



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**



TESE DE DOUTORADO

**VIABILIDADE AGRONÔMICA DO USO DO REJEITO DE
GARIMPOS DO DISTRITO PEGMATÍTICO DE ARAÇUAÍ, MG**

AUTOR: Marcus Manoel Fernandes

ORIENTAÇÃO: Prof. Dr. Antônio Carlos Pedrosa Soares

Nº11

**BELO HORIZONTE
DATA (21/05/2008)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

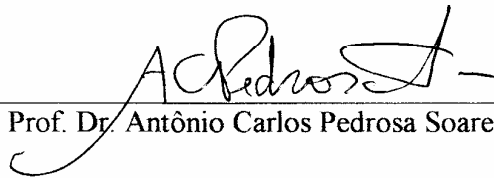
TESE DE DOUTORADO

**VIABILIDADE AGRONÔMICA DO USO DO REJEITO DE
GARIMPOS DO DISTRITO PEGMATÍTICO DE ARAÇUAÍ, MG**

Este trabalho é parte integrante do Curso de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal de Minas Gerais, válido para obtenção do grau de Doutor em Geologia Econômica e Aplicada.

FERNANDES, M. M. 2008. Viabilidade agronômica do uso do rejeito de garimpos do Distrito Pegmatítico de Araçuaí, MG. Tese de Doutorado, IGC/UFMG, 172 p.

Tese defendida e aprovada, em 21 de maio de 2008, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



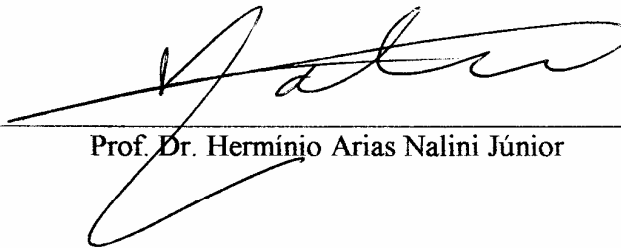
Prof. Dr. Antônio Carlos Pedrosa Soares - Orientador



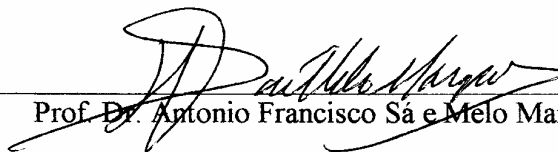
Profa. Dra. Cristiane Valéria de Oliveira



Prof. Dr. Adolf Heinrich Horn



Prof. Dr. Herminio Arias Nalini Júnior



Prof. Dr. Antonio Francisco Sá e Melo Marques

*Aos meus pais,
Noé e Efigênia.*

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais (Noé e Efigênia), irmãos (Noé Filho, Beatriz, Márcia (*in memoriam*), Mauro e Maria do Rosário), cunhados (Eulinda, Mirtes e Ronaldo), sobrinhos (Joyce, Heyder (*in memoriam*), Gustavo, Guilherme, Gabriel e Luísa) e à Miica, pela presença, incentivo e apoio constantes.

À minha sobrinha Jéssica que o Pai, na sua grandeza, conduziu-a para junto de si durante o estágio em Évora, Portugal.

À Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais-CETEC e ao Instituto de Geociências-IGC / Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, pela oportunidade de realizar este curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela concessão da bolsa do Programa de Doutorado no País com Estágio no Exterior-PDEE (Universidade de Évora, Portugal).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais-FAPEMIG, pela concessão de auxílios referentes às taxas de matrículas e significativa contribuição para participar da Second International Rocks for Crops Conference (Nairobi e Kisumu, Quênia).

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Pedrosa Soares, pela amizade, orientação, ensinamentos, críticas, sugestões, incentivo para realizar o estágio no exterior e por compartilhar agradável convívio.

À Profa. Dra. Cristiane Valéria de Oliveira (IGC/UFMG), à Assessora Parlamentar Dra. Suzi Maria de Córdova Huff Theodoro (Petrobrás) e ao Pesq. Dr. Antônio Francisco Sá e Melo Marques (Fundação CETEC), pela dedicação realizada sempre com a disponibilidade de amigos.

À Profa. Dra. Rita Maria Ferreira da Fonseca (Depto. de Geociências/Universidade de Évora, Portugal), orientadora do estágio no exterior, pelo carinho, atenção, ensinamentos, além do apoio logístico durante todo o período em Portugal.

Pela Universidade de Évora, agradeço a valiosa colaboração do Químico Tiago Canário; dos Profs. Drs. Alexandre Araújo, Carlos Ribeiro, Pedro Madureira, Patrícia Moita, João Nebais, Paulo Mourão, Antônio José e Manuela Moraes; dos Técnicos, Sandra Cruz e Jorge Velez e das Secretárias, Idalinda e Teresa.

Ainda em Portugal, em várias ocasiões, agradeço a calorosa acolhida da Isabel Cascais, do Lucas e do Mauro.

À Profa. Dra. Maria José Gazzi Salum (DEMIN/UFMG), pelo apoio em muitas etapas via Projeto PROGEMAS-MG.

Ao Prof. Dr. Adolf H. Horn (IGC/UFMG), pelas críticas e sugestões.

Aos Profs. Drs. Antônio Gilberto Costa e Lydía Maria Lobato, respectivamente Coordenador e Vice-Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Geologia (IGC/UFMG), pelos préstimos oferecidos.

À Dra. Cristiane Castañeda (ICG/UFMG, Bolsista CNPq), incentivadora e colaboradora, sobretudo em relação ao plano de atividades para o estágio na Universidade de Évora.

À Pesq. Márcia Couto de Melo, Coordenadora do Setor de Recursos da Terra-SAT (Fundação CETEC), pela grande amizade e companheirismo sempre presentes.

À Pesq. Valéria Lúcia de Oliveira Freitas (Fundação CETEC), pelos valiosos auxílios na execução das análises químicas e, especialmente, nas análises estatísticas. Sobre esse tema, agradeço também a colaboração da Bióloga Renata de Melo Ferreira Lopes (Fundação CETEC, Bolsista FAPEMIG).

À Geomorfóloga Ceres Virgínia Rennó Moreira (Fundação CETEC, Bolsista CNPq), pela relevante contribuição nos estudos geomorfológicos e cadastramento dos campos pegmatíticos.

Aos colegas da Fundação CETEC, Pesqs. Agnes Maria Teixeira de Salles Dias, Marcos Bartasson Tannús, Sylvia Therese Meyer Ribeiro, Marcelo de Ávila Chaves, Evandro Carrusca de Oliveira, Lúcio do Carmo Moura, João Álvaro Carneiro; aos Técnicos, Edna Aparecida Bueno Gouvea, Geraldo Pereira de Sousa, Cecílio Ferreira Chaves, José Carlos dos Santos e ao Prestador de Serviços, Carlos Renato Clementino Rocha, pelo estímulo e colaboração fundamental, especialmente na confecção dos mapas e nos trabalhos de campo.

Aos professores e colegas de curso, pela gratificante convivência. Em especial, Javier (amigo e sempre solícito nas inúmeras dificuldades), Gláucia (inestimável colaboradora), Rosaline, Márcia Machado, Leila, Sérgio, Mara e Hernando.

À Kácia, funcionária do Centro de Pesquisa Prof. Manoel Teixeira da Costa-CPMTC (IGC/UFMG), pelo auxílio nas análises de fluorescência de Raios-X.

Às Secretárias da Pós-Graduação, Paula (IGC/UFMG) e Cristina (CPMTC/IGC/UFMG), pela presteza.

Ao Brito e Célia (Araçuaí), pela gentileza em ceder a área do experimento de campo.

Ao Joel (Coronel Murta), pela disponibilidade para acompanhar as visitas aos garimpos.

Aos amigos, também importantes companheiros e incentivadores dessa jornada, Wladimir, Merry, Letícia, Augusto, Jonhy, Mônica, Buião, Clarissa, Adriana, Frederico, Marília, entre muitos outros.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

Esta tese aborda parte do Distrito Pegmatítico de Araçuaí, Médio Jequitinhonha, tendo como foco o Campo Pegmatítico de Coronel Murta onde a exploração de pegmatitos tem objetivado, há muitas décadas, a extração de gemas e feldspato industrial. A maioria das gemas tem elevado valor no mercado, mas em termos de quantidade, elas representam somente uma proporção muito pequena dos depósitos pegmatíticos. O maior volume do material pegmatítico, rico em minerais industriais, é desperdiçado. Grandes quantidades do rejeito de pegmatitos criam degradação ambiental, especialmente nas drenagens. A principal questão que alicerça o objetivo dessa tese é a viabilidade da utilização dos rejeitos pegmatíticos como fonte de fertilizantes para as plantas, tendo em vista contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos pequenos agricultores da região do Médio Jequitinhonha. Por outro lado, o uso do rejeito também diminuiria o impacto ambiental. As amostras foram coletadas em três diferentes garimpos (Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I), localizados no município de Coronel Murta. Os estudos dos rejeitos envolveram análises físicas, químicas e mineralógicas. Para validação agrônômica do uso dos rejeitos realizaram-se experimentos de campo (Araçuaí) e em casa de vegetação (Belo Horizonte). Análises de difração de Raios-X mostram que feldspato potássico, caulinita, quartzo e albita são predominantes e estão presentes em quase todas as amostras; ilita, goethita, hematita, esmectita e muscovita ocorrem em menores proporções; clorita e ilmenita aparecem somente como vestígios. Quanto aos experimentos de campo e em casa de vegetação, os resultados das várias análises realizadas não mostraram diferenças significativas para os rejeitos testados. Embora a avaliação visual das plantas em casa de vegetação sugerisse perspectiva positiva, os resultados quantitativos indicam que os rejeitos testados, nas condições dos experimentos, são irrelevantes como fertilizantes de plantas. Contudo, sugere-se a continuidade de pesquisas desta natureza, tanto com o rejeito de pegmatito como de outras rochas (e.g., ardósia, pedra-sabão).

Palavras-chave: pegmatito, fertilizante, Médio Jequitinhonha.

ABSTRACT

This thesis deals with part of Araçuaí Pegmatitic District focusing Coronel Murta Pegmatitic Field, where the exploitation of pegmatites had been from several decades ago, gems and industrial feldspars extraction. The major amount of gems is of high economic value, besides they are in small proportion in these types of deposits. The most part of the pegmatite's materials, rich in industrial materials, is wasted. Great amount of pegmatitic wastes produce environmental degradation, especially at the drainages. The main question that supports this thesis objective is the viability of use of those wastes as plant fertilizers, by this way contributing to improve life quality of small farmers at Middle Jequitinhonha region. By other way, the use of this type of waste will decrease the degree of environmental impact. Samples were collected in three different mines (Água Santa, Morro Redondo and Pau Alto I), located inside Coronel Murta region. Waste studies involved chemicals, physical and mineralogical analysis, and for agronomical evaluation were made field experiments at Araçuaí region and at greenhouse in Belo Horizonte municipality. X-Rays diffraction analysis shows that potassium feldspar, caulinite, quartz and albite are dominants and presents at almost every samples; illite, goethite, hematite, smectite and muscovite occurs at minor proportions, with chlorite and ilmenite as traces. As regards the experiments of field and at greenhouse, the results of the several analysis carried out, didn't show significant differences for the tested wastes. Although, at greenhouse, visual plant analysis suggested positive evaluation, the quantitative studies showed that the tested wastes, in these experimental conditions are no significant as plant fertilizers. However it'll be interesting to continue with these researches, so much in the pegmatite waste as well with other rocks (slate, soapstone).

Keywords: pegmatite, fertilizer, Middle Jequitinhonha.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
SUMÁRIO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xiv
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 Introdução	1
1.2 Localização	1
1.3 Objetivos	3
1.4 Justificativas	3
CAPÍTULO 2 – MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1 Amostras de solos	5
2.1.1 Fertilidade dos solos	5
2.1.2 Perfil pedológico	6
2.2 Rejeitos pegmatíticos	6
2.2.1 Preparação das amostras	8
2.2.2 Mineralogia macroscópica	8
2.2.3 Análise de fluorescência de Raios-X	8
2.2.4 Outras determinações físicas e químicas	8
2.2.4.1 Preparação das amostras	9
2.2.4.2 Análise de difração de Raios-X	9
2.2.4.3 Análise elementar	10
2.2.4.4 Fósforo e potássio assimiláveis	10
2.2.4.5 Determinação dos micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) assimiláveis	11
2.2.4.6 Análises físicas	11
2.2.4.7 pH em água	11
2.2.5 Avaliação da composição química (fertilidade e fertilizantes)	11
2.2.5.1 Análise de fertilidade	11
2.2.5.2 Análise de fertilizantes	12
2.3 Experimento de campo	13
2.3.1 Culturas empregadas	13

2.3.2	Instalação do experimento	13
2.3.3	Determinações efetuadas	16
2.4	Experimento em casa de vegetação	18
2.4.1	Cultura empregada	18
2.4.2	Instalação do experimento	18
2.4.3	Determinações efetuadas	20
	CAPÍTULO 3 – DISTRITO PEGMATÍTICO DE ARAÇUAÍ	23
3.1	<i>Pegmatitos</i>	23
3.2	Distrito Pegmatítico de Araçuaí	26
	CAPÍTULO 4 – ROCHAGEM, APLICAÇÃO DE PÓ DE ROCHA NA AGRICULTURA	30
4.1	Introdução	30
4.2	Definições	31
4.3	Rochas e solos	32
4.4	Aplicações da rochagem na agricultura	32
4.5	Vantagens do uso da rochagem	34
	CAPÍTULO 5 – FERTILIDADE DO SOLO	35
5.1	<i>Introdução e conceitos</i>	35
5.2	Elementos essenciais	36
5.3	Disponibilidade de nutrientes: Relação solo - planta	37
5.4	Formas dos elementos utilizadas pelas plantas	38
5.5	Avaliação da fertilidade do solo	39
5.6	Leis da fertilidade do solo	41
	CAPÍTULO 6 – DESCRIÇÃO DA ÁREA	43
6.1	Geologia local	43
6.1.1	Rochas metassedimentares	43
6.1.2	Granitos	45
6.1.3	Sedimentos Terciários	46
6.1.4	Coberturas Quaternárias	47
6.2	Geomorfologia	47
6.2.1	Formações superficiais da região de Coronel Murta	47
6.3	Solos e aptidão agrícola	49
6.3.1	Características predominantes das classes de solos	49
6.3.2	Atributos diagnósticos, horizontes diagnósticos e características morfológicas	51
6.3.3	Critérios para o estabelecimento das fases	52

6.3.4	Descrição das classes de solos	53
6.3.5	Aptidão agrícola	57
6.3.6	Aptidão agrícola das terras dos municípios de Araçuaí e Coronel Murta	59
6.4	Uso do solo e cobertura vegetal na área de estudo	62
6.4.1	Vegetação	62
6.4.2	Uso da terra	62
6.5	Rede de drenagem	63
6.6	Clima	63
6.7	Qualidade ambiental	65
6.7.1	Qualidade das águas	65
6.7.2	Principais impactos ambientais decorrentes da atividade garimpeira	65
6.8	Produção agropecuária	67
CAPÍTULO 7 – CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS E DOS REJEITOS		
	PEGMATÍTICOS	69
7.1	Fertilidade do solo	69
7.2	Perfil pedológico	71
7.3	Rejeitos pegmatíticos	73
7.3.1	Avaliação da fertilidade	73
7.3.2	Mineralogia macroscópica	75
7.3.3	Análise de fluorescência de Raios-X das amostras de rejeitos pegmatíticos	76
7.3.4	Características mineralógicas dos rejeitos	81
7.3.5	Análise elementar dos rejeitos pegmatíticos	85
7.3.6	Análises de macro e micronutrientes assimiláveis dos rejeitos pegmatíticos	86
7.3.7	Avaliação da composição química de fertilizantes dos rejeitos pegmatíticos	92
7.3.8	Densidade aparente, densidade real, porosidade e pH	93
CAPÍTULO 8 – EXPERIMENTOS (DE CAMPO E EM CASA DE VEGETAÇÃO)		96
8.1	Experimento de campo	96
8.1.1	Resultados e discussões	100
8.1.1.1	Análise foliar	104
8.2	Experimento em casa de vegetação	109
8.2.1	Resultados e discussões	111
8.2.1.1	Comportamento de crescimento dos indivíduos de milho	112
8.2.1.2	Área foliar	114
8.2.1.3	Peso seco (parte aérea) e número de espigas	116
8.2.1.4	Análise foliar	117

CAPÍTULO 9 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	121
CAPÍTULO 10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
ANEXOS	132
ANEXO A (mapas e carta imagem)	133
ANEXO A.I – Mapa Litológico	134
ANEXO A.II – Mapa das Formas e Formações Superficiais	135
ANEXO A.III – Mapa de Solos	136
ANEXO A.IV – Mapa de Aptidão Agrícola	137
ANEXO A.V – Carta Imagem do Uso do Solo e Cobertura Vegetal	138
ANEXO B (perfil pedológico, resultados analíticos e área foliar)	139
ANEXO B.I – Perfil pedológico	140
ANEXO B.II – Difractogramas de Raios-X	143
ANEXO B.III – Análise elementar	165
ANEXO B.IV – Análise de fertilizantes	167
ANEXO B.V – Área foliar	169
CURRICULUM VITAE	172

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo	2
Figura 2 – Preparo do terreno – limpeza da área	14
Figura 3 – Preparo do terreno – aração	14
Figura 4 – Preparo do terreno – gradagem	15
Figura 5 – Esboço do delineamento experimental de campo	16
Figura 6 – Plantio	17
Figura 7 – Instalação do experimento em casa de vegetação	20
Figura 8 – Medida da área foliar na casa de vegetação	20
Figura 9 – Medida da altura e do diâmetro à altura do solo de indivíduos de milho na casa de vegetação	22
Figura 10 – Esquema, em perfil, de um campo granítico da Suíte G4 e da distribuição dos seus pegmatitos	24
Figura 11 – Perfil esquemático dos arredores de Coronel Murta, mostrando diferentes níveis de erosão de granitos e pegmatitos da Suíte G4	24
Figura 12 – Exemplos de formas e estruturas internas de pegmatitos zonados	25
Figura 13 – Mapa da Província Gemológica Oriental do Brasil	27
Figura 14 – Localização de campos pegmatíticos no Distrito Pegmatítico de Araçuaí	28
Figura 15 – Garimpos da região de Coronel Murta, Distrito Pegmatítico de Araçuaí	29
Figura 16 – Em primeiro plano, área de Argissolos Vermelho-Amarelos, município de Araçuaí	53
Figura 17 – Pastagem sobre Latossolos Vermelho-Amarelos	55
Figura 18 – Colina de Latossolos Vermelhos com focos erosivos devido à supressão da vegetação, próxima à barragem do Calhauzinho, município de Araçuaí	55
Figura 19 - Precipitação anual no Estado de Minas Gerais	64
Figura 20 – Déficit hídrico anual no Estado de Minas Gerais	64
Figura 21 – Bacias dos rios Pardo, Jequitinhonha e Mucuri	66
Figura 22 - Rejeito da lavra Lorena / Boa Vista disposto em vertente, município de Coronel Murta	67
Figura 23 - Córrego da Limeira assoreado por rejeito da lavra paralizada da Limeira, Coronel Murta	67
Figura 24 - Óleo e deposição de rejeito em drenagem na lavra da Água Santa, Coronel Murta	67
Figura 25 – Perfil de CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico	71
Figura 26 – Conteúdo de SiO ₂ e Al ₂ O ₃ das amostras do rejeito Pau Alto I, analisados por fluorescência de Raios-X	76

