	Al2	H 1	H 2	m1	m2
						____ % ____		____ meq/100g TFSA ____				____ % ____	
P Ú e	1	6,7	6,3	5,5	5,2	0,4	0,4	0,0	0,0	0,3	0,6	0	1
P E l d	2	5,6	4,9	4,8	4,1	0,4	0,3	0,3	0,7	0,5	0,8	16	40
P V d	3	6,3	4,8	5,4	4,0	0,6	0,2	0,1	0,6	0,4	0,8	3	32
P V l a	11	5,9	5,0	4,6	4,0	0,4	0,4	0,4	1,6	0,8	1,0	16	58
P V a	15	6,6	5,6	5,7	4,2	0,3	0,2	0,0	0,4	0,1	0,4	1	45
P V e	16	7,0	6,5	6,1	5,3	0,4	0,2	0,0	0,1	0,0	0,3	0	3
P V a	19	5,2	4,2	4,2	3,7	0,3	0,3	0,6	1,8	0,6	0,6	45	91
P V d	20	6,3	4,6	5,8	4,1	0,9	0,3	0,0	1,0	0,6	0,9	1	48
L E a	27	6,4	4,8	5,6	3,9	0,7	0,3	0,2	1,2	0,1	0,8	6	50
P V a	28	5,8	4,7	4,8	3,9	0,8	0,3	0,1	1,4	0,6	0,6	4	62
Média		6,2	5,1	5,2	4,2	0,5	0,3	0,2	0,9	0,4	0,7	9	43
C.V. (%)		9	15	12	13	41	25	121	71	67	32	152	63

Códigos: pH, pH em água; pHK, pH em solução de cloreto de potássio; C, carbono orgânico; Al, alumínio trocável; H, hidrogênio covalente; m, saturação por alumínio trocável.

de 0,2 meq/ 100 g TFSA nos horizontes superficiais, aparentemente não sugere a ocorrência de limitações. Os solos dos locais 11 (0,4) e 19 (0,6) são os que detêm os maiores valores médios de alumínio trocável próximo à superfície.

Em subsuperfície a situação se altera para pior. A média ao redor de 0,9 meq/ 100 g TFSA, sugere a predominância de teores restritivos, ou superiores a 0,5 meq/ 100 g TFSA. Os solos dos locais 11 (1,6) e 19 (1,8) também nesse caso são os que detêm os teores mais elevados.

Em termos médios, a saturação por alumínio trocável é de cerca de 9% nos horizontes superficiais (profundidade 1), valor muito inferior à média de 43% obtida em subsuperfície (profundidade 2), o que revela melhores condições da fertilidade na porção mais superior do solo. Os elevados coeficientes de variação sugerem grande diferenciação entre locais. Os valores mínimo e máximo correspondem a 0 e 45% (na profundidade 1) e a 1 e 91% (profundidade 2).

No Sítio Planalto (local 1) e na Fazenda Santo Antonio (local 16), os solos praticamente não apresentam alumínio trocável no complexo. Em situação contrastante, os solos da Fazenda Santa Gertrudes (local 19) e da Fazenda São José (local 11), são os que detêm as maiores restrições, com elevada saturação por alumínio trocável.

Os valores da saturação por alumínio indicam a ocorrência de solo álico em cinco locais: Fazenda São José (local 11); Fazenda Conquista (local 15); Fazenda Santa Gertrudes (local 19) e Fazenda São Carlos (locais 27 e 28). A ocorrência do caráter álico em subsuperfície acarreta grave limitação ao uso, dada a dificuldade ou mesmo à impossibilidade de sua correção.

A acidez não trocável, ou hidrogênio covalente, apresentou valores médios na profundidade 1, ao redor de 0,4 meq/ 100 g TFSA, com limites do intervalo de variação entre 0,0 e 0,8 meq/ 100 g TFSA. Em subsuperfície, a média se eleva para 0,7 meq/ 100 g TFSA, com uma faixa de variação dos teores entre 0,3 e 1,0 meq/ 100 g TFSA.

Para o carbono orgânico, as médias da ordem de 0,5% nos horizontes superficiais e de 0,3% em subsuperfície, indicam a predominância de baixos teores de matéria orgânica nesses solos.

A Tabela 4.5 introduz os resultados dos indicadores de fertilidade dos solos para os dez locais estudados.

De modo geral, as médias indicam melhor status da fertilidade nos horizontes mais superficiais (profundidade 1) do que nos mais profundos (profundidade 2). Isso provavelmente se deva à influência do manejo e da matéria orgânica, que se concentra mais à superfície.

Em relação aos horizontes mais superficiais,

Tabela 4.5 - Valores médios ponderados e estatísticas descritivas dos indicadores de fertilidade para horizontes superficiais (índice 1) e subsuperficiais (índice 2) dos solos de dez locais na região de Marília e Garça.

S o l o	Local	Ca1	Ca2	Mg1	Mg2	K 1	K 2	S 1	S 2	T 1	T 2	V 1	V 2
meq/100g TFSA												%	
P V e	1	2,3	3,8	1,0	1,1	0,48	0,32	3,8	5,3	4,1	5,9	88	88
P E l d	2	1,1	0,9	0,4	0,2	0,23	0,07	1,8	1,1	2,1	2,7	82	42
P V d	3	2,5	0,9	1,0	0,4	0,08	0,04	3,6	1,4	4,1	2,9	83	48
P V l a	11	1,0	0,6	0,5	0,3	0,72	0,26	2,2	1,0	3,4	3,7	64	30
P V a	15	1,0	0,3	0,5	0,0	0,27	0,29	1,7	0,6	1,9	1,4	65	38
P V e	16	2,5	2,5	0,3	0,5	0,48	0,43	3,4	3,3	3,4	3,7	99	90
P V a	19	0,7	0,1	0,2	0,0	0,25	0,07	1,2	0,2	2,4	2,6	42	7
P V d	20	2,9	0,6	0,9	0,4	0,23	0,11	4,0	1,1	4,6	2,9	85	36
L E a	27	1,4	0,6	0,8	0,3	0,25	0,11	3,4	1,0	3,8	2,9	91	36
P V a	28	2,0	0,5	0,5	0,3	0,08	0,10	2,6	0,8	3,2	2,8	77	30
Média		1,7	1,1	0,6	0,4	0,31	0,18	2,8	1,6	3,3	3,2	78	44
C.V. (%)		45	107	48	89	64	74	36	98	28	37	21	58

Códigos: Ca, cálcio; Mg, magnésio; K, potássio; S, soma de bases trocáveis; T, capacidade de troca de cátions; V, saturação por bases.

os maiores teores de cálcio trocável, entre 2,0 e 2,9 meq/ 100 g TFSA, ocorrem nos solos podzólicos do Sítio Planalto (local 1), Sítio Vadico (local 3), Fazenda Santo Antonio (local 16), Fazenda Santo Antonio (local 20) e Fazenda São Carlos (local 28). A pior situação é referida ao solo podzólico da Fazenda Santa Gertrudes (local 19), com apenas 0,7 meq/ 100 g TFSA.

Em subsuperfície, apenas os solos podzólicos dos locais 1 e 16 mantêm teores médios razoáveis de cálcio trocável, respectivamente 3,8 e 2,5 meq/ 100 g TFSA. Nos demais solos, os teores são muito baixos, variando entre o mínimo de 0,1 meq/ 100 g TFSA (local 19) e o máximo de 0,9 meq/ 100 g TFSA (locais 2 e 3).

Para o magnésio, as condições são ainda mais restritivas. As médias são muito baixas, em torno de 0,6 meq/ 100 g TFSA nos horizontes superficiais, e de 0,4 meq/ 100 g TFSA em subsuperfície. A faixa de variação dos teores médios de magnésio trocável nos solos fica entre 0,0 e 1,1 meq/ 100 g TFSA.

O solo podzólico do local 1 é o único a portar teores mais adequados de magnésio em relação ao cálcio, mantendo balanços favoráveis da relação Ca:Mg. Nos demais, as condições ainda são razoáveis para os solos dos locais 3, 20 e 27, mas apenas na profundidade 1. Para todos os casos restantes, os teores são muito baixos.

As médias para o potássio são da ordem de

0,31 meq/ 100 g TFSA e de 0,18 meq/ 100 g TFSA, respectivamente para as profundidades 1 e 2. Os solos que apresentam os maiores teores, na sequência para as duas profundidades, são os dos locais 1 (0,48 e 0,32), 11 (0,72 e 0,26) e 16 (0,48 e 0,43). Os menores teores são referidos aos locais 3 (0,08 e 0,04) e 28 (0,08 e 0,10). Apenas em subsuperfície, as condições são limitantes nos locais 2 e 19 (0,07 meq/ 100 g TFSA) e 20 e 27 (0,11 meq/ 100 g TFSA).

Comparando os teores médios observados para o potássio em relação ao magnésio, identificam-se fortes desequilíbrios da relação Mg:K, especialmente nos locais 11, 16, 19 e 20.

Nos horizontes superficiais, a soma de bases apresenta média de 2,8 meq/ 100 g TFSA; em subsuperfície, esse valor cai para 1,6 meq/ 100 g TFSA. As faixas de variação correspondem a 1,2 e 4,0 meq/ 100 g e 0,2 e 5,3 meq/ 100 g TFSA, respectivamente para as profundidades 1 e 2. As melhores condições ocorrem nos perfis 1, 3, 16, 20 e 27, especialmente na profundidade 1, com valores entre 3,4 e 4,0 meq/ 100 g TFSA.

A capacidade de troca de cátions detém a menor variação relativamente às duas profundidades, com média de cerca de 3,2 meq/ 100 g TFSA, nos horizontes superficiais e em subsuperfície.

A atividade da argila, dada pela capacidade de troca de cátions descontada a contribuição da matéria

orgânica, é baixa ou menor do que 24 meq/ 100 g argila (EMBRAPA-SNLCS, 1988 a). No local 16, os valores ao redor de 20 meq/ 100 g argila, são médios tendendo para altos.

Nos horizontes superficiais, a média da saturação por bases (V%) é da ordem de 78%, com valor mínimo de 42% (local 19) e máximo de 99% (local 16). Desconsiderando o solo do local 19, o limite mínimo sobe para 64%, sendo o intervalo entre 64% e 99%, mais representativo dos solos das áreas estudadas e indicativo de eutrofismo à superfície.

Em subsuperfície, a situação é muito diferente. Com média de 44%, o valor médio mínimo abaixa para 7% (local 19) e o máximo para 90% (local 16). Os dados indicam que apenas os solos dos locais 1 (88%) e 16 (90%) mantêm o caráter eutrófico em subsuperfície. Para os demais, a variação da V% entre 7 e 48%, indica a predominância de solos distróficos ou álicos e ocorrência generalizada de limitações por deficiência de fertilidade química.

4.2.2 Caracterização da fertilidade do solo

Os resultados analíticos das amostras de fertilidade são apresentados na Tabela 4.6, que inclui as médias e os coeficientes de variação para cada posição considerada.

A variabilidade dos atributos de fertilidade foi avaliada, procedendo-se à análise das distribuições de

Tabela 4.6 - Resultados das análises de fertilidade dos solos em duas posições no cafezal, na Area Adubada-C e no Meio da Rua-R, em quatro camadas: 1) 0-5cm; 2) 0-20cm; 3) 20-40cm; e, 4) 40-60cm.

S o l o	Local	T r a t a m e n t o							
		A r e a A d u b a d a				M e i o d a R u a			
		C1	C2	C3	C4	R1	R2	R3	R4
Fósforo - P, microgramas/ centímetro cúbico									
P V e	1	132	24	9	13	101	41	9	6
P E l d	2	18	20	14	10	33	20	6	3
P V d	3	29	55	26	9	123	74	33	6
P V l a	11	83	78	19	6	93	56	5	2
P V a	15	51	53	41	24	41	74	35	5
P V e	16	49	39	24	3	44	25	4	3
P V a	19	21	24	22	9	31	31	27	11
P V d	20	36	56	16	5	15	20	12	2
L E a	27	60	27	13	7	62	16	13	8
P V a	28	45	51	36	15	40	32	11	9
Média		52	43	22	10	58	39	16	6
C.V., %		65	44	46	60	61	56	76	56

Tabela 4.6 - Resultados das análises de fertilidade dos solos em duas posições no cafezal, na Area Adubada-C e no Meio da Rua-R, em quatro camadas: 1) 0-5cm; 2) 0-20cm; 3) 20-40cm; e, 4) 40-60cm.

Solo	Local	Tratamento							
		Area Adubada				Meio da Rua			
		C1	C2	C3	C4	R1	R2	R3	R4
Materia Orgânica - M.O., g/ 100 centímetros cúbicos									
P V e	1	3,6	1,6	1,2	1,7	4,2	1,9	1,4	1,3
P E l d	2	0,8	0,4	0,4	0,2	1,3	0,9	0,7	0,5
P V d	3	1,2	1,2	1,0	0,9	3,5	2,5	1,4	0,9
P V l a	11	1,3	0,9	0,9	0,9	2,0	1,0	1,0	0,8
P V a	15	0,9	0,5	0,8	0,5	1,0	0,8	0,6	0,4
P V e	16	1,6	1,0	0,4	0,4	1,7	0,8	0,5	0,5
P V a	19	1,7	0,8	0,6	0,6	4,2	2,1	0,7	0,7
P V d	20	1,6	1,3	0,7	0,6	1,3	1,0	0,8	0,8
L E a	27	2,9	1,1	1,0	0,9	3,6	1,5	1,2	1,3
P V a	28	2,0	0,9	0,9	1,0	2,6	2,1	1,1	1,0
Média		1,8	1,0	0,8	0,8	2,5	1,5	0,9	0,8
C.V., %		50	37	34	54	49	44	35	38

Tabela 4.6 - Resultados das análises de fertilidade dos solos em duas posições no cafezal, na Area Adubada-C e no Meio da Rua-R, em quatro camadas: 1) 0-5cm; 2) 0-20cm; 3) 20-40cm; e, 4) 40-60cm.

Solo	Local	Tratamento							
		Area Adubada				Meio da Rua			
		C1	C2	C3	C4	R1	R2	R3	R4
pH, em solução de cloreto de cálcio, 0,01M									
P V e	1	6,0	3,9	4,4	5,1	6,8	6,0	5,7	5,6
P E l d	2	5,0	4,2	3,9	3,9	6,5	6,2	5,9	5,7
P V d	3	4,5	4,5	4,3	4,2	6,4	6,2	6,1	5,2
P V l a	11	5,8	3,7	3,7	3,8	6,3	6,3	5,1	4,4
P V a	15	6,3	5,1	5,0	4,5	6,8	5,6	4,8	4,3
P V e	16	5,6	3,9	3,7	3,8	6,1	5,1	4,8	6,0
P V a	19	5,8	5,3	4,1	4,0	6,4	6,4	5,8	5,0
P V d	20	5,5	4,1	3,9	4,0	5,5	5,4	4,9	4,4
L E a	27	5,7	4,1	3,9	3,9	6,7	5,7	5,0	4,9
P V a	28	5,4	4,4	3,9	3,9	5,5	5,3	4,5	4,4
Média		5,6	4,3	4,1	4,1	6,3	5,8	5,3	5,0
C.V., %		9	12	10	10	8	8	11	12

Tabela 4.6 - Resultados das análises de fertilidade dos solos em duas posições no cafezal, na Area Adubada-C e no Meio da Rua-R, em quatro camadas: 1) 0-5cm; 2) 0-20cm; 3) 20-40cm; e, 4) 40-60cm.

S o l o	Local	T r a t a m e n t o							
		A r e a A d u b a d a				M e i o d a R u a			
		C1	C2	C3	C4	R1	R2	R3	R4
Potássio - K, miliequivalentes/ 100 centímetros cúbicos									
P V e	1	0,80	0,37	0,52	0,47	0,29	0,26	0,24	0,24
P E l d	2	0,13	0,13	0,12	0,11	0,20	0,19	0,14	0,11
P V d	3	0,14	0,15	0,20	0,21	0,16	0,16	0,34	0,26
P V l a	11	0,39	0,38	0,43	0,43	0,39	0,29	0,19	0,12
P V a	15	0,23	0,22	0,25	0,32	0,18	0,23	0,24	0,22
P V e	16	0,28	0,24	0,23	0,23	0,28	0,21	0,18	0,17
P V a	19	0,16	0,15	0,13	0,14	0,13	0,10	0,14	0,16
P V d	20	0,15	0,24	0,15	0,10	0,30	0,30	0,33	0,33
L E a	27	0,31	0,25	0,21	0,16	0,26	0,18	0,16	0,12
P V a	28	0,19	0,26	0,26	0,23	0,21	0,17	0,22	0,21
Média		0,28	0,24	0,25	0,24	0,24	0,21	0,22	0,19
C.V., %		73	36	52	54	33	30	33	37

Tabela 4.6 - Resultados das análises de fertilidade dos solos em duas posições no cafezal, na Área Adubada-C e no Meio da Rua-R, em quatro camadas: 1) 0-5cm; 2) 0-20cm; 3) 20-40cm; e, 4) 40-60cm.

Solo	Local	Tratamento							
		Area Adubada				Meio da Rua			
		C1	C2	C3	C4	R1	R2	R3	R4
Cálcio - Ca, miliequivalentes/ 100 centímetros cúbicos									
P V e	1	8,1	1,2	2,2	4,5	15,8	3,8	3,4	4,4
P E l d	2	0,8	0,5	0,3	0,3	3,6	2,3	1,3	0,8
P V d	3	1,3	1,2	1,6	0,6	7,6	4,7	3,6	2,0
P V l a	11	2,6	0,6	0,6	0,6	3,7	3,0	2,0	1,4
P V a	15	2,2	1,3	1,1	0,9	2,8	1,5	0,9	0,6
P V e	16	2,4	0,6	0,2	0,2	2,7	1,3	1,3	2,3
P V a	19	2,0	1,2	0,5	0,4	4,9	3,1	1,5	1,2
P V d	20	2,4	0,9	0,5	0,4	1,6	1,3	1,0	0,9
L E a	27	4,5	1,0	0,6	0,5	6,6	2,5	1,4	1,2
P V a	28	2,6	1,2	0,6	0,5	2,8	2,3	0,9	0,8
Média		2,9	1,0	0,8	0,9	5,2	2,6	1,7	1,6
C.V., %		72	31	77	144	80	43	57	73

Tabela 4.6 - Resultados das análises de fertilidade dos solos em duas posições no cafezal, na Área Adubada-C e no Meio da Rua-R, em quatro camadas: 1) 0-5cm; 2) 0-20cm; 3) 20-40cm; e, 4) 40-60cm.

S o l o	Local	T r a t a m e n t o							
		Á r e a A d u b a d a				M e i o d a R u a			
		C1	C2	C3	C4	R1	R2	R3	R4
Magnésio - Mg, miliequivalentes/ 100 centímetros cúbicos									
P V e	1	3,6	0,5	0,9	1,5	4,8	1,5	1,4	1,5
P E l d	2	0,4	0,2	0,1	0,1	1,5	0,9	0,6	0,4
P V d	3	1,0	0,5	1,2	0,4	4,2	2,0	1,5	1,0
P V l a	11	1,4	0,2	0,2	0,3	1,5	1,0	1,0	0,
P V a	15	1,0	0,4	0,3	0,3	1,2	0,5	0,2	0,2
P V e	16	1,1	0,2	0,1	0,1	1,3	0,5	0,3	0,3
P V a	19	0,6	0,3	0,2	0,2	1,3	0,7	0,5	0,6
P V d	20	1,2	0,5	0,2	0,2	0,7	0,6	0,5	0,4
L E a	27	2,2	0,4	0,3	0,2	2,6	1,1	0,8	0,8
P V a	28	1,0	0,5	0,3	0,2	0,9	0,9	0,5	0,4
Média		1,4	0,4	0,4	0,4	2,0	1,0	0,7	0,6
C.V., %		68	36	97	118	71	49	61	62

Tabela 4.6 - Resultados das análises de fertilidade dos solos em duas posições no cafezal, na Area Adubada-C e no Meio da Rua-R, em quatro camadas: 1) 0-5cm; 2) 0-20cm; 3) 20-40cm; e, 4) 40-60cm.

Solo	Local	Tratamento							
		Area Adubada				Meio da Rua			
		C1	C2	C3	C4	R1	R2	R3	R4
Acidez Potencial - H+Al, miliequivalentes/ 100 centímetros cúbicos, SMP									
P V e	1	1,4	3,4	2,3	2,0	0,9	1,2	1,5	1,6
P E l d	2	1,5	1,9	2,1	1,9	0,8	0,9	1,1	1,1
P V d	3	1,9	2,0	2,2	2,2	0,9	0,9	1,2	1,8
P V l a	11	1,8	5,1	6,5	7,0	1,2	1,2	2,3	3,4
P V a	15	1,0	1,5	1,5	2,1	0,8	1,4	1,6	1,8
P V e	16	1,8	3,5	2,8	3,4	1,4	1,8	1,6	1,2
P V a	19	1,2	1,4	2,2	2,4	1,1	1,0	1,1	1,7
P V d	20	1,6	2,8	2,9	3,4	1,3	1,3	1,6	2,5
L E a	27	1,9	3,1	4,1	4,6	1,0	1,5	1,9	2,1
P V a	28	1,7	2,3	3,2	3,6	1,6	1,6	2,0	2,2
Média		1,6	2,7	3,0	3,3	1,1	1,3	1,6	1,9
C.V., %		19	42	48	49	25	24	25	34

Tabela 4.6 - Resultados das análises de fertilidade dos solos em duas posições no cafezal, na Área Adubada-C e no Meio da Rua-R, em quatro camadas: 1) 0-5cm; 2) 0-20cm; 3) 20-40cm; e, 4) 40-60cm.