Figura 27 – Conteúdo de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Pau Alto I, analisados por fluorescência de Raios-X	77
Figura 28 – Conteúdo de SiO ₂ e Al ₂ O ₃ das amostras do rejeito Água Santa, analisados por fluorescência de Raios-X	78
Figura 29 – Conteúdo de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Água Santa, analisados por fluorescência de Raios-X	78
Figura 30 – Conteúdo de SiO ₂ e Al ₂ O ₃ das amostras do rejeito Morro Redondo, analisados por fluorescência de Raios-X	79
Figura 31 – Conteúdo de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Morro Redondo, analisados por fluorescência de Raios-X	80
Figura 32 – Teores médios de óxidos dos elementos maiores das amostras dos rejeitos Pau Alto I, Água Santa e Morro Redondo, analisados por fluorescência de Raios-X	81
Figura 33 – Difratoograma de Raios-X da fração argila do rejeito Pau Alto I	82
Figura 34 – Difratoograma de Raios-X da fração argila do rejeito Água Santa	82
Figura 35 – Difratoograma de Raios-X da fração argila do rejeito Morro Redondo	83
Figura 36 – Difratoograma de Raios-X da fração argila do solo da área experimental	83
Figura 37 – Difratoograma de Raios-X do fino do rejeito Pau Alto I	84
Figura 38 – Difratoograma de Raios-X do fino do rejeito Água Santa	84
Figura 39 – Difratoograma de Raios-X do fino do rejeito Morro Redondo	85
Figura 40 – Médias de matéria orgânica, carbono e hidrogênio referentes a nove amostras, selecionadas aleatoriamente, dos rejeitos Pau Alto I, Água Santa e Morro Redondo	86
Figura 41 – Representação dos teores de macro e micronutrientes referentes às amostras do rejeito Pau Alto I	88
Figura 42 – Representação dos teores de macro e micronutrientes referentes às amostras do rejeito Água Santa	89
Figura 43 – Representação dos teores de macro e micronutrientes referentes às amostras do rejeito Morro Redondo	90
Figura 44 – Conteúdo médio de macro e micronutrientes das doze amostras de cada um dos rejeitos analisados	92
Figura 45 – Médias referentes aos resultados de fertilizantes das doze amostras dos rejeitos Pau Alto I, Água Santa e Morro Redondo	93
Figura 46 – Início de desenvolvimento do experimento mostrando áreas afetadas pelo déficit hídrico	96
Figura 47 – Crescimento dos indivíduos de milho e feijão	97

Figura 48 – Detalhe dos danos causados pelo veranico no experimento de campo	97
Figura 49 – Ataque de lagartas à cultura do milho	98
Figura 50 – Montagem do sistema de irrigação por aspersão	98
Figura 51 – Indivíduos de milho à época da colheita e detalhe das espigas, parte com palha e parte ressaltando os aspectos dos grãos	99
Figura 52 – Resultado do ataque de maritacas às espigas de milho	99
Figura 53 – Número de indivíduos de milho e feijão por linha de plantio	100
Figura 54 – Número de espigas de milho sadias por tratamento	101
Figura 55 – Detalhe das dez espigas de milho, selecionadas aleatoriamente, por tratamento	101
Figura 56 – Comportamento do comprimento das espigas de milho, selecionadas aleatoriamente, por tratamento	102
Figura 57 - Comportamento do peso das espigas de milho, selecionadas aleatoriamente, por tratamento	102
Figura 58 – Comportamento do peso médio de cem sementes de milho	103
Figura 59 – Teores dos elementos das amostras dos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, determinados pela análise foliar dos indivíduos de feijão	106
Figura 60 - Teores dos elementos das amostras dos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, determinados pela análise foliar das palhas das espigas de milho	108
Figura 61 - Teores dos elementos das amostras dos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, determinados pela análise foliar das palhas das espigas de milho	108
Figura 62 – Germinação mostrando as plântulas de milho	109
Figura 63 – Início do crescimento dos indivíduos de milho	109
Figura 64 – Indivíduos de milho com 10-15cm de altura	109
Figura 65 – Indivíduos de milho em pleno crescimento	110
Figura 66 – Crescimento do milho em 01 de março/2007	110
Figura 67 – Indivíduos de milho em 15 de março/2007	110
Figura 68 – Penduamento e formação das espigas de milho	111
Figura 69 – Início da secagem das folhas dos indivíduos de milho	111
Figura 70 – Comportamento médio do diâmetro à altura do solo dos indivíduos de milho entre os tratamentos	113
Figura 71 – Comportamento médio de altura dos indivíduos de milho entre os tratamentos	114
Figura 72 – Comportamento das interações significativas e não significativas para área foliar dos indivíduos de milho entre os tratamentos	116
Figura 73 – Peso seco referente à parte aérea dos indivíduos de milho cultivados em casa de vegetação	117

Figura 74 – Número de espigas dos indivíduos de milho cultivados em casa de vegetação	117
Figura 75 – Comportamento médio do teor de magnésio dos indivíduos de milho entre os tratamentos	119
Figura 76 – Comportamento médio do teor de manganês dos indivíduos de milho entre os tratamentos	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas e identificação das amostras de solos da região de Araçuaí e Coronel Murta	5
Tabela 2 - Coordenadas e identificação das amostras de rejeitos pegmatíticos, municípios de Araçuaí e Coronel Murta	7
Tabela 3 – Coordenadas e identificação das amostras de rejeitos das lavras Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I	7
Tabela 4 – Análises químicas de xistos carbonáticos regionais da Formação Salinas	44
Tabela 5 – Limitações e alternativas de uso	58
Tabela 6 – Simbologia das classes de aptidão	59
Tabela 7 – Quadro-guia de avaliação da aptidão agrícola das terras	60
Tabela 8 – Avaliação da aptidão agrícola das terras dos municípios de Araçuaí e Coronel Murta	61
Tabela 9 – Produção agropecuária dos municípios de Araçuaí e Coronel Murta, ano 2005	68
Tabela 10 – Resultados analíticos de fertilidade	69
Tabela 11 – Teores de matéria orgânica, carbono e nitrogênio	69
Tabela 12 – Granulometria das amostras	70
Tabela 13 – Resultados analíticos referentes ao perfil de Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico A moderado textura média	72
Tabela 14 – Resultados analíticos de granulometria	72
Tabela 15 – Resultados analíticos de fertilidade da amostra extra	73
Tabela 16 – Matéria orgânica, carbono e nitrogênio	74
Tabela 17 – Resultados analíticos de fertilidade	74
Tabela 18 – Análise mineralógica macroscópica dos rejeitos pegmatíticos	75
Tabela 19 – Teores de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Pau Alto I, analisadas por fluorescência de Raios-X	76
Tabela 20 – Teores de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Água Santa, analisadas por fluorescência de Raios-X	77
Tabela 21 – Teores de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Morro Redondo, analisadas por fluorescência de Raios-X	79
Tabela 22 – Médias dos óxidos dos rejeitos analisados por fluorescência de Raios-X	81
Tabela 23 – Quantificação dos minerais presentes nas amostras dos rejeitos Pau Alto I, Água Santa, Morro Redondo e da área experimental	85
Tabela 24 – Principais fontes naturais dos micronutrientes e suas prováveis quantidades	

presentes num solo	88
Tabela 25 – Conteúdo de macro e micronutrientes das amostras do rejeito Pau Alto I	88
Tabela 26 – Conteúdo de macro e micronutrientes das amostras do rejeito Água Santa	89
Tabela 27 – Conteúdo de macro e micronutrientes das amostras do rejeito Morro Redondo	90
Tabela 28 – Conteúdo médio das doze amostras de cada um dos rejeitos analisados	91
Tabela 29 – Resultados de fertilizantes, médias das doze amostras da cada rejeito	92
Tabela 30 – Densidade aparente, densidade real, porosidade e pH dos rejeitos Água Santa, Morro Redondo, Pau Alto I e da área experimental	94
Tabela 31 – Fertilidade do solo da área experimental antes e após a instalação do experimento	100
Tabela 32 – Desdobramento da interação significativa para o peso médio de cem sementes entre os tratamentos	103
Tabela 33 – Teores de macro e micronutrientes nas folhas	104
Tabela 34 – Elementos determinados pela análise foliar dos indivíduos de milho	105
Tabela 35 – Desdobramento da interação não significativa para análise foliar dos indivíduos de milho entre os tratamentos	105
Tabela 36 – Elementos determinados pela análise foliar dos indivíduos de feijão	106
Tabela 37 – Elementos determinados pela análise foliar das folhas (médias) e das palhas das espigas de milho	107
Tabela 38 – Resultados analíticos de fertilidade	112
Tabela 39 – Teores de matéria orgânica, carbono e nitrogênio	112
Tabela 40- Desdobramento da interação significativa para diâmetro médio à altura do solo dos indivíduos de milho entre os tratamentos	113
Tabela 41 – Desdobramento da interação significativa e incremento para altura média dos indivíduos de milho entre os tratamentos	114
Tabela 42 – Elementos determinados pela análise foliar dos indivíduos de milho	118
Tabela 43 – Desdobramento das interações para análise foliar dos indivíduos de milho entre os tratamentos	118

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

A região nordeste de Minas Gerais é caracterizada por possuir uma das principais províncias gemológicas do mundo. A grande maioria das gemas é extraída de pegmatitos e seus depósitos aluvionares (Castañeda et al., 2001; Pedrosa-Soares et al., 2001).

Historicamente, o objetivo principal da exploração de pegmatitos tem sido a extração de gemas (turmalinas, água-marinha, morganita, topázio azul e incolor, citrino, minerais de coleção e peças ornamentais) que possuem alto valor de mercado e possibilitam rápido retorno financeiro. Contudo, gemas são minerais acessórios e, por isto, representam pequeno volume nos pegmatitos. Contraditoriamente, desperdiça-se o maior volume do material pegmatítico, rico em minerais industriais (feldspatos, mica e quartzo) que têm importante aplicação na indústria cerâmica e vidreira (Tavares, 2004). Este material é o rejeito da garimpagem de pegmatitos; foco da presente tese. As pilhas de rejeito também são fator de degradação ambiental, em decorrência de seu lançamento desordenado e descontrolado, nas encostas e drenagens. Sem dúvida, uma das principais questões que merece abordagem de destaque na garimpagem de pegmatitos é o destino final do rejeito.

Atualmente, as pedreiras sobre corpos pegmatíticos para produção de rochas ornamentais são, também, grandes geradoras de rejeitos pegmatíticos e poluidoras do meio.

Na área de estudo, além do garimpo de gemas, uma importante atividade econômica é a agricultura de subsistência. Neste cenário, a possibilidade de utilização do rejeito como adubo é uma das questões relevantes para o desenvolvimento regional. Em caso de sucesso, estaria aportada uma contribuição significativa para melhorar a qualidade de vida dos agricultores da região. Em paralelo, este novo destino do rejeito serviria à diminuição do impacto ambiental.

1.2 Localização

A área de trabalho situa-se na região nordeste do Estado de Minas Gerais, nos municípios de Araçuaí e Coronel Murta, Médio Jequitinhonha, entre os paralelos 16° e 18° de latitude sul e os meridianos 42°30' e 41°30' de longitude oeste (Fig. 1). Segundo o IBGE (1980, 1983), os municípios estão enquadrados nas Folhas SE-23-X-B-VI (Araçuaí), SE-24-V-A-IV (Itaobim), SE-23-X-D-III (Jenipapo), SE-24-V-C-I (Novo Cruzeiro) e SE-23-X-B-III (Salinas), escala 1:100.000.

A região dista da cidade de Belo Horizonte cerca de 700km via BR-116 (Governador Valadares) ou cerca de 600km via BR-040 e BR-365 (Diamantina). Porém, pela segunda opção, percorre-se 110km em estrada de terra.

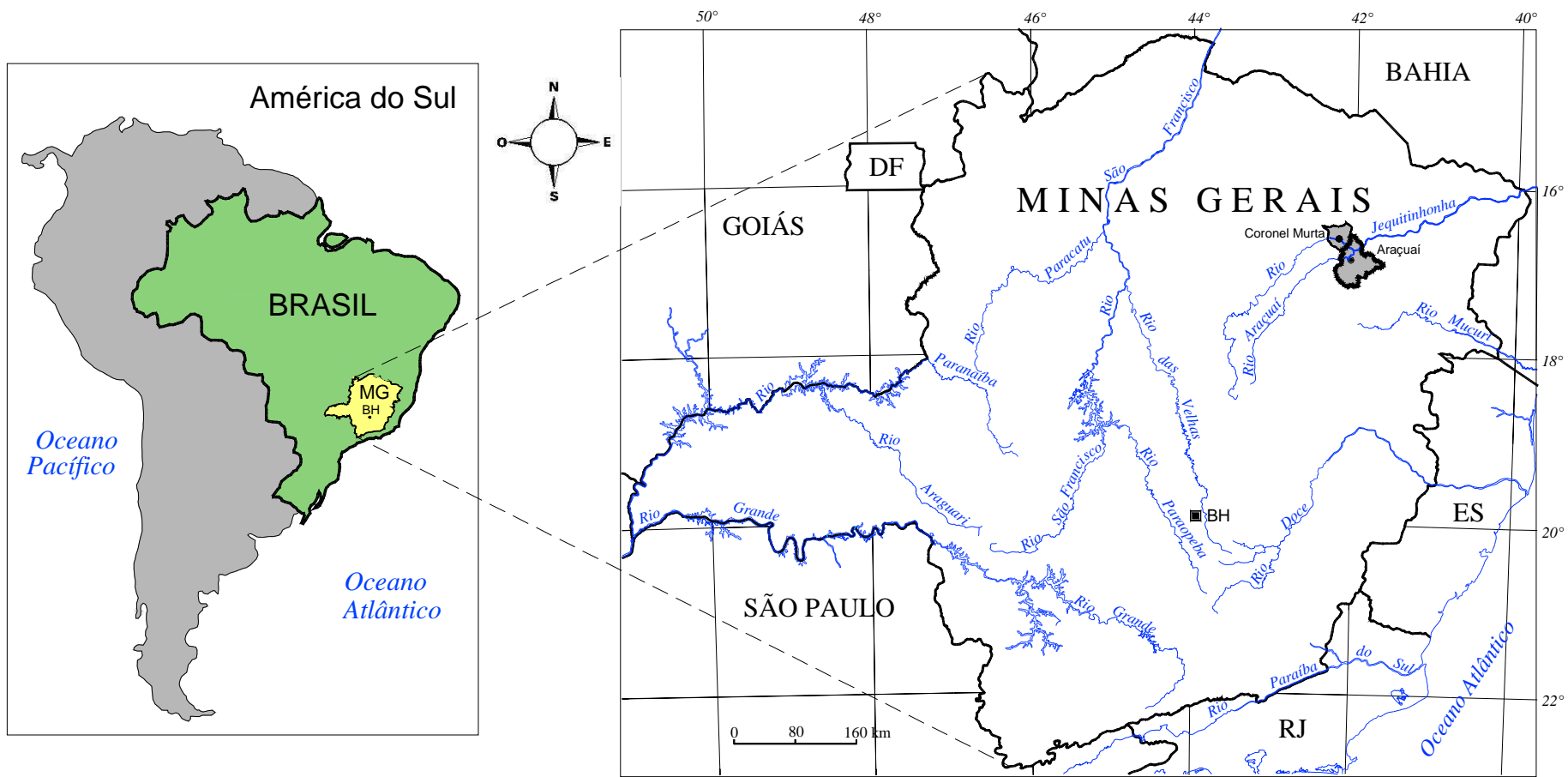


Figura 1 – Localização da área de estudo.

1.3 Objetivos

O objetivo geral desta tese é avaliar a viabilidade agronômica do uso do rejeito de garimpos de pegmatitos como fonte de nutrientes para a atividade agrícola regional. Como objetivos específicos têm-se:

- Analisar física, química e mineralogicamente o rejeito, a fim de caracterizá-lo e verificar seu potencial como fertilizante;
- Realizar experimentos de campo e em casa de vegetação, avaliando o comportamento das espécies selecionadas por meio de uma série de parâmetros comumente empregados;
- Avaliar a produtividade das culturas testadas nos experimentos, após a aplicação do rejeito devidamente tratado para servir como fertilizante.

1.4 Justificativas

Por que estudar o uso do rejeito pegmatítico como adubo? Várias podem ser as respostas.

Como pesquisador, a mais importante é a contribuição científica com o ineditismo de um trabalho. Soma-se o fato que, atualmente, consolida-se uma tendência pela qual os investimentos em pesquisa devem ser dirigidos para a solução de problemas de ordem tecnológica. Nesse contexto, caso fosse viabilizado o aproveitamento do rejeito pegmatítico como alternativa de fonte de adubo, poder-se-ia vislumbrar a ampliação da renda e melhoria da qualidade de vida de famílias em regiões carentes. Outra questão relevante diz respeito ao meio ambiente, pois ao utilizar o rejeito, minimizar-se-iam os impactos ambientais.

Hoje, tanto no Brasil como em muitos outros países, é amplamente divulgado o êxito no emprego de várias rochas como insumo agrícola; um processo chamado rochagem. Inúmeros exemplos são apresentados no texto, destacando-se o movimento mundial pró-rochagem.

Também contribuiu sobremaneira como grande motivador desta pesquisa o impacto social e econômico, favorável à região do Médio Jequitinhonha. Esta região é considerada uma das mais carentes do mundo, com níveis de pobreza semelhante ao de muitos países africanos. Grande parte da população rural sobrevive com o pouco que a terra produz, além de programas governamentais para aqueles contemplados com alguma assistência. Plantar com emprego de adubo químico é um luxo irreal neste cenário.

Assim, dar uma finalidade para as pilhas de rejeito pegmatítico abandonadas no campo e, ao mesmo tempo, poder auxiliar os pequenos agricultores da região de forma simples e barata seria muito gratificante.

Por fim, este estudo certamente auxiliará como elemento base para a formulação de novas pesquisas com rochagem (*rocks for crops*), visando o aproveitamento agrícola, sobretudo em regiões necessitadas.

CAPÍTULO 2 – MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica e inventário dos dados cartográficos que pudessem contribuir com o tema em análise, técnicas e métodos relacionados ao problema e informações sobre a área de estudo.

Em seguida, viagens à área de trabalho para reconhecimento, definição das áreas de amostragem e coletas de material, foram realizadas.

Quanto ao Capítulo “Descrição da Área”, as informações geológicas basearam-se no Projeto Espinhaço – Folha Araçuaí (Pedrosa-Soares, 1997) e em Pedrosa-Soares & Dias (2005). Os estudos contaram ainda com viagens de campo para observações pontuais. No item geomorfologia foram utilizadas fotos aéreas 1:40.000, voo SA 558/1977 para a fotointerpretação dos vários tipos de formações superficiais. As informações foram lançadas na base da Folha Araçuaí 1:100.000 (IBGE, 1983), com atualizações de estradas e da sede municipal de Coronel Murta a partir de imagens de satélite Landsat-7/2001.

Em relação aos solos e aptidão agrícola das terras, as informações foram extraídas de CETEC (1980b), cujos mapas foram devidamente ampliados e ajustados para a base cartográfica 1:100.000. Por razões de apresentação, os mapas finais deste trabalho estão na escala 1:200.000 (ANEXO A.III – Mapa de Solos e ANEXO A.IV – Mapa de Aptidão Agrícola). As classes de solos das unidades de mapeamento pedológico tiveram a sua nomenclatura atualizada segundo as normas, critérios e terminologia mais recentes do Centro Nacional de Pesquisa de Solos-CNPS (EMBRAPA, 2006).

A legenda de solos foi organizada segundo as ocorrências das diversas unidades dos municípios. Optou-se por apresentá-la em forma de tabela em cujas colunas figuram:

- Símbolo cartográfico;
- Classe de solos a nível de subgrupo;
- Principais características diferenciais em nível de família: textura, horizonte A, saturação de Al;
- fases: vegetação, relevo.

A legenda de identificação dos solos foi organizada tendo em vista o caráter generalizado do mapeamento executado. Levando-se em consideração esse aspecto, elaborou-se a legenda na qual as unidades de mapeamento são constituídas, às vezes, por associações, compostas por duas unidades de solos. As dezenove unidades de mapeamento da área de estudo são apresentadas no Mapa de Solos (ANEXO A.III).

A elaboração da Carta Imagem do Uso do Solo e Cobertura Vegetal (ANEXO A.V) foi realizada por meio do processamento digital das imagens multiespectrais 217-071 e 217-072 do sensor ETM + Landsat-7, registradas em 06/junho/2001 e 15/outubro/2002.

2.1 Amostras de solos

2.1.1 Fertilidade dos solos

Para a avaliação da fertilidade dos solos da região, foram realizadas observações pontuais com a coleta de quatorze amostras de solos, assim identificadas (Tab. 1):

Tabela 1 – Coordenadas e identificação das amostras de solos da região de Araçuaí e Coronel Murta.

Amostras*	Coordenadas	Identificação
MM1	0813175/8093706	Novo Cruzeiro/Queixada
MM2	0792353/8151250	Coronel Murta/Araçuaí
MM3	0805712/8171375	Coronel Murta/Rubelita
MM4A	0792752/8150951	Coronel Murta/Rubelita
MM4B	0792752/8150951	Coronel Murta/Rubelita
MM5	0197292/8150678	Araçuaí/Itinga
MM6A	0197456/8149455	Araçuaí/Itinga
MM6B	0197456/8149455	Araçuaí/Itinga
MM7	0810813/8170636	Araçuaí/Itinga
MM8	0197122/8150668	Araçuaí
MM9	0800682/8161394	Coronel Murta
MMa	0792189/8151491	Lavra Água Santa-Coronel Murta
MMr	0792228/8156798	Lavra Morro Redondo-Coronel Murta
MMp	0800438/8168779	Lavra Pau Alto I-Coronel Murta

* As letras A e B, localizadas após os números referem-se a diferentes locais de coletas em uma mesma exploração.

→ Determinações física e químicas (EMBRAPA, 1997), realizadas nos laboratórios do Instituto Mineiro de Agropecuária-IMA, em Belo Horizonte:

- Granulometria (Método da pipeta adaptado)

Amostras de TFSA (terra fina seca ao ar, < 2mm) foram submetidas à dispersão usando-se o hidróxido de sódio como agente dispersante e agitador de alta rotação (12.000rpm). Areia grossa e areia fina foram separadas por tamisação, argila separada pelo método da pipeta e silte por diferença.

- Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis

Extraídos em solução molar de cloreto de potássio (relação solo:solução = 1:10). O cálcio e o magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o alumínio por titulação com NaOH 0,025mol.L⁻¹, usando-se o azul de bromotimol como indicador.

- Fósforo e potássio disponíveis

Extraídos pelo extrator Mehlich-1. O potássio foi determinado por fotometria de emissão de chama e o fósforo por colorimetria.

- Hidrogênio + alumínio trocáveis

Extraídos com acetato de cálcio ($\text{Ca}(\text{OAc})_2$) $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$, pH 7,0 e a acidez titulada com NaOH $0,025 \text{ mol.L}^{-1}$, utilizando-se fenolftaleína como indicador.

- Matéria orgânica (Método colorimétrico)

Oxidação da matéria orgânica do solo por meio de mistura de dicromato de sódio e ácido sulfúrico.

- pH em água

Determinado potenciométricamente por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:água 1:2,5.

2.1.2 Perfil pedológico

Para a instalação do experimento de campo, selecionou-se uma área de aproximadamente 0,3ha, gentilmente cedida pelos proprietários Brito e Célia, localizada a 5Km de Araçuaí, na rodovia Araçuaí-Virgem da Lapa (BR-367).

Em qualquer trabalho de campo com culturas, a primeira etapa consiste em se conhecer química e fisicamente o solo no qual será instalado o experimento. Neste sentido, foi descrito e amostrado um perfil de solo, aberto em micro-trincheira. Também foi coletada uma amostra extra (composta) para fins de análise de fertilidade (Santos *et al.*, 2005).

Foram realizadas no IMA as mesmas análises física e químicas para a avaliação da fertilidade do solo (EMBRAPA, 1997), acrescidas de:

- Densidade real (Método do balão)
- Densidade aparente (Global)
- Argila natural (Método da pipeta adaptado)
- Sódio (Mehlich 1)
- pH em CaCl_2 (CaCl_2 0,01M)
- pH em KCl (KCl 1M)

2.2 Rejeitos pegmatíticos

Foram visitadas diversas lavras na região compreendida pelos municípios de Araçuaí e Coronel Murta. Para uma avaliação preliminar da composição química do rejeito, foram coletadas doze amostras de materiais (rejeito + solo) no entorno de seis explorações, com a seguinte identificação (Tab. 2):

Tabela 2 – Coordenadas e identificação das amostras de rejeitos pegmatíticos, municípios de Araçuaí e Coronel Murta.

Amostras*	Coordenadas	Identificação
MM10	0800725/8161444	Lavra Alto da COPASA
MM11	0799945/8161170	Lavra Perobeiros
MM12A	0800326/8161905	Lavra Marimbondo/Miguel Pedro
MM12B	0800326/8161905	Lavra Marimbondo/Miguel Pedro
MM13A	0799386/8160739	Lavra Lorena/Boa Vista
MM13B	0799386/8160739	Lavra Lorena/Boa Vista
MM14A	0792269/8158842	Lavra Morro Redondo
MM14B	0792296/8156912	Lavra Morro Redondo
MM14C	0792287/8156998	Lavra Morro Redondo
MM15A	-	Companhia Brasileira de Lítio-CBL
MM15B	-	Companhia Brasileira de Lítio-CBL
MM15C	-	Companhia Brasileira de Lítio-CBL

* As letras A, B e C, localizadas após os números referem-se a diferentes locais de coletas em uma mesma exploração.

A partir dos resultados dos rejeitos coletados, decidiu-se concentrar os estudos em três lavras: Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I, localizadas no município de Coronel Murta. Somam-se à decisão fatores logísticos e custos, demasiado elevados que não permitiram continuar com as seis lavras iniciais. Desta forma, foram coletadas doze amostras em cada uma das três lavras selecionadas, totalizando-se trinta e seis amostras de rejeito.

Em termos geológicos, a opção pelas três lavras justifica-se por representarem diferentes tipos de pegmatito (Pedrosa-Soares, 1984; Pedrosa-Soares *et al.*, 1990; Castañeda, 1997; Tavares, 2004):

- Lavra Água Santa: pegmatito zonado simples;
- Lavra Morro Redondo: pegmatito zonado complexo;
- Lavra Pau Alto I: pegmatito zonado muito intemperizado, intermediário entre o pegmatito do Morro Redondo e da Água Santa.

As trinta e seis amostras coletadas nas Lavras Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I foram assim identificadas (Tab. 3):

Tabela 3 – Coordenadas e identificação das amostras de rejeitos das lavras Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I.

Amostras*	Coordenadas	Identificação
MMP1A, MMP2A, MMP3A, MMP4A MMP5B, MMP6B, MMP7B, MMP8B MMP9C, MMP10C, MMP11C, MMP12C	0800425/8168604 0800439/8168681 0800438/8168779	Lavra Pau Alto I
MMA13A, MMA14A MMA15B, MMA16B, MMA17B, MMA18B, MMA19B MMA20C, MMA21C, MMA22C, MMA23C, MMA24C	0792371/8151263 0792223/8151156 0792189/8151491	Lavra Água Santa
MMR25, MMR26, MMR27, MMR28, MMR29, MMR30, MMR31, MMR32, MMR33, MMR34, MMR35, MMR36	0792228/8156798	Lavra Morro Redondo

* As letras A, B e C, localizadas após os números referem-se a diferentes locais de coletas em uma mesma lavra.

2.2.1 Preparação das amostras

A primeira etapa de preparação das amostras consistiu em padronizá-las. Para tanto, as amostras foram secas à temperatura ambiente e beneficiadas para obter-se um diâmetro $< 0,42\text{mm}$.

Outro lote de amostras foi submetido a outro processo de moagem para se conseguir um melhor fino possível, necessário para algumas determinações químicas específicas.

A primeira etapa foi realizada na Planta Mineral/Setor de Tecnologia Mineral e a moagem do fino ocorreu nos laboratórios do Setor de Análises Químicas, ambos os setores parte integrante da Fundação CETEC, em Belo Horizonte.

Os rejeitos destinados aos experimentos de campo e em casa de vegetação foram beneficiados na Planta Mineral do Departamento de Engenharia de Minas/UFMG, também com diâmetro $< 0,42\text{mm}$.

Ainda foi separado um lote de amostras coletadas no campo para a análise mineralógica macroscópica.

2.2.2 Mineralogia macroscópica

Efetuada com auxílio de uma lupa de 10X com a colaboração da Geóloga Juliane Belém Figueiredo nas trinta e seis amostras coletadas nas Lavras Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I.

2.2.3 Análise de fluorescência de Raios-X

Realizada no CPMTC-IGC-UFMG nas trinta e seis amostras dos rejeitos pegmatíticos das Lavras Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I, para determinação de SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , K_2O , P_2O_5 . As amostras foram cominuídas até atingir um tamanho $< 0,5\text{mm}$. Posteriormente, 1g do pó da amostra foi misturado com tetraborato de lítio, substância que abaixa o ponto de fusão da fase mineral investigada.

A análise por espectroscopia por fluorescência de Raios-X consiste em submeter a pastilha à irradiação contínua por um amplo feixe de radiação X e medir as intensidades dos picos das linhas de emissão de Raios-X. A comparação dos resultados obtidos experimentalmente (valores percentuais dos óxidos presentes em quantidades $> 1\%$) com dados de padrões internacionais de concentrações conhecidas, obtém-se uma análise elementar quantitativa.

Essas análises foram efetuadas no equipamento Sequencial X-Ray Spectrometer, modelo SRS-3000, marca Siemens.

2.2.4 Outras determinações físicas e químicas

As descrições a seguir referem-se às análises realizadas durante o Estágio de Doutorado no Exterior, por meio de bolsa concedida pelo Programa de Doutorado no País com Estágio no

Exterior-PDEE, vinculado à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES.

O estágio foi realizado no Departamento de Geociências da Universidade de Évora, em Évora, Portugal, no período de julho a novembro/2006, sob a orientação da Profa. Dra. Rita Maria Ferreira da Fonseca.

Para a execução das análises contou-se com a valiosa colaboração do Químico Tiago Manuel Dias Canário e dos técnicos de laboratório, Sandra Velez da Cruz e Jorge Miguel Amaro Velez. Além das dependências do Departamento de Geociências, também foram utilizados laboratórios dos Departamentos de Química e de Biologia.

O material trabalhado foram as trinta e seis amostras coletadas nas Lavras Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I, após preparação para conseguir um melhor fino possível. Somaram-se a este lote uma amostra de solo da área experimental (MMS) e três amostras de material < 0,42mm referente a cada uma das lavras selecionadas (Lavra Água Santa – MMA; Lavra Pau Alto I – MMP; Lavra Morro Redondo – MMR). Aquelas análises consideradas mais relevantes serão mais detalhadas.

2.2.4.1 Preparação das amostras

- Amostra MMS

Destruição da matéria orgânica com peróxido de hidrogênio.

- Amostras MMA, MMP, MMR, MMS

Separação da argila (fração < 2 μ m). Essas amostras foram peneiradas em malha de 230Mesh com auxílio de água destilada, centrifugadas a 750rpm, durante 3 minutos e 18 segundos (Lei de Stokes) e secas em banho de areia.

2.2.4.2 Análise de difração de Raios-X

Para as amostras MMA, MMP, MMR e MMS (fração argila), foram preparadas lâminas orientadas fazendo-se as leituras dos difratogramas à temperatura ambiente, com glicolação e queimadas durante 24 horas em mufla a 550°C. As trinta e seis amostras de rejeito referentes às Lavras Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I, já preparadas (fino), foram colocadas no porta amostras, de modo a que a superfície fosse o mais regular e horizontal possível (Canário, 2005).

Em ambos os casos, os difratogramas foram obtidos utilizando um difratômetro da Bruker AXS D8 Advance com fendas 0,6mm e um anodo de cobre ($\lambda=0,1540619$) como fonte de raios-x. As condições de operação foram introduzidas por meio do programa DIFRACplus que consiste

num incremento angular de 0,0200° entre 5,000° e 60,0200° e um tempo de incremento de 4 seg. A voltagem empregada foi 40Kv e a corrente 30mA.

2.2.4.3 Análise elementar

Em função dos elevados custos operacionais, a análise elementar foi realizada em nove amostras, selecionadas aleatoriamente: MMP1A, MMP8B, MMP11C, MMA14A, MMA16B, MMA22C, MMR31, MMR32, MMR33.

A análise elementar das amostras selecionadas foi efetuada num analisador elementar da Eurovector, modelo EuroEA, tendo-se utilizado como gás de arraste hélio 4,6 da Linde (99,996%). As amostras foram pesadas numa microbalança Sartorius, modelo M2P sendo colocadas em cápsulas de estanho (3,5 x 5,0mm) para análise de carbono e hidrogênio (C, H). Estas cápsulas são fechadas e colocadas no amostrador automático do aparelho (Canário, 2005). A matéria orgânica (MO) foi calculada pela expressão: $MO = Corg. \times 1,724$.

A análise de cada amostra é feita em triplicado, utilizando-se em cada série de determinações uma substância de referência, que serve como padrão para o cálculo das quantidades dos elementos na amostra. Para a determinação de C e H, a substância de referência é a sulfanilamida.

Todos os cálculos das quantidades dos elementos nas amostras são efetuados pelo programa de controle do aparelho, Callidus v.2E3. Para efetuar a análise de C e H, são utilizados tubos de combustão, respectivamente um tubo preenchido com cobre reduzido e outro com óxido de tungstênio.

2.2.4.4 Fósforo e potássio assimiláveis

- Extração (Método de Egner-Riehm)

Extração simultânea do fósforo e potássio por meio de uma solução de lactato de amônio 0,1M e ácido acético 0,4M tamponizada a pH entre 3,65 e 3,75; com agitação constante durante 2 horas e filtração.

- Determinação do fósforo e do potássio (INIAP / LQARS, 1977; Grennberg et al., 1992; Pansu & Gautheyrou, 2006)

A determinação do fósforo faz-se por espectroscopia de absorção molecular UV/visível pelo método do ácido ascórbico-molibdato de amônio. Este método consiste na combinação do ácido molibdico com o fósforo na forma orto, em que esta reação apenas ocorre em meio ácido. A redução com ácido ascórbico catalisada com antimônio tartarato de potássio origina um complexo do anion fosfomolibdico de coloração azul intensa (estável de 10 min. a 24 horas).

A determinação do potássio faz-se por fotometria de chama, sendo os resultados expressos em mg/dm³ de P₂O₅ e cmol.carga/dm³ de K₂O. Ambas as determinações foram realizadas nas 36 amostras coletadas.

2.2.4.5 Determinação dos micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) assimiláveis

A técnica analítica de espectrometria de absorção atômica em chama foi usada para a determinação quantitativa dos elementos Fe, Mn, Cu e Zn nas 36 amostras de rejeitos pegmatíticos (Método de Lakanen). Neste método a amostra (líquido homogêneo) é introduzida numa chama, onde reações térmicas e químicas geram átomos livres, que irão absorver radiação com um comprimento de onda característico (LA-CEA-UE, 2005).

O método de determinação da concentração é comparativo, faz-se uma calibração com padrões e a concentração da amostra é obtida por interpolação; software GBC Avanta VCR1,33.

2.2.4.6 Análises físicas

Realizada nas amostras MMA, MMP, MMR e MMS, sendo determinadas:

- Densidade aparente (solo)
- Densidade real (partículas)
- Porosidade

Para a determinação da densidade aparente foi empregado um método adaptado para sedimentos, desenvolvido pela Profa. Dra. Rita Fonseca. Neste método (amostra é colocada em frasco e completada com água destilada até um volume marcado no frasco), tenta-se corrigir o erro em relação ao método específico para solos (p. ex., EMBRAPA, 1997) devido não se conseguir retirar as amostras no anel de Kopecky.