Solo	Local	Tratamento							
		Área Adubada				Meio da Rua			
		C1	C2	C3	C4	R1	R2	R3	R4
Soma de Bases Trocáveis - S, miliequivalentes/ 100 centímetros cúbicos									
P V e	1	12,5	2,1	3,6	6,5	20,9	5,6	5,0	6,1
P E l d	2	1,3	0,8	0,5	0,5	5,3	3,4	2,0	1,3
P V d	3	2,4	1,9	3,0	1,2	12,0	6,9	5,4	3,3
P V l a	11	4,4	1,2	1,2	1,3	5,6	4,3	3,2	2,3
P V a	15	3,4	1,9	1,7	1,5	4,2	2,2	1,3	1,0
P V e	16	3,8	1,0	0,5	0,5	4,3	2,0	1,8	2,8
P V a	19	2,8	1,7	0,8	0,7	6,3	3,9	2,1	2,0
P V d	20	3,8	1,6	0,9	0,7	2,6	2,2	1,8	1,6
L E a	27	7,0	1,7	1,1	0,9	9,5	3,8	2,4	2,1
P V a	28	3,8	2,0	1,2	0,9	3,9	3,4	1,6	1,4
Média		4,5	1,6	1,4	1,5	7,5	3,8	2,7	2,4
C.V., %		70	28	72	122	74	41	54	62

Tabela 4.6 - Resultados das análises de fertilidade dos solos em duas posições no cafezal, na Area Adubada-C e no Meio da Rua-R, em quatro camadas: 1) 0-5cm; 2) 0-20cm; 3) 20-40cm; e, 4) 40-60cm.

Solo	Local	Tratamento							
		Area Adubada				Meio da Rua			
		C1	C2	C3	C4	R1	R2	R3	R4
Capacidade de Troca de Cátions - T, miliequivalentes/ 100 centímetros cúbicos									
P V e	1	13,9	5,5	5,9	8,5	21,8	6,8	6,5	7,7
P E l d	2	2,8	2,7	2,6	2,4	6,1	4,3	3,1	2,4
P V d	3	4,3	3,9	5,2	3,4	12,9	7,8	6,6	5,1
P V l a	11	6,2	6,3	7,7	8,3	6,8	5,5	5,5	5,7
P V a	15	4,4	3,4	3,2	3,6	5,0	3,6	2,9	2,8
P V e	16	5,6	4,5	3,3	3,9	5,7	3,8	3,4	4,0
P V a	19	4,0	3,1	3,0	3,1	7,4	4,9	3,2	3,7
P V d	20	5,4	4,4	3,8	4,1	3,9	3,5	3,4	4,1
L E a	27	8,9	4,8	5,2	5,5	10,5	5,3	4,3	4,2
P V a	28	5,5	4,3	4,4	4,5	5,5	5,0	3,6	3,6
Média		6,1	4,3	4,4	4,7	8,6	5,0	4,2	4,3
C.V., %		52	27	36	44	63	28	34	35

Tabela 4.6 - Resultados das análises de fertilidade dos solos em duas posições no cafezal, na Area Adubada-C e no Meio da Rua-R, em quatro camadas: 1) 0-5cm; 2) 0-20cm; 3) 20-40cm; e, 4) 40-60cm.

Solo	Local	Tratamento							
		Area Adubada				Meio da Rua			
		C1	C2	C3	C4	R1	R2	R3	R4
Saturação por Bases - V, em porcentagem									
P V e	1	90	38	61	76	96	82	77	79
P E l d	2	46	30	19	21	87	79	65	54
P V d	3	56	49	58	35	93	88	82	65
P V l a	11	71	19	16	16	82	78	58	40
P V a	15	77	56	53	42	84	61	45	36
P V e	16	68	22	15	13	75	53	53	70
P V a	19	70	55	27	23	85	80	66	54
P V d	20	70	36	24	17	67	63	53	39
L V a	27	79	35	21	16	90	72	56	50
P V a	28	69	47	27	20	71	68	44	39
Média		70	39	32	28	83	72	60	53
C.V., %		17	33	56	69	11	15	21	28

frequência e de testes de médias, que vão sendo oportunamente comentados.

Fósforo -P

A amplitude de variação dos teores de fósforo nos solos ficou entre 2 e 132 mcg/ cm³ TFSA.

Considerando as classes de teores preconizadas por RAIJ et alii (1985), predominam os teores médios entre 16 e 40 mcg/ cm³ TFSA. Englobando as classes relativas aos teores muito baixos e baixos (até 15 mcg/ cm³ TFSA), a frequência obtida supera à da classe anterior. Pode-se resumir que, apesar da ampla faixa de variação, os valores se concentram até 40 mcg/ cm³ TFSA denotando a ocorrência de teores médios a baixos de fósforo nos solos.

Os teores altos e muito altos ocorrem nas camadas mais superficiais entre 0-5 cm e 0-20 cm, mas principalmente na primeira, tanto na área adubada quanto na rua. Para uma mesma profundidade, não há diferença entre as médias dos teores de fósforo na área adubada e no meio da rua. As diferenças só se tornam significativas entre as médias das diferentes camadas, o que abrange as comparações: C1xC2, C1xC3, C1xC4, C2xC3, C2xC4, C3xC4, e as correspondentes às camadas no meio da rua.

Matéria Orgânica -M.O.

Nos solos estudados, a faixa de variação da matéria orgânica, estende-se de 0,2 a 4,2 g/ 100 cm³ TFSA.

O valor mínimo de $0,2 \text{ g/ } 100 \text{ cm}^3 \text{ TFSA}$, ocorreu na Fazenda São Luiz (local 2) em podzólico vermelho escuro latossólico distrófico, na área adubada entre 40-60 cm (camada C4). O valor máximo, de $4,2 \text{ g/ } 100 \text{ cm}^3 \text{ TFSA}$, ocorreu no solo podzólico vermelho-amarelo eutrófico do Sítio Planalto (local 1), no meio da rua entre 0-5 cm (camada R1).

Os teores são mais altos à superfície e decrescem em profundidade. Em alguns casos, para as duas primeiras camadas, entre 0-5 cm e 0-20 cm, são significativamente maiores no meio da rua do que na projeção da copa. A partir de 20 cm, a variação é muito menor, praticamente não havendo diferença entre as duas posições.

Os solos com os mais baixos teores de matéria orgânica são os dos locais 2 e 15. Nestes dois locais, os teores na área adubada são inferiores a $1,0 \text{ g/ } 100 \text{ cm}^3 \text{ TFSA}$, variando entre $0,2$ e $0,9 \text{ g/ } 100 \text{ cm}^3 \text{ TFSA}$. No meio da rua, são pouco superiores, entre $0,4$ e $1,3 \text{ g/ } 100 \text{ cm}^3 \text{ TFSA}$.

pH, CaCl_2 0,01M

Em termos médios, a condição da reação do solo é pior na área adubada do que no meio da rua. Na projeção da copa, as médias das camadas C2, C3 e C4 gravitam em torno de 4,2; incluindo C1, o valor se eleva para 4,5 mas, nos dois casos, indicando acidez muito alta (RAIJ, et alii 1985).

Na rua, o pH melhora sensivelmente, com média

das camadas R2, R3 e R4 girando ao redor de 5,4. Incluindo R1, a média sobe para 5,6, caracterizando condições de acidez média a baixa (RAIJ et alii, 1985).

Os piores resultados obtidos para as camadas na projeção da copa, correlacionam-se com a prática da adubação, que no cafeeiro é realizada neste local e promove a acidificação do mesmo.

Nos locais 1 e 16, obtiveram-se valores muito baixos de pH na área adubada (Tabela 4.6), indicativos de alta acidez. Entretanto, os perfis representativos dos solos destes dois locais, amostrados junto à cova, apresentaram saturação por bases superior a 50% (Tabela 4.2), o que os caracterizou como eutróficos.

Nessas condições de elevada saturação por bases, a maior parte do alumínio e hidrogênio está neutralizada, condicionando pH mais elevados. Isto é muito diferente do que foi obtido na área adubada, mas muito se assemelha à condição no meio da rua. Depreende-se que as condições de acidez junto à cova e na rua, são mais semelhantes entre si e muito mais favoráveis, comparadas àquela na projeção da copa, muito provavelmente em função de aí ser realizada a adubação, como já comentado.

Tais resultados alertam para o fato de que podem ocorrer situações muito distintas para o cafeeiro, num espaço tão curto quanto a distância entre a cova e a projeção da copa. Os possíveis efeitos sobre a planta como

um todo e, particularmente, sobre o sistema radicular, podem incluir variações no desempenho, de um local para outro, em função do manejo dado à lavoura. Também evidenciam as dificuldades na escolha de locais de amostragem para a diagnose da fertilidade do solo em cafezais.

Acidez potencial (H+Al)

Os valores da acidez potencial também indicam condições menos restritivas no meio da rua, onde os teores são inferiores aos registrados para as camadas na projeção da copa. Em ambos os casos, as médias crescem progressivamente em profundidade, indicando situação mais favorável próximo à superfície.

Para as camadas amostradas no meio da rua, as médias variam entre 1,1 e 1,9 meq/ 100 cm³ TFSA, com coeficientes de variação entre 24 e 34%. Na área adubada, as médias variam entre 1,6 e 3,3 meq/ 100 cm³ TFSA, com coeficientes de variação mais elevados entre 19 e 49%.

Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg) e Soma de Bases (S)

Os resultados para potássio indicam a predominância de teores médios, na faixa entre 0,16 e 0,30 meq/ 100 cm³ TFSA. Situações diferenciadas referem-se aos locais 1, com teores altos na projeção da copa; 2, com teores baixos nessas mesmas posições; 11, com teores altos, a menos nas camadas R3 e R4; 19, com teores baixos na

maioria das camadas; e 20, com teores baixos nas camadas C1, C3 e C4 e altos nas camadas R3 e R4.

As médias são ligeiramente superiores na área adubada do que no meio da rua.

Para o cálcio, as médias são muito superiores no meio da rua relativamente ao que ocorre na projeção da copa. Em uma mesma posição, área adubada ou meio da rua, decrescem progressivamente em profundidade. As maiores diferenças ocorrem entre a média da camada 1 (0-5 cm) em relação às demais e da camada 2 (0-20 cm) em relação à 3 (20-40 cm). Praticamente não há diferença entre as médias das camadas 3 (20-40 cm) e 4 (40-60 cm).

O solo mais rico em cálcio é o podzólico vermelho-amarelo eutrófico (local 1), com teores variando entre 1,2 e 15,8 meq/ 100 cm³ TFSA. O solo com os menores teores, inferiores a 0,8 meq/ 100 cm³ TFSA na área adubada, corresponde ao solo podzólico vermelho escuro (local 2).

Os teores de magnésio, assim como o que foi relatado para o cálcio, são mais elevados no meio da rua do que na área adubada. Na rua, as médias indicam valores altos, ou superiores a 0,8 meq/ 100 cm³ TFSA, para as camadas R1 (0-5cm) e R2 (0-20cm), e teores médios em R3 (20-40cm) e R4 (40-60cm). Na área adubada, o teor é alto apenas em C1, sendo baixos, ou inferiores a 0,5 meq/ 100 cm³ TFSA, nas demais camadas.

Em uma mesma posição, área adubada ou meio da

rua, os teores tendem a ser decrescentes em profundidade. Mas diferenças significativas só ocorrem entre a média da camada 1 (0-5 cm), em relação às demais.

Os solos com maiores teores de magnésio, especialmente no meio rua, são os dos locais 1 e 3. Novamente, os menores teores ocorrem na área adubada, no solo podzólico vermelho escuro (local 2).

A soma de bases acompanha, em linhas gerais, as tendências descritas para as bases separadamente. As condições no meio da rua são superiores às aquelas na projeção da copa. Na rua, as médias variam entre 2,4 e 7,5 meq/ 100³ cm TFSA com teor mínimo de 1,0 (local 15) e máximo de 20,9 meq/ 100 cm³ TFSA (local 1).

Na área adubada, as médias variam entre 1,4 e 4,5 meq/ 100 cm³ TFSA, com teor mínimo de 0,5 meq/ 100 cm³ TFSA (locais 2 e 16) e máximo de 12,5 (local 1).

A soma de bases tende a diminuir progressivamente em profundidade. Na projeção da copa, diferenças notáveis ocorrem entre a média da camada 1 (0-5cm) e as demais. No meio da rua, entre a média da camada 1 e as demais e da camada 2 (0-20 cm) e as demais. As médias das camadas 3 (20-40 cm) e 4 (40-60 cm) ou são iguais ou não diferem significativamente entre si.

Os solos mais férteis relativamente à soma de bases, correspondem aos dos locais 1, 3, 11, 19 e 27. Aquele com as maiores restrições por deficiência de nutrientes,

especialmente quanto às condições na projeção da copa, corresponde ao solo podzólico vermelho escuro (local 2).

Capacidade de troca de cátions (T) e saturação por bases (V%)

A capacidade de troca de cátions segue a mesma tendência de diminuição em profundidade no solo, e teores inferiores na projeção da copa em relação ao meio da rua. As diferenças são significativas apenas entre as camadas mais superficiais, 1 e 2, em relação às duas mais profundas, 3 e 4. As médias variam entre 4,3 e 6,1 meq/ 100³ cm TFSA na área adubada, e entre 4,2 e 8,6 meq/ 100³ cm TFSA no meio da rua. Os maiores valores da capacidade de troca se reportam aos solos dos locais 1, 11 e 27.

A saturação por bases (V%) denota a predominância de eutrofismo nas camadas no meio da rua. Nessa posição os valores da V% variam entre 53 e 83%. Na área adubada as médias são muito inferiores, indicando a predominância de solos distróficos ou álicos, já a partir da superfície. A faixa de variação fica entre 28 e 70%.

A análise dos atributos de fertilidade do solo sugere que as condições na projeção da copa são piores do que no meio da rua. Tal ocorrência parece resultar do efeito acidificante da prática de adubação mineral, que é feita na projeção da copa do cafeeiro. O maior enriquecimento do solo no meio da rua também é função do

amontoamento por ocasião da derriça do café. Pelo efeito combinado das adubações e da matéria orgânica, a fertilidade do solo mais à superfície é melhor do que em profundidade.

4.2.3 Caracterização dos atributos físico-hídricos

4.2.3.1 Porosidade

Os valores médios e coeficientes de variação da porosidade total, determinada em diferentes posições no perfil de solo de cada local, são apresentados na Tabela 4.7.

De acordo com as três posições na trincheira, as médias variam entre 42,8 e 46,5% (cova), 40,8 e 44,7% (rodagem de máquinas) e 42,1 e 44,4% (meio da rua).

Os coeficientes de variação são baixos e relativamente mais elevados na camada 1 (0-20 cm), que por ser a mais superficial é também a mais susceptível de alteração pelo manejo.

Os valores determinados para porosidade total, encaixam-se no intervalo entre 35 e 50% referido por KIEHL (1979) para solos de textura grosseira. Entretanto, de acordo com BOYER (1985), os valores obtidos nos solos estudados, entre 40 e 46%, estariam aquém das necessidades, condicionando limitação agrícola moderada, por dificuldades na germinação de sementes e desenvolvimento de raízes.

Os testes de médias efetuados para o conjunto de solos evidenciam que os valores da porosidade total nas

T a b e l a 4.7 - Valores da porosidade total (PT), em % volume, em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados. (C, cova; R, rodagem de máquinas; M, meio da rua; 1- 0-20 cm; 2- 20-40 cm; 3- 40-60 cm; 4- 60-80 cm; 5- 80-100 cm)

SOLO	LOC.	T R A T A M E N T O														
		PTC1	PTC2	PTC3	PTC4	PTC5	PTR1	PTR2	PTR3	PTR4	PTR5	PTM1	PTM2	PTM3	PTM4	PTM5
PVe	1	52,4	38,9	46,8	47,8	45,2	43,9	41,0	45,7	47,1	47,2	44,2	38,3	43,1	41,6	46,2
PEld	2	38,0	44,3	49,9	47,9	44,9	37,0	42,7	43,3	44,9	42,8	37,9	41,1	45,3	42,2	41,6
PVd	3	52,9	44,4	45,6	44,7	44,4	53,7	43,0	43,9	45,1	45,9	50,1	45,3	43,5	42,8	47,9
PVla	11	48,6	44,9	46,1	50,7	52,5	40,4	44,6	45,4	47,6	47,2	36,1	45,8	45,9	47,7	48,1
PVa	15	40,9	42,0	41,4	43,4	42,9	37,7	42,3	47,4	46,2	46,2	41,0	46,6	50,4	45,1	45,1
PVe	16	48,6	38,9	39,7	39,8	37,9	43,1	41,9	40,8	41,4	39,3	42,3	39,2	40,5	40,4	41,4
PVa	19	45,4	42,3	45,0	42,2	43,8	37,6	39,7	41,6	42,2	45,8	42,8	41,2	43,4	42,3	43,2
PVd	20	43,3	42,5	43,9	45,6	43,7	42,4	42,4	45,2	47,0	48,6	54,1	44,3	43,5	42,4	45,6
LEa	27	47,7	63,6	62,7	63,3	63,0	56,2	61,8	64,3	61,4	65,3	62,6	60,0	63,2	63,2	47,0
PVa	28	46,1	44,7	44,2	43,5	40,4	35,8	38,3	42,1	40,2	39,2	42,4	36,0	44,2	44,1	41,6
Média		46,5	42,8	45,0	45,1	44,0	40,8	41,9	44,0	44,7	44,7	43,1	42,1	44,4	43,3	44,4
C.V.(%)		10	5	6	7	8	13	4	5	6	7	13	8	6	5	6

posições C2 (42,8%), R1 (40,8%), R2 (41,9%) e M2 (42,1%), são significativamente inferiores ao valor em C1 (46,5%), ao nível de 5% de probabilidade. Nos demais casos, as diferenças não são significativas.

Uma vez que todos os solos são de textura média, os resultados sugerem alteração da estrutura do solo na rodagem de máquinas e no meio da rua. Provavelmente, por influência do tráfego de veículos e exposição do solo, foi reduzida a porosidade total, especialmente nas camadas mais superficiais, até 40 cm de profundidade.

Os dados indicam que podem ocorrer limitações moderadas ao desenvolvimento radicular, em função dos valores relativamente baixos da porosidade total.

Os resultados obtidos para a macroporosidade constam da Tabela 4.8.

Nos solos estudados, a macroporosidade na cova, rodagem de máquinas e meio da rua varia, respectivamente, entre 17,9 e 25,5%, 15,2 e 18,8% e 16,7 e 18,9%. Os coeficientes de variação sugerem diferenciações mais ou menos acentuadas entre locais.

Considerando que porosidades de aeração inferiores a 10% restringem a proliferação das raízes, os resultados obtidos indicam que não ocorrem situações críticas na área.

Por outro lado, é comumente atribuído à proporção de 1/2 (macroporos): 1/2 (microporos), como sendo

T a b e l a 4.8 - Valores da macroporosidade (MA), em % volume, em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados. (C, cova; R, rodagem de máquinas; M, meio da rua; 1- 0-20 cm; 2- 20-40 cm; 3- 40-60cm; 4- 60-80 cm; 5- 80-100 cm)

SOLO	LOC.	T R A T A M E N T O														
		MAC1	MAC2	MAC3	MAC4	MAC5	MAR1	MAR2	MAR3	MAR4	MAR5	MAN1	MAN2	MAN3	MAN4	MAN5
PVe	1	25,5	10,7	17,4	15,4	12,9	8,0	12,0	14,9	15,9	15,0	9,9	9,0	12,6	9,6	12,5
PEId	2	21,4	22,9	25,3	22,4	18,0	13,7	18,8	18,8	19,2	17,1	12,5	17,3	20,4	14,6	15,4
PVd	3	33,6	21,9	20,7	20,0	20,0	25,6	20,9	21,0	21,5	20,8	23,9	19,2	19,0	18,7	22,7
PVla	11	25,0	15,0	16,3	20,4	23,2	13,9	17,6	15,9	18,4	16,3	4,7	16,9	18,3	18,7	17,7
PVa	15	20,6	19,2	18,4	21,1	16,7	14,9	17,3	23,7	22,2	21,0	15,9	23,3	24,0	21,1	19,8
PVe	16	28,5	24,0	20,1	16,8	14,6	23,6	24,1	20,9	17,9	12,5	22,8	20,5	19,0	15,2	14,1
PVa	19	25,9	16,9	18,1	16,5	19,9	14,1	16,4	13,8	17,3	18,8	15,4	15,2	17,9	15,3	16,9
PVd	20	22,6	20,3	22,1	20,4	19,8	13,1	18,8	22,0	21,5	22,3	35,2	20,6	19,4	16,7	18,1
LEa	27	28,3	21,8	21,2	20,0	19,5	10,8	16,3	18,2	19,8	19,8	27,8	16,4	19,5	19,8	18,5
PVa	28	23,7	21,6	18,4	17,8	14,6	14,5	16,5	18,2	13,3	10,7	16,6	12,5	19,1	17,4	13,2
Média		25,5	19,4	19,8	19,1	17,9	15,2	17,9	18,8	18,7	17,4	18,5	17,1	18,9	16,7	16,9
C.V.(%)		15	21	13	12	18	35	18	17	15	22	49	25	15	20	19

a mais favorável para garantir aeração, permeabilidade e retenção de água, tendo por base uma porosidade total em torno de 50% (BAVER et alii, 1972; BOYER, 1985).

Guardada essa proporção, nos solos estudados, em que a porosidade total varia entre 40 e 46%, a faixa ideal da macroporosidade estaria, portanto, entre 20 e 23%. As condições mais favoráveis sob esse aspecto, ocorrem nas posições na cova. Na rodagem de máquinas e no meio da rua os valores estariam abaixo da faixa ideal.

Os resultados dos testes de médias evidenciam que na cova, diferenças significativas só ocorrem entre a camada superficial (0-20cm) e as demais. A macroporosidade é maior em C1 (25,5%) em relação a C2 (19,4%), C3 (19,8), C4 (19,1%) e C5 (17,9%). A partir de 20 cm, a macroporosidade nesses solos diminui para algo em torno dos 19%, sendo que as diferenças entre camadas não são mais significativas.

A macroporosidade na cova até 80 cm de profundidade do solo também é significativamente maior, em relação àquela em R1 (15,2%). Após 20 cm, não diferem os valores das diferentes camadas na cova e na rodagem de máquinas.

Diferenças significativas também ocorrem entre a macroporosidade em C1 (25,5%), que é superior à macroporosidade em todas as camadas no meio da rua. A partir de 20 cm, a macroporosidade na cova praticamente não difere mais daquela no meio da rua.