Na determinação da densidade das partículas, adotou-se a Norma Portuguesa Definitiva / NP-83, 1965.

2.2.4.7 pH em água

Realizada nas amostras MMA, MMP, MMR e MMS, segundo o método do Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas-INIAP, Portugal (INIAP / LQARS, 1977).

2.2.5 Avaliação da composição química (fertilidade e fertilizantes)

2.2.5.1 Análises de fertilidade

Inicialmente, foram realizadas análises de fertilidade das amostras (IMA), sendo determinados (EMBRAPA, 1997):

- Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis

Extraídos em solução molar de cloreto de potássio (relação solo:solução = 1:10). O cálcio e o magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o alumínio por titulação com NaOH 0,025mol.L⁻¹, usando-se o azul de bromotimol como indicador.

- Fósforo e potássio disponíveis

Extraídos pelo extrator Mehlich-1. O potássio foi determinado por fotometria de emissão de chama e o fósforo por colorimetria.

- Hidrogênio + alumínio trocáveis

Extraídos com acetato de cálcio (CA(OAc)₂) 0,5 mol.L⁻¹, ph 7,0 e a acidez titulada com NaOH 0,025mol.L⁻¹, utilizando-se fenolftaleína como indicador.

- Matéria orgânica (Método colorimétrico)

Oxidação da matéria orgânica do solo por meio de mistura de dicromato de sódio e ácido sulfúrico.

- pH em água

Determinado potenciometricamente por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:água 1:2,5.

2.2.5.2 Análises de fertilizantes

As análises químicas de fertilizantes, realizadas no IMA para as trinta e seis amostras referentes às Lavras Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I, foram:

- Fósforo Total (Quimociac)
- Fósforo solúvel em ácido cítrico (Quimociac)
- Potássio (Fotometria de Chama)
- Cálcio (EDTA)
- Magnésio (EDTA)

Para nove amostras escolhidas aleatoriamente: MMP1A, MMP7B, MMP12C, MMA14A, MMA16B, MMA23C, MMR26, MMR32 e MMR36, também foram determinados:

- Nitrogênio Total (Ácido salicílico)
- Matéria orgânica (550°C)

2.3 Experimento de campo

2.3.1 Culturas empregadas

A opção pelo feijão e milho se deve ao fato de serem culturas extremamente difundidas na região, sendo comumente cultivadas em consórcio.

- Feijão

O feijão comum é uma planta anual herbácea, trepadora ou não, pertencente à família *Leguminosae*, subfamília *Papilionoidea*, gênero *Phaseolus*. Está classificado como *Phaseolus vulgaris* L. (Campos & Canéchio Filho, 1981).

A semente empregada foi adquirida no comércio local de Araçuaí e é conhecida por “caxinha”.

- Milho

Dentro da classificação botânica, o milho pertence à ordem *Gramineae*, família *Graminaceae*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Maydeae*, gênero *Zea*, espécie *Zea mays* L. (Campos & Canéchio Filho, 1981).

Também foram utilizadas sementes locais de Araçuaí conhecidas como “pé-de boi” (BR-106).

2.3.2 Instalação do experimento

Os trabalhos para instalação do experimento iniciaram-se em 2004 com a escolha da área e classificação do solo.

Foram seguidas as recomendações técnicas da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais – EMATER MG, em suas publicações “Informação Tecnológica” (Ferreira & Resende, 2000 - cultura do milho e Felipe & Resende, 2000 - cultura do feijão).

Como o experimento estava previsto para ser instalado em dezembro/2005, os trabalhos de preparação do terreno propriamente ditos iniciaram nos primeiros meses daquele ano.

Primeiramente foi realizada a limpeza da área que se encontrava muito suja devido ao abandono de longo período sem uso (Fig. 2).

Após a limpeza, foi feita a aração, cujo objetivo principal é o aumento da porosidade do solo, a uma profundidade de 25 a 30cm, utilizando-se arado de disco (Fig. 3).

Apesar da pouca declividade do terreno, tomou-se o cuidado de realizar a aração sempre cortando as águas, como medida de controle da erosão.

Na época da semeadura realizou-se uma gradagem que segundo a literatura é suficiente, por tratar-se de solos de textura média. A gradagem feita na época da semeadura também serve para evitar que as ervas daninhas concorram com as plantas de milho e feijão, no início de seus

desenvolvimentos. Também se tomou o cuidado de realizar a gradagem cortando as águas do terreno (Fig. 4).

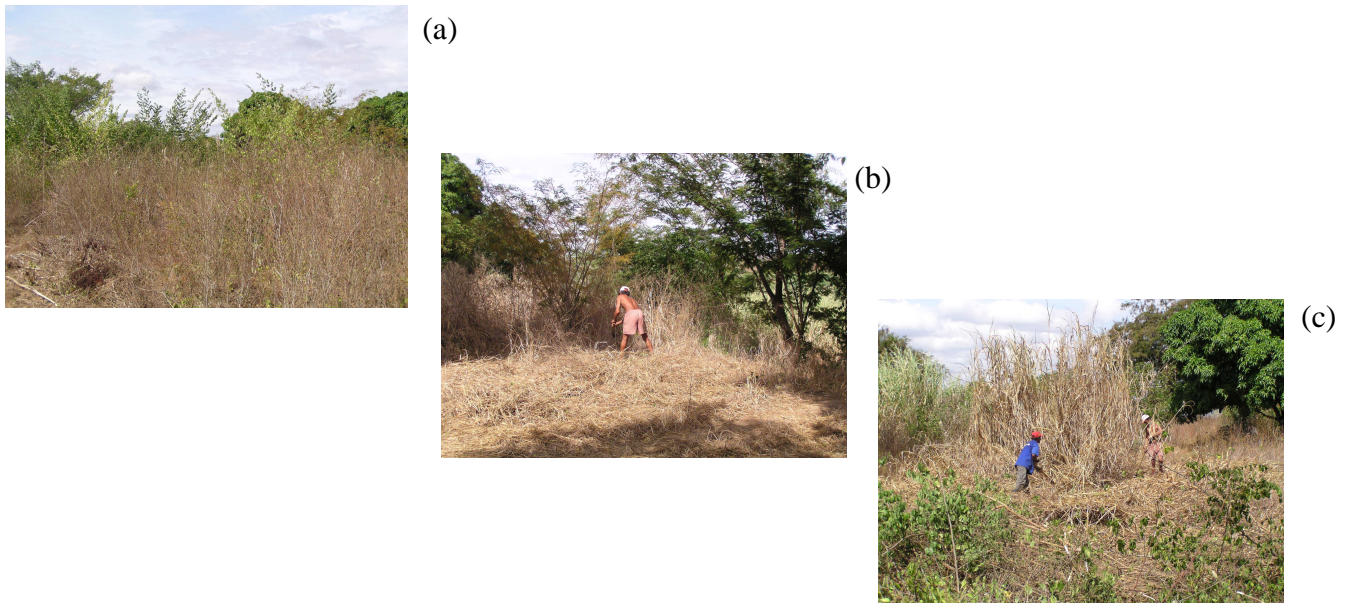


Figura 2 – Preparo do terreno – limpeza da área (maio/2005).



Figura 3 – Preparo do terreno – aração (junho/2005).



Figura 4 – Preparo do terreno – gradagem (dezembro/2005).

Estabeleceu-se um delineamento com cinco tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5) e quatro repetições (R1, R2, R3, R4), assim distribuídos:

T1 – Adubado com rejeito da Lavra Água Santa;

T2 – Adubado com rejeito da Lavra Morro Redondo;

T3 – Adubado com rejeito da Lavra Pau Alto I;

T4 – Adubado com NPK (4-14-8);

T5 – Controle (sem rejeito ou NPK).

Cada uma das repetições foi constituída por quatro linhas de 15m, sendo duas de milho e duas de feijão, com espaçamento de 1m. Desta forma, totalizaram-se vinte parcelas experimentais, distribuídas aleatoriamente (Fig. 5).

Nos tratamentos T1, T2 e T3 foram adicionados 0,5kg/linha dos rejeitos Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I, respectivamente. No tratamento T4 adicionou-se nas linhas de plantio 0,5Kg de adubo comercial, NPK (4-14-8), fórmula comumente empregada no campo. No tratamento T5, como o próprio nome indica, não foi acrescentado nenhum produto.

A semeadura ocorreu em meados de dezembro/2005, em período de precipitações bastante elevadas para a região, fato que dificultou bastante os trabalhos. Foram distribuídas seis sementes/metro para o milho e quatorze sementes/metro para o feijão (Fig. 6).

Área 1

T4R3
T5R3
T3R3
T1R3
T3R2
T5R2
T1R2
T4R2
T2R2
T4R1
T5R1
T3R1
T1R1
T2R1

Área 2

T2R4
T5R4
T3R4
T4R4
T1R4
T2R3

Figura 5 – Esboço do delineamento experimental de campo. A distribuição em duas áreas deve-se ao fato de existir uma vala no meio do terreno.

Sempre que possível, foi realizado detalhado documentário fotográfico para acompanhamento do desenvolvimento das plantas.

2.3.3 Determinações efetuadas

→ Teste de germinação – Teste do Tetrazólio (Oliveira et al., 2005). Realizado em câmara de germinação a 30°C, sob luz branca constante (Fundação CETEC), sendo utilizadas quatro repetições de 25 sementes.

→ Análise foliar

Foram analisados os elementos N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Cu, Zn e Mn nos Laboratórios de Análise Vegetal do IMA, realizadas em fevereiro/2006.

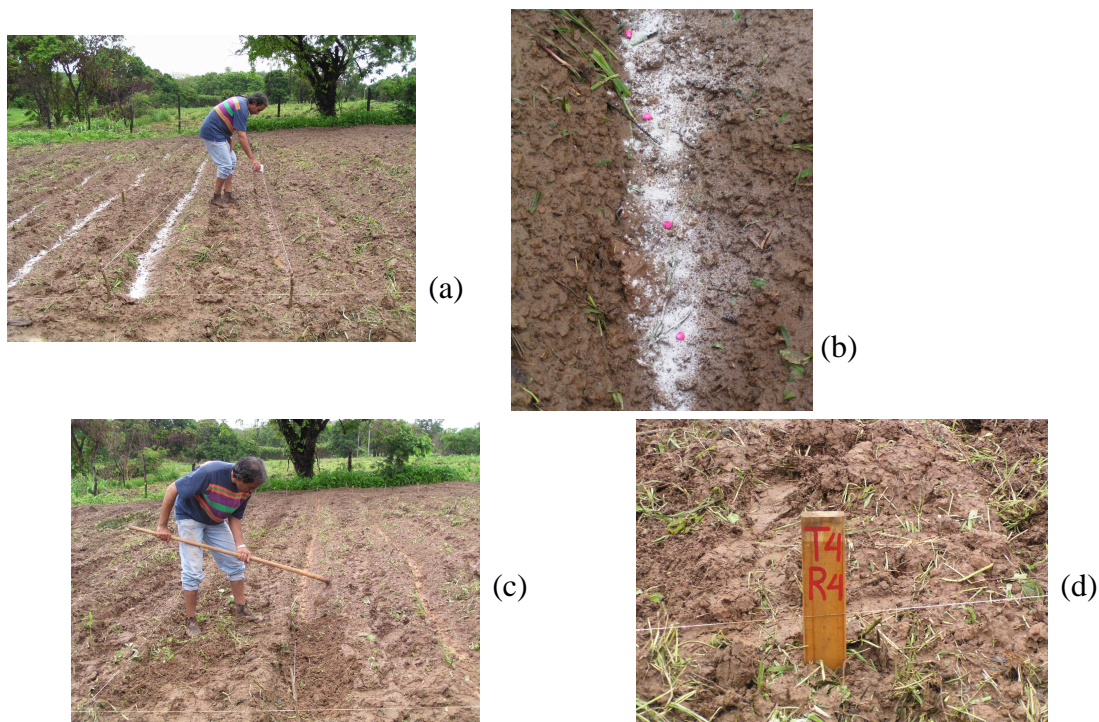


Figura 6 - Plantio (dezembro/2005).

→ Fertilidade do solo

Efetuada em julho/2004 e julho/2006 (IMA), sendo determinados os seguintes parâmetros (EMBRAPA, 1997):

- Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis

Extraídos em solução molar de cloreto de potássio (relação solo:solução = 1:10). O cálcio e o magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o alumínio por titulação com NaOH 0,025mol.L⁻¹, usando-se o azul de bromotimol como indicador.

- Fósforo e potássio disponíveis

Extraídos pelo extrator Mehlich-1. O potássio foi determinado por fotometria de emissão de chama e o fósforo por colorimetria.

- Hidrogênio + alumínio trocáveis

Extraídos com acetato de cálcio (CA(OAc)₂) 0,5 mol.L⁻¹, ph 7,0 e a acidez titulada com NaOH 0,025mol.L⁻¹, utilizando-se fenolftaleína como indicador.

- Matéria orgânica (Método colorimétrico)

Oxidação da matéria orgânica do solo por meio de mistura de dicromato de sódio e ácido sulfúrico.

- pH em água

Determinado potenciométricamente por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:água 1:2,5.

→ Outras determinações

- Número de indivíduos/linha; janeiro/2006
- Número de espigas sadias; março/2006
- Comprimento e peso de dez espigas/tratamento; março/2006
- Peso dos grãos (quatro repetições de cem sementes/tratamento); março/2006

A primeira avaliação foi realizada tanto para o milho quanto para o feijão. Todas as demais, conforme os nomes indicam, foram efetuadas somente para o milho. Os motivos serão apresentados no Capítulo 8 - Experimentos (de campo e em casa de vegetação).

Os dados foram tratados estatisticamente de acordo com Zar (1990). Aqueles que não atenderam aos pressupostos da análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) e ao teste t ou Tukey (5%) de comparação a posteriori, foram analisados pela estatística não-paramétrica Kruskal-Wallis e teste de comparação a posteriori, U ou Mann-Whitney.

2.4 Experimento em casa de vegetação

2.4.1 Cultura empregada

O acentuado veranico ocorrido em janeiro/2006 no Médio Jequitinhonha levou a perda total da lavoura de feijão. Desta forma, optou-se por realizar o experimento em casa de vegetação somente com o milho, pois assim, seria possível avaliar a mesma cultura e o mesmo substrato, mas em condições controladas.

2.4.2 Instalação do experimento

Os trabalhos foram conduzidos na Casa de Vegetação do Setor de Recursos da Terra-SAT / Fundação CETEC, em Belo Horizonte, e iniciaram-se em junho/2006 com a preparação do material.

Como um dos objetivos é comparar os resultados dos dois experimentos, torna-se imprescindível que o substrato de ambos os experimentos seja o mesmo. Para tanto, foram colhidas quantidades satisfatórias de solo no mesmo local do experimento de campo, localizado em Araucaí.

Após o desembarque do material, foi realizada sua separação conforme a mesma seqüência de tratamentos adotada no experimento de campo, ou seja:

T1 – Adubado com rejeito da Lavra Água Santa;

T2 – Adubado com rejeito da Lavra Morro Redondo;

T3 – Adubado com rejeito da Lavra Pau Alto I;

T4 – Adubado com NPK (4-14-8);

T5 – Controle (sem rejeito ou NPK).

Para cada tratamento, separaram-se quantidades suficientes de solo para o preenchimento dos vasos e misturaram-se os rejeitos na mesma proporção do experimento de campo. Este material ficou armazenado em áreas devidamente cercadas e foi molhado regularmente durante seis meses, período da realização do estágio na Universidade de Évora, Portugal.

O experimento propriamente dito foi implantado em janeiro/2007. Adotou-se o delineamento experimental com cinco parcelas (tratamentos), sendo dezesseis indivíduos/tratamento, totalizando-se oitenta indivíduos, assim distribuídos (Fig. 7):

Indivíduos 01 a 16 – Rejeito da Lavra Água Santa;

Indivíduos 17 a 32 – Rejeito da Lavra Morro Redondo;

Indivíduos 33 a 48 – Rejeito da Lavra Pau Alto I;

Indivíduos 49 a 64 – NPK (4-14-8);

Indivíduos 65 a 80 – Controle.

Também nesse experimento foram seguidas as recomendações técnicas da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais – EMATER MG, em suas publicações “Informação Tecnológica” (Ferreira & Resende, 2000 - cultura do milho).

Periodicamente, efetuou-se detalhado documentário fotográfico para acompanhamento do desenvolvimento das plantas.

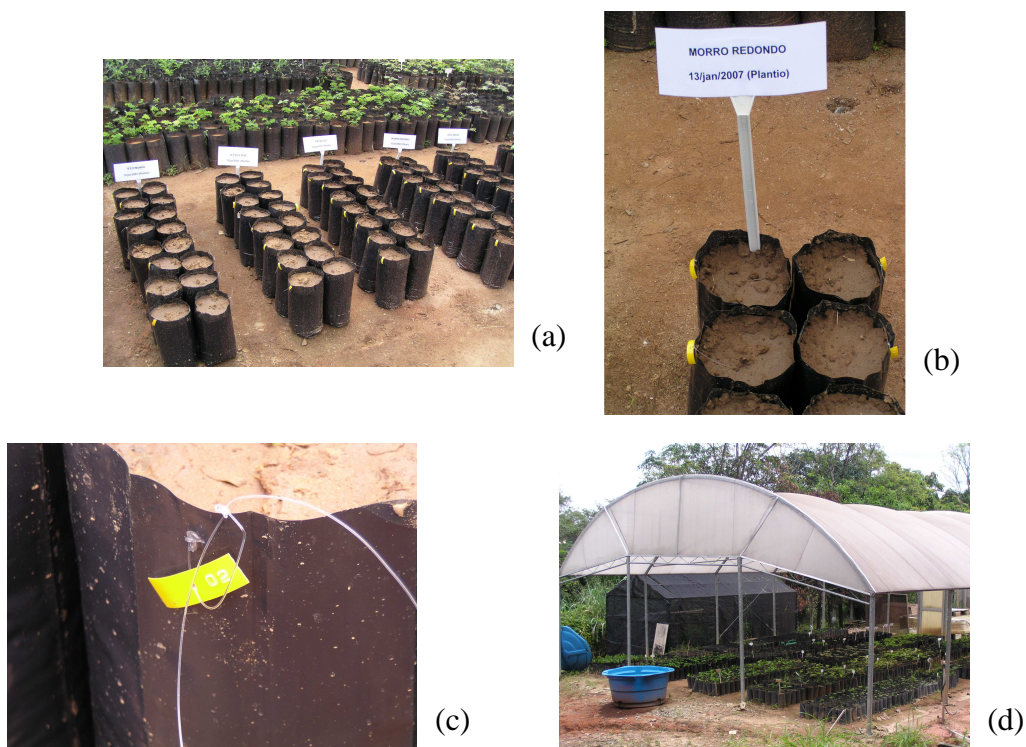


Figura 7 – Instalação do experimento em casa de vegetação.