A Tabela 4.9 introduz os resultados para microporosidade. Pelo mesmo raciocínio aplicado à interpretação da macroporosidade, o intervalo ideal da microporosidade, para corresponder a 50% da porosidade total, deveria estar entre 20 e 23%. Os valores na cova são os que menos se afastam, especialmente nas camadas superficiais, até 40 cm. Na rodagem de máquinas e no meio da rua, a microporosidade já é maior desde a superfície, sem que, no entanto, os desvios sejam muito acentuados.

Tratando-se de solos de uma mesma faixa granulométrica, o maior volume de microporos parece resultar da alteração da estrutura por efeito mecânico do tráfego de máquinas e exposição do solo. A microporosidade aumenta pouco, mas a macroporosidade diminui proporcionalmente mais, provocando a diminuição da porosidade total ou adensamento, como visto anteriormente.

Na cova ocorrem os menores valores da microporosidade, entre 21,0 e 26,1%. Os valores aumentam progressivamente em profundidade, coerentemente com a elevação dos teores de argila. As diferenças são significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre C1 (21,0%) em relação a C3 (25,1%), C4 (26,0%) e C5 (26,1%).

Na rodagem de máquinas, os valores são superiores, entre 24,1 e 27,3%. Os testes de médias evidenciaram que a microporosidade na rodagem de máquinas não difere em profundidade, a menos de uma ocorrência, na

T a b e l a 4.9 - Valores da microporosidade (Mi), em % volume, em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados. (C, cova; R, rodagem de máquinas; M, meio da rua; 1- 0- 20cm; 2- 20-40 cm; 3-40-60 cm; 4- 60-80 cm; 5- 80-100 cm)

SOLO	LOC.	T R A T A M E N T O														
		MiC1	MiC2	MiC3	MiC4	MiC5	MiR1	MiR2	MiR3	MiR4	MiR5	MiM1	MiM2	MiM3	MiM4	MiM5
PVe	1	26,8	28,2	29,4	32,3	32,3	35,9	29,0	30,8	31,2	32,2	34,3	29,3	30,5	32,0	33,7
PEld	2	16,6	21,4	24,6	25,5	26,9	23,3	23,9	24,5	25,7	25,7	25,4	23,8	24,9	27,6	26,2
PVd	3	19,3	22,5	24,9	24,7	24,4	28,1	22,1	22,9	23,6	25,1	26,2	26,1	24,5	24,1	25,2
PVla	11	23,6	29,9	29,8	30,3	29,3	26,5	27,0	29,5	29,2	30,9	31,4	28,9	27,6	29,0	30,4
PVa	15	20,3	22,8	23,0	22,3	26,2	22,8	25,0	23,7	24,0	25,2	25,1	23,3	26,4	24,0	25,3
PVe	16	20,1	14,9	19,6	23,0	23,3	19,5	17,8	19,9	23,6	26,8	19,5	18,7	21,5	25,2	27,3
PVa	19	19,5	25,4	26,9	25,7	23,9	23,5	23,3	27,8	24,9	27,0	27,4	26,0	25,5	27,0	26,3
PVd	20	20,7	22,2	21,8	25,2	23,9	29,3	23,6	23,2	25,5	26,3	18,9	23,7	24,1	25,7	27,5
LEa	27	20,6	23,0	25,6	25,0	25,2	26,0	27,1	26,0	25,4	24,9	22,7	27,2	24,4	24,8	25,2
PVa	28	22,4	23,1	25,8	25,7	25,8	21,3	21,8	23,9	26,9	28,5	25,8	23,5	25,1	26,7	28,4
Média		21,0	23,3	25,1	26,0	26,1	25,6	24,1	25,2	26,0	27,3	25,7	25,0	25,4	26,6	27,6
C.V.(%)		13	17	13	12	11	18	13	13	10	9	18	12	9	9	10

qual o valor em R2 (24,1%) é significativamente inferior do que em R5 (27,3%), ao nível de 1% de probabilidade.

No meio da rua ou na entrelinha do cafeeiro, a microporosidade aumenta progressivamente em profundidade, na faixa entre 25,0 e 27,6%. Nessa posição, os valores são significativamente diferentes entre M2 (25,0%) e M5 (27,6%) e entre M3 (25,4%) e M5 (27,6%), ao nível de 1% de probabilidade.

Considerando as diferentes posições, os testes de médias revelaram diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, entre C1 (21,0%), que é menor em relação a todas as camadas na rodagem de máquinas e no meio da rua; e, entre C2 (23,3%) em relação a R5 (27,3%), M4 (26,6%) e M5 (27,6%).

4.2.3.2 Retenção de água

O conceito moderno de água do solo reconhece seu caráter dinâmico. Envolve a caracterização do estado de energia ou do potencial total da água (REICHARDT, 1985).

Entretanto, quando o objetivo final é estabelecer comparações entre solos, ainda é válido lançar mão do conceito estático, envolvendo as "constantes" de umidade.

Por definição, a água disponível corresponde ao volume retido no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murchamento permanente. Embora o ponto de

murchamento permanente seja uma característica da planta, convencionou-se adotar a tensão em torno de 1,5 MPa (15 bar) como representativa do limite acima do qual as raízes não mais conseguem extrair água do solo.

O limite da capacidade de campo, no entanto, é um assunto controvertido entre os autores. A melhor forma de determinação do teor de água na capacidade de campo, obviamente é a que é feita no campo. Entretanto, convencionou-se adotar certas tensões para representação do limite superior da faixa de água disponível. MEDINA & GROHMAN (1966), adotaram 1/3 bar; RANZANI (1971), utilizou o valor de 1/2 bar. WOLF (1975) e LOPES (1977), assumiram 1/10 bar. Para solos de textura média, há uma tendência de se utilizar para CC o teor de água a 1/10 bar (0,01 MPa), que foi adotado no presente trabalho.

Uma vez que a extração da água pelas raízes diminui com o secamento do solo, foram avaliadas duas porções dentro da faixa de água disponível, mais próximas da CC: entre 0,01 e 0,8 MPa e entre 0,01 e 0,1 MPa.

Os valores determinados para água disponível entre 0,01 e 0,8 MPa constam da Tabela 4.10. Para os solos estudados, as médias nas três posições amostradas variam entre 10,6 e 11,3% (cova); 10,4 e 13,9% (rodagem de máquinas); e, 10,2 e 13,0% (meio da rua).

Os testes de médias não evidenciam diferenças significativas entre camadas na cova. Diferenças

T a b e l a 4.10 - Valores da água disponível (AD) retida entre 0,01 e 0,8 MPa, em % volume, em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados. (C, cova; R, rodagem de máquinas; M, meio da rua; 1- 0-20 cm; 2- 20-40 cm; 3- 40-60 cm; 4- 60-80 cm; 5- 80-100 cm)

SOLO	LOC.	T R A T A M E N T O														
		ADC1	ADC2	ADC3	ADC4	ADC5	ADR1	ADR2	ADR3	ADR4	ADR5	ADM1	ADM2	ADM3	ADM4	ADM5
PVe	1	14,0	14,4	11,3	12,1	11,6	17,7	13,8	11,4	11,7	11,6	20,3	14,2	12,1	11,7	12,2
PEld	2	8,0	8,8	10,2	10,5	11,0	11,6	9,8	9,8	10,0	10,6	11,4	9,1	8,8	10,4	9,7
PVd	3	5,9	8,6	8,5	9,6	10,1	15,6	9,4	10,1	10,3	9,9	12,2	10,3	9,7	9,3	9,8
PVla	11	14,4	13,8	13,6	12,0	12,0	14,2	11,3	13,2	13,7	13,4	19,9	13,4	10,6	12,8	12,8
PVa	15	12,6	10,2	9,6	11,9	13,5	11,7	8,7	9,5	9,8	11,4	11,8	10,2	8,9	10,8	11,7
PVe	16	11,5	8,1	9,5	11,9	10,9	10,4	7,5	10,7	10,2	12,1	10,2	9,7	11,1	7,4	10,9
PVa	19	8,6	13,2	11,1	11,9	11,4	17,5	9,4	11,7	10,1	10,8	13,0	13,1	10,7	11,4	10,3
PVd	20	9,3	9,7	9,1	9,3	12,0	15,7	9,7	8,9	8,2	9,6	8,4	9,0	9,2	12,0	9,0
LEa	27	10,9	10,5	11,6	6,6	11,4	14,5	13,7	17,7	11,7	10,8	11,2	11,5	10,4	10,6	10,9
PVa	28	11,3	10,6	12,2	10,3	8,9	10,1	11,2	9,7	9,3	10,5	11,7	10,0	10,7	11,6	13,0
Média		10,6	10,8	10,7	10,6	11,3	13,9	10,4	11,3	10,5	11,1	13,0	11,0	10,2	10,8	11,0
C.V.(%)		25	21	15	17	11	20	20	23	14	10	30	17	10	14	12

significativas, ao nível de 5% de probabilidade, ocorrem apenas de R1 (13,9%) e M1 (13,0%), em relação a todas as demais posições, que apresentaram médias ao redor de 11,0%.

Para água facilmente disponível, ou água retida entre as tensões 0,01 e 0,1 Mpa, a Tabela 4.11 mostra que as médias são muito semelhantes para as três posições avaliadas, variando nas faixas entre 6,2 e 7,3% (cova), 6,3 e 7,7% (rodagem de máquinas) e 6,3 e 7,5% (meio da rua).

Os testes de médias evidenciaram diferenças significativas entre C3 (6,2%) em relação a R1 (7,7%) e M5 (7,4%), ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.3.3 Densidade do solo

A densidade do solo é um parâmetro que relaciona a massa das partículas sólidas com o volume total, incluídos aí o espaço poroso e o volume de sólidos. Outras designações da densidade do solo (BAVER et alii, 1972) na literatura são densidade aparente (KIEHL, 1979) e densidade global (REICHARDT, 1985).

Determinada em amostras indeformadas para preservar a estrutura original das partículas, permite inferir acerca da porosidade e estado da agregação do solo.

Para uma mesma classe granulométrica, quanto maior a densidade, menor é a porosidade total, especialmente a macroporosidade ou porosidade de aeração, e maior a compactação, conferida por uma estrutura ou arranjo

T a b e l a 4.11 - Valores da água facilmente disponível (FD) retida entre 0,01 e 0,1 MPa, em % volume, em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados. (C, cova; R, rodagem de máquinas; M, meio da rua; 1- 0-20 cm; 2- 20-40 cm; 3- 40-60 cm; 4- 60-80 cm; 5- 80-100 cm)

SOLO	LOC.	T R A T A M E N T O														
		FDC1	FDC2	FDC3	FCC4	FDC5	FDR1	FDR2	FDR3	FDR4	FDR5	FDM1	FDM2	FDM3	FDM4	FDM5
PVe	1	10,3	10,7	7,0	8,4	7,7	11,0	9,3	5,8	7,8	8,2	14,5	9,2	7,2	4,6	9,2
PEld	2	4,2	5,0	6,5	6,8	7,0	7,0	6,1	6,6	6,5	7,2	6,4	5,4	6,0	6,8	6,8
PVd	3	4,4	5,3	6,2	6,5	6,3	5,9	5,4	6,5	7,0	6,7	5,3	6,2	6,3	6,6	6,8
PVla	11	9,4	6,9	4,7	6,8	6,3	6,2	5,5	7,4	8,6	7,6	9,3	5,8	5,6	6,7	8,4
PVa	15	9,2	6,0	6,5	8,1	9,7	7,3	4,5	7,2	8,3	7,9	7,3	6,6	6,3	7,7	8,7
PVe	16	9,3	4,6	5,0	6,8	5,7	6,3	4,0	6,4	5,1	6,2	5,7	6,7	7,3	5,5	7,0
PVa	19	5,8	9,2	6,0	7,8	7,5	13,0	6,3	6,6	6,1	7,0	7,7	8,3	5,8	6,7	6,7
PVd	20	5,6	5,1	5,0	4,9	8,0	6,8	5,3	5,7	5,6	6,0	5,1	5,5	6,0	7,2	5,9
LEa	27	6,8	6,2	7,6	4,5	6,5	7,3	8,0	6,9	7,1	6,7	5,9	6,7	6,0	5,6	6,4
PVa	28	8,0	6,1	7,3	6,4	5,2	6,2	8,9	6,1	5,0	6,0	7,8	7,6	6,4	7,2	7,8
Nédia		7,3	6,5	6,2	6,7	7,0	7,7	6,3	6,5	6,7	7,0	7,5	6,8	6,3	6,5	7,4
C.V.(%)		30	30	16	19	19	31	29	9	19	11	37	18	9	14	15

mais estreito das partículas.

A Tabela 4.12 apresenta os valores da densidade do solo para os dez locais estudados. A variação da densidade do solo foi avaliada nas três posições e cinco camadas em profundidade na trincheira, utilizando as mesmas amostras em anéis volumétricos do levantamento das curvas de retenção de água no solo.

A interpretação inicial desses valores, baseou-se nos resultados da estatística descritiva e dos testes de médias sintetizados na Tabela 4.13. O arranjo dos dados foi efetuado de modo a destacar a variação da densidade, em um mesmo local, em função da posição de coleta dos anéis nas trincheiras.

Em termos absolutos, considerando os valores mínimos e máximos obtidos para os dez locais analisados (Tabela 4.12 e 4.13), a faixa de variação da densidade do solo na área é larga, estendendo-se de 1,16 a 1,71 g/ cm³.

De acordo com KIEHL (1979), as faixas de variação da densidade em solos argilosos e arenosos, situam-se, em termos médios, dentro dos limites entre 1,00 e 1,25 g/ cm³ e 1,25 e 1,40 g/ cm³, respectivamente. No entanto, além da granulometria e arranjo das partículas, há forte influência da matéria orgânica, que é inversamente correlacionada com a densidade.

Os resultados obtidos para os solos das áreas estudadas, seguem essa tendência para valores mais elevados

T a b e l a 4.12 - Valores da densidade do solo (D), em g/ cm³, em diferentes posições na trincheira, para dez locais estudados. (C, cova; R, rodagem de máquinas; M, meio da rua; 1- 0-20 cm; 2- 20-40 cm; 3- 40-60 cm; 4-60-80 cm; 5- 80-100 cm)

SOLD	LOC.	T R A T A M E N T O														
		DC1	DC2	DC3	DC4	DC5	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	DM1	DM2	DM3	DM4	DM5
PVe	1	1,25	1,55	1,31	1,28	1,31	1,43	1,53	1,39	1,33	1,32	1,52	1,63	1,45	1,46	1,37
PEId	2	1,30	1,43	1,36	1,39	1,47	1,67	1,55	1,52	1,40	1,45	1,69	1,58	1,41	1,50	1,48
PVd	3	1,16	1,41	1,36	1,36	1,41	1,17	1,35	1,31	1,39	1,37	1,35	1,49	1,34	1,37	1,32
PVla	11	1,28	1,49	1,38	1,34	1,26	1,55	1,37	1,44	1,39	1,38	1,71	1,43	1,43	1,36	1,32
PVa	15	1,44	1,44	1,40	1,26	1,49	1,61	1,50	1,43	1,37	1,37	1,62	1,42	1,30	1,40	1,36
PVe	16	1,28	1,42	1,56	1,53	1,58	1,48	1,56	1,49	1,50	1,61	1,62	1,54	1,52	1,53	1,48
PVa	19	1,28	1,46	1,36	1,44	1,46	1,64	1,53	1,50	1,37	1,44	1,49	1,51	1,41	1,45	1,41
PVd	20	1,32	1,45	1,40	1,43	1,44	1,58	1,41	1,36	1,39	1,41	1,24	1,44	1,43	1,47	1,38
LEa	27	1,32	1,32	1,27	1,33	1,33	1,66	1,49	1,40	1,36	1,36	1,31	1,47	1,36	1,33	1,39
PVa	28	1,41	1,31	1,41	1,40	1,48	1,66	1,55	1,47	1,47	1,58	1,57	1,65	1,43	1,36	1,53

T a b e l a 4.13 - Estatísticas descritivas dos valores da
densidade do solo, entre 0-100 cm, para dez
locais estudados.

SOLO	LOC.	Tratamento	Média	Desvio	C.V.	Mínimo	Máximo
			Padrão				
			3			3	
			g/ cm	%		g/cm	
PVe	1	Cova	1,34a	0,12	8,96	1,25	1,55
		Rodagem	1,40ac	0,85	6,10	1,32	1,53
		Meio	1,49bc	0,97	6,50	1,37	1,63
PEld	2	Cova	1,39a	0,65	4,69	1,30	1,47
		Rodagem	1,52b	0,10	6,80	1,40	1,67
		Meio	1,53b	0,11	6,99	1,41	1,69
PVd	3	Cova	1,34a	0,10	7,74	1,16	1,41
		Rodagem	1,32a	0,09	6,67	1,17	1,39
		Meio	1,37a	0,07	4,90	1,32	1,49
PVla	11	Cova	1,35a	0,09	6,79	1,26	1,49
		Rodagem	1,43a	0,07	5,22	1,37	1,55
		Meio	1,45a	0,15	10,54	1,32	1,71
PVa	15	Cova	1,41a	0,09	6,23	1,26	1,49
		Rodagem	1,46a	0,10	6,96	1,37	1,61
		Meio	1,42a	0,12	8,51	1,30	1,62
PVe	16	Cova	1,47a	0,12	8,47	1,28	1,58
		Rodagem	1,53a	0,06	3,63	1,48	1,61
		Meio	1,54a	0,05	3,33	1,48	1,62
PVa	19	Cova	1,40a	0,08	5,62	1,28	1,46
		Rodagem	1,50a	0,10	6,76	1,37	1,64
		Meio	1,45a	0,05	3,14	1,41	1,51
PVd	20	Cova	1,41a	0,05	3,74	1,32	1,45
		Rodagem	1,43a	0,09	6,04	1,36	1,58
		Meio	1,39a	0,09	6,53	1,24	1,47
LEa	27	Cova	1,31a	0,02	1,91	1,27	1,33
		Rodagem	1,45b	0,13	8,72	1,36	1,66
		Meio	1,37b	0,06	4,56	1,31	1,47
PVa	28	Cova	1,40aa	0,06	4,32	1,31	1,48
		Rodagem	1,55bb	0,08	5,19	1,47	1,66
		Meio	1,51ab	0,11	7,60	1,36	1,65

Teste de Médias: letras iguais indicam diferenças não significativas entre médias, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t, de Student. (Letras dobradas indicam significância ao nível de 1% de probabilidade)

da densidade, em função da textura média a arenosa, e dos teores relativamente baixos de matéria orgânica.

Do ponto de vista da cultura do cafeeiro, investigações de campo (KUPPER, 1983; IBC-GERCA, 1981) apontam para a faixa entre 1,10 e 1,35 g/ cm³ como a ideal para o desenvolvimento do sistema radicular. O valor de 1,50 g/ cm³ é referido como sendo o limite crítico acima do qual o crescimento é limitado. A ocorrência na área de valores superiores a 1,40 g/ cm³ sugere que para pelo menos parte dos solos, a densidade possa atuar como fator restritivo.

A distribuição de frequência dos valores da densidade do solo, permitiu melhor comparação entre os locais. Considerando a ocorrência das classes superiores ao limite crítico de 1,50 g/ cm³, as áreas com prováveis limitações por adensamento são as de números 1, 2, 15, 16, 19 e 28.

A observação dos valores médios da Tabela 4.13 evidencia que, de modo geral, para um mesmo local, a densidade do solo próximo à cova, tende a ser menor em relação à das outras duas posições. Os testes de médias revelaram, no entanto, que em apenas quatro locais as diferenças entre médias podem ser consideradas significativas.

O primeiro caso, refere-se ao solo podzólico vermelho-amarelo eutrófico Tb abrupto do local 1. A densidade média próximo à cova (1,34 g/ cm³), é

significativamente inferior à obtida no meio da rua ($1,49 \text{ g/cm}^3$), não diferindo daquela determinada na rodagem de máquinas ($1,40 \text{ g/cm}^3$). Por sua vez, as médias da densidade do solo na rodagem e no meio da rua não diferem entre si.

No solo podzólico vermelho escuro latossólico distrófico Tb do local 2, a situação se agrava. Há ocorrência de densidades médias na rodagem de máquinas e no meio da rua da ordem de $1,52$ e $1,53 \text{ g/cm}^3$, respectivamente, acima, portanto, do limite crítico referido anteriormente. Ambos valores são muito superiores à média de $1,39 \text{ g/cm}^3$ obtida próximo à cova.

As diferenças entre médias também são significativas no solo podzólico vermelho-amarelo álico Tb abrupto do local 28. Junto à cova, o valor da densidade do solo, de $1,40 \text{ g/cm}^3$, é inferior aos obtidos na rodagem de máquinas ($1,55 \text{ g/cm}^3$) e no meio da rua ($1,51 \text{ g/cm}^3$), que também excedem o limite crítico de $1,50 \text{ g/cm}^3$.

Diferença significativa, porém mais discreta, ocorreu no latossolo vermelho escuro álico (local 27), entre a média junto à cova ($1,31 \text{ g/cm}^3$), em relação àquelas na rodagem de máquinas ($1,45 \text{ g/cm}^3$) e no meio da rua ($1,37 \text{ g/cm}^3$) que, por sua vez, não diferem entre si.

Nesses quatro locais, os menores valores ocorrem, portanto, junto à cova, indicando a possibilidade de ocorrência de adensamentos na parte exposta do solo, fora da copa do cafeeiro, que corresponde à porção mais

susceptível de ser alterada pelo manejo e práticas culturais.

Nos seis locais restantes, não foram registradas diferenças significativas, o que sugere a presença de condições semelhantes, no que respeita à densidade do solo, qualquer que seja a posição na trincheira.

Considerando as relações entre os diferentes locais, nos solos podzólicos as condições médias da densidade do solo na cova não diferem significativamente, a não ser entre os perfis 3 e 16. Na rodagem e no meio da rua aparecem o maior número de diferenciações, envolvendo especialmente o solo do local 3 em relação aos demais. Isto porque o mesmo detém os menores valores da densidade dentre os solos podzólicos.

Para o latossolo vermelho escuro (local 27), a maior diferenciação em relação aos solos podzólicos, refere-se a valores mais baixos na cova.

Os testes de médias para interpretação da variação da densidade em profundidade no solo evidenciaram que diferenças altamente significativas, ao nível de 1% de probabilidade, ocorrem apenas em relação aos primeiros 20 cm. A partir de 40 cm, já não mais ocorrem diferenças significativas entre médias, para as três posições consideradas. Entre 20 e 40 cm, ocorrem diferenças apenas entre os solos podzólicos, na cova em relação ao meio da

rua.

As tendências observadas refletem que as variações da densidade ocorrem principalmente em relação à cova e para os primeiros 20 a 40 cm de solo, onde os valores são significativamente inferiores aos obtidos na rodagem e no meio da rua. Para essa camada de 40 cm de solo, podem ocorrer adensamentos na área nas duas posições fora da projeção da copa, com incidência de valores mais elevados da densidade do solo, superiores a $1,40 \text{ g/cm}^3$.

Em resumo, a caracterização morfológica, física, química e hídrica dos solos evidenciou como possíveis fatores limitantes à produção dos cafezais, os seguintes atributos edáficos:

- 1) gradiente textural acentuado no perfil, com presença de caráter abrupto em três locais (perfis 1, 20 e 28);
- 2) elevados teores de areia grossa e fina e relativamente muito baixos teores de argila;
- 3) reação muito ácida do solo (pH baixo a muito baixo) em subsuperfície;
- 4) teores altos de alumínio trocável em subsuperfície;
- 5) elevada saturação por alumínio, com ocorrência de cinco perfis álicos (locais 11, 15, 19, 27 e 28) ;
- 6) muito baixos teores de cálcio e magnésio;
- 7) desbalanço da relação Ca:Mg, por escassez de magnésio;
- 8) fortes desbalanços da relação Mg:K, por escassez de

magnésio ou excesso de potássio (adubações pesadas com potássio);

9) predominância de solos álicos e distróficos;

10) possibilidade de ocorrência de adensamento.

4.3 As lavouras e as produções

Os valores das produções anuais, em kg/ha de café em côco, no período entre 1984 e 1989 para dez locais estudados são apresentados na Tabela 4.14.

Em termos gerais, 1986 foi o pior ano agrícola para a maioria dos locais. As lavouras mais atingidas foram as dos locais 2 e 11, onde as produções foram praticamente nulas. No Sítio Planalto (local 1), colheram apenas 250 kg/ ha.

Em contrapartida, as maiores produtividades, em torno de 10000 kg/ ha, foram registradas após anos de baixa, em 85 e 87, nos locais 3 e 15. Estes mesmos locais também apresentaram as maiores médias no intervalo considerado, respectivamente 4192 e 5301 kg/ ha.

Os valores dos coeficientes de variação da Tabela 4.14 evidenciam a enorme variação da produtividade em um mesmo local, de um ano para outro.

Essa alternância entre altas e baixas produções espelha o efeito de um grande fator da produção do cafeeiro, que corresponde à contra-safra ou produção do ano anterior.

T a b e l a 4.14 - Produções anuais de café no período entre
1984 e 1989 para dez locais na região de
Marília e Garça.

Local	A n o						Média	CV
	1984	1985	1986	1987	1988	1989		
	kg/ ha café côco							%
1	2000	2500	250	4800	2500	698	2125	76
2	3500	4500	0	5500	3500	0	2833	82
3	2500	10000	1500	7500	2150	1500	4192	87
11	2240	3000	0	5640	1320	1040	2207	89
15	4668	8668	4001	10002	1134	3334	5301	64
16	3332	5831	1333	3332	366	1733	2654	73
19	1264	4212	1474	4086	463	1390	2148	74
20	7200	1600	2400	2800	1000	3000	3000	73
27	4500	2350	6000	4000	5750	666	3878	55
28	2162	6678	1908	6869	604	2936	3526	75

Em Coffea arabica, as inflorescências são formadas nas axilas das folhas dos ramos laterais (plagiótropos), crescidos no ano anterior; sendo que os nós produzem flores apenas uma vez (RENA & MAESTRI, 1987). A floração depende, portanto, do crescimento dos ramos laterais.

O máximo crescimento vegetativo e a granação (enchimento dos frutos) são fases fenológicas concorrentes pelos produtos da fotossíntese. Os frutos são os mais fortes drenos metabólicos. Quando presentes em grande quantidade recebem preferencialmente os fotoassimilados (CANNELL & HUXLEY, 1969), o que em anos de grande safra acarreta diminuição da disponibilidade para crescimento de ramos novos.

Num ano após grande carga, há pequeno número de ramos novos, o que condiciona florescimento e, conseqüentemente, frutificação limitados, estimulando o aproveitamento da fotossíntese para produção vegetativa. Isto garante ramos novos que proporcionarão boa produção no ano subsequente, desde que não se verifiquem outras restrições.

Na análise de uma série de anos de produção agrícola, também ocorre a interferência da evolução tecnológica. Esse fator foi avaliado estabelecendo a linha de regressão linear no gráfico das médias anuais das produções em função do tempo (Figura 4.4).

Figura 4.4 - Variação da produtividade média anual para dez lavouras no período entre 1984 e 1989.

O gráfico obtido mostra que, mesmo em termos médios para os dez locais, permanece o ciclo de altos e baixos valores de uma safra para outra, revelando uma grande influência do ano. Com relação à evolução, observa-se que é negativa, isto é, as produtividades médias tem decrescido com o tempo, no período considerado, a uma taxa da ordem de 400 kg/ ha/ ano.

Este fato pode estar refletindo, entre outras coisas, um desestímulo a novos investimentos na lavoura cafeeira, por questões político-econômicas ocorridas nos anos 80, não avaliadas no presente estudo.

Tomando por base os atributos edafoclimáticos caracterizados previamente, e informações sobre o manejo das lavouras, são apresentados individualmente a seguir, os locais da pesquisa.

4.3.1 Caracterização dos locais e peculiaridades do manejo

Local 1 - Sítio Planalto (Sagres, SP)

Detém uma das menores produtividades registradas (250 kg/ ha, em 1986) e uma média para os seis anos também baixa (2125 kg/ ha), a despeito da lavoura ter produzido bem em 1987 (4800 kg/ ha).

O solo podzólico vermelho-amarelo eutrófico dessa área não apresenta maiores problemas de fertilidade,

sendo a diferença textural abrupta do horizonte A para o B sua maior limitação.

A produtividade no período mostra uma ligeira tendência de elevação, da ordem de 100 kg/ ha/ ano, aparentemente relacionada com maiores aplicações de insumos (calcário, adubação NPKS e com micronutrientes Zn e B), a partir de 1986.

Nesse caso, pode estar refletida a tendência tecnológica, só que provavelmente encoberta por outros fatores, possivelmente climáticos, como a ocorrência de déficit hídrico acentuado no período (Figura 4.3), ou outros fatores da própria lavoura.

Local 2 - Fazenda São Luiz (Pompéia, SP)

Lavoura de dez anos, o manejo combina adubação mineral NPKS, com micronutrientes Zn e B e orgânica (palha de café).

Embora mantendo bons níveis de produtividade de um ano para outro, a média geral, ao redor de 2833 kg/ ha, ficou abaixo da média de produtividade para o Estado (entre 3000 a 4000 kg/ ha), por influência das produtividades nulas em 86 e 89. Estes resultados ruins possivelmente decorreram das secas ocorridas em 84 e 85 na região de Garça (Figura 4.1) e por que a lavoura foi decotada em 88.

Apesar das adubações e da aplicação de

calcário e gesso, o solo já a 30 cm de profundidade apresenta toxidez por alumínio trocável e balanço desfavorável das relações Ca:Mg e Mg:K. A semelhança dos demais, a textura é média, com muita areia grossa no perfil.

As produtividades nulas em 86 e 89 tiveram um pesado efeito restritivo, explicando a tendência de evolução negativa da produção, a uma taxa de 225 kg/ha/ano. O período de tempo analisado parece insuficiente para compreensão mais efetiva do desempenho da lavoura.

Local 3 - Sítio Vadico (Garça, SP)

Lavoura de doze anos, caracteriza-se por um acentuado ciclo bianual da produção, pelo qual os anos de baixa situam-se abaixo do limite inferior médio de produtividade para o Estado, e os de alta, excedem em muito, mais do que o dobro, o limite superior.

A lavoura recebe calagem na dose de 1,5 kg ha/ ano de calcário e adubação NPKS.

O solo podzólico vermelho-amarelo distrófico dessa área, amostrado junto à cova, apresenta limitações comuns às de outros locais: baixos teores de argila e muita areia grossa; eutrófico até 57 cm mostra, no entanto, já a partir de 23 cm, teores de alumínio trocável superiores a 0,5 meq/ 100 g TFSE, e desbalanço das relações Ca:Mg e Mg:K.

A tendência geral da produtividade é francamente decrescente a uma taxa exagerada, da ordem de

976 kg/ ha/ ano.

Os dados sugerem um provável declínio das plantas com o tempo, que pode estar refletindo o esgotamento de algum insumo. Isso também é sugerido pela acentuada oscilação entre altas e muito baixas produtividades, indicando a dificuldade do pronto restabelecimento da lavoura de um ano para outro.

Local 11 - Fazenda São José (Iacri, SP)

A maior produtividade do local, da ordem de 5600 kg/ ha, ocorreu em 1987, provavelmente em função do péssimo desempenho da lavoura no ano anterior. A média das produtividades no período de seis anos é baixa, próxima a 2207 kg/ ha.

A idade da lavoura (15 anos), nas condições de clima e solo da área, pode estar influenciando negativamente na recuperação das plantas após grande carga, tornando-a mais lenta.

Do ponto de vista do solo, persistem as mesmas limitações gerais já observadas: teores muito baixos de argila no perfil; camada mais adensada próxima à superfície; álico a partir de 7 cm, com níveis tóxicos de alumínio trocável; e, desbalanço da relação Mg:K, por excesso de potássio.

Quanto ao manejo, há registro de prática de calagem da ordem de 1,0 t/ ha a partir de 86; a adubação NPK

já é feita desde 85; e, em 88, foi fornecido S, B e Zn, via foliar.

Os dados das análises químicas demonstram que os teores aplicados de calcário, não têm sido suficientes para elevarem o pH e neutralizarem o alumínio trocável dos primeiros 20 cm de solo. Por sua vez, aplicação de K em excesso, pode ter provocado efeito depressivo na produção.

A tendência de evolução da lavoura é de ligeiro decréscimo da produtividade com o tempo, da ordem de 90 kg/ ha/ ano.

Local 15 - Fazenda Conquista (Bastos, SP)

Lavoura de onze anos, detém a maior produção nominal (10002 kg/ ha) e a maior média de produção (5301 kg/ ha).

O ciclo bianual é evidente, mas manteve produções acima da média estadual, mesmo em anos de baixa. A seca de 85 parece ter afetado a lavoura num grau muito menor do que o registrado para outros locais.

O pior desempenho se deu em 88 (1134 kg/ ha), muito provavelmente em função da supersafra de 87.

As práticas de manejo incluem calagem, efetuada nos anos de alta produção, adubação NPK e com micronutrientes Zn e B, via foliar.

O solo podzólico vermelho-amarelo álico dessa área é semelhante ao de outras locais já analisados, como o

da área 11, por exemplo. Apresenta teores muito baixos de argila no perfil e camada mais adensada entre 25 e 53 cm. A partir de 25 cm, o cálcio trocável é muito baixo e o magnésio está ausente, chegando a ter mais potássio do que magnésio. Após 53 cm, passa a ser álico.

Apesar do bom desempenho em termos absolutos, houve acentuado declínio dos níveis de produtividade média no período, a uma taxa de 963 kg/ ha/ ano, em função das quedas registradas em 88 e 89.

Local 16 - Fazenda Santo Antonio (Herculândia, SP)

As produções do local foram bastante irregulares, alternando altas e muito baixas produtividades no período. Lavoura antiga, com 22 anos, o fator idade deve influir negativamente sobre o desempenho da cultura.

O solo, amostrado próximo à cova, tem vantagens pelo fato de ser eutrófico e possuir argila de atividade média a alta. Isso condiciona valores mais elevados da T e S, uma vez que o solo é de alta saturação por bases. Nestas condições, não se verificam problemas com o alumínio trocável.

Mas, o magnésio ainda é muito baixo, com desbalanço da relação Ca:Mg. O potássio, ao contrário, é alto ou muito alto, e a relação Mg:K, muito baixa. Outras limitações presentes se relacionam com muito baixos teores de argila e muita areia grossa.

O manejo envolve prática irregular da calagem. Em 88, foi aplicada uma grande dose, da ordem de 4,0 t/ ha e realizada adubação NPK e com micronutrientes, Zn e B, via foliar.

O acentuado declínio da produtividade com o tempo, a uma taxa de 880 kg/ ha/ ano, indica exaustão da lavoura. O fato parece estar estreitamente relacionado com a idade e manejo deficiente, uma vez que o solo chega a ter mais qualidades do que limitações, em relação a outros já analisados, que estão produzindo melhor na região.

Local 19 - Fazenda Santa Gertrudes (Marília, SP)

Lavoura também com 22 anos, detém a segunda menor média de produtividade da área (2148 kg/ ha), com acentuada oscilação entre muito baixas e médias produtividades.

Os melhores resultados ocorreram em 85 e 87, respectivamente 4212 e 4086 kg/ ha. A safra de 89, que deveria ter sido da mesma ordem, foi muito pequena, acarretando dois anos seguidos de muito baixos desempenhos.

As principais limitações do solo identificadas foram a presença de adensamento próximo à superfície, entre 6 e 45 cm, e teores muito baixos de argila no perfil, com muita areia grossa.

A fertilidade é comprometida pela acidez elevada, já a 6 cm, com teores muito baixos de cálcio e

magnésio trocáveis. A partir de 22 cm, o alumínio aparece em níveis tóxicos e o solo passa a ser álico. Fósforo e potássio ocorrem em teores médios até 45 cm, quando ficam muito baixos.

A calagem efetuada é insuficiente para neutralizar a acidez dos primeiros 20 cm junto à cova. O pH baixo, diminui a disponibilidade dos cátions básicos, cálcio e magnésio (RAIJ, 1981), já fornecidos precariamente. A adubação apenas com NK, aparentemente muito pesada com potássio, reforça a acidez, com efeito depressivo na produção.

A evolução negativa da produtividade no período considerado é grandemente influenciada pelos péssimos resultados em 88 e 89. O perfil da produção não é tão dramático como o da área anterior, mas a taxa de declínio, da ordem de 419 kg/ ha/ ano, também é elevada.

De maneira semelhante, a idade e o manejo inadequado parecem responder pelo fraco desempenho da lavoura.

Local 20 - Fazenda Santo Antonio (Vera Cruz)

Outra área com mais de vinte anos que mostra sinais de exaustão, evidenciada pela lenta recuperação após ano de boa safra, como a ocorrida em 84. A partir de 1984, mudou dramaticamente o perfil de desempenho, para níveis baixos nos anos subsequentes.

A evolução da produtividade no período é negativa, como nos dois casos anteriores, decaindo a uma taxa de 490 kg/ ha/ ano. A média das produtividades não é das menores, por influência exclusiva do ótimo resultado em 84.

O solo podzólico vermelho-amarelo álico dessa área, é semelhante a outros da região. Apresenta muito baixos teores de argila e muita areia grossa. Até 15 cm é eutrófico e a T e S são médias. Após 15 cm, porém, advém os mesmos problemas de fertilidade já comentados: acidez elevada; baixos teores de cálcio e magnésio trocáveis; desbalanço das relações Ca:Mg e Mg:K; alumínio trocável alto, embora o caráter álico só se evidencie após 80 cm. Os teores de matéria orgânica são médios, não apresentando, também, restrições quanto ao fósforo.

O manejo é deficiente. É efetuada adubação NPK, mas seu aproveitamento é prejudicado pela não aplicação de calcário. Sem calagem o pH se mantém baixo, na faixa de menor solubilidade dos nutrientes e ótima para o alumínio (RAIJ, 1981). Também não são fornecidos cálcio e magnésio, que deveriam estar em maior proporção no complexo. Este passa a ser saturado por alumínio e hidrogênio, abundantes em tais condições.

Novamente, a idade da planta e o manejo precário, parecem influir decisivamente sobre o desempenho da lavoura.

Local 27 - Fazenda São Carlos (Gália, SP)

A lavoura, instalada sobre latossolo vermelho escuro, mantém níveis médios a altos de produção, e detém o menor coeficiente de variação da produtividade, da ordem de 55%.

Em 89, houve uma queda muito acentuada da produtividade (Tabela 4.14), mas no cômputo geral, a evolução é ligeiramente positiva, com acréscimo a uma taxa de 27 kg/ ha/ ano.

Anualmente é praticada a calagem, no nível de 1,2 t/ ha, adubação NPK e com micronutrientes Zn e B. A aplicação dos corretivos consegue neutralizar os primeiros 20 cm de solo, mas não é suficiente para melhorar as condições a profundidades maiores.

Assim, após os 20 cm a acidez já é alta, com limitações devidas ao alumínio trocável e desbalanço das relações Ca:Mg e Mg:K, que são baixas. Como para a maioria dos solos da área da pesquisa, a textura é média, com baixos teores de argila e elevados de areia grossa e fina.

Aparentemente, o tipo de solo, latossolo, pode estar relacionado com ciclos menos acentuados de altas e baixas produções de um ano para outro.

Local 28 - Fazenda São Carlos (Gália, SP)

Outra área dentro da mesma propriedade vista anteriormente, esta lavoura mostra uma oscilação mais

acentuada entre altas e baixas produções, e uma evolução francamente negativa, a uma taxa de 586 kg/ ha/ ano, por influência dos maus desempenhos em 88 e 89 (Tabela 4.14).

O efeito da boa safra de 87 (6869 kg/ ha) na produção de 88 foi violentamente negativo, determinando um péssimo resultado.

Lavoura de mesma idade da área 27, 11 anos, está instalada sobre solo podzólico vermelho-amarelo álico abrupto de textura média com muita areia grossa, típico da região. Embora seja eutrófico até 17 cm, após esta profundidade a acidez do perfil e o alumínio trocável são elevados e as bases, cálcio, magnésio e potássio, aparecem em teores baixos e muito baixos.

A calagem, realizada no mesmo nível de 1,2 t/ ha/ ano, não foi suficiente para promover a completa neutralização da reação do solo nos primeiros 20 cm. Possivelmente isto reflita resposta mais limitada ao manejo, relacionada com o tipo de solo, que também responderia pelo ciclo bianual mais acentuado.

4.4 O efeito isolado de cada fator nas produções: resultados das correlações simples

4.4.1 Avaliação da influência do clima

A avaliação parcial da influência dos atributos climáticos no desempenho das lavouras no período, foi efetivada estabelecendo matrizes de correlação linear

simples da produtividade final das lavouras com os parâmetros meteorológicos.

Os dados climáticos foram organizados por períodos trimestrais, aproximadamente associados com as fases fenológicas do cafeeiro, conforme definidos no trabalho de PAES DE CAMARGO et alii (1984).

Os parâmetros meteorológicos avaliados foram:

- 1) precipitação acumulada no trimestre, em milímetros;
- 2) frequência de chuvas, em número de dias;
- 3) temperaturas máximas (médias trimestrais das médias mensais e médias trimestrais dos valores extremos em cada mês), em graus Celsius;
- 4) temperaturas mínimas (médias trimestrais das médias mensais e médias trimestrais dos valores extremos em cada mês), em graus Celsius;

Os trimestres, respectivas fases fenológicas associadas e a simbologia utilizada para representação das variáveis meteorológicas são apresentados na Tabela 4.15.

As variáveis de desempenho incluíram as produtividades anuais das lavouras e as médias para os seis anos, todas expressas em quilos por hectare de café em côco.

Na montagem das matrizes, as produções de um ano foram correlacionadas com os registros meteorológicos ocorridos no ano imediatamente anterior.

Os resultados das análises de correlação são apresentados na Tabela 4.16, com a indicação de todos os

Tabela 4.15 - Trimestres, fases fenológicas aproximadas e variáveis meteorológicas correspondentes, para análise do efeito do clima nas produções.

Trimestre	Fase	Variáveis climáticas					
	Fenológica	Pp	Fq	Tma	Tmaa	Tmi	Tmia
Mai-jun-jul	abotoamento	X1	X9	X17	X25	X33	X41
Jul-ago-set	abotoamento/ florescimento	X2	X10	X18	X26	X34	X42
Ago-set-out	florescimento	X3	X11	X19	X27	X35	X43
Out-nov-dez	florescimento/ "chumbinho"	X4	X12	X20	X28	X36	X44
Nov-dez-jan	"chumbinho"/ granação	X5	X13	X21	X29	X37	X45
Jan-fev-mar	máx.veget./ granação	X6	X14	X22	X30	X38	X46
Fev-mar-abr	granação/ início maturac.	X7	X15	X23	X31	X39	X47
Abr-mai-jun	maturação/ colheita	X8	X16	X24	X32	X40	X48

Códigos: Pp (precipitação acumulada); Fq (frequência de chuvas); Tma (temperatura máxima média); Tmaa (média da temperatura máxima absoluta); Tmi (temperatura mínima média); Tmia (média da temperatura mínima absoluta).

Tabela 4.16 - Atributos climáticos correlacionadas ao nível de 5% de probabilidade, com as produções de café de dez locais na região de Marília e Garça.

Local	Posto	V a r i á v e i s	C l i m á t i c a s
	Meteorol.		
1	Adamantina	X2 (0,97); X3 (0,94); X4 (0,88); X5 (0,89); X10 (0,86); X15 (-0,85); X18 (-0,86); X19 (-0,89); X41 (0,95)	
2	Garça	X2 (0,96); X12 (0,82); X18 (-0,96); X19 (-0,88); X25 (0,82); X28 (-0,96); X40 (0,82); X41 (0,96)	
3	Garça	X8 (-0,88); X16 (-0,85); X17 (0,88); X22 (0,82); X24 (0,82); X25 (0,97); X26 (-0,82); X27 (-0,82); X33 (0,88); X40 (0,97); X41 (0,82)	
11	Adamantina	X2 (0,94); X3 (0,97); X14 (-0,84)	
15	Adamantina	X8 (-0,94); X14 (-0,85); X24 (0,82)	
16	Garça	X8 (-0,98); X14 (-0,84); X16 (-0,94); X17 (0,82); X22 (0,93); X24 (0,88); X25 (0,88); X27 (-0,93); X33 (0,82); X40 (0,88)	
19	Garça	X8 (-0,94); X16 (-0,87); X24 (0,96); X25 (0,97); X26 (-0,83); X40 (0,97)	
20	Garça	X44 (-0,91); X47 (0,82)	
27	Garça	X21 (0,85); X32 (-0,85)	
28	Garça	X8 (0,92); X21 (-0,82); X22 (0,84); X24 (0,96); X25 (0,96); X27 (-0,84); X32 (-0,82); X40 (0,96)	

Obs.: Os números entre parênteses indicam os valores e sinais das regressões (r).

atributos climáticos que se correlacionaram significativamente com as produções em cada local, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de Student.