2.4.3 Determinações efetuadas

→ Teste de germinação – Teste do Tetrazólio (Oliveira et al., 2005). Realizado em câmara de germinação a 30°C, sob luz branca constante (Fundação CETEC), sendo utilizadas quatro repetições de 25 sementes.

→ Área foliar

Realizada em março/2007 nos 80 indivíduos, fazendo-se a leitura de cinco folhas/planta, escolhidas aleatoriamente. O medidor de área foliar foi usado foi o LI-COR, modelo LI3.000A (Fig. 8).



Figura 8 – Medida da área foliar (LI-COR, modelo LI3.000A) na casa de vegetação.

→ Análise foliar

Foram analisados os elementos N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Cu, Zn e Mn nos Laboratórios de Análise Vegetal do IMA, em abril/2007. Foram coletadas vinte amostras, sendo quatro amostras/tratamento. Cada amostra composta foi constituída de quatro indivíduos, escolhidos aleatoriamente.

→ Fertilidade do solo

Efetuada em julho/2006, janeiro e outubro/2007 (IMA), sendo determinados os seguintes parâmetros (EMBRAPA, 1997):

- Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis

Extraídos em solução molar de cloreto de potássio (relação solo:solução = 1:10). O cálcio e o magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o alumínio por titulação com NaOH 0,025mol.L⁻¹, usando-se o azul de bromotimol como indicador.

- Fósforo e potássio disponíveis

Extraídos pelo extrator Mehlich-1. O potássio foi determinado por fotometria de emissão de chama e o fósforo por colorimetria.

- Hidrogênio + alumínio trocáveis

Extraídos com acetato de cálcio (CA(OAc)₂) 0,5 mol.L⁻¹, ph 7,0 e a acidez titulada com NaOH 0,025mol.L⁻¹, utilizando-se fenolftaleína como indicador.

- Matéria orgânica (Método colorimétrico)

Oxidação da matéria orgânica do solo por meio de mistura de dicromato de sódio e ácido sulfúrico.

- pH em água

Determinado potenciométricamente por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:água 1:2,5.

→ Outras determinações

- Altura e diâmetro à altura do solo (DAS); 01 e 15/março/2007, 02/abril/2007 (Fig. 9)

- Número de espigas/planta; abril/2007

- Peso seco da parte aérea; junho/2007

Secagem em estufa a 105°C por 48 horas e posterior pesagem da matéria seca.

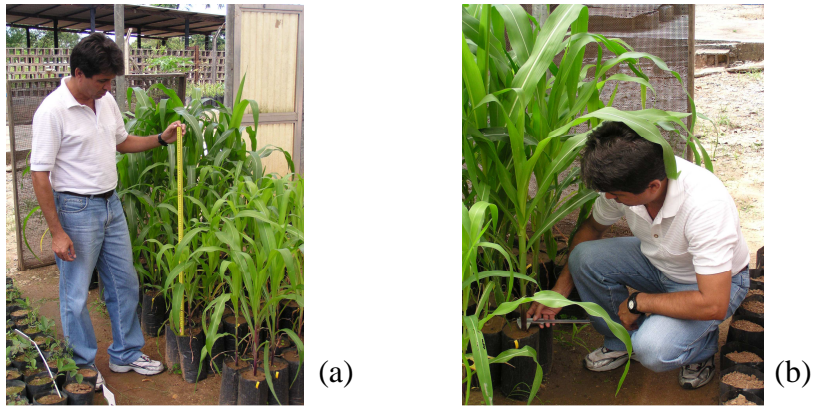


Figura 9 – Medida da altura (a) e do diâmetro à altura do solo (DAS) (b) de indivíduos de milho na casa de vegetação.

Assim como no experimento de campo, os dados foram tratados estatisticamente de acordo com Zar (1990). Aqueles que não atenderam aos pressupostos da análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) e ao teste t ou Tukey (5%) de comparação a posteriori, foram analisados pela estatística não-paramétrica Kruskal-Wallis e teste de comparação a posteriori, U ou Mann-Whitney.

CAPÍTULO 3 – DISTRITO PEGMATÍTICO DE ARAÇUAÍ

O texto adiante tem como referências principais os trabalhos de Pedrosa-Soares *et al.* (2001) e Pedrosa-Soares & Dias (2005).

3.1 Pegmatitos

Os pegmatitos são rochas constituídas por grandes cristais de ampla variação no tamanho, que apresentam granulação predominantemente maior que 2,5cm. A granulação pode variar em diferentes unidades internas de um mesmo pegmatito, ou pode ser grosseiramente homogênea.

Pegmatito significa rocha que contém grandes cristais. Simplificadamente, os pegmatitos graníticos são rochas de granulação grossa, compostas essencialmente por feldspato potássico (microclina ou ortoclásio) e quartzo. Dentre outros minerais encontrados em pegmatitos graníticos, estão a albita e sua variedade cleavelandita, micas (muscovita, biotita, lepidolita), turmalinas, variedades de berilo, granada, apatita, monazita, ambligonita-montebrazita, variedades de espodumênio, topázio, petalita, crisoberilo, herderita, cassiterita, columbita-tantalita e polucita.

Geneticamente, os pegmatitos são originados por dois processos distintos. Um deles os consideram como produto da fusão parcial de rochas da crosta, cuja composição é adequada para gerar líquidos silicatados de composição granítica. Esse tipo de pegmatito, denominado pegmatito anatético, muito raramente contém gemas; eventualmente, pode ter berilo e amazonita. O outro processo gerador de pegmatito é a cristalização de resíduos silicatados de corpos graníticos intrusivos, ou seja, representam volumes de magma granítico residual que ascendem na crosta e cristalizam-se lentamente (Fig. 10). Os pegmatitos residuais representam, de fato, a grande maioria das jazidas importantes de gemas, tais como turmalinas, água-marinha, morganita, kunzita, topázio azul a incolor, e heliodoro, dentre outras.

Podem ser, também, importantes jazidas de feldspato industrial para uso na indústria cerâmica e vidreira (e.g., Tavares *et al.*, 2006) e de minérios de lítio (e.g., Romeiro *et al.*, 2005). As Figuras 10 e 11 ilustram a distribuição de pegmatitos em relação ao granito-fonte.

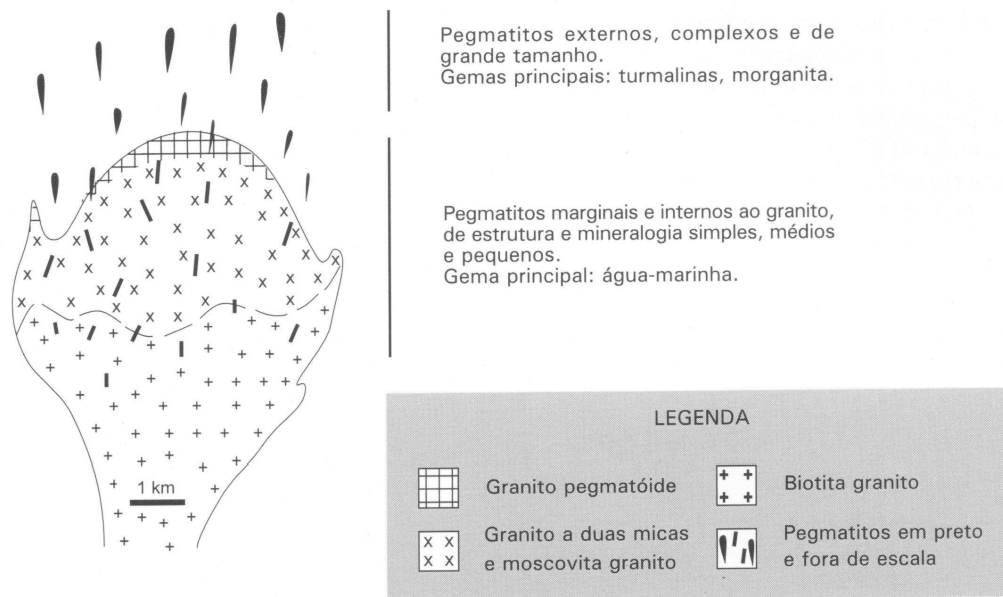


Figura 10 – Esquema, em perfil, de um corpo granítico da Suíte G4 e da distribuição dos seus pegmatitos (Pedrosa-Sores *et al.*, 2001).

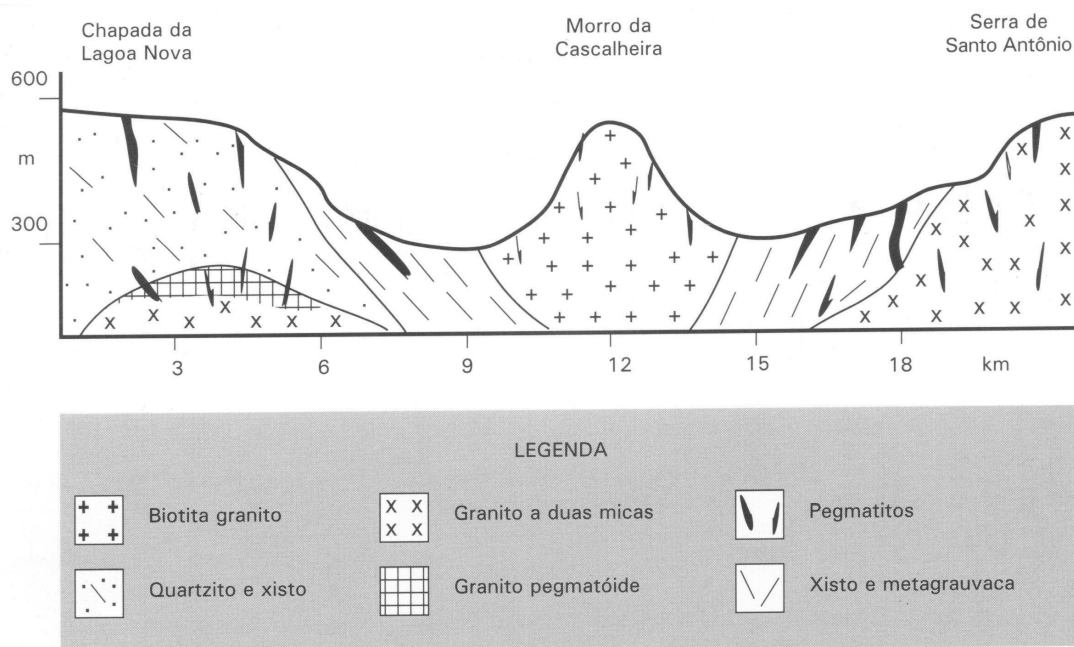


Figura 11 – Perfil esquemático dos arredores de Coronel Murta, mostrando diferentes níveis de erosão de granitos e pegmatitos da Suíte G4 (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001).

De acordo com sua estrutura interna e diversidade mineralógica, os pegmatitos podem ser homogêneos simples (isto é, sem zonamento e com mineralogia pouco diversificada), zonados simples e zonados complexos (estes têm mineralogia diversificada e significativa quantidade de minerais acessórios).

Os pegmatitos homogêneos ou não-zonados têm, geralmente, espessura menor que 1m. Apesar de não apresentarem zonamento mineralógico distinto, estes pegmatitos mostram freqüentemente variações de granulação, de tal forma que os cristais maiores tendem a se concentrar no centro do corpo.

Os grandes pegmatitos são geralmente zonados e constituídos por vasta gama de minerais, além de feldspatos, quartzo e muscovita. Por isso, são denominados pegmatitos complexos. A espessura desse tipo de pegmatito pode variar muito, normalmente situa-se entre 10 e 50m.

A estrutura interna de um pegmatito zonado é constituída de zonas primárias, corpos de substituição, preenchimentos de fratura e geodos. As zonas primárias, denominadas marginal, mural, intermediária e núcleo, formam-se por cristalização fracionada do magma pegmatítico (Fig. 12).

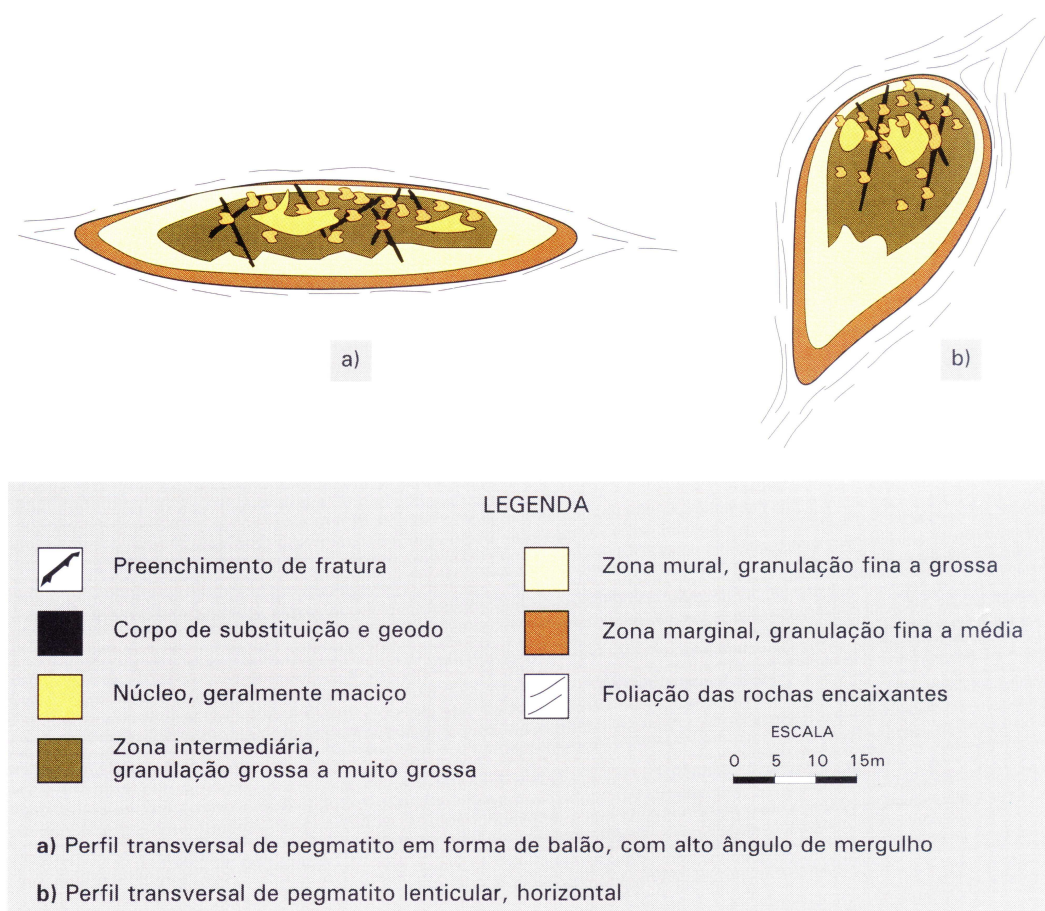


Figura 12– Exemplos de formas e estruturas internas de pegmatitos zonados. As classes de granulação são fina (< 2,5cm); média (> 2,5cm e < 10cm); grossa (< 10cm e < 30cm);e muito grossa (> 30cm) (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001).

3.2 Distrito Pegmatítico de Araçuaí

A Província Gemológica Oriental do Brasil subdivide-se em diversos distritos (Pinto & Pedrosa-Soares, 2001; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001), dentre os quais se insere o Distrito Pegmatítico de Araçuaí (Fig. 13). Este distrito engloba pegmatitos relacionados à Suíte G4, um conjunto de corpos graníticos intrusivos, do tipo S, cristalizados no Cambriano (535 – 500 Ma).

O Mapa Litológico de parte do Distrito Pegmatítico de Araçuaí (ANEXO A.I) ilustra a distribuição dos corpos graníticos da Suíte G4 em relação aos demais litotipos e depósitos sedimentares. As grandes concentrações de pegmatitos encontram-se nos arredores de Coronel Murta (onde se situam os garimpos amostrados), no vale do Ribeirão Piauí e entre a Serra do Tombo e Chapadão Vereda Nova (ou Vereda Grande).

As concentrações de pegmatitos, denominadas campos pegmatíticos (e.g., Correia-Neves *et al.*, 1986; Pedrosa-Soares *et al.*, 1987, 1990), do Distrito de Araçuaí estão representadas na Figura 14, onde também estão localizadas as lavras cadastradas por Pedrosa-Soares (1984) e Tavares (2004).

A Figura 15 mostra garimpos sobre a imagem ETM+ / Landsat-7, composição colorida 3(B), 4(G) e 5(R) + pan (2002), na borda da Serra da Lagoa Nova, próximos a Coronel Murta. Esse conjunto de garimpos é bem visível devido ao contraste com a vegetação de Floresta Estacional Semidecidual do entorno.