Os atributos que se destacaram por se correlacionarem com o maior número de locais e apresentarem os maiores coeficientes de determinação foram:

- X2 - precipitação no trimestre julho-agosto-setembro, associado às fases de abotoamento e florescimento do cafeeiro;
- X8 - precipitação no trimestre abril-maio-junho, correspondente às fases de maturação e colheita e abotoamento relativo à safra seguinte;
- X17 - temperatura máxima média no trimestre maio-junho-julho, relativo ao abotoamento;
- X22 - temperatura máxima média no trimestre janeiro-fevereiro-março (máxima vegetação e granação);
- X24 - temperatura máxima média no trimestre abril-maio-junho (maturação e colheita; abotoamento da safra seguinte);
- X25 - média da temperatura máxima absoluta no trimestre maio-junho-julho (abotoamento);
- X27 - média da temperatura máxima absoluta no trimestre agosto-setembro-outubro (florescimento);
- X33 - temperatura mínima média no trimestre maio-junho-julho (abotoamento);
- X40 - temperatura mínima média no trimestre abril-maio-junho (maturação e colheita; abotoamento da safra seguinte);

X41 - média da temperatura mínima absoluta no trimestre maio-junho-julho.

Os resultados evidenciam a importância da precipitação pluviométrica e temperatura nas fases de abotoamento, florescimento, máxima vegetação e granação. As correlações com a precipitação são concordantes com as obtidas para o cafeeiro por LAINS e SILVA (1956); TOSELLO & ARRUDA (1962); CASTRO (1961); e, PAES DE CAMARGO et alii (1984).

A época da maturação e colheita, ou mais propriamente ao início do abotoamento da safra seguinte, a correlação da produção com a precipitação (representada pela variável X8) é negativa. Este resultado pode estar relacionado com o fato de que o estímulo para liberação da dormência, após a iniciação da gema floral, vem a ser um período de estresse hídrico, conforme relatam RENA & MAESTRI (1987).

Na fase do florescimento, no entanto, a produção mostra correlação positiva com a precipitação (variável X2). Isso provavelmente se relacione com o fato, também referido por aqueles autores, de que o estímulo para a florada vem a ser as primeiras chuvas após a estação seca.

De modo geral, as produções mostram correlação positiva com o aumento da temperatura, exceto à época do florescimento (variável X27), em que a correlação é negativa. Esta tendência novamente é condizente com a

literatura, a qual relata o efeito térmico na ocorrência de abortamento floral em Coffea arabica, fenômeno conhecido por "estrelinha" (RENA & MAESTRI, 1987).

As variáveis selecionadas nessa fase, posteriormente integraram as matrizes para as análises de regressão múltipla.

4.4.2 Avaliação da influência do solo nas produções

(1)- atributos da classificação de solos

A avaliação preliminar da influência dos solos nas produtividades das lavouras cafeeiras também iniciou pelo estabelecimento de matrizes de correlação linear simples.

Os atributos edáficos avaliados nesta fase, considerando as profundidades 1 (horizontes superficiais) e 2 (horizontes subsuperficiais) foram:

AG - areia grossa;

AF - areia fina;

SI - silte;

ARG - argila;

SI+ARG - silte + argila;

pH - pH em água;

pHK - pH em KCl;

C - carbono orgânico;

Al - alumínio trocável;

H - acidez não trocável;

m - saturação por alumínio;
Ca - cálcio trocável;
Mg - magnésio trocável;
K - potássio trocável;
1/K - inverso do potássio trocável;
S - soma de bases trocáveis;
T - capacidade de troca de cátions;
V% - saturação por bases.

As variáveis de produtividade foram as seguintes:

- 1) produções anuais no período entre 1984 e 1989
(variáveis Y1984, Y1985, Y1986, Y1987, Y1988, Y1989);
- 2) médias bianuais progressivas das produtividades
(variáveis Y84/85, Y85/86, Y86/87, Y87/88, Y88/89);
- 3) média das produtividades no período de seis anos
(variável Ymed6an).

As matrizes de correlação linear simples foram montadas com os valores das produções e dos atributos edáficos relativos a cada local.

A Tabela 4.17 relaciona os atributos edáficos que se correlacionaram significativamente com as produções de café, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de Student.

Os teores de silte e argila nos solos se revelaram atributos importantes para consideração nas análises multivariadas, uma vez terem influenciado as

Tabela 4.17 - Atributos físicos e químicos dos solos correlacionados ao nível de 5% de probabilidade (teste t, de Student) com as produções de café de dez locais na região de Marília e Garça.

Variável Dependente (Produção)	Atributos físicos e químicos
Y1984	SI1 (-0,67); SI2 (-0,52); SI1+ARG1 (-0,51); SI2+ARG2 (-0,56); pH1 (0,54); pHK1 (0,71); Al1 (-0,56); m1 (-0,61); T2 (-0,54); V1 (0,56)
Y1985	C2 (-0,78); 1/K1 (0,62);
Y1986	SI1 (-0,62); ARG2 (-0,68); SI1+ARG1 (-0,75); SI2+ARG2 (-0,66); C2 (-0,64); T2 (-0,67)
Y1988	ARG1 (0,86); ARG2 (0,82); SI1+ARG1 (0,72)
Y1989	ARG1 (-0,74); ARG2 (-0,77); SI1+ARG1 (-0,88); SI2+ARG2 (-0,58)
Y84/85	SI1 (-0,82); SI2 (-0,71); SI2+ARG2 (-0,75); C2 (-0,87); K1 (-0,56); 1/K1 (0,53); T2 (-0,67)
Y85/86	SI1 (-0,64); SI2 (-0,54); SI2+ARG2 (-0,66); C2 (-0,84); K1 (-0,57); 1/K1 (0,57); T2 (-0,64)
Y86/87	SI1 (-0,55); K1 (-0,53); T2 (-0,63)
Y88/89	Al1 (-0,61); m1 (-0,60)
YMED6AN	SI1 (-0,69); SI2 (-0,55); C2 (-0,70); K1 (-0,56); T2 (-0,67)

Códigos: SI (silte); ARG (argila); pH (pH em água); pHK (pH em KCl); Al (aluminio trocável); m (saturação por alumínio); K (potássio trocável); 1/K (inverso do potássio trocável); T (capacidade de troca de cátions); V (saturação por bases); C (carbono orgânico); índice 1 (horizontes superficiais); índice 2 (horizontes subsuperficiais).

produções de todos os anos considerados, exceto em 1987.

KUPPER (1983) fez referência a solos com mais de 15% de areia ou menos de 20% de argila após 40 a 50 cm de profundidade, caso da maioria dos solos das áreas estudadas, como não sendo recomendáveis para a instalação de cafezais, por sua influência restritiva na capacidade de armazenamento de água e nutrientes.

As correlações obtidas, no entanto, foram negativas, exceto com as produções em 1988. Supostamente tais resultados podem estar relacionados com problemas físicos associados à elevação dos teores de silte e argila em profundidade nos solos.

Outros atributos selecionados para investigação nas análises multivariadas foram:

- pH em água e em KCl na profundidade 1;
- teores de alumínio trocável na profundidade 1;
- saturação por alumínio na profundidade 1;
- teores e inverso dos teores de potássio trocável na profundidade 1;
- capacidade de troca de cátions na profundidade 2;
- saturação por bases na profundidade 1.

Como esperado, as correlações da produção são positivas em relação ao pH e negativas relativamente aos teores de alumínio trocável e à saturação por alumínio. Anteriormente, a reação muito ácida e toxidez por alumínio trocável já haviam sido apontadas como possíveis fatores

restritivos.

Os resultados para potássio trocável refletem que adubações muito pesadas induziram a desbalanço de nutrientes nos solos, especialmente com relação ao magnésio.

A correlação da produção com a saturação por bases foi naturalmente positiva. Entretanto, com a capacidade de troca de cátions em subsuperfície foi negativa, possivelmente pelo complexo estar saturado por hidrogênio e alumínio na maioria dos solos, refletindo uma condição mais restritiva do que favorável para a planta.

4.4.3 Avaliação da influência do solo nas produções (2)- atributos de fertilidade

A avaliação da influência dos atributos de fertilidade dos solos sobre as produções das lavouras também foi efetuada estabelecendo matrizes de correlação linear simples.

Os atributos edáficos indicativos da fertilidade química avaliados nessa fase, considerando as oito posições (C1, C2, C3, C4, R1, R2, R3, R4), foram:

P - fósforo;

MO - matéria orgânica;

pH - pH em CaCl₂;

HA1 - acidez potencial;

K - potássio trocável;

1/K - inverso de potássio trocável;

Ca - cálcio trocável;

Mg - magnésio trocável;

Ca/Mg - relação cálcio-magnésio;

Mg/K - relação magnésio-potássio;

S - soma de bases trocáveis;

T - capacidade de troca de cátions;

V - saturação por bases.

As variáveis de produtividade foram as mesmas utilizadas na fase anterior, conforme definido em 4.4.2.

A tabela 4.18 relaciona as variáveis que se correlacionaram significativamente com as produções das lavouras, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t de Student.

Os resultados evidenciam a importância da matéria orgânica, do teor de fósforo, do pH, do cálcio, da soma de bases, da saturação por bases e, especialmente, das relações Ca:Mg, Mg:K e 1/K sobre o desempenho das lavouras.

Na projeção da copa, onde predomina alta acidez no solo, as produções se correlacionaram positivamente com o aumento do pH.

Já para matéria orgânica, as correlações foram negativas. Nas camadas mais profundas, onde o pH é baixo, também é menor a decomposição da matéria orgânica. Pode-se supor que nos solos estudados, o aumento da matéria orgânica do solo, reflita menor decomposição devido à acidez. Os resultados negativos das correlações indicariam,

Tabela 4.18 - Atributos de fertilidade do solo e respectivos coeficientes de regressão, significativamente correlacionados ao nível de 5% de probabilidade (t, de Student) com as produções dos cafezais de dez locais na região de Marília e Garça.

Variável Dependente (Produção)	A t r i b u t o d e F e r t i l i d a d e
Y1984	MOC4 (-0,54); MOR2 (-0,66); MOR1 (-0,69); Ca/MgC1 (-0,52); Ca/MgR1 (-0,59); KR2 (0,61); KR4 (0,55); 1/KR3 (-0,52); Mg/KC1 (0,68); TR3 (-0,56); TR4 (-0,53)
Y1985	PC3 (0,64); PR2 (0,60); PR3 (0,60); KR1 (-0,59); 1/KR1 (0,52); Mg/KC3 (0,54)
Y1986	Mg/KC1 (0,54)
Y1987	PC3 (0,76); PC4 (0,86); PR2 (0,83); PR3 (0,66); MOC2 (-0,54); pH3 (0,74); CaC2 (0,53); VC2 (0,60); VC3 (0,63)
Y1988	PC3 (-0,56)
Y1989	PC3 (0,63); pHR3 (-0,52); pHR4 (-0,55); KR4 (0,55); Mg/KR3 (-0,77); Mg/KR4 (-0,75)
Y84/85	PC3 (0,72); PR2 (0,52); PR3 (0,64); MOC1 (-0,61); pH3 (0,52); Ca/MgR1 (-0,68); KR3 (0,55); 1/KR3 (-0,52); Mg/KC2 (0,58); Mg/KR4 (-0,56); TC1 (-0,56); TC4 (-0,60)
Y85/86	PC3 (0,68); pH2 (0,55); pH3 (0,55); CaC2 (0,64); KR1 (-0,60); Mg/KC2 (0,56); VC2 (0,53)
Y86/87	PC3 (0,72); PC4 (0,78); PR2 (0,60); PR3 (0,71); pH2 (0,55); pH3 (0,70); SC2 (0,56); VC2 (0,65)
Y87/88	PC4 (0,63); pH3 (0,58)
Y88/89	Ca/MgR2 (-0,60)
YMED6AN	PC3 (0,66); PC4 (0,64); PR2 (0,52); PR3 (0,67); pH3 (0,64); Mg/KC2 (0,52); VC2 (0,55)

Códigos: MO (matéria orgânica); P (fósforo); Ca (cálcio); K (potássio); 1/K (inverso do potássio); Ca/Mg (relação Ca:Mg); Mg/K (relação Mg:K); pH (pH); T (capacidade de troca de cátions); S (soma de bases trocáveis); V (saturação por bases); C (área adubada); R (meio da rua); 1 (0-5cm); 2 (0-20cm); 3 (20-40cm); 4 (40-60cm).

portanto, o efeito indireto do pH baixo e não da matéria orgânica em si.

O fósforo é um elemento imóvel no solo, devendo estar disponível na zona onde se concentram as raízes. Para o cafeeiro isto corresponde à uma camada até 50 cm de profundidade (INFORZATO & REIS, 1974; FRANCO & INFORZATO, 1946). Coerentemente, o maior número de correlações significativas, envolvem a posição PC3, ou teor de fósforo na área adubada, na camada entre 20-40 cm.

Na condição mínima, mas ainda em equilíbrio, KUPPER (1983) fez referência a que os teores de nutrientes deviam ser da ordem de 0,4 meq/ 100 g TFSA, para o potássio; 0,9 meq/ 100 g TFSA para o magnésio; 2,8 meq/ 100 g TFSA, para o cálcio; 4,0 meq/ 100 g TFSA para a soma de bases; 10 meq/ 100 g TFSA para a capacidade de troca de cátions; e, 40% de saturação por bases.

Na condição ideal, segundo aquele mesmo autor, o teor de potássio não se altera, o de magnésio sobe para 1,2 meq/ 100 g TFSA e o de cálcio para 4,5 meq/ 100 g TFSA. A soma de bases vai a 6,0 meq/ 100 g TFSA, a capacidade de troca de cátions não se altera, mas a saturação por bases se eleva para 60%. Tão importante quanto a quantidade total de bases disponíveis, KUPPER (1983) destacou a influência das relações entre nutrientes, sendo que indicou para o cafeeiro, a relação ideal de K:Mg:Ca com estando entre 1:3:9 e 1:5:25.

As correlações obtidas para o cálcio, soma de bases e saturação por bases, referidas às camadas na área adubada entre 0-20 cm (C2) e 20-40 cm (C3), foram sempre positivas. Isto é explicável por uma breve observação da Tabela 4.6, que mostra que os teores de cálcio na projeção da copa, à exceção da camada 0-5 cm (C1), são muito inferiores ao requerimento mínimo do cafeeiro, o mesmo ocorrendo com a soma de bases. Quanto à saturação por bases, a condição é relativamente boa para três locais, mas baixa para os demais, o que também explica correlação positiva.

Os resultados obtidos para as relações Ca:Mg (correlações negativas) e Mg:K (correlações positivas), com referência aos tratamentos na área adubada sugerem que o desbalanço de nutrientes nos solos decorre, especialmente, em função dos teores muito baixos de magnésio trocável. Os valores deste nutriente na Tabela 4.6 evidenciam sua pequena disponibilidade nos solos.

Assim como o que foi obtido para os atributos da classificação de solos (seção 4.4.2), as correlações da produção com a capacidade de troca de cátions são negativas, supostamente pelo complexo estar saturado predominantemente por íons alumínio e hidrogênio, o que condiciona uma situação mais restritiva, à medida que T aumenta.

Uma vez que não foi efetuado o estudo sistemático da distribuição do sistema radicular, como

previsto no início do projeto, a interpretação dos resultados obtidos para as posições no "meio da rua", ficou prejudicada, não tendo sido incluída.

As variáveis selecionadas nessa fase foram posteriormente testadas nas regressões múltiplas para obtenção dos modelos multivariados de produtividade.

4.4.4 Avaliação da influência do solo nas produções

(3)- atributos físico-hídricos

A avaliação da influência dos atributos físico-hídricos sobre as produções dos cafeeiros foi também realizada estabelecendo matrizes de correlação linear simples.

Os atributos edáficos avaliados nesta fase, considerando as quinze posições (C1, C2, C3, C4, C5, R1, R2, R3, R4, R5, M1, M2, M3, M4, M5) para cada local, foram:

PT - porosidade total determinada;

Ma - macroporosidade;

mi - microporosidade;

AD - água disponível entre 0,01 e 0,80 MPa;

FD - água facilmente disponível (entre 0,01 e 0,10 MPa);

D - densidade do solo.

As variáveis de produtividade foram as mesmas empregadas nas fases anteriores, conforme definido em 4.4.2.

A Tabela 4.19 indica os atributos físico-

Tabela 4.19 - Atributos físicos e hídricos significativamente correlacionados com as produções dos cafezais, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de Student, para dez locais na região de Marília e Garça.

Variável Dependente (Produção)	Atributos físicos e hídricos
Y1984	MAM1 (0,52); miC2 (-0,55); miC3 (-0,69); miC4 (-0,58); miC5 (-0,59); miR3 (-0,59); miR4 (-0,52); miR5 (-0,59); miM1 (-0,77); miM2 (-0,53); miM3 (-0,54); miM4 (-0,60); DC1 (0,52); ADC2 (-0,55); ADC3 (-0,54); ADC4 (-0,60); ADR4 (-0,61); ADR5 (-0,53); ADM1 (-0,61); ADM2 (-0,70); ADM3 (-0,60); AFC4 (-0,63); AFR5 (-0,52)
Y1985	MAR1 (0,68)
Y1986	miM4 (-0,54); ADC4 (-0,66); AFC4 (-0,52)
Y1988	DC3 (-0,56); ADR2 (0,63); ADR3 (0,67); AFC3 (0,60)
Y1989	AFM4 (0,60)
Y84/85	MAR3 (0,63); MAM2 (0,63); MAM3 (0,56); miC3 (-0,58); miC4 (-0,62); miC5 (-0,51); miR3 (-0,62); miR4 (-0,54); miR5 (-0,52); miM4 (-0,66); DC5 (0,52); ADC2 (-0,76); ADC3 (-0,72); ADR2 (-0,61); ADR3 (-0,52); ADM1 (-0,60); ADM2 (-0,68); AFC2 (-0,60); AFR2 (-0,53); AFM1 (-0,54)
Y85/86	MAM3 (0,56); miM4 (-0,54); ADC2 (-0,52)
Y86/87	miC4 (-0,55); miR5 (-0,53); miM4 (-0,62); DC1 (0,59)
Y87/88	AFC3 (0,57)
Y88/89	PTH1 (0,56); MAC4 (0,52); MAM4 (0,52); DC3 (-0,52); DC4 (-0,53); DM1 (-0,56); DM3 (-0,53); ADR2 (0,52); AFC3 (0,63)
YMED6AN	MAM3 (0,57); miC4 (-0,55); miM4 (-0,62); ADC2 (-0,55); ADM2 (-0,52)

Códigos: MA (macroporosidade); mi (microporosidade); D (densidade); AD (água disponível); AF (água facilmente disponível); C (cova); R (rodagem de máquinas); M (meio da rua); 1 (0-20cm); 2 (20-40cm); 3 (40-60cm); 4 (60-80cm); 5 (80-100cm).

hídricos que se correlacionaram significativamente com as produções dos cafezais ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t de Student.

Os resultados indicam que as correlações são positivas em relação à macroporosidade e negativas em relação à microporosidade. Aparentemente, permanecem válidas as considerações de que o volume da macroporosidade nestes solos é inferior ao desejável e, conseqüentemente, o da microporosidade superior ao ideal.

A porosidade total se revelou um atributo menos significativo. Apenas a média da produtividade no biênio 88/89 se correlacionou positivamente com a mesma.

Os resultados para água disponível e facilmente disponível indicam maior número de correlações negativas, fato não esperado em solos de textura franco arenosa ou franco argilo-arenosa. Nas condições das áreas estudadas, esperava-se caracterizar limitações por insuficiente disponibilidade de água, indicada por correlações positivas. Apenas as produtividades em 88, 89 e as médias bianuais em 87/88 e em 88/89 se correlacionaram positivamente com aqueles atributos hídricos.

Nos casos em que as correlações foram negativas para água disponível e facilmente disponível, foram positivas em relação à densidade do solo.

Os atributos selecionados nessa fase, também foram posteriormente incorporados às matrizes para as

análises de regressão múltipla e avaliação do efeito integrado dos fatores.

4.5 O efeito integrado dos diversos fatores nas produções: resultados das análises de regressão múltipla

A caracterização dos atributos mesológicos e do manejo permitiu identificar fatores presumivelmente limitantes às produções dos cafezais. Porém, a avaliação objetiva do efeito conjunto de todos eles foi efetivada lançando mão da estatística multivariada. Os métodos multivariados são extremamente poderosos por permitirem a manipulação de muitas variáveis simultaneamente (DAVIS, 1973).

A pesquisa através de um grande conjunto de variáveis potenciais, para identificar as que efetivamente são relevantes ao problema em questão, deve ser realizada de modo mais objetivo do que o simples exame da equação de regressão. Para se determinar a melhor regressão múltipla, todas as combinações possíveis de variáveis precisam ser examinadas. Existem procedimentos que permitem operar uma regressão ótima com esforço relativamente pequeno, conforme descrito por DAVIS (1973).

ZONTA & MACHADO (1989) desenvolveram um pacote estatístico, o SANEST, cuja última versão foi utilizada no presente trabalho para proceder às análises

multivariadas. Os processos de seleção de variáveis empregados foram o máximo valor de r^2 e o descendente.

O processo máximo r^2 seleciona o melhor modelo de uma, de duas, de três variáveis, e assim por diante, até incluir em um mesmo modelo, ao final do processo, todas as variáveis previamente definidas como preditoras.

O critério que determina a ordem de entrada das variáveis é o máximo coeficiente de correlação que pode ser alcançado em cada passo. As últimas variáveis que vão sendo incorporadas, produzem incrementos sucessivamente menores em r^2 , sendo possível discriminar as mais relevantes.

A seleção descendente é uma modificação do processo "backward elimination" (DAVIS, 1973), introduzida pelos autores do SANEST (ZONTA & MACHADO, 1989). Este processo de seleção elimina, passo-a-passo, as variáveis cujos coeficientes não são significativos, de acordo com o nível de significância especificado pelo usuário (neste caso, de 5%).

Uma variável retirada do modelo pode retornar, no entanto, nos passos posteriores desde que, na ausência de outras variáveis, passe a ter contribuição significativa. Ao final do processo de seleção, nem todas as variáveis permanecem no modelo.

A avaliação iniciou considerando a influência

conjunta de fatores da planta, do manejo e do clima sobre as produções dos cafezais (variável dependente Y2). Foi estabelecida uma matriz com as seguintes variáveis preditoras:

Planta: Y1 - produção do ano anterior;

Idade - idade da lavoura (anos);

Manejo: Covas - número de covas por hectare;

Cal - calagem (kg calcário/ ha);

N - adubação nitrogenada (kg/ ha);

P 0 - adubação fosfatada (kg/ ha);

2 5

K 0 - adubação potássica (kg/ ha);

2

Zn - adubação com zinco (kg/ ha);

B - adubação com boro (kg/ ha);

Clima: X2 - precipitação no trimestre julho-agosto-setembro;

X5 - precipitação no trimestre novembro-dezembro-janeiro;

X8 - precipitação no trimestre abril-maio-junho;

X10 - frequência de chuvas no trimestre julho-agosto-setembro;

X18 - temperatura máxima média no trimestre julho-agosto-setembro;

X20 - temperatura máxima média no trimestre outubro-novembro-dezembro;

X24 - temperatura máxima média no trimestre abril-maio-junho;

X40 - temperatura mínima média no trimestre abril-
maio-junho.

As variáveis climáticas correspondem aos registros ocorridos no ano imediatamente anterior em relação ao da variável dependente Y2 (produção observada).

As variáveis foram testadas 10 a 10,
2
utilizando o processo de seleção máximo r .

As primeiras dez variáveis acima relacionadas foram testadas em relação à Y2. O modelo de dez variáveis preditoras (Y1, idade, covas, cal, N, P O , K O, Zn, B, X2)
2 5 2
explicou 59,5% ($r = 0,771$) da variação total.

Resultado quase equivalente foi alcançado com o modelo intermediário de seis variáveis preditoras (Y1, covas, P O , K O, B, X2), que explicou 59,2% da variação
2 5 2
observada. Este fato evidenciou que as outras quatro variáveis (Zn, cal, N, idade) pouco acrescentaram ao resultado final.

Baseando-se nessas tendências iniciais, algumas decisões foram adotadas nas rodadas seguintes de correlações.

As variáveis B e Zn foram eliminadas dos testes multivariados a partir desta rodada, apesar da aparente importância da primeira. Isto porque os dados acerca das quantidades fornecidas dos respectivos adubos, não eram disponíveis para todos os locais.

A variável P O também foi eliminada, pela
2 5

possibilidade de substituição pelas variáveis indicativas dos teores presentes no solo, consideradas mais diretamente relacionadas com desempenho.

Apesar da pequena contribuição das variáveis calagem (cal), nitrogênio (N) e idade nas regressões multivariadas, as três foram mantidas. Cal, porque se mostrara promissora na fase anterior de correlações simples; N, por sua importância no desenvolvimento da planta e impossibilidade de consideração de outra forma; idade, porque também se constituiu em atributo distintivo entre os locais, por ocasião das correlações simples.

A esse elenco selecionado de variáveis de planta e de manejo (Y1, idade, covas, cal, N, K O) foram² alternativamente acrescentados dois grupos de variáveis climáticas: a) X2, X8, X24, X40) e b) X5, X8, X10, X20.

Os dois modelos de dez variáveis resultantes explicaram indistintamente cerca de 60,7% da variação total
**
($r = 0,779$).

A evolução do processo de seleção revelou as variáveis X2 e X8 como as mais poderosas dentre as oito testadas. Nos passos intermediários, o modelo com cinco variáveis preditoras (Y1, covas, N, X2 e X8) já explicava 60,1% da variação total.

O modelo incluindo somente as três variáveis preditoras (Y1, X2 e X10) que compõem o modelo climático desenvolvido para o cafeeiro por PAES DE CAMARGO et alii

(1984) foi avaliado separadamente. Embora eficiente nas condições de estudo daqueles autores, forneceu um resultado insatisfatório no caso presente. Explicou apenas 39,9% da variação total, tornando-se claro que outros fatores deveriam ser considerados nas regressões múltiplas.

A explicação para as diferenças entre resultados é que PAES DE CAMARGO et alii (1984) estudaram as correlações dentro de um mesmo local e em lavouras submetidas aos mesmos tratos culturais. No presente trabalho, ao contrário, foram incluídos vários locais submetidos a manejo diferenciado, caracterizando uma situação mais abrangente e menos homogênea.

A etapa seguinte de avaliação dos fatores de produção contemplou as variáveis de fertilidade dos solos.

Ao conjunto anteriormente selecionado (Y1, idade, covas, N, X2, X8, X40) foram acrescentadas mais cinco variáveis preditoras:

PC3 - fósforo na área adubada na camada 20-40 cm;

pHC3 - pH em água na área adubada na camada 20-40 cm;

CaC2 - cálcio trocável na área adubada na camada 0-20 cm;

Mg/KC2 - relação Mg:K na área adubada na camada 0-20 cm;

VC2 - saturação por bases na área adubada na camada 0-20cm.

A primeira rodada de correlações com Y2 desta etapa, iniciou com as variáveis preditoras Y1, idade, covas, N, X40, PC3, pHC3, CaC2, Mg/KC2 e VC2. O processo de seleção continuou sendo o máximo r^2 .

Com esse modelo de dez variáveis, 68,8% da variação total foi explicada ($r = 0,829^{**}$), melhorando substancialmente o valor prognóstico da regressão. O modelo com cinco variáveis (Y1, N, X40, PC3, pH3) já se mostrou muito bom, explicando 66,0% da variação total.

Na segunda rodada de correlações, a variável X40 foi substituída pelas variáveis X2 e X8, pois a combinação das duas se mostrou superior em relação à anterior.

O modelo de dez variáveis preditoras (Y1, idade, covas, N, X2, X8, PC3, pH3, Mg/KC2, VC2) passou então a explicar 69,7% da variação total ($r = 0,835^{**}$). O de cinco variáveis (Y1, idade, X2, PC3, Mg/KC2) teve comparativamente um pior desempenho que no caso anterior, explicando 64,0% da variação total.

A terceira rodada de correlações testou a combinação das variáveis X2 e X40, individualmente as mais poderosas. As demais foram mantidas: Y1, idade, covas, N, PC3, pH3, Mg/KC2, VC2. A variável CaC2 foi retirada porque VC2 pareceu melhorar a correlação.

O modelo com dez variáveis preditoras explicou 69,3% da variação total, resultado equivalente ao obtido na rodada anterior. O modelo de cinco variáveis foi idêntico ao obtido na primeira rodada.

A evolução do processo mostrou que a primeira variável de fertilidade incorporada ao modelo foi pH3 (1a.

e 3a. rodadas) ou, simultaneamente PC3 e Mg/KC2 (2a. rodada). As variáveis de fertilidade mais importantes correspondem a pH_{C3}, PC3 e VC2.

A terceira fase de avaliação envolveu as variáveis físico-hídricas. Foram testadas as seguintes:

DC2 - densidade próximo à cova na camada 20-40cm;

ADC2 - água disponível próximo à cova na camada 20-40 cm;

ADR2 - água disponível na rodagem de máquinas na camada 20-40 cm;

MAR1 - macroporosidade na rodagem de máquinas na camada 0-20 cm;

miC2 - microporosidade próximo à cova na camada 20-40 cm;

O processo de seleção continuou sendo o máximo r^2 .

O resultado, comparativamente ao efeito das variáveis de fertilidade, foi pior e o modelo com dez variáveis preditoras (Y1, idade, covas, N, X40, DC2, ADC2, ADR2, MAR1, miC2) explicou 63,8% da variação total ($r = 0,799^{**}$). O modelo com quatro variáveis (Y1, covas, X40, MAR1) já explicava 62,6% da variação observada.

Na segunda rodada, a variável X40 foi substituída pelas variáveis X2 e X8, e a variável ADR2 foi retirada. O resultado obtido com o modelo de dez variáveis preditoras melhorou em relação ao anterior, explicando 66,5% da variação total. O de cinco variáveis (Y1, covas, X2, X8 e MAR1) já pode explicar 65,6% da variação observada.

Na terceira rodada, também foi testada a combinação X2/X40. Desta vez a variável N foi retirada e reintroduzida ADR2. O resultado foi intermediário aos dois precedentes.

O modelo de dez variáveis preditoras explicou 65,8% da variação total e o de cinco (Y1, covas, X2, X40, MAR1), 64,9%.

A variável MAR1 se mostrou a mais poderosa dentre as variáveis físico-hídricas testadas. Seguem-se a ela ADC2, mic2 e DC2. A variável ADR2 pareceu menos importante.

A quarta fase da avaliação, ainda seguindo o processo de seleção máximo r^2 , contemplou as variáveis representativas da granulometria dos perfis. Em menor número, foram avaliadas em conjunto com as físico-hídricas selecionadas na fase anterior.

As novas variáveis testadas foram:

SI1+ARG1 - soma dos teores de silte e argila na profundidade 1 (horizontes superficiais: A+AB ou A+E);
SI2+ARG2 - soma dos teores de silte e argila na profundidade 2 (horizontes subsuperficiais: Bt; Bw; ou Bt+Bw).

A rodada inicial de correlações envolveu as seguintes dez variáveis preditoras: Y1, idade, covas, N, X2, X8, ADC2, MAR1, SI1+ARG1, SI2+ARG2. O modelo completo explicou cerca de 72,7% da variação total ($r^2 = 0,853$),

caracterizando novo salto de qualidade no valor prognóstico da regressão em relação às anteriores.

O modelo de cinco variáveis (Y1, idade, covas, X2, SI2+ARG2) teve um desempenho já destacado explicando 71,0% da variação total. Este fato evidenciou a importância da variável SI2+ARG2.

Na segunda rodada, as variáveis X2 e X8 foram substituídas por X40 e DC2 foi introduzida. O modelo com dez variáveis preditoras (Y1, idade, covas, N, X40, DC2, ADC2, MAR1, SI1+ARG1, SI2+ARG2) foi pouco inferior ao anterior, explicando 72,0% da variação total.

O modelo de cinco variáveis (Y1, idade, covas, X40, SI2+ARG2), também foi pior, explicando cerca de 67,7% da variação observada.

A terceira rodada reintroduziu X2 e X8; X40 e SI1+ARG1 foram retiradas. O modelo com dez variáveis preditoras (Y1, idade, covas, N, X2, X8, DC2, ADC2, MAR1, SI2+ARG2) explicou 73,6% da variação total ($r = 0,858$), caracterizando-se a melhor das três regressões.

O de seis variáveis (Y1, idade, covas, X2, DC2, SI2+ARG2) já foi muito bom, explicando 72,1% da variação total, praticamente equivalente ao modelo completo da primeira rodada.

A quinta fase de avaliação incluiu, em uma única matriz, as principais variáveis de manejo, do clima, de fertilidade e físico-hídricas selecionadas nas fases

anteriores, para uma primeira análise conjunta.

A primeira rodada de correlações com Y2 contemplou as quatorze variáveis seguintes:

Planta: Y1 - produção do ano anterior;

idade - idade da lavoura (anos);

Manejo: N - adubação nitrogenada (kg N/ ha);

Clima: X2 - precipitação (mm) no trimestre julho-agosto-setembro;

X8 - precipitação (mm) no trimestre abril-maio-junho;

Fertilidade:

PC3 - fósforo na área adubada na camada 20-40 cm;

pHC3 - pH em água na área adubada na camada 20-40 cm;

Mg/KC2 - relação Mg:K na área adubada na camada 0-20 cm;

Físico-hídricas:

DC2 - densidade do solo próximo à cova na camada 20-40 cm;

ADC2 - água disponível próximo à cova na camada 20-40 cm;

MAR1 - macroporosidade na rodagem de máquinas na camada 0-20 cm;

miC2 - microporosidade próximo à cova na camada 20-40 cm;

SI2+ARG2 - soma dos teores de silte e argila em subsuperfície.

O modelo de quatorze variáveis explicou 75,1% da variação total ($r^2 = 0,867$), melhorando a qualidade da previsão. O modelo com sete variáveis (Y1, idade, N, X2, X8, pH3, SI2+ARG2) apresentou resultado pouco inferior, explicando 74,1% da variação total.

Numa segunda rodada, a variável pH3 foi retirada, sendo introduzida VC2. O resultado não se alterou. O modelo completo explicou os mesmos 75,1% da variação total.

O modelo com sete variáveis (Y1, idade, X2, VC2, DC2, ADC2, SI2+ARG2) foi, entretanto, pouco inferior, explicando 73,0% da variação observada. A variável pH3 pareceu mais forte que VC2.

A terceira rodada de correlações também reuniu quatorze variáveis preditoras, o processo de avaliação sendo ainda o máximo r^2 .

Foram introduzidas duas novas variáveis: NPL (número de plantas por hectare) e X17 (temperatura máxima média no trimestre maio-junho-julho). As variáveis X8 e miC2 foram retiradas.

O modelo com quatorze variáveis preditoras explicou 75,2% da variação total ($r^2 = 0,867$). O modelo com sete variáveis (Y1, idade, N, X2, X17, pH3, SI2+ARG2) apresentou resultado também muito bom, explicando 74,0%.

Numa quarta rodada, a variável X8 foi reintroduzida e ADC2 retirada do conjunto. O processo de

seleção de variáveis foi alterado para o descendente ("backward" modificado).

O modelo completo (Y1, idade, covas, NPL, N, X2, X8, X17, PC3, pH3, Mg/KC2, DC2, MAR1, SI2+ARG2) explicou 75,1% da variação total ($r = 0,867$), praticamente o mesmo obtido com o modelo completo precedente.

O modelo com sete variáveis neste caso foi inferior ao anterior, explicando 72,3% da variação total. O processo de seleção findou no passo 11, com um modelo de apenas quatro variáveis preditoras (Y1, X2, pH3, DC2), que explicou 66,0% da variação total ($r = 0,813$).

Na quinta rodada desta fase, foi introduzida a variável 1/K1 (inverso do teor de potássio na profundidade 1), em substituição à variável Mg/KC2. Foi mantido o processo de seleção descendente.

O modelo completo (Y1, idade, covas, NPL, N, X2, X8, X17, PC3, pH3, 1/K1, DC2, MAR1, SI2+ARG2) explicou 75,2% da variação total ($r = 0,867$), evidenciando o efeito equivalente das variáveis Mg/KC2 e 1/K1 nas regressões.

Nos passos intermediários, o modelo com sete variáveis (Y1, idade, covas, NPL, N, X2, X17, pH3, SI2+ARG2) explicou 74,0% da variação observada. Ao final do processo, foi selecionado um modelo com sete variáveis preditoras (Y1, idade, N, X2, X8, pH3, SI2+ARG2), que explicou 74,1% da variação total ($r = 0,861$).

Ainda nessa fase, procedeu-se à sexta rodada

de correlações. A variável mic2 foi incluída, reintroduzida ADC2 e excluídas covas e X17.

O modelo completo (Y1, idade, NPL, N, X2, X8, PC3, pH3, 1/K1, DC2, ADC2, MAR1, mic2, SI2+ARG2) explicou 75,1% da variação total ($r = 0,867$ **). O processo de seleção findou no passo 12, com um modelo de cinco variáveis preditoras (Y1, idade, X2, pH3, SI2+ARG2), explicando 73,2% da variação total ($r = 0,855$ **).

Numa tentativa de melhorar o valor prognóstico dos modelos até então selecionados, cujos coeficientes de determinação pouco excederam o patamar dos 75%, foi efetuada nova avaliação em separado de variáveis climáticas e combinações ainda não experimentadas.

Se inicialmente a ênfase recaiu sobre a avaliação do efeito das precipitações, nesta fase o enfoque se deslocou para as variáveis de temperatura.

As novas variáveis climáticas testadas foram:

- X22 - temperatura máxima média no trimestre janeiro-fevereiro-março;
- X25 - média da temperatura máxima absoluta no trimestre maio-junho-julho;
- X27 - média da temperatura máxima absoluta no trimestre agosto-setembro-outubro;
- X33 - temperatura mínima média no trimestre maio-junho-julho;
- X41 - média da temperatura mínima absoluta no trimestre

maio-junho-julho.

O processo de seleção utilizado continuou sendo o descendente. Esta fase envolveu quatro rodadas de correlações sendo que o resultado final apontou a combinação das variáveis X8 e X41 como sendo a mais promissora dentre as que foram testadas.

Finda esta etapa, foi retomado o processo de avaliação em conjunto dos diferentes tipos de variáveis mesológicas e do manejo.

Esta correspondeu à última fase de correlações empreendida, envolvendo seis diferentes combinações de variáveis. O processo de seleção adotado ainda foi o descendente.

A Tabela 4.20 relaciona as combinações de variáveis testadas e os coeficientes de determinação e de regressão dos respectivos modelos completos (passo inicial do processo de seleção).

A observação da Tabela 4.20 evidencia que duas variáveis foram mantidas em todas as combinações testadas. Estas variáveis correspondem a Y1 (produção do ano anterior) e idade (idade das lavouras). As demais foram alternativamente introduzidas e retiradas para analisar os efeitos nos resultados finais.

O modelo de melhor correlação obtido no trabalho se originou da 5a. combinação de variáveis preditoras da Tabela 4.20, explicando 76,6% da variação

Tabela 4.20 - Variáveis, coeficientes de determinação e regressão de seis modelos multivariados de previsão da produção de café em dez locais na região de Marília e Garça.

No.	Variáveis preditoras	Variação Explicada (%)	r
1	Y1, idade, covas, N, X8, X41, PC3, pH3, Mg/KC2, DC2, ADC2, MAR1, mic2, SI2+ARG2	76,5	0,874
2	Y1, idade, covas, N, X2, X24, X25, PC3, pH3, Mg/KC2, DC2, ADC2, MAR1, mic2	69,5	0,834
3	Y1, idade, covas, N, X2, X24, X41, VC2, pH3, PC3, SI2+ARG2	74,4	0,863
4	Y1, idade, NPL, N, X2, X8, X24, X41, pH3, VC2, DC2, MAR1, ADC2, SI2+ARG2	74,9	0,866
5	Y1, idade, covas, N, X2, X8, X41, PC3, CaC2, Mg/KC2, DC2, ADC2, MAR1, SI2+ARG2	76,6	0,876
6	Y1, idade, covas, NPL, X2, X8, X41, PC3, pH3, Mg/KC2, DC2, ADC2, MAR1, SI2+ARG2	76,5	0,874

Códigos: Y1 (produção do ano anterior); idade (idade da lavoura); covas (número de covas por hectare); NPL (número de plantas por hectare); N (adubação nitrogenada); X2 (precipitação no trimestre jul-ago-set); X8 (precipitação no trimestre abr-mai-jun); X24 (temperatura máxima média no trimestre abr-mai-jun); X25 (média temperatura máxima absoluta no trimestre no trimestre mai-jun-jul); X41 (média temperatura mínima absoluta no trimestre mai-jun-jul); PC3 (fósforo na área adubada na camada 20-40 cm); VC2 (saturação por bases na área adubada na camada 0-20 cm); CaC2 (cálcio trocável na área adubada na camada 0-20 cm); pH3 (pH em água na área adubada na camada 20-40 cm); Mg/KC2 (relação Mg/K trocáveis na área adubada na camada 0-20 cm); DC2 (densidade junto à cova na camada 20-40 cm); ADC2 (água disponível junto à cova na camada 20-40 cm); MAR1 (macroporosidade na rodagem de máquinas na camada 0-20 cm); mic2 (microporosidade junto à cova na camada 20-40 cm); SI2+ARG2 (soma dos teores de silte e argila em subsuperfície).

total da produção. A equação representativa é a seguinte:

$$\begin{aligned} Y2 = & 10883,76 - 0,56Y1 - 557,20idade - 8,52covas + 2,40N + \\ & -4,93X2 - 0,87X8 + 771,94X41 + 134,79PC3 + 4167,12CaC2 + \\ & - 332,56Mg/KC2 + 9455,40DC2 - 343,29ADC2 - 181,05MAR1 + \\ & \quad \quad \quad ** \\ & - 255,44SI2 + ARG2 \quad (r = 0,876) \end{aligned}$$

O referido modelo põe em evidência as variáveis, dentre todas testadas, que maior influência exercem sobre as produtividades de café nas áreas da pesquisa.

A produção do ano anterior ($Y1$) é, reconhecidamente, um importante fator de influência na produção do cafeeiro (BEAUMONT, 1939; LAINS e SILVA, 1956; TOSELLO & ARRUDA, 1962; PAES DE CAMARGO et alii, 1984). Mostra um efeito reverso na produção do ano, isto é, quando $Y1$ é alta, entrando como um valor negativo, grande também será o decréscimo promovido em $Y2$ (produção do ano). Ao contrário, se $Y1$ é um valor pequeno, pouco será seu efeito sobre $Y2$.

Na prática, isto reflete uma peculiaridade fisiológica do cafeeiro, que é o fato da produção ocorrer apenas em ramos novos (RENA & MAESTRI, 1987). Em anos de grande produção, há pequeno desenvolvimento de ramos novos, porque a máxima vegetação e granação concorrem pelos produtos da fotossíntese, sendo preferencialmente deslocada

para os frutos. A produção do ano seguinte será, portanto, limitada.

Isso também explica o característico ciclo bianual de produção do cafeeiro (Tabela 4.14). Em certas regiões, a alternância de baixas e altas produções pode ser amenizada pelo manejo e, em outras, acentuada por influência das características de clima e solo.

Acertada foi a decisão de manter a variável idade da lavoura, a despeito dos resultados das primeiras correlações múltiplas. Pelo modelo completo, a cada ano que se acrescenta à idade, deve ocorrer uma perda de 557 kg/ ha de café em côco na produção final.