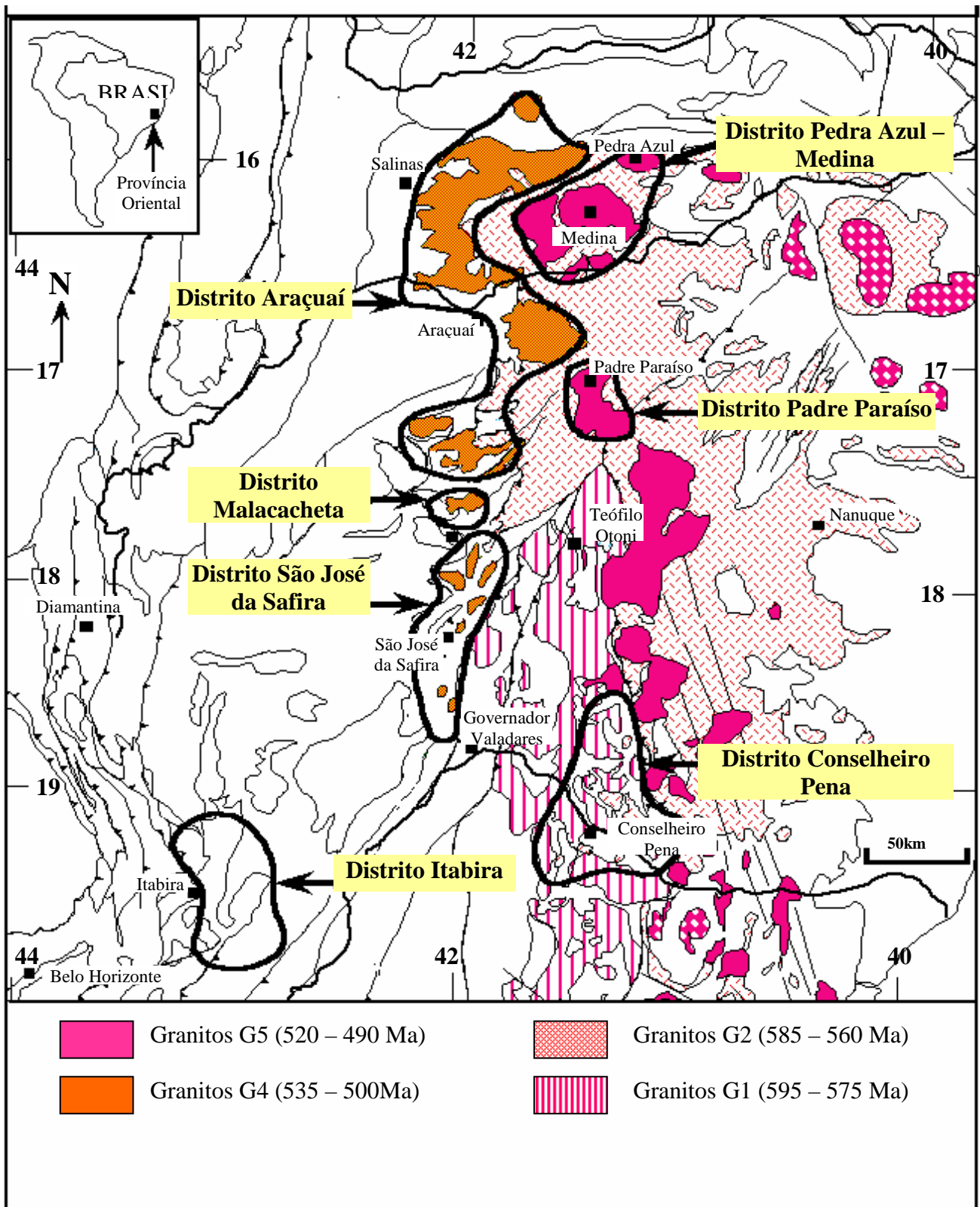


Figura 13 – Mapa da Província Gemológica Oriental do Brasil (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001).

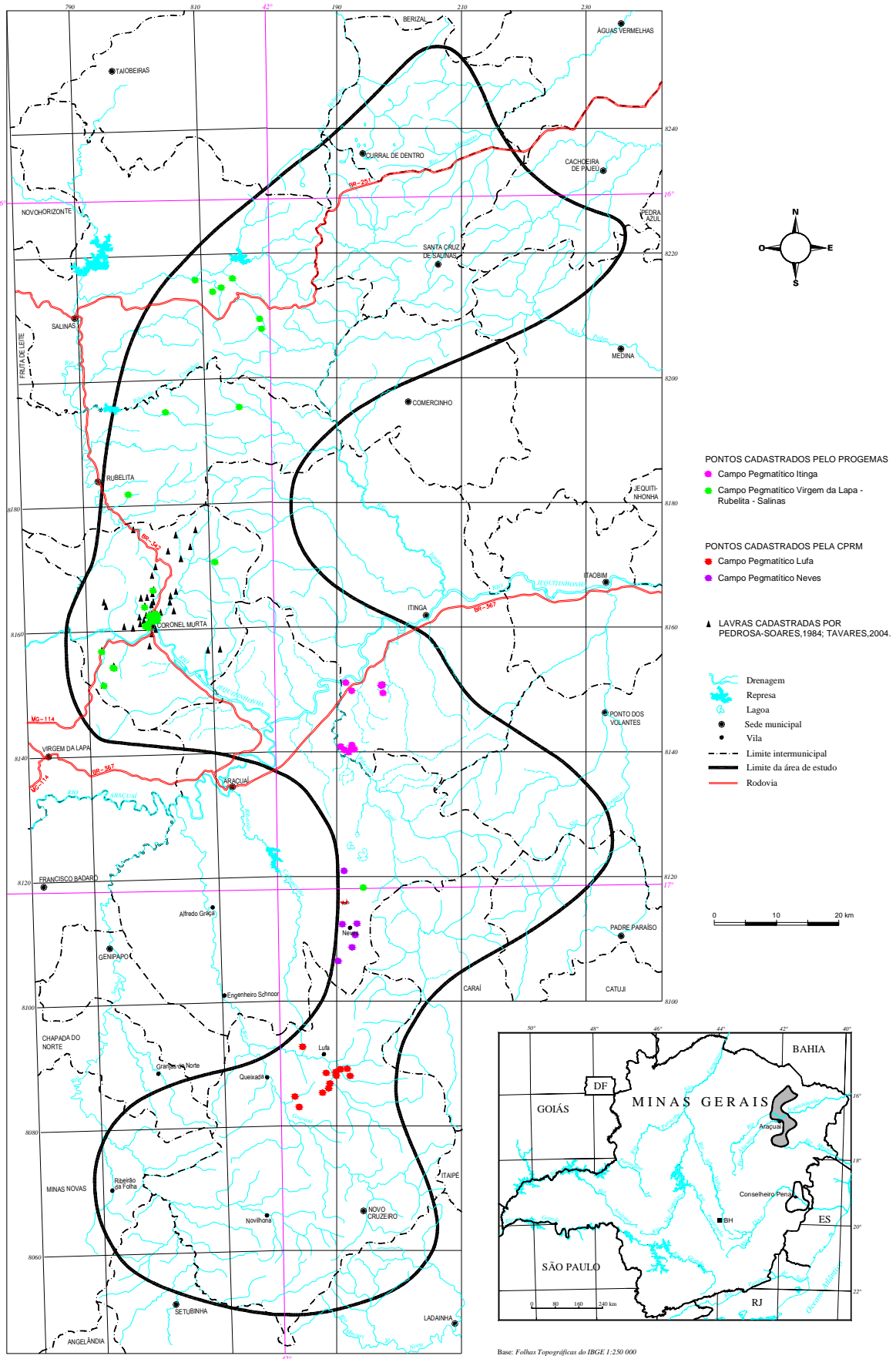


Figura 14 – Localização de campos pegmatíticos e lavras no Distrito Pegmatítico de Araçuaí (Adaptado e ampliado de Pedrosa-Soares *et al.*, 2001).

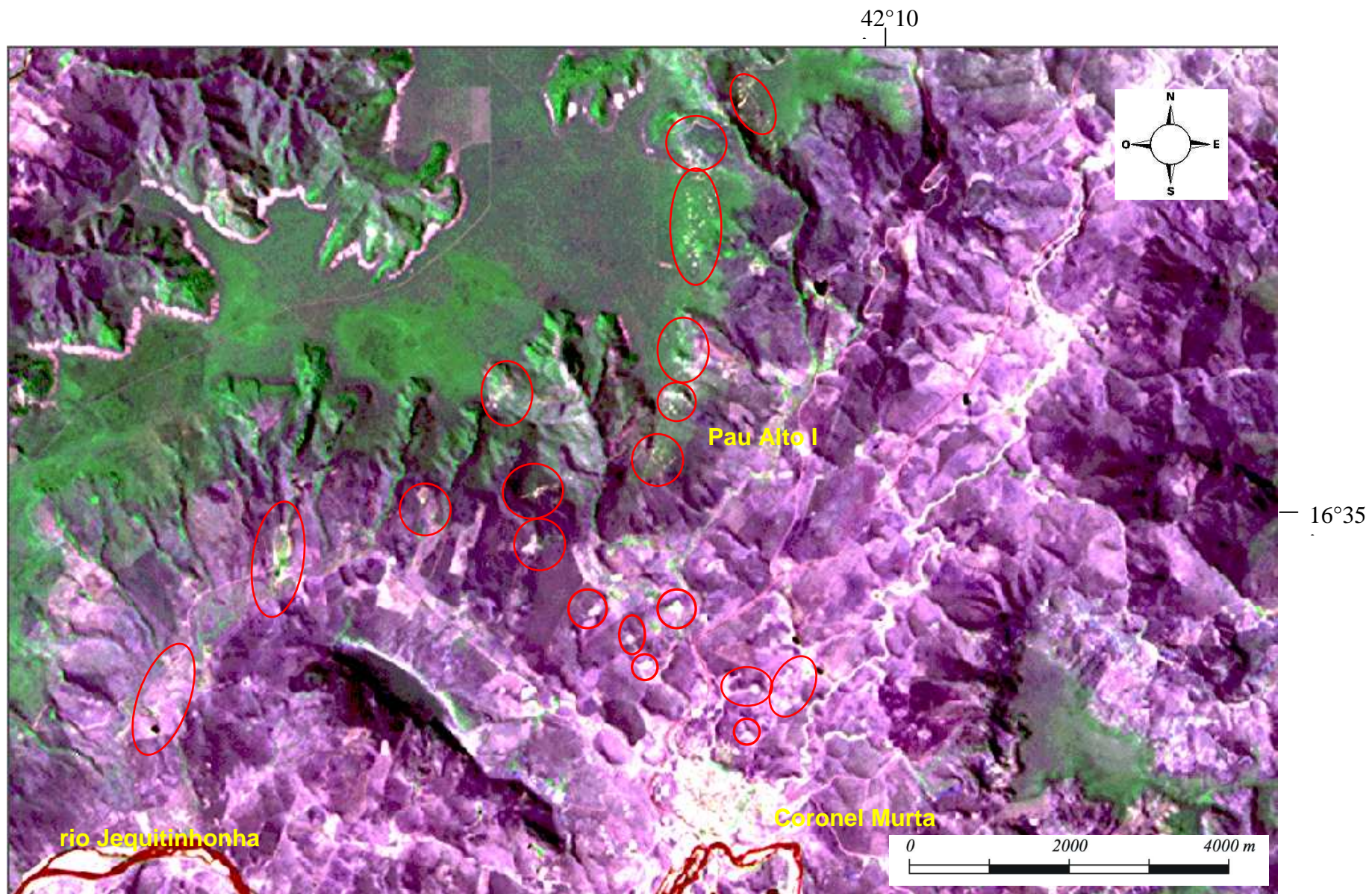


Figura 15 – Garimpos (áreas salientadas por círculos) da região de Coronel Murta, Distrito Pegmatítico de Araçuaí.

CAPÍTULO 4 – ROCHAGEM, APLICAÇÃO DE PÓ DE ROCHA NA AGRICULTURA

4.1 Introdução

Em 1893, no prefácio de “Pães de Pedra”, Julius Hensel perguntou: “*O que se conseguirá ao fertilizar com farinhas de rochas?*”. Pinheiro (2003) responde:

- a) Converter pedras em alimento e transformar regiões áridas em frutíferas;
- b) Alimentar o faminto;
- c) Conseguir que sejam colhidos cereais e forragens sãs e, desta maneira, prevenir epidemias e enfermidades entre homens e animais;
- d) Tornar a agricultura novamente um ofício rentável e economizar grandes somas de dinheiro investidas, hoje em dia, em fertilizantes que são potencialmente prejudiciais à saúde e em grande parte inúteis;
- e) Fazer com que o desempregado regresse à vida do campo, ao instruí-lo sobre as inesgotáveis forças nutritivas que, até agora desconhecidas, encontram-se conservadas nas rochas, no ar e na água.

No Brasil, a partir da década de 1950, os pesquisadores Djalma Guimarães e Vladimir Ilchenko realizaram estudos sobre o uso de rocha na agricultura. Neste caso, empregando os tufos vulcânicos da Mata da Corda como portadores de Co e Cu, parcialmente em forma assimilável pelos vegetais; como material adequado à reconstituição da estrutura do solo; como material próprio a impedir ou deter a lixiviação completa dos adubos solúveis na água; e como substância utilizável na composição de adubos e não prejudicial à solubilidade do P_2O_5 do superfosfato (fosfato tricálcico natural, tratado com ácido sulfúrico (composto, no caso, de fosfato monocálcico e de sulfato de cálcio), e muito empregado na agricultura, assim como substância neutra em relação à perda de nitrogênio. Ressaltaram-se que cerca de 75 a 80% da área do Estado de Minas Gerais, os solos não contêm mais do que 0,01 a 0,09% de P_2O_5 e, em geral, a carência de CaO, MgO e K_2O é muito grande (Ilchenko, 1955; Guimarães, 1955).

Atualmente, em importantes instituições de pesquisa do país (Inst. Pesq. Agrop. de Pernambuco, CDS-UnB, EMBRAPA etc.) e exterior (IDRC, Canadá; CREMINER-FCUL, Portugal etc.) estão em curso estudos para utilização de pó de rochas na agricultura, principalmente direcionados para o pequeno produtor rural.

Neste sentido, é importante mencionar o movimento internacional pró-rochagem, conduzido por cientistas de vários países, que se dedicam às pesquisas que têm como principal objetivo identificar fontes de recursos naturais (por exemplo, rochas de várias filiações genéticas) como alternativa para melhorar a fertilidade dos solos, sobretudo nas regiões tropicais, onde os fatores intempéricos são muito atuantes, tornando os solos empobrecidos em grande parte dos nutrientes

essenciais. Além disto, em tais regiões os indicadores de desenvolvimento humano são, quase sempre, muito baixos, agravando ainda mais a demanda por produção de alimentos. O somatório destes fatores, acrescido pelo elevado custo dos fertilizantes químicos, vem dificultando grandemente a reprodução sócio-cultural de populações tradicionais, normalmente compostas por agricultores familiares que têm na agricultura de subsistência sua principal forma de produção. Este grupo social, muitas vezes associado ao atraso tecnológico, são guardiões de sabedorias e práticas de manejo ambiental tradicionais, que asseguram a preservação de vários recursos naturais.

Segundo Fyfe (apud, van Straaten, 2002) é urgente e necessário fomentar e desenvolver mais pesquisas que mostrem as relações entre rochas, clima, solos e uma alimentação sadia. Segundo este autor, a pesquisa deve contemplar medidas que indiquem a substituição de insumos naturais, disponíveis nas áreas próximas da demanda, como forma de substituir o emprego de fertilizantes químicos, que são caros e, na maioria das vezes, inacessíveis aos agricultores, que em muitos países em desenvolvimento, como o Brasil, são responsáveis por grande parte da produção de alimentos.

4.2 Definições

O uso de rochas moídas, ou pós de rochas, configura-se como um método agrícola denominado rochagem que tem como objetivo a incorporação de rochas e/ou minerais ao solo, sendo a calagem e a fosfatagem natural casos particulares desta prática (Leonardos *et al.*, 1976).

Martins (2001) define a rochagem como uma técnica para restaurar solos lixiviados acrescentando-se os componentes inorgânicos naturais na forma de pó de rochas.

De acordo com Theodoro (2003), a rochagem é uma técnica barata e ecologicamente correta para fertilização do solo empobrecido quimicamente. As rochas utilizadas para este fim devem conter macro e microelementos (P, K, Ca, Mg, B, Mo, Se, V) importantes para o desenvolvimento das plantas, sem a necessidade do uso de agroquímicos.

Para solos empobrecidos quimicamente, von Osterroht (2003) define a rochagem como a soma da calagem, fosfatagem, adubação potássica e uma mistura com todos os micronutrientes essenciais e úteis às plantas. Segundo o mesmo autor, a idéia fundamental da rochagem é restituir ao solo uma fração de minerais intemperizáveis, que possa atuar como se fosse a fração silte de um solo jovem, no máximo maduro, isto é, uma reserva de nutrientes minerais.

Para Fyfe *et al.* (2006), a técnica de rochagem é uma alternativa estratégica para devolver as características de fertilidade essenciais aos solos. Esta tecnologia tem a função de facilitar o rejuvenescimento dos solos e aumentar a disponibilidade de nutrientes necessários ao pleno desenvolvimento das plantas (que é o insumo básico para a proliferação da vida em todas as suas dimensões).

4.3 Rochas e solos

As rochas são conjuntos de minerais e/ou substâncias cristalograficamente amorfas. São fornecedoras dos constituintes minerais da fase sólida do solo (Miedema, 2003).

Por sua vez, o solo é o manto de material inconsolidado que recobre as rochas. Este manto foi sujeito e influenciado por fatores genéticos e ambientais do material de origem, clima (umidade e temperatura), macro e microrganismos, e topografia, todos atuando durante um período e produzindo um produto-solo, o qual difere do material do qual ele é derivado em muitas propriedades e características físicas, químicas, mineralógicas e morfológicas (Curi *et al.*, 1993).

O conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que atua na interface crosta-hidrosfera-atmosfera, desintegrando-os e decompondo-os quimicamente, é definido como intemperismo. O intemperismo físico acarreta a fragmentação das rochas em partes menores e é causado por fatores como variação de temperatura, expansão do gelo, desgaste por vento e outros. O intemperismo químico provoca a lixiviação, em graus variados, dos constituintes das rochas, sendo o Al, Fe e Si, sob condições de boa drenagem, os menos removidos, o que promove a síntese de argilominerais e oxidróxidos de Fe e Al, mais estáveis sob condições de clima úmido e quente.

A lixiviação é mais intensa para cátions e ânions, relacionados em ordem crescente de remoção: K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} e Cl^- (Curi *et al.*, 1993).

Os processos de intemperismo constantes de desintegração e de decomposição dão origem ao regolito, material inconsolidado que encobre a rocha matriz regional. Por conseguinte, as rochas e os minerais são destruídos ou alterados e os nutrientes solúveis ficam sujeitos a perdas por lixiviação. Estes processos, aparentemente destrutivos, originam os solos (Brady, 1979). Os solos resultantes são consequência de fatores (clima, relevo, organismos vivos, material de origem e tempo) e processos (adição, perda, transporte e transformação) de formação de solos (Jenny, 1941), fazendo com que, em virtude da variação desses fatores e processos, os vários solos apresentem propriedades e características que diferenciam uns dos outros (Oliveira *et al.*, 1992; Zimback, 2003).

4.4 Aplicações da rochagem na agricultura

Desde a antiguidade têm-se conhecimento da adição de rocha triturada ao solo com finalidades agrícolas (Theodoro *et al.*, 2002). Históricos de experimentos utilizando pó de rochas na agricultura são apresentados por Leonardos *et al.* (1976) e van Straaten (2002).