Não foi possível identificar pelas equações testadas, se este rápido esgotamento das plantas, diferente do que ocorre em outros locais, deve-se às condições intrínsecas da cultura nas condições de clima e solo da área, ou se está associado a aspectos do manejo ou de esgotamento de algum nutriente no solo.

A correlação positiva com número de covas e número de plantas por hectare, observada nos estágios intermediários das regressões e presente em três dos modelos completos resultantes das combinações da Tabela 4.20, sugere que o adensamento do plantio desempenha um importante papel preventivo ao esgotamento das plantas individualmente. Esse adensamento, para ser benéfico, deve resultar de menor espaçamento entre plantas e não de maior número de plantas

por cova.

Plantios menos adensados, caso típico do presente trabalho (Tabela 3.1), acarretariam superproduções por planta que, com a idade, conduziriam a declínio das lavouras, uma vez que o solo, relativamente fraco, não auxilia a completa e pronta recuperação das plantas.

No modelo final de quatorze variáveis, apresentado como sendo o melhor resultado alcançado, a correlação com número de covas por hectare ou espaçamento é, no entanto, negativa, sugerindo o efeito de interação entre variáveis, não avaliado no presente estágio desta pesquisa.

A variável seguinte, adubação nitrogenada, exerce uma influência positiva nas produtividades. Cada quilo fornecido do elemento por hectare, resultaria em um acréscimo de 2,4 kg/ ha na produção final. Este acréscimo é muito aquém do esperado, provavelmente pelo efeito mais restritivo de outros fatores ocorrendo no solo.

A temperatura mostrou uma influência tanto ou mais significativa do que a precipitação sobre as produções. O aumento de um grau na temperatura mínima absoluta à época da preparação para o florescimento, implicaria em um acréscimo de cerca de 772 kg/ha de café em côco na produção final.

Uma vez que nessas áreas a temperatura mínima absoluta pode ser até negativa, práticas simples como a escolha do local de plantio e manejo da cobertura do solo,

podem incrementar substancialmente a produtividade dos cafezais, por prevenir o acúmulo de ar frio e variações muito acentuadas da temperatura à superfície do solo.

Os resultados relativos às variáveis de fertilidade evidenciam deficiência de cálcio e fósforo. Cada micrograma por centímetro cúbico de acréscimo do teor de fósforo no solo, na área adubada entre 20-40 cm, promoveria o aumento de 135 kg/ha de café em côco na produção final. Quanto ao cálcio, a elevação de 1,0 meq/ 100 cm³ TFSA na área adubada entre 0-20 cm, proporcionaria mais 4167 kg/ha de café em côco na produção final.

Tais resultados revelam a necessidade de incorporação mais profunda do fósforo, para atingir a zona de concentração das raízes, uma vez ser o mesmo um elemento imóvel no solo. E a necessidade de calagem, prática simples e relativamente barata, para corrigir a deficiência de cálcio nos primeiros 20 cm de solo, que por si só promoveria um efeito extraordinário na produção. Não se deve desconsiderar, no entanto, a ocorrência de acidez elevada e caráter álico também em profundidade.

Novamente, diverso do obtido nas regressões intermediárias e em outros dois modelos resultantes das combinações da Tabela 4.20, a correlação é negativa com a relação Mg:K. Este resultado eclipsa o fato de que em muitas lavouras o teor de magnésio é muito baixo e o de potássio muito elevado, provavelmente em função de adubações

potássicas muito pesadas, acarretando fortes desequilíbrios da citada relação.

O aumento da densidade do solo na cova em subsuperfície, teve um efeito francamente positivo sobre as produções. Ainda em subsuperfície, a água disponível mostrou correlação significativa, porém negativa. Igualmente, o aumento dos teores de silte e argila em subsuperfície nos solos, também se correlacionou com decréscimo das produções.

Esses resultados, à primeira vista pouco coerentes, parecem refletir o efeito indireto de um outro fator sobre as produções. Possivelmente, a grande diferenciação textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais nos solos das áreas de estudo, explique aquelas relações.

O gradiente textural acentuado acarreta uma série de limitações para a lavoura. Diferenças na condutividade hidráulica entre camadas, rápida à superfície e lenta em subsuperfície, favorecem o escoamento lateral em detrimento da infiltração da água, resultando em perda de água e de solo. O contraste marcante da granulometria em profundidade no solo, pode também caracterizar uma camada de impedimento, que dificulta o desenvolvimento do sistema radicular. Consequentemente, a planta passa a explorar um menor volume de solo, tornando-se dependente do suprimento de água e nutrientes das camadas mais superficiais.

Por tais motivos, é razoável supor que o gradiente textural esteja mascarando o efeito da granulometria e água disponível. Pois, quando aumentam os teores de silte e argila em subsuperfície e, nessa faixa textural junto aumenta a disponibilidade de água (ARRUDA, et alii 1987), também é maior o gradiente textural. Esse fator restritivo parece suplantar quaisquer benefícios que adviriam da interação granulometria X água.

A correlação positiva com densidade do solo reforça essa interpretação. Nos solos da área, o aumento da densidade em subsuperfície se relaciona com menores teores de argila e maiores de areia, o que diminui o gradiente textural em profundidade no solo. O gradiente menos acentuado é que deve ser o fator positivo refletido no resultado da correlação.

Pela discussão apresentada, fica evidente a necessidade de buscar formas de avaliação do efeito direto do gradiente textural no desempenho das culturas. De modo particular para as áreas de estudo, tais relações evidenciam o cuidado que se deve ter na escolha dos locais para instalação das lavouras, de modo a evitar solos com forte diferenciação textural.

Os resultados globais alcançados, tornam evidente que com a série disponível dos dados de produção e o elenco adotado de variáveis preditoras, não ultrapassa aos 77% (r= 0,88), o limite de competência para explicar a

**

variação total observada entre as produções, como atestam os coeficientes de determinação da Tabela 4.20.

Esse patamar, entretanto, é referencial uma vez que submetendo as combinações iniciais de quatorze variáveis ao processo de seleção descendente, foram individualizados modelos menores mais consistentes, mas com menor capacidade de explicação da variação observada.

A perda, no entanto, foi pequena e os resultados finais obtidos promissores, dado que para fins de previsão e simulação, é maior a conveniência e operacionalidade em trabalhar com modelos menores.

A Tabela 4.21 relaciona os três modelos multivariados, seus respectivos coeficientes de correlação e de regressão.

Das seis combinações iniciais de variáveis da Tabela 4.20, chegou-se a apenas três modelos selecionados ao final, porque as combinações de variáveis números 1, 3, 4 e 6 originaram o mesmo modelo multivariado, o de número 1 da Tabela 4.21. A combinação de variáveis número 2 (Tabela 4.20) gerou o modelo 2 (Tabela 4.21); e, a combinação de variáveis número 5 (Tabela 4.20), o modelo 3 (Tabela 4.21).

O pior resultado é o do modelo 2, que explica apenas 64,4% da variação total ($r = 0,802$).

Comparando as combinações de variáveis 1 e 2 da Tabela 4.20, nota-se que a diferença de desempenho destes

Tabela 4.21 - Modelos multivariados selecionados para explicar as produtividades dos cafezais nas áreas da pesquisa.

Modelo	Variação Explicada (%)	r
1 $Y_2 = 7365,91 - 0,55Y_1 - 308,86idade + 719,50X_{41} + 874,88pHC3 +$ $- 231,95SI2+AR62$	73,1	0,855 ^{††}
2 $Y_2 = 4769,45 - 0,44Y_1 + 13,29X_2 + 802,34X_{24} + 1510,92pHC3 +$ $- 18155,65DC2 - 308,86ADC2$	64,4	0,802 ^{††}
3 $Y_2 = 888,42 - 0,56Y_1 - 363,21idade + 704,46X_{41} + 1834,52CaC2 +$ $+ 7628,25DC2 - 306,80SI2+AR62$	74,6	0,863 ^{††}

Códigos: Y2 (produção do ano); Y1 (produção do ano anterior); idade (idade da lavoura); X2 (precipitação no trimestre jul-ago-set); X24 (temperatura máxima média no trimestre abr-mai-jun); X41 (média temperatura mínima absoluta no trimestre mai-jun-jul); CaC2 (cálcio trocável na área adubada na camada 0-20 cm); pHC3 (pH em água na área adubada na camada 20-40 cm); DC2 (densidade junto à cova na camada 20-40 cm); ADC2 (água disponível junto à cova na camada 20-40 cm); SI2+AR62 (soma dos teores de silte e argila em subsuperfície).

dois modelos finais (respectivamente 1 e 2 da Tabela 4.21), deve-se possivelmente à ausência das variáveis X41 e SI2+ARG2 na combinação 2.

Os modelos 1 e 3 são quase equivalentes, explicando respectivamente 73,1% ($r = 0,855$) e 74,6% ($r = 0,863$) da variação total. ^{**}

Esse resultado pode ser considerado muito bom, visto que o patamar, como comentado, quase atinge os 77% (com quatorze variáveis), porém aqui estão envolvidas apenas cinco e seis variáveis.

Estes dois modelos possuem quatro variáveis comuns: Y1 (produção do ano anterior), idade (idade da lavoura), X41 (temperatura mínima absoluta no trimestre maio-junho-julho do ano anterior) e SI2+ARG2 (soma dos teores de silte e argila nos horizontes subsuperficiais).

A variável pH3 (pH na área adubada na camada 20-40 cm) do modelo 1, foi substituída pela variável CaC2 (cálcio na área adubada na camada 0-20 cm), do modelo 3. Deste também participa a variável DC2 (densidade próximo à cova na camada 20-40 cm).

A influência dessas variáveis já foi anteriormente comentada.

Os resultados obtidos revelam os modelos 1 e 3 como os operacionalmente mais adequados para explicarem as variações das produções entre os locais.

As Figuras 4.5 e 4.6 mostram os gráficos dos

Figura 4.5 - Comparação entre os valores de produção de café observados e estimados pelo modelo 1 (Tabela 4.21), para dez locais na região de Marília e Garça.

Figura 4.6 - Comparação entre os valores de produção de café observados e estimados pela equação 3 (Tabela 4.21), para dez locais na região de Marília e Garça.

valores estimados das produções pelos modelos 1 e 3 em relação aos valores observados.

A distribuição dos pontos não difere substancialmente entre ambos. As estimativas aparentemente são mais consistentes para baixas e médias produções, uma vez que os maiores desvios ocorreram em relação a três dos quatro maiores valores observados.

A consolidação das tendências aqui apontadas, depende do prosseguimento da pesquisa, inicialmente para validação dos modelos ora propostos, a partir da disponibilidade de novos dados de produção destas áreas. O passo imediatamente seguinte vem a ser o aperfeiçoamento destes modelos, pela investigação de possibilidades ainda não exploradas. Dentre estas, incluem-se o estudo das interações entre variáveis e o estabelecimento de ajustes seguindo modelos, simples e múltiplos, não lineares. A evolução definitiva pressupõe o monitoramento durante o ciclo de produção, para inclusão na modelagem de aspectos da fisiologia intervenientes na produção final.

Em Coffea arabica, há muito ainda por caminhar para estabelecimento das relações da planta com o meio físico e previsão do comportamento biológico da cultura. Ultrapassadas estas etapas, somente então poder-se-á trabalhar com modelos mais fundamentais de desenvolvimento da planta e de produção final.

5 CONCLUSÕES

Os fatores climáticos são os que individualmente explicam a maior parte da variação total observada na produção dos cafeeiros na região de Marília e Garça. A maior influência do clima incide sobre as fases do abotoamento e florescimento, reconhecidamente críticas à produção final.

O número de covas por hectare, uma variável de manejo, manteve uma pesada influência em todo processo de desenvolvimento dos modelos, logo após as variáveis climáticas.

A produção do ano anterior teve destacada participação nas diferentes fases da avaliação, reafirmando a pesada influência da biologia da planta no ciclo bianual da produção.

Nas condições do presente estudo, os atributos químicos e de fertilidade dos solos exercem uma influência mais abrangente sobre as produtividades dos cafezais com relação aos físicos e hídricos. O pH em água na área adubada se revelou uma variável importante nas avaliações de desempenho. Alternativamente, o teor de cálcio também foi selecionado. Outras variáveis promissoras

são o teor de fósforo e a relação dos teores Mg:K trocáveis na projeção da copa do cafeeiro.

A pesquisa indicou a necessidade de redefinição do local para amostragem e adubação do cafeeiro. Na projeção da copa, onde convencionalmente é feita a adubação, a acidez se torna muito elevada, degradando o estado da fertilidade do solo em relação ao que ocorre junto à cova e no meio da rua.

Dentre os atributos físicos e hídricos, a soma dos teores de silte e argila em subsuperfície é a variável mais significativa para as previsões de desempenho. Esse fato possivelmente está relacionado e reflete o efeito do gradiente textural em profundidade no solo, não diretamente avaliado. A água disponível e microporosidade, ambas junto à cova, e a macroporosidade na rodagem de máquinas são outras variáveis que se destacaram nas análises.

O maior valor prognóstico foi alcançado com um modelo de quatorze variáveis preditoras, que explica 76,6% da variação total observada. A equação representativa é a seguinte:

$$\begin{aligned} Y_2 = & 10883,76 - 0,56Y_1 - 557,21\text{idade} - 8,52\text{covas} + 2,40N + \\ & -4,93X_2 - 0,87X_8 + 771,94X_{41} + 134,79PC_3 - 4167,12CaC_2 + \\ & - 332,56Mg/KC_2 + 9455,40DC_2 - 343,29ADC_2 - 181,05MAR_1 + \\ & \quad \quad \quad ** \\ & - 255,44SI_2 + ARG_2 \quad (r = 0,876 \quad). \end{aligned}$$

Do ponto-de-vista operacional, dois outros modelos multivariados simples, de cinco e seis variáveis, são apresentados como os mais adequados para explicarem as variações das produções nos locais da pesquisa.

São eles:

Modelo 1:

$$Y_2 = 7365,91 - 0,55Y_1 - 308,86\text{idade} + 719,50X_{41} + 874,88pHC3 + \\ - 231,95SI_2 + ARG_2 \quad (r = 0,855 \quad **)$$

Modelo 3:

$$Y_2 = 888,42 - 0,56Y_1 - 363,21\text{idade} + 704,46X_{41} + 1834,52CaC_2 + \\ 7628,25DC_2 - 306,80SI_2 + ARG_2 \quad (r = 0,863 \quad **)$$

Estes dois modelos conseguem explicar respectivamente 73,1% e 74,6% da variação total observada.

As equações selecionadas orientam as tomadas de decisão nas áreas pesquisadas, para melhoria do planejamento e das práticas de manejo das lavouras cafeeiras. É possível a simulação do efeito da quantidade de insumos e a correspondente projeção de benefícios e prejuízos.

O estudo realizado mostrou que as lavouras se encontram em processo de depauperamento, com queda anual da produtividade da ordem de 400 kg/ ha de café em côco.

As lavouras necessitam, de modo geral, de melhoria da calagem, fosfatagem em profundidade, restabelecimento dos níveis de magnésio no solo e adubação mineral equilibrada.

O trabalho evidenciou também a necessidade de atenção para se evitar a instalação da lavoura em áreas de acúmulo de ar frio no inverno ou em solos com acentuado gradiente textural.

Os níveis de explicação alcançados para a variação das produções observadas, estimulam a continuidade da investigação no sentido da validação e aprimoramento dos modelos ora propostos.

Os resultados obtidos confirmam que as variações locais da produção, podem ser explicadas pela análise de fatores mesológicos, da cultura e do manejo, sendo que o procedimento metodológico desenvolvido foi adequado para explicitar tais relações.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARRUDA, F.B; ZULLO Jr., J. OLIVEIRA, J.B. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 11: 11-15, 1987.
- AVERY, B.W. Soil type and crop performance. Soils fertil. 25: 341-44, 1962.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil Phisics. 4th ed. USA, John Wiley & Sons, Inc., 1972. p. 104-123; 185-193.
- BEAUFILS, E.R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS); A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. S. 1. University of Natal, 1973. (Soil Science Bull, 1).
- BEAUMONT, J.H. An analisys of growth and yield relationships of coffee trees in the Kona District, Hawaii. J. Agric. Res. 59: 223-35, 1939.
- BEEK, K.J. 1978. Land evaluation for agricultural development. Wageningen, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1978. 333p. (ILRI Publication, 23).

- BEEK, K.J. & BENNEMA, J. Evaluation de tierras para la planificación del uso rural: un método ecológico. Santiago, FAO, 1973. 103 p. (Boletín Latinoamericano sobre Fomento de Tierras y Aguas, 3) (Proyecto Regional FAO/ PNUD. RLA. 70/ 457).
- BERGER, K.C.; HOLE, F.D. & BEARDSLEY, J.M. A Soil Productivity Score Card. Soil Sci. Proceed., 16(3): 307-309, July 1952.
- BOYER, J.L. Dinâmica dos elementos químicos e fertilidade dos solos. Un. Fed. Bahia, Sec. Est. Agric., 1985. p.38-47.
- BRINKMAN, R. & SMITH, A.J. eds. Land evaluation for rural purposes; summary of an expert consultation. Wageningen, ILRI, 1973. 116p. (ILRI publication, 17).
- BRUCE, R.R; SNYDER, W.M.; WHITE Jr., A.W.; THOMAS, A.W. & LANGSDALE, G.W. Soil variables and interactions affecting prediction of crop yield pattern. Soil Sci. Soc. Am. J. 54(2): 494- 501, 1990.
- BURROUGH, P.A. Overseas methods of land evaluation. Part 6: A national study of soil conservation. Dept. of Environment, Health and Community Development, Canberra. Austr. 1976.
- BUTLER, B.E. Assessing the soil factor in agricultural production. J. Aust. Inst. agri. Sci. 30: 232-40, 1964.
- CAMARGO, O.A.de; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e

- física de solos do Instituto Agronômico de Campinas.
Campinas, Instituto Agronômico, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).
- CANNELL, M.G.R. & HUXLEY, P.A. Seasonal differences in the pattern of assimilate movement in branches of Coffea arabica L. Annals of Applied Biology, London, 64: 345-57, 1969.
- CATE, R.B. & NELSON, L.A. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. Soil Sci. Society American Proceedings, vol. 35 ; 658-660, 1971.
- CASTRO, F.S. Relaciones entre las lluvias y la producción de café. El Salvador, Inst. Salvadoreño de Investigaciones del Café. Boletín no.7: 11-20, 1961.
- CHRISTIAN, C.S. & STEWART, G.A. Methodology integrated surveys. In: Aerial Surveys and Integrated Studies. Proc. Toulouse Conf. 1964, UNESCO, 1968. pp. 223-280.
- COILE, T.S. Soil and the growth of forests. Advances in Agronomy, New York, 4: 329-398, 1952.
- CLARKE, G.R. Productivity ratings. Trans. IVth. Int. Congr. of Soil Science, Vol.I, 1950. p.345.
- COLWELL, J.D. Fertilizer requirements. In: CSIRO Soils: an australian viewpoint. Melbourne, 1983. p. 795-815.
- COLWELL, J.D. Modelos estatísticos gerais para o desenvolvimento de agricultura de baixos insumos. In: ROSAND, P.C.; ed. Reciclagem de nutrientes e agricultura

- de baixos insumos nos trópicos. Ilhéus; Centro de Pesquisas do Cacau, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1985. p. 163-186.
- COLWELL, J.D. & MORTON, R. Development and evaluation of general or transfer models of relationships between wheat yields and fertilizer rates in Southern Australia. Aust.J.Soil Res., Victoria, 22:191-205, 1984.
- COLWELL, J.D.; SUHET, A.R. & RAIJ, B.V. Statistical procedures for developing general soil fertility models for variable regions. CSIRO, Division of Soils, 1988. Divisional Report, no. 93. 68p.
- DALE, R.F. & SHAW, R.H. Effect on corn fields of moisture stress and stand at two fertility levels. Agronomy Journal, Ames, Iowa, 57: 475-479. 1965.
- DALTON, G.E. ed. Study of agricultural systems. Applied Sci.Publ., London, 1975.
- DAVIS, J.C. Statistics and data analysis in geology. New York, John Wiley & Sons. Inc., 1973. p.412- 536.
- DONALD, C.M. In search of yield. J. Aust. Inst. agri. Sci. 28: 171-78, 1962.
- DRIESSEN, P.M. The Q.L.E. Primer, a first introduction to Quantified Land Evaluation Procedures. Wageningen, Holand. 1986.
- DUFFY, P.J.B. Relationships between site factors and growth of logpole pine (*Pinus contorta* Dough. var. *latifolia* Engelm.) in the foothills section of Alberta. Dept. For.

Publ., no. 1065. Ottawa, 1965.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Crerios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, EMBRAPA, SNLCS, 1988 a. 67 p. (Documentos SNLCS, 11).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Definição e notação de horizontes e camadas do solo. 2a. ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA - SNLCS, 1988 b. 53 p. (Documentos SNLCS, 3).

FISHER, R.A. & HAGAN, R.M. Plant water relations, irrigation management and crop yield. Expl. Agric. 1(3): p.161-177, 1965.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. Approaches to land classifications. Rome, FAO, 1974. 120p. (FAO Soils Bulletin, 22).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. A framework for land evaluation. Rome, 1976. FAO, 72p. (FAO Soils Bull, 32).

FRANCO, C.M. & INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 6(9): 443-478, 1946.

GIBBONS, F.R. Some misconceptions about what soil surveys do. J. Soil Sci. 12: 96-100, 1961.