No Brasil, importantes estudos têm sido desenvolvidos por Costa *et al.*, 2004a, 2004b; Kromberg *et al.*, 1976, 1979; Leonardos, 1973; Leonardos *et al.*, 1976, 1987; Leonardos & Theodoro, 1999, 2000; Theodoro, 2000, 2005; Theodoro *et al.*, 2002; Theodoro & Leonardos, 2004, Polipo, 2006, entre outros.

Merece destaque o trabalho premiado de Theodoro (2000), no qual são apresentados os resultados dos experimentos de campo com os tufos vulcânicos da Mata da Corda, realizados em vários lotes do Assentamento Fruta D'Anta, Minas Gerais, e em uma fazenda de produção orgânica, localizada no Distrito Federal. Tais experimentos confirmaram a viabilidade econômica, ecológica e produtiva da técnica de rochagem, comprovadas por análise custo/benefício, em culturas de milho, arroz, mandioca, cana-de-açúcar, frutíferas e hortaliças em comparação à adubação tradicional (Globo Rural, 2003; Theodoro & Leonardos, 2006).

Ainda segundo Theodoro (2000), a técnica da rochagem precisa se tornar realidade, pois é economicamente viável e socialmente mais justa, além de estar em acordo com os princípios da sustentabilidade e preservação dos solos.

O uso de pó de rochas, previamente selecionadas, na fertilização da terra, no cultivo de pequenas lavouras tem propiciado economia a pequenos agricultores, nas comunidades de Alto Morro e Riacho Dantas, na zona rural de Santo Antônio de Jesus, no Recôncavo Baiano. No ano de 2005, 15 toneladas de rochas moídas e ricas em nutrientes foram entregues às duas comunidades para experimentação nas lavouras (Santos, 2005).

A rochagem também se insere na Agricultura de Processos, terminologia empregada por alguns agroecologistas. Praticar a agricultura de processos é o agricultor manejar, integrando na sua atividade agrícola os processos cíclicos da natureza com ações biotecnologicamente naturais. Esses processos chamados de ciclos fotobiogeoquímicos compreendem a integração entre água, fotossíntese, manejo da biomassa, exsudados radiculares, aplicação de biofertilizante, microrganismos, decomposição da matéria orgânica, ácidos orgânicos, rochagem, solubilização mineral e nutrição vegetal (D'Andréa, 2003).

Também não se pode deixar de referir-se às iniciativas no âmbito internacional, principalmente os trabalhos voltados para a região do sub-Saara africano (van Straaten, 2002, 2006, 2007; Jama & van Straaten, 2006). Foram realizados experimentos nos solos ácidos do Quênia ocidental empregando rochas fosfáticas como regenerador da fertilidade dos solos. Uma rocha fosfática promissora é a Minjingu (13% P total e 3% P solúvel), cujos testes demonstraram ser tão efetiva quanto o superfosfato triplo (20% P). Os benefícios foram mais pronunciados com a integração das tecnologias agroflorestais que melhoram a fertilidade do solo. Nesta região, o aumento da produção agrícola é particularmente urgente, pois a geração de alimentos não acompanha o rápido crescimento da população, levando milhões de pessoas à fome.

Outras pesquisas meritórias estão em curso em diversos países como Portugal (Fonseca, 1998, 2002), Japão (Tazaki, 2006), Canadá (Arcand & Schneider, 2006).

4.5 Vantagens do uso da rochagem

De acordo com as pesquisas desenvolvidas em regiões tropicais, a utilização de pó de rochas pode propiciar melhorias para os solos na produção de culturas. A maioria dos solos tropicais, devido à intensa lixiviação das bases, são solos ácidos e de baixa fertilidade (Melfi *et al.*, 1999).

Considerando um intervalo de tempo maior, a exploração agrícola em larga escala, com o uso de grandes volumes de insumos e elevada tecnologia, não é sustentável no caso dos solos tropicais, pois causa sérios impactos social, econômico e ambiental (FAO/INCRA, 1995).

Uma das medidas propostas para minimizar esse problema é recuperar solos lixiviados pela incorporação de minerais ao solo, na forma de pó de rocha (Kromberg *et al.*, 1976, 1984).

Este fenômeno ocorre naturalmente por meio dos processos geológicos, tais como, inundação de rios, intemperismo de glaciares ou erupções vulcânicas. Remotas civilizações da Mesopotâmia, Egito, Paquistão, Índia e China fizeram uso da observação desse fenômeno na seleção do melhor local para utilização dos solos, ou mesmo reproduzindo o fenômeno, acrescentando pó de rochas (Leonardos & Theodoro, 1999). A combinação de clima temperado, abundância de água e solos vulcânicos férteis promoveram condições favoráveis para a produção de alimentos nas antigas civilizações gregas e italianas, localizadas em áreas do Mediterrâneo (van Straaten, 2007).

Experimentos e dados sobre a utilização de rochagem nos solos brasileiros mostram que determinados tipos de rochas enriquecidas em fósforo, cálcio, magnésio, potássio e micronutrientes podem ser utilizadas para fertilização do solo (Kromberg *et al.*, 1976; Leonardos *et al.*, 1987).

Após avaliação dos resultados de pesquisas desenvolvidas com a utilização de pó de rochas como fertilizante nos solos tropicais, Amparo (2003) apresenta as seguintes vantagens:

- Permite economia de mão-de-obra e custos operacionais, pois com o uso do pó de rocha de baixa solubilidade não há necessidade de se adubar com frequência, devido ao seu efeito residual prolongado;
- Não acidifica nem saliniza o solo, pelo contrário pode corrigir o seu pH;
- Evita a absorção de luxúria: quando usado potássio solúvel, a planta absorve este elemento mais do que o necessário e deixa de absorver cálcio e magnésio;
- Evita a fixação de fósforo solúvel, que ocorre quando se utiliza superfosfato simples, pela presença de ácido sulfúrico residual. A presença da sílica no pó de rocha também diminui a fixação de fósforo;
- Por fim, a matéria-prima é inteiramente nacional, inesgotável, fácil de ser explorada e encontra-se distribuída em todas as regiões do país.

CAPÍTULO 5 – FERTILIDADE DO SOLO

5.1 Introdução e conceitos

Desde os primórdios da humanidade a fertilidade do solo permite o desenvolvimento das civilizações e a geração de riquezas em várias regiões do mundo.

Porém, antes do advento da pesquisa científica em Ciência do Solo, somente eram exploradas as terras consideradas férteis. Quase nada era produzido nos solos ácidos e com baixos teores de nutrientes.

Não se pode ignorar a importância dos solos férteis em ambientes naturais que, sem limitação de chuvas, são responsáveis pelos ecossistemas ricos em fauna e flora. Quando estes solos são empregados na produção de alimentos permitem colheitas fartas mesmo sem adição de fertilizantes, pelo menos até esgotar a riqueza natural do solo.

A necessidade de incrementar a produção de alimentos devido ao contínuo aumento da população propiciou investimentos para a pesquisa científica e tecnológica, ocorrendo grandes avanços na agricultura.

No Brasil, cabe ressaltar as pesquisas relacionadas ao uso de corretivos para a acidez do solo, o que contribuiu para o uso de vastas áreas do território nacional. Hoje, o cerrado é o celeiro da produção de grãos no país.

A agricultura atual exige o uso de corretivos e fertilizantes em quantidades adequadas, a fim de obter o melhor resultado econômico associado à preservação do meio ambiente e ao aumento contínuo da produtividade.

Não se consegue esse equilíbrio sem considerar as práticas de manejo para cada tipo de solo, pois cada um tem suas necessidades e particularidades.

Fertilidade do solo vai ao encontro de tudo isso. Por meio dos resultados obtidos pela pesquisa científica a partir de experimentos desenvolvidos em todo o mundo, busca-se as melhores soluções para cada caso.

A fertilidade do solo é uma subdivisão da Ciência do Solo que trata da nutrição de plantas cultivadas no sistema solo-planta. Pode ser adequadamente conceituada como a capacidade do solo de ceder elementos essenciais às plantas (Novais, 1982).

Fitts & Hanway (1976) consideram que a produção de plantas, tanto quantitativa como qualitativamente, é uma função de quatro fatores: solo, planta, clima, manejo ou práticas culturais.

Em estudos de fertilidade do solo, são comuns terminologias como fertilidade natural, atual e potencial. A fertilidade natural diz respeito ao solo ainda não trabalhado e alterado pelo homem. Após o manejo, o que normalmente conduz à necessidade de correção da fertilidade natural, ter-se-á

a fertilidade atual. Fazendo-se as aplicações de fertilizantes e corretivos para determinado solo, objetiva-se atingir a fertilidade potencial.

De acordo com van Raij (1991), a fertilidade do solo contribui para a minimização de diversos problemas ambientais, tais como, o uso de resíduos variados (esterco, compostos, lodo de esgoto, vinhaça e pó de rocha) como adubos.

5.2 Elementos essenciais

Dos elementos químicos conhecidos, apenas dezesseis são considerados essenciais ao crescimento e desenvolvimento normais das plantas. Estes elementos essenciais deverão estar presentes nas formas disponíveis pelas plantas e nas concentrações ótimas para o crescimento vegetal (Brady, 1979).

Para ser considerado elemento essencial é necessário que o elemento cumpra alguns critérios que foram propostos por Arnon e Stout em 1939 (in Novais, 1982), os quais são:

- a) A sua deficiência impede que a planta complete o seu ciclo vital;
- b) Tal deficiência é específica do elemento testado e só pode ser prevenida ou corrigida mediante o seu fornecimento;
- c) O elemento deve estar diretamente envolvido na nutrição da planta.

Os elementos essenciais podem ser agrupados da seguinte maneira:

- C, H, O – elementos obtidos a partir de CO₂ (fotossíntese) e água
- N, P, K – macronutrientes primários
- Ca, Mg, S – macronutrientes secundários
- Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B, Cl, Na – micronutrientes

Apenas C, H e O contribuem com mais de 90% do peso a seco da maioria das plantas. São elementos muito pesquisados nos estudos de Fisiologia Vegetal.

Os macronutrientes são aqueles elementos requeridos em maiores quantidades pelas plantas. Nitrogênio, fósforo e potássio são geralmente fornecidos ao solo por meio de estrume rural ou de fertilizante comercial. Cálcio e magnésio são adicionados aos solos ácidos na forma de calcário e são chamados elementos de calagem. Enxofre, além de existente nas águas pluviais, é adicionado ao solo como ingrediente de alguns fertilizantes, como estrume rural, superfosfato e sulfato de amônia.

Os micronutrientes, por outro lado, são aqueles elementos requeridos em menores ou mínimas quantidades pelos vegetais. Com exceção do ferro e em alguns casos do manganês, os micronutrientes são encontrados em forma esparsa na maioria dos solos e sua disponibilidade para os vegetais é sobretudo reduzida (Brady, 1979).

5.3 Disponibilidade de nutrientes: Relação solo - planta

Um elemento químico (E) para ser absorvido pelas raízes, inicialmente, terá que ser liberado de uma forma sólida (adsorvido, precipitado, fixado, imobilizado) para a solução do solo. Posteriormente, em uma forma iônica, é transportado até a raiz, ou a raiz, ao crescer, o intercepta.

A necessidade de ter a água como veículo de transporte do elemento até a superfície das raízes mostra que mesmo um solo rico em nutrientes (fértil) pode ser improdutivo se houver carência hídrica.

O transporte de nutrientes até a superfície das raízes envolve diferentes processos:

a) Difusão

É o processo de movimento de íons em função de um gradiente de concentração. A absorção de íons pelas raízes acarreta decréscimo das concentrações iônicas na superfície radicular em relação à solução do solo, estabelecendo-se o gradiente de concentração. É um processo importante para certos nutrientes cujos teores na solução do solo são baixos, principalmente para os elementos mais fortemente adsorvidos como, por exemplo, o fósforo.

b) Fluxo de massa

É o processo de movimentação do elemento junto com a água. O elemento não se movimenta dentro da solução do solo, mas movimenta-se com esta. Ocorre como consequência do processo de absorção de água pelas raízes e transpiração pela parte aérea da planta. Apresenta elevada concentração dos elementos de maior mobilidade (cálcio e magnésio, por exemplo).

c) Interceptação radicular

As raízes e radículas penetram o solo e entram assim em contato direto com os colóides do solo, ou seja, as raízes se dirigem aos colóides e aos nutrientes por eles retidos. No caso, quem se movimenta é a raiz e não o elemento.

Como consequência do transporte de nutrientes no solo, tem-se (Novais, 1982):

- Os problemas nutricionais de uma planta deverão ser mais intensos nos períodos de estiagem do que nos chuvosos.
- Colocar fertilizante em um solo seco não suprirá o elemento aplicado à planta, mas apenas ao solo.
- A irrigação de uma cultura não tem como única finalidade suprir água para a planta.

A captação de nutrientes pelas plantas exige íntima associação raiz-solo. Ela é acentuada por exsudações radiculares e pela atividade microbiana na vizinhança imediata das superfícies de absorção (Brady, 1979).

5.4 Formas dos elementos utilizadas pelas plantas

O solo é uma massa porosa, com parte dos espaços vazios ocupados por água em quantidades diversas. Na realidade, não se trata de água pura, mas de uma solução contendo diversos solutos que interessam às plantas, principalmente nutrientes e elementos tóxicos.

A fonte de nutrientes prontamente assimiláveis pelas raízes das plantas é a solução do solo, cujos íons mais importantes são:

Nitrogênio → íon amônio (NH_4^+), íon nitrito (NO_2^-), íon nitrato (NO_3^-)

Fósforo → íon monohidrogeno fosfato (HPO_4^{2-}), íon dihidrogeno fosfato (H_2PO_4^-)

Potássio → íon potássio (K^+)

Cálcio → íon cálcio (Ca^{++})

Magnésio → íon magnésio (Mg^{++})

Enxofre → íon sulfato (SO_4^{2-})

Hidrogênio → íon hidrogênio (H^+)

Cloro → íon cloreto (Cl^-)

Sódio → íon sódio (Na^+)

Dos macronutrientes, potássio, cálcio e magnésio apresentam-se somente como cátions. O fósforo apresenta-se na forma de ânions ortofosfato e o enxofre como sulfato. O nitrogênio é o único macronutriente que pode ocorrer no solo na forma de cátion ou de ânion, respectivamente amônio e nitrato, uma vez que o íon nitrito ocorre em teores muito baixos.

Dentre os demais elementos que também são importantes em solos destacam-se o hidrogênio por seu papel na acidez e na reação do solo. O sódio apresenta-se como cátion que pode ocorrer em teores trocáveis muito elevados em certos solos próximos ao mar ou de regiões semi-áridas. O cloreto é abundante em solos salinos e, dependendo da exigência nutricional de uma cultura, pode ser adicionado ao solo por meio das adubações potássicas.

De acordo com estudos realizados em solução do solo (van Raij, 1991), os teores dos nutrientes são variáveis. As quantidades não são geralmente suficientes para o suprimento das culturas. Desta forma, torna-se necessário repor os nutrientes da solução do solo que são absorvidos pelas plantas.

No processo de absorção de nutrientes pelas plantas, a solubilidade e a assimilabilidade dos nutrientes não constituem fenômenos estritos do solo, em que os vegetais absorvem passivamente aquilo que lhes é apresentado (Brady, 1979). As exsudações radiculares e a atividade microbiana nas proximidades das raízes (rizosfera) exercem influência marcante na solubilidade dos nutrientes.

5.5 Avaliação da fertilidade do solo

O padrão da vegetação e o desenvolvimento das plantas cultivadas são usados como referência da qualidade das terras desde a antiguidade. Assim, de forma subjetiva e empírica, até leigos são capazes de fazer uma avaliação da fertilidade do solo (van Raij, 1991).

Com a contínua necessidade de aumentar a produção de alimentos, grande impulso foi dado à fertilidade do solo a partir do desenvolvimento dos métodos científicos.

No processo de obtenção da produtividade ótima de uma cultura procura-se adquirir a melhor variedade, fazer o plantio na época mais adequada, ou seja, quando as condições climáticas forem as melhores e também realizar todos os tratamentos culturais previstos para a cultura a ser conduzida. Apesar de todos estes cuidados, pode-se chegar a uma baixa produtividade como consequência de limitações da fertilidade do solo, considerando-se que as condições físicas (textura, estrutura, consistência etc.) e microbiológicas do solo não sejam limitantes. Portanto, para obtenção da produtividade ótima, há necessidade de eliminar possíveis limitações impostas por uma fertilidade inadequada (Novais, 1982).

Do ponto de vista técnico-científico, há várias maneiras disponíveis de avaliação da fertilidade do solo:

a) Métodos químicos

Os métodos químicos de avaliação da fertilidade baseiam-se na substituição das raízes das plantas, como agentes extratores dos elementos do solo, por reagentes químicos que extraem os mesmos elementos em quantidades que se devem correlacionar com o crescimento das plantas. Normalmente estes extratores são ácidos ou bases diluídas.

b) Métodos biológicos

Nos métodos biológicos, a resposta das plantas é utilizada para avaliar a fertilidade dos solos. A capacidade do solo em ceder nutrientes para as plantas é medida levando-se em consideração todos os aspectos da interação solo *versus* planta.

Os ensaios biológicos podem ser conduzidos por meio dos seguintes experimentos:

- Experimento em casa de vegetação

Permite controlar temperatura, luz e umidade. São experimentos comuns quando se deseja informações sobre correlações entre nutrientes disponíveis no solo e crescimento de plantas, estudos comparativos de fontes de nutrientes, estudos sobre equilíbrios ótimos entre nutrientes, sobre os efeitos de variáveis não controláveis em condições de campo, sobre a absorção de nutrientes, entre outros.

- Experimento de campo

É o mais antigo e conhecido método biológico de avaliar a fertilidade do solo. Como as condições climáticas e outros fatores limitantes são incontroláveis, muitas vezes são considerados

caros e demorados. Os experimentos de campo têm sido muito utilizados em todo o mundo no processo de avaliação da fertilidade do solo e também para competição de variedades, épocas de plantio e testes de fertilizantes e herbicidas. No caso dos experimentos de campo com adubação, geralmente, diferentes níveis de diversos nutrientes são testados em pequenas áreas denominadas parcelas experimentais.

- Análise foliar

Avalia-se o teor de um elemento na planta como uma indicação de sua disponibilidade no solo. É um recurso adicional ao processo de avaliação da fertilidade do solo. Como no solo, o nível crítico de nutrientes na planta pode ser também definido.

- Sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas

A observação de sintomas de deficiências é sempre útil, mas não permite uma avaliação direta da fertilidade do solo. Como diversos outros fatores podem causar os sintomas de deficiência nutricional, é importante ter muito cuidado ao analisar os sintomas visuais. Sempre que possível, a análise do sintoma de deficiência deverá ser acompanhada pela análise foliar e/ou do solo. Outro fator agravante é que, normalmente, o sintoma é causado, no campo, por mais de uma deficiência nutricional, acarretando uma somatória de sintomas que dificulta o diagnóstico. Um mesmo nutriente pode também apresentar sintomas diferentes entre as espécies de plantas.

- Métodos microbiológicos

Além da utilização de plantas superiores, a utilização de microrganismos pode ser também viável no processo de avaliação da fertilidade do solo. Os métodos microbiológicos foram iniciados após pesquisadores observarem que o crescimento de certos microrganismos era também limitado pela disponibilidade de nutrientes no solo. Segundo Malavolta (1967), os seguintes microrganismos são freqüentemente utilizados:

→ *Azotobacter* (bactéria) → para P e K;

→ *Aspergillus niger* (fungo) → para P, K, Mg, Cu, S e Zn;

→ *Cunninghamella* (fungo) → para P

De acordo com Malavolta, a avaliação da disponibilidade de um nutriente no solo, pelo método microbiológico, pode ser feita através das seguintes avaliações das culturas:

- Pelo aspecto da cultura ou número e tamanho das colônias;
- Pelo peso seco do micélio;
- Pelo diâmetro da colônia;
- Pelo teor do elemento no micélio.

O método microbiológico consiste no cultivo de microrganismos na superfície de placas de solo que receberam níveis crescentes do nutriente em estudo, ou nos seus cultivos em meios de cultura onde se adiciona uma amostra do solo a ser analisado.

5.6 Leis da fertilidade do solo

a) Lei do Mínimo ou Lei de Liebig (1862)

Esta lei estabelece uma proporcionalidade direta entre quantidade de nutriente adicionado ao solo deficiente nesta substância e produtividade. O crescimento da planta é limitado por aquele nutriente que ocorre em menor quantidade relativa, e ele seria o único a limitar a produção.

Originalmente, esta lei enunciava que o peso das colheitas é proporcional à quantidade do elemento que se encontra em menor quantidade no solo, em relação às necessidades das plantas (Novais, 1982).

b) Lei dos Incrementos Decrescentes ou Lei de Mitscherlich (1909)

O aumento progressivo da concentração de um nutriente deficiente no solo faz a produtividade aumentar rapidamente no início (tendendo a uma resposta linear) e este aumento torna-se cada vez menor até atingir um platô, quando não há mais respostas a novas adições do nutriente.

c) Lei do Máximo

O decréscimo da produtividade ocorre quando o nutriente inicialmente limitante é adicionado além do nível ótimo.

d) Lei da Qualidade Biológica

Esta lei foi proposta por Voisin, em 1973, (Novais, 1982) e considera que a aplicação de fertilizantes deva ter como primeiro objetivo a melhoria da qualidade do produto, a qual tem prioridade sobre a produtividade. A deficiência ou excesso de certos nutrientes nas plantas pode causar problemas à saúde daqueles que as consomem.

e) Lei da Restituição

A Lei da Restituição foi também anunciada por Voisin, em 1973, (Novais, 1982). Segundo seu propositor é indispensável, para se manter a fertilidade do solo, fazer a restituição, não só dos elementos assimiláveis levados pelas colheitas, mas também dos elementos assimiláveis desaparecidos após as aplicações de adubos. Ao se tentar manter a fertilidade do solo pela restituição, assume-se que ela esteja próxima ou já tenha atingido o nível de fertilidade potencial, não sendo mais a fertilidade do solo um limitante da produtividade. Assim, aquilo que é retirado do solo ou perdido pela sua utilização pelo homem deverá ser repostado.

f) Lei da Interação

Cada fator de produção, por exemplo, nutrientes, é mais eficaz quando os outros fatores estão perto de seus ótimos. Esta lei mostra a necessidade de estudar cada elemento essencial conjuntamente com outras substâncias do solo. Muitos experimentos têm mostrado a existência de interações positivas, tais como nitrogênio com fósforo e fósforo com cálcio.

CAPÍTULO 6 – DESCRIÇÃO DA ÁREA

6.1 Geologia local

Os principais litotipos da área compreendida nos municípios de Araçuaí e Coronel Murta são (ver Mapa Litológico, ANEXO A.I):

- Rochas metassedimentares: xistos (carbonático, cordierita xisto, mica xisto mosqueado, mica xisto granadífero) e quartzitos;
- Granitos: pegmatóide, leucogranito a duas micas e biotita granito;
- Sedimentos Terciários e
- Coberturas Quaternárias.

6.1.1 Rochas metassedimentares

Esses litotipos estão inseridos na Formação Salinas, redefinida por Lima *et al.*(2002). Em sua área-tipo, a Formação Salinas é constituída por grauvaca, pelito e conglomerado clasto-suportado, metamorfisados em fácies xisto verde. Três associações de litofácies (plataforma, talude e bacia) caracterizam a sedimentação desde plataforma (influenciada por ondas de tempestade) até turbidítica de águas profundas. Na sedimentação de talude e bacia tem-se interação de fluxos gravitacionais (fluxos detríticos) e correntezas de turbidez de alta a baixa densidade, em ambiente de leque submarino. As paragêneses metamórficas destas rochas grauvaquianas e pelíticas sugerem contraste com a zoneografia metamórfica do Grupo Macaúbas. Datações U-Pb SHRIMP de zircões detríticos evidenciam que a Formação Salinas (568-500 Ma) é mais jovem deste grupo e representa a sedimentação tardi-orogênica da Faixa Araçuaí.

As rochas metassedimentares encontradas nos municípios de Araçuaí e Coronel Murta são xistos e quartzitos (Pedrosa-Soares & Dias, 2005). No Mapa Litológico (ANEXO A.I) estão individualizados quatro conjuntos de rochas metassedimentares (Pedrosa-Soares & Dias, 2005):

a1) Xisto e quartzito carbonáticos

O xisto carbonático é uma rocha bandeada, cujas bandas são compostas principalmente por quartzo, biotita, muscovita e calcita, tendo pequenos cristais de granada e raramente estaurolita como acessórios. As camadas mais ricas em quartzo e calcita, intercaladas neste xisto, são genericamente denominadas como quartzito carbonático, mas tratam-se, em termos precisos, de “metawacke” carbonático. São as rochas ocorrentes na área experimental.

Os xistos carbonáticos efervescem prontamente com $\text{HCl}_{1:1}$ (a frio, na amostra bruta), denunciando a presença da calcita. São, na maioria das vezes, mais biotíticos que muscovíticos e apresentam conteúdos de CO_2 na faixa de 0,9 a 5,0% em peso (Tab. 4) (Pedrosa-Soares, 1995, 1997).

Tabela 4 – Análises químicas de xistos carbonáticos regionais da Formação Salinas (%)*.

Amostra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	CO ₂
SM51	46,90	1,00	20,40	3,30	5,10	0,10	3,30	4,90	1,30	6,90	0,19	1,89	4,30
T171C	58,70	0,79	14,90	1,60	4,80	0,29	3,50	6,40	1,60	2,70	0,14	1,08	3,20
R4	65,00	0,70	12,40	1,10	3,20	0,15	1,90	5,20	1,90	1,90	0,19	1,55	4,60
T3720	65,20	0,92	12,90	1,60	2,80	0,55	3,70	4,40	2,90	1,90	0,29	1,27	1,30
GSM1T10	65,80	0,83	13,10	2,90	1,50	0,13	1,70	5,00	2,70	2,40	0,25	0,86	2,95
SM20	66,70	0,73	11,1	0,72	3,40	0,09	1,80	4,90	2,80	2,30	0,20	0,82	4,30
TM1085	68,30	0,81	13,10	1,00	3,32	0,11	1,60	3,00	2,80	2,50	0,18	0,63	1,10
TM1160	68,60	0,74	12,00	1,50	2,89	0,11	1,60	3,80	2,70	2,20	0,17	0,16	1,76
T185	69,80	0,64	13,00	0,48	2,90	0,09	1,80	3,10	2,30	2,40	0,17	1,42	1,70
TM2418	72,10	0,56	11,40	1,50	2,16	0,13	1,50	3,20	1,40	2,60	0,15	0,18	0,96

* Pedrosa-Soares, 1995.

Pedrosa-Soares (1995) elaborou o diagrama triangular SiO₂/Al₂O₃ – K₂O/Na₂O – MgO/CaO (% em peso de óxidos) para expressar a derivação petrológica de metassedimentos detríticos. Os resultados permitiram concluir que as amostras de xistos carbonáticos situam-se no campo das rochas grauvaquianas que engloba grauvacas *sensu strictu*, subgrauvacas e pelitos grauvaquianos. O termo subgrauvaca é utilizado para designar grauvacas ricas em quartzo (litoarenito).

Segundo o mesmo autor, em sedimentos detríticos comuns, o potássio encontra-se majoritariamente em clastos de micas, K-feldspato e argilas illíticas, além de estar adsorvido em argilo-minerais; o sódio provém em maior parte do plagioclásio detrítico, mas também está presente em líquidos conatos e em argilo-minerais

a2) Cordierita xisto

É um xisto constituído principalmente por biotita, quartzo e cordierita, localmente com andaluzita e muscovita. Em afloramentos frescos, a cor varia de cinza escura e cinza prateada a cinza azulada. Apresenta estrutura bandeada e a cor das bandas varia em tons de cinza, em função da variação na quantidade de biotita. Esta rocha apresenta uma foliação marcante, pode aparecer dobrada e conter muitos veios de quartzo, pegmatito e granito.

a3) Mica xisto mosqueado

Trata-se de um xisto bandeado, mosqueado, de cor cinza médio a escuro quando fresco. É composto principalmente por quartzo, biotita e muscovita e, em quantidades menores, granada e andaluzita. O aspecto mosqueado deste xisto resulta das concentrações de biotita.

a4) Mica xisto granadífero

É um xisto bandeado, composto de biotita, muscovita, quartzo e granada, que se encontra repleto de veios de quartzo. O mica xisto apresenta intercalações espessas de metachert sulfetado.

Os cristais de sulfeto do “metachert” estão orientados ao longo da foliação da rocha. Um quartzito de cor rosa, magnético, está associado ao mica xisto.

b) Quartzitos

A unidade quartzítica é constituída por intercalações de quartzitos puros, quartzitos feldspáticos, quartzitos micáceos e quartzitos carbonáticos, com predominância das variedades feldspáticas e micáceas. Os quartzitos são constituídos com proporções diversas de micas (muscovita e/ou biotita), feldspatos (plagioclásio e/ou K-feldspato), óxidos de ferro (magnetita, martita ou hematita) e carbonato (calcita predominante). Em todas as variedades de quartzitos, foram identificadas como acessórios, hematita, zircão e apatita. Biotita e muscovita (quartzitos micáceos) são encontradas como acessórios raros nas outras variedades de quartzitos (Pedrosa-Soares, 1984, 1997).

6.1.2 Granitos

Os arredores do município de Coronel Murta são caracterizados pela presença de intrusões graníticas. São áreas de particular importância econômica devido à ocorrência de mineralizações associadas ao grande número de pegmatitos graníticos (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001).

Os granitos compreendem, essencialmente, três tipos petrográficos que, em função de sua concentração no terreno, permitiram separar os domínios de granitos pegmatóides, biotita granitos e leucogranitos a duas micas (Pedrosa-Soares, 1984; Monteiro, 1986).

a) Granitos pegmatóides

A composição mineralógica essencial destas rochas é dada por quartzo, albita, feldspato potássico macropertítico, plagioclásio (albita a oligoclásio sódico) e muscovita. Turmalina negra é um acessório sempre presente e, às vezes, abundante, enquanto rutilo, biotita, apatita e granada vermelha são escassos.

b) Leucogranitos a duas micas

Os leucogranitos a duas micas constituem um domínio litológico composto por granitóides quase sempre mais ricos em muscovita do que em biotita. As variedades nas quais a biotita praticamente desaparece são denominadas leucogranitos muscovíticos. Eventuais ocorrências de granitos pegmatóides e de albita-turmalina granitóides associam-se aos leucogranitos a duas micas (Pedrosa-Soares, 1997).

Os minerais essenciais são quartzo, feldspato potássico (microclina) e plagioclásio (oligoclásio sódico). Muscovita chega a ser um mineral essencial no caso dos leucogranitos

muscovíticos. Os minerais acessórios são muscovita, biotita, granada vermelha, fibrolita, sericita, zircão, clorita, apatita e raros opacos. As cores predominantes do leucogranito são cinza claro, creme, branco e rosa muito claro. A textura predominante tem granulação fina.

O leucogranito tem potencial econômico, por se tratar de um granito de cor clara que pode conter grandes jazidas de granito branco, muito apreciado no mercado de rochas ornamentais. O leucogranito é também um alvo importante para se pesquisar a existência de jazidas de granito pegmatóide (ou pegmatito) que tem significativo valor como rocha ornamental (Pedrosa-Soares & Dias, 2005).

c) Biotita granitos

Estas rochas constituem os corpos graníticos dos Morros do Frade e da Cascalheira, nos arredores de Coronel Murta. Muito raramente ocorrem nos domínios dos leucogranitos a duas micas e inexistem no domínio dos granitos pegmatóides (Pedrosa-Soares, 1997).

A mineralogia essencial é composta por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e eventualmente, biotita. Os minerais acessórios são muscovita, zircão livre ou incluso em biotita, apatita, rara titanita, agulhas de rutilo inclusas em biotita, clorita e raros epidoto e opacos.

Os granitos, principalmente os biotita granitos, também podem alojar pegmatitos residuais, não zonados, ricos em água marinha e com amazonita. Entre estes pegmatitos designados internos, citam-se os localizados ao redor do Morro do Frade (Coronel Murta), notórios por possuírem cristais de água-marinha de cor azul extra, de grande valor gemológico (Pedrosa-Soares *et al.*, 1990).

6.1.3 Sedimentos Terciários

Os sedimentos terciários são englobados na Formação São Domingos (Pedrosa-Soares, 1997; Pedrosa-Soares & Dias, 2005).

Estes sedimentos são constituídos por arenitos, siltitos e argilitos, grosseiramente estratificados. Localmente, ocorrem intercalações delgadas de conglomerados. Os arenitos têm matriz caolinítica podendo apresentar cores variáveis entre o branco e o vermelho devido à maior ou menor presença de manchas de limonita. São classificados como arenitos argilosos e silto-argilosos. Os sedimentos dominantes são compostos por clastos de areia quartzosa, recobertos ou não por películas de óxidos de ferro e manganês. Como minerais pesados e escassos tem-se: granada, cianita, turmalina, berilo, estauroлита e opacos limonitizados. Esporadicamente, podem ser observados restos de grãos de feldspatos, mica branca e silimanita, caolinizados. Os siltitos e argilitos sempre apresentam clastos da granulação da areia, sendo constituídos de quartzo e dos

silicatos pesados mencionados anteriormente. Podem ser classificados como siltito areno-argilosos, argilitos sílticos e/ou arenosos, variando em função das quantidades de misturas das frações granulométricas. As cores também variam do branco ao vermelho em função da intensidade da laterização. Porém, devido à baixa permeabilidade que resulta em menor laterização, predominam as cores mais claras.

6.1.4 Coberturas Quaternárias

As coberturas elúvio-coluvionares das superfícies de aplainamento encontram-se, sobretudo, nas chapadas mais elevadas onde praticamente inexistem sedimentos da Formação São Domingos. Tratam-se de elúvios e colúvios das rochas pré-cambrianas e por isto sua composição e granulometria tendem a respeitar a distribuição e características destas rochas (Pedrosa-Soares, 1997).

Os aluviões são depósitos sedimentares recentes, constituídos por areias, cascalhos, siltes, argilas e termos mistos, com ou sem contribuição orgânica, depositados em ambiente fluvial, ao longo de calhas, planícies de inundação e terraços. Depósitos de turfa são encontrados localmente (Saadi, 1991).

As coberturas coluvionares são constituídas por areias silto-argilosas, com grânulos e seixos, em geral de quartzo, quartzito e canga limonítica, tendo cascalheira ou linha de seixos na base. Recobrem encostas resultantes da morfogênese atual e pré-atual (Saadi, 1991).

Geralmente, a cobertura superficial do topo de chapadas e serras é representada por solos claros, mais arenosos que o normal. Estas coberturas ocorrem principalmente nas partes leste e sudeste do município de Araçuaí e na porção leste de Coronel Murta. Nas coberturas de chapadas e serras ocorrem muitos afloramentos rochosos, na forma de lajedos de granito com vegetação de caatinga (mandacaru e outras cactáceas) (Pedrosa-Soares & Dias, 2005).

6.2 Geomorfologia

Com o objetivo de se caracterizar depósitos secundários de gemas, selecionou-se uma área próxima a Coronel Murta (Campo Pegmatítico de Coronel Murta-Virgem da Lapa) para uma avaliação preliminar. A seleção da área foi devido à grande concentração de garimpos, além de abranger as três áreas de amostragem do presente trabalho.

6.2.1 Formações superficiais da região de Coronel Murta

As formas e formações superficiais da área mapeada (ANEXO A.II) têm origens diversas em função de vários processos formadores do relevo, tanto no espaço quanto no tempo. Há

evidências de processos de épocas mais áridas que a atual, como os de pedimentação, como também de épocas mais úmidas, como os escorregamentos.

O mapeamento permitiu a discriminação de várias categorias de formações associadas a um processo específico, como as aluviões, mas, em grande parte da área, os depósitos estão mascarados nas vertentes e só podem ser caracterizados nos taludes das estradas ou próximos dos garimpos. Uma primeira aproximação do tema está sintetizada no Mapa das Formas e Formações Superficiais (ANEXO A.II).

Podem ser observadas formações superficiais originadas dos processos fluviais nas planícies fluviais (incluindo depósitos de canal, de várzea e de terraços) ao longo do rio Jequitinhonha e afluentes como o córrego Cabeceira da Água Santa, córrego Limeira, córrego Vargem, córrego Alagadiço, ribeirão São José e córrego Altamira pela margem direita; córrego Jucutupi, Palmeiras e Ouro Fino pela margem esquerda. Chama-se ainda a atenção para a planície fluvial do córrego Ouro Fino, próxima à localidade do mesmo nome, onde foram observados sinais de garimpos e conseqüentemente, de alterações dos depósitos.

Na Chapada