- GIBBONS, F.R. & HAANS, J.C.F.M. Dutch and Vitorian approaches to land appraisal. Wageningen, Soil Survey Institute, 1976. 40p. (Soil Survey Papers, 11).
- GRAVEEL, J. G.; FRIBOURG, H.A.; OVERTON, J.R.; BELL, F.F.; SANDERS, W.L. Response of corn to soil variation in West Tennessee, 1957-1980. Journal of Production Agriculture, Madison, 2(4): 300-305, oct./dec. 1989.
- INFORZATO, R. & REIS, A.J. 1974. Desenvolvimento do sistema radicular em diversas fases do crescimento do cafeeiro. Campinas, Instituto Agronômico, 1974. p. (Circular, 40).
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFE. Cultura de café no Brasil; manual de recomendações. Rio de Janeiro, IBC, GERCA, 1981. p.63-82.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SAO PAULO. Mapa Geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500 000. São Paulo, IPT, 1981 a. Volumes I e II. (Monografias, 6).
- KIEHL, E.J. Manual de Edafologia; Relações Solo-Planta. São Paulo, CERES, 1979. 262p.
- KUPPER, A. Fatores climáticos e edáficos na cultura cafeeira. In: MALAVOLTA, E. YAMADA, T. & GUIDOLIN, J.A. coords. Nutrição e Adubação do Cafeeiro. Piracicaba, Inst. Potassa e Fosfato,, 1983. p.27-54.
- LAINS E SILVA, H. Contribuição para o estudo das causas de variação anual da produção de café. Rev. do Café Portugues 3: 13-28, 1956
- LEMONS, R.C. de & SANTOS, R.D. dos. Manual de descrição e

- coleta de solo no campo. 2a.ed. Campinas, SNLCS, 1982. 45p.
- LEPSCH, I.F. Influência de fatores edáficos na produção. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T., eds. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 83-100.
- LIU, W.T.H. & LIU, B.W.Y. Comparação de três modelos de previsão de safra de café no estado de Minas Gerais. In: Cong. Bras. Agrom., V. Belém, PA, 1987. Coletânea de Trabalhos. Belém, Soc. Bras. Agrom., 1987. p.21-37.
- LOOMIS, R.S. & WILLIAMS, W.A. Maximum crop productivity: an estimate. Crop Sci. 3: 67-72. 1963.
- LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. & HALL, A.E. Agricultural productivity. Ann. Rev. Plant Physiol., Palo Alto, 22: 431-468. 1971.
- LOPES, A.S. Available water, phosphorus fixation, and zinc levels in Brazilian cerrado soils in relation to their physical, chemical and mineralogical properties. Raleigh, NC, USA, 1989. 189p. (Tese de PhD. Department of Soil Science, North Carolina State University).
- MABBUTT, J.A. Review of concepts of land classification. In: STEWART, G.A., ed. Land Evaluation: Papers of a CSIRO Symposium. Vitoria, Macmillan of Australia, 1968. p. 11-27.
- MEDINA, H.P. & GROHMAN, F. Disponibilidade de água em alguns

- solos sob cerrado. Bragantia, Campinas, 25(6): 65-75, 1966.
- MILLETTE, G.J.F. & SEARL, W.E. Indices de capacité agricole pour les sols des rapports pedologiques de l'est du Canada. Agriculture Vol. XXVI(3), sept. 1969.
- NIX, H.A. The assessment of biological productivity. In: STEWART, G.A., ed. Land Evaluation: Papers of a CSIRO Symposium. Vitoria, Macmillan of Australia, 1968. p. 77-87.
- OLSON, K.R. & NIZEYIMANA, E. Effects of soil erosion on corn yields of seven Illinois soils. J. Prod. Agric., Madison, WI, 1(1): 13-19, 1988.
- PAES DE CAMARGO, A.; PINTO, H.S.; BRUNINI, O.; PEDRO JR., M.J.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R. Clima do Estado de São Paulo. In; SECRETARIA DA AGRICULTURA. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, 1974. Volume 1.
- PAES DE CAMARGO, M.B.; PEDRO Jr., M.J.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R. & PINTO, H.S. Relações entre a precipitação pluviométrica e a produtividade do cafeeiro. Ecossistema 9:165-171. 1984.
- PEGG, R.E. Relation to slash pine index to soil, vegetation and climate in southeast Queensland. Qd. Dep. Forestry Bull. no. 19, 1957.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional

- da Potassa, 1981. 142p.
- RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T.; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P.; DECHEN, A.R.; ALVES, S.; SORDI, G.; VEIGA, A.A.; CAMPANA, M.P.; PETINELLI, A.; NERY, C. A análise de solos para discriminar respostas à adubação para a cultura do milho. BRAGANTIA, Campinas, 40: 57-75, março 1981.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B.V.; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JR., R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1985. 107 p. (Boletim Técnico, 100).
- RANZANI, G. Solos de cerrado no Brasil. In: FERRI, M.G. ed. Simpósio Sobre o Cerrado III. Ed. Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1971. p. 26-43.
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 4a. ed. rev. e ampliada. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p. 98-165.
- RENA, A.B. & MAESTRI, M. Fisiologia do Cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; YAMADA, T. & GUIDOLIN, J.A. coords. Nutrição e adubação do cafeeiro. Piracicaba, SP, POTASSA, 1983. p. 27-54.
- RENA, A.B. & MAESTRI, M. Ecofisiologia do Cafeeiro. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. eds.

- Ecofisiologia da Produção Agrícola. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. p. 119-147.
- RIQUIER, J.; BRAMAD, D.L. & CORNET, J.P. A new system of soil appraisal in terms of actual and potencial productivity. FAO, AGL, TESR/ 70/ 6. 1970.
- SEARL, W.E. Soil productivity ratings and capability classification. Valuation Division, Ministry of Finance, Trinidad and Tobago. 1965.
- SETZER, J. Atlas Climático e ecológico do Estado de São Paulo. São Paulo, Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1966. 61 p.
- SPEEDING, C.R.W. 1979. Ecología de los sistemas agrícolas. Madrid, H. Blume Ediciones, 1979. 320p.
- STEWART, G.A. Land evaluation. In: STEWART, G.A. ed. Land Evaluation: papers of a CSIRO Symposium. Vitoria, Macmillan of Australia, 1968. p. 1-10.
- STORIE, R.E. An Index for Rating the Agricultural Value of Soils. Berkeley, California, 1937. (Bul. 556)
- STORIE, R.E. Storie Index soil rating. Berkeley, University of California, Division of Agricultural Sciences, 1978. (Special Publication, 3 203)
- TANAKA, A.; KWAND, K. & YAMAGUCHI, J. Photosynthesis, respiration and plant type of the tropical rice plant. Tech. Bull. int. Rice Res. Inst. 7: 1-46, 1986.
- THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance.

Centerton, New Jersey, Drexel Institute of Technology,
1955. 04p. (Publication in Climatology, V. 8, n. 1).

TISDALE, S.L.; NELSEN, W.L.; BEATON, J.D. Soil Fertility and
Fertilizers. 4th ed. New York, Macmillan Publishing
Company, 1985. p.

TOPP, G.C. & ZEBCHUK, W. The determination of soil-water
desorption curves for soil cores. Can. J. Soil Sci.,
Ontario, 59: 19-26, 1979.

* TOSELLO, R.N. & ARRUDA, H.V. Correlação entre estimativas
oficiais de produção de café e precipitação pluviométrica
no estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 21(27): 449-
465, 1962.

TURVEY, N.D.; RUDRA, A.B.; TURNER, J. Characteristics of soil
and productivity of Pinus radiata (D. Don) in New South
Wales. I. Relative importance of soil physical and
chemical parameters. Australian Journal of Soil
Research, Melbourne, 24(1): 95-102. 1986.

WHISLER, F.D.; ADOCK, B.; BAKER, D.N.; FYE, R.E.; HODGES,
H.S.; LAMBERT, J.R.; LEMMON, H.E.; MCKINION, J.M.; REDDY,
V.R.. Crop simulation models in agronomic systems.
Adv. in Agronomy, Orlando, 40: 141-208. 1986.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. A universal soil loss
equation to guide conservation farm planning. Int.
Congr. Soil Sci. Trans. 7th, Madison, WI, 1: 418-425.
1960.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall- erosion

- losses from cropland east of the Rocky Mountains. Agric. Research Service, Agricultural Handbook, 282. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.1965. 47p.
- WIT, C.T. de. Potentials photosynthesis of crop surfaces. Neth. J. Agric. Sci., 7: 141-149. 1959.
- WIT, C.T. de. Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops. John Wiley & Sons, N.Y. 1978. 140p.
- WOLF, J.M. Water constraints to corn production in Central Brazil. Ithaca, N.Y., U.S., 1975. (Tese de PhD - Cornell University)
- YOUNG, A. Tropical soils and soil survey. Cambridge, University Press., 1976. p. 382-423.
- ZONTA, E.P. & MACHADO, A.A. SANEST - Sistema de análise estatística para microcomputadores. Un. Fed. Pelotas, Pelotas, RS. 1989. (manual do sistema)

APENDICE: Classificação taxonômica e descrição morfológica
dos perfis

No. Perfil - 01

Classificação - Solo podzólico vermelho-amarelo eutrófico Tb abrupto A fraco textura média contrastante relevo suave ondulado

Localização - Sítio Planalto. Talhão - Casas

Município - Sagres, SP

Situação - Trincheira em terço superior da encosta de relevo suave ondulado, com cerca de 6% de declividade

Drenagem - Boa a moderada

Descrição Morfológica:

Ap1 - 0-5cm; vermelho-amarelado (5YR 3/6); franco arenosa; granular fraca pequena e blocos subangulares moderada a fraca pequena; transição gradual irregular; raízes finas comuns e médias a grossas (1,0cm) poucas

Ap2 - 5-21cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6) com presença de lamelas finas, plano-paralelas mais claras (5YR 7/6, amarelo avermelhado); franco arenosa; blocos subangulares moderada a fraca pequena; transição clara e plana; raízes finas poucas

AB - 21-43cm; vermelho-amarelado (4YR 4/6); franco arenosa; blocos subangulares moderada pequena a média; friável; transição gradual e plana; raízes finas comuns

Bt1 - 43-88cm; vermelho-amarelado (3,5YR 4/5); franco argilo-arenosa; blocos subangulares moderada a forte média a grande; cerosidade abundante e

moderada; friável; transição gradual e plana; raízes finas comuns e médias poucas

Bt2 - 88-100cm; vermelho-amarelado (3,5YR 4/5); franco argilo-arenosa; blocos subangulares moderada a fraca média e pequena; cerosidade comum e fraca; friável; raízes finas poucas

No. Perfil 02

Classificação - Solo podzólico vermelho escuro latossólico distrófico Tb A fraco textura arenosa/média relevo suave ondulado

Localização - Fazenda São Luiz. Talhão - 01

Município - Pompéia, SP

Situação - Trincheira em terço superior da encosta, quase no topo, de relevo suave ondulado a ondulado, com declividade inferior a 5%.

Drenagem - Boa

Descrição morfológica:

Ap - 0-10cm; bruno avermelhado (4YR 4/4) ; areia franca; granular fraca pequena e grãos simples; friável

AB - 10-30cm; vermelho-amarelado (3,5YR 3/6) ; franco arenosa; blocos subangulares fraca a moderada pequena a média e granular fraca pequena; friável

Bt1 - 30-52cm; vermelho-amarelado (3,5YR 4/6); franco argilo-arenosa; blocos subangulares moderada média;

friável

Bt2 - 52-90cm; vermelho (2,5YR 4/6); franco argilo-arenosa; blocos subangulares moderada média; ligeiramente duro friável

BC - 90-100cm+; vermelho (2,5YR 4/6); franco argilo-arenosa; blocos subangulares moderada pequena a média; ligeiramente duro, friável

Raízes: Descritas junto aos pés de café, na face oposta àquela em que foi descrito o perfil: até 60cm, muito finas (<1,0mm) e grossas (1,5 a 2,0cm); de 60 a 80cm, finas a médias (0,5cm) comuns; de 80 a 100cm, raras.

No. Perfil - 03

Classificação - Solo podzólico vermelho-amarelo distrófico

Tb A moderado textura arenosa/média relevo suave ondulado

Localização - Sítio Vadico. Talhão - 01

Município - Garça, SP

Situação - Trincheira quase no topo de relevo suave ondulado a ondulado, com declividade inferior a 5%

Drenagem - Boa a acentuada

Descrição Morfológica:

Ap - 0-7cm; vermelho-amarelado (5YR 3/3,5) ; areia franca; granular fraca pequena e grãos simples; solto; transição clara e ligeiramente ondulada

Ep - 7-23cm; bruno avermelhado escuro (5R 3/4) ; franco

arenosa; blocos subangulares fraca média e grãos simples; friável; transição clara e plana

Bt1 - 23-57cm; vermelho-amarelado (4YR 4/6), com muitas manchas escuras; franco argilo-arenosa; blocos subangulares moderada a fraca média; cerosidade fraca pouca; friável; transição gradual e plana

Bt2 - 57-90cm; vermelho-amarelado (3,5YR 4/6) ; franco argilo-arenosa; blocos subangulares fraca média; cerosidade fraca comum e moderada pouca; muito friável; transição difusa e plana

BC - 90-100cm+; vermelho-amarelado (3,5YR 4/6); franco argilo-arenosa; blocos subangulares fraca média; muito friável

Raízes: Foram descritas junto aos pés de café, na face oposta àquela em que foi descrito o perfil: 0 a 40cm, abundantes, com diâmetros desde menores do que 1,0mm a até 4,0cm; 40 a 60cm, muitas, com diâmetros entre 1,0mm e 1,0cm; 60 a 80cm, finas comuns; 80 a 100cm, finas poucas.

No. Perfil - 11

Classificação - Solo podzólico vermelho-amarelo latossólico álico Tb A fraco textura arenosa/ média relevo suave ondulado

Localização - Fazenda São José. Talhão - 03

Município - Iacri, SP

Situação - Trincheira situada em terço superior da encosta

de relevo suave ondulado, com declividade em torno de 6%

Drenagem - Boa

Descrição Morfológica:

- Ap - 0-7cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4) ; areia franca; granular fraca pequena e muito pequena e blocos subangulares moderada a fraca pequena; transição clara irregular; raízes finas muitas
- E - 7-19cm; bruno forte (7,5YR 4/5) ; franco arenosa; blocos subangulares moderada pequena a média e granular fraca pequena e grãos simples; camada adensada; muito friável a solto; transição gradual irregular; raízes finas comuns e médias poucas
- Bt1 - 19-43cm; vermelho-amarelado (4YR 4/7); franco arenosa; blocos subangulares moderada a forte média; cerosidade pouca fraca associada aos canais; camada adensada; firme a ligeiramente duro, macio a friável; transição gradual plana; raízes muito finas poucas
- Bt2 - 43-77cm; vermelho-amarelado (4YR 4/8) ; franco arenosa; blocos angulares e subangulares forte a moderada média a grande; cerosidade comum fraca; firme a ligeiramente duro; macio a friável; transição gradual e plana; raízes muito finas e médias (0,2cm), poucas
- Bw - 77-100cm+; vermelho-amarelado (3,5YR 4/8); franco argilo-arenosa; blocos angulares e subangulares

moderada a fraca, média a grande; muito friável;
raízes como em Bt2

No. Perfil - 15

Classificação - Solo podzólico vermelho-amarelo álico Tb A
fraco textura arenosa/ média relevo plano a suave ondulado

Localização - Fazenda Conquista. Talhão - 18: 2a. rua, 7a.
cova

Município - Bastos, SP

Situação - Trincheira quase no topo da encosta de relevo
suave ondulado, declividade inferior a 8%

Drenagem - Acentuada

Descrição Morfológica:

Ap - 0-8cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4) ; areia
franca; granular fraca a moderada pequena e blocos
subangulares moderada pequena; transição clara e plana

AB - 8-25cm; bruno avermelhado (5YR 4/5) ; areia franca;
blocos subangulares moderada média

Bt1 - 25-53cm; vermelho-amarelado (4YR 4/5) ; franco
arenosa; blocos subangulares moderada pequena a média;
firme a ligeiramente duro; camada adensada; transição
gradual e plana

Bt2 - 53-85cm; vermelho-amarelado (3,5 YR 4/6) ; franco
arenosa; blocos subangulares moderada média a grande;
transição gradual e plana

Bt3 - 85-100cm+; vermelho-amarelado (3,5YR 4/6) ; franco arenosa; blocos subangulares moderada média a grande
Raízes: Finas comuns em todo perfil até 85cm; de 85-100cm, raras.

No. Perfil - 16

Classificação - Solo podzólico vermelho-amarelo eutrófico

Tm-->Ta A moderado textura arenosa/ média relevo suave ondulado a ondulado

Localização - Fazenda Santo Antonio. Talhão - 01

Município - Herculândia, SP

Situação - Trincheira em terço inferior da encosta de relevo suave ondulado a ondulado, declividade em torno de 10%

Drenagem - Acentuada

Descrição Morfológica:

Ap1 - 0-9cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/2,5) ; areia franca; blocos subangulares fraca que se desfaz em granular moderada pequena e grãos simples; transição gradual e irregular; raízes finas muitas e radicelas

Ap2 - 9-18cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/3,5) ; areia franca; blocos subangulares moderada pequena e grãos simples; transição gradual e plana; raízes finas muitas e radicelas

E - 18-41cm; bruno avermelhado (5YR 4/4) ; areia franca; blocos subangulares moderada pequena e grãos simples;

transição gradual e irregular; raízes finas muitas e radicelas

Bt1 - 41-65cm; vermelho-amarelado (4YR 4/5) ; franco arenosa; blocos subangulares moderada pequena a média e grãos simples; transição gradual a difusa plana; raízes finas poucas e radicelas

Bt2 - 65-100cm+; vermelho-amarelado (4YR 4/5) ; franco arenosa; subangular moderada média e grãos simples; raízes finas raras

No. Perfil - 19

Classificação - Solo podzólico vermelho-amarelo álico Tb A fraco textura arenosa/ média relevo plano a suave ondulado

Localização - Fazenda Santa Gertrudes

Município - Marília, SP

Situação - Trincheira quase no topo em relevo plano a suave ondulado, declividade em torno de 2%

Drenagem - Moderada

Descrição Morfológica:

Ap1 - 0-6cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3,5/4) ; areia franca; granular fraca pequena e grãos simples, blocos subangulares moderada pequena; transição gradual e plana; raízes finas muitas e radicelas

Ap2 - 6-22cm; bruno avermelhado (5YR 4/5) ; areia franca; blocos subangulares moderada pequena a média, granular

fraca pequena e grãos simples; camada adensada; transição gradual e plana; raízes finas (1,0mm), comuns e médias a grossas (2-4cm), poucas

AB - 22-45cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6) ; franco arenosa; blocos subangulares moderada média; camada adensada; transição gradual e plana; raízes finas poucas

Bt1 - 45-85cm; vermelho-amarelado (4YR 4/6) ; franco argilo-arenosa; blocos subangulares moderada média; cerosidade pouca fraca; transição gradual e plana; raízes médias poucas

Bt2 - 85-100cm; vermelho-amarelado (3,5YR 4/8) ; franco argilo-arenosa; blocos subangulares moderada a forte média a grande; cerosidade comum fraca; raízes médias poucas

No. Perfil - 20

Classificação- Solo podzólico vermelho-amarelo abrupto distrófico Tb A fraco textura arenosa/ média relevo suave ondulado

Localização - Fazenda Santo Antonio. Talhão - Decotado para pasto

Município - Vera cruz, SP

Situação - Trincheira em terço superior da encosta, antes de iniciar quebra, em relevo suave ondulado, com cerca de 5% de declividade

Drenagem - Boa

Descrição Morfológica:

Ap - 0-7cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4) ; areia franca; granular fraca pequena e grãos simples; solto, friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e ligeiramente ondulada

Ep - 7-15cm; bruno avermelhado (5YR 4/4) ; areia franca; blocos subangulares fraca pequena e grãos simples; solto, friável, não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana

Bt1 - 15-42cm; vermelho-amarelado (4YR 4/6) ; franco arenosa; blocos subangulares fraca a moderada média; cerosidade fraca pouca restrita aos canais; friável; transição gradual e plana

Bt2 - 42-80cm; vermelho-amarelado (3,5YR 4/7) ; franco arenosa; blocos subangulares fraca a moderada média; cerosidade fraca pouca restrita a alguns canais; friável; transição gradual e plana

Bw - 80-100cm+; vermelho-amarelado (3,5YR 4/8); franco arenosa; blocos subangulares fraca pequena; friável

No. Perfil - 27

Classificação - latossolo vermelho escuro álico A fraco
textura média relevo suave ondulado

Localização - Fazenda São Carlos. Talhão - Mundo Novo

Município - Gália, SP

Situação - Trincheira em relevo suave ondulado, declividade inferior a 5%.

Drenagem - Acentuada

Descrição Morfológica:

Ap - 0-5cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/2); areia franca; granular fraca pequena e grãos simples; solto; transição abrupta e plana; raízes finas poucas

AB - 5-20cm; vermelho-amarelado (4YR 4/6); franco arenosa; blocos subangulares fraca média, maciça porosa; transição gradual e plana; raízes finas comuns

Bw1 - 20-45cm; vermelho-amarelado (4YR 4/6); franco arenosa; blocos subangulares fraca média; transição gradual e plana; raízes finas comuns

Bw2 - 45-82cm; vermelho-amarelado (3,5YR 4/6); franco argilo-arenosa; maciça porosa; transição difusa e plana; raízes finas comuns

Bw3 - 82-100cm; vermelho-amarelado (3,5YR 4/8); franco argilo-arenosa; maciça porosa; raízes finas poucas

Raízes: diâmetros entre 1,0mm e 2,0cm, predominando as mais finas.

No. Perfil - 28

Classificação - Solo podzólico vermelho-amarelo álico Tb abrupto A moderado textura arenosa/ média relevo suave ondulado

Localização - Fazenda São Carlos. Talhão - Catuaí

Município - Gália, SP

Situação - Trincheira em terço superior da encosta de relevo suave ondulado a ondulado, com cerca de 7% de declividade

Drenagem - Moderada

Descrição Morfológica:

Ap - 0-6cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/2); areia franca; granular fraca pequena e grãos simples; solta; transição clara e ondulada; raízes finas poucas

E - 6-17cm; bruno forte (7,5 YR 4/6); areia; blocos subangulares fraca média e grãos simples; transição abrupta e plana; raízes finas poucas

Bt1 - 17-50cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6); franco arenosa; blocos subangulares moderada média; cerosidade comum e moderada; friável; transição clara e plana; raízes médias comuns

Bt2 - 50-70cm; vermelho-amarelado (4YR 4/6); franco argilo-arenosa; blocos subangulares moderada média; cerosidade comum e moderada; friável; transição clara e plana; raízes médias poucas

Bt3 - 70-100cm; vermelho (3YR 4/8); franco argilo-arenosa; blocos subangulares moderada média; cerosidade comum e moderada; friável; raízes poucas

BC - 100cm+; vermelho-amarelado (3,5YR 4/8); franco argilo-arenosa; blocos subangulares fraca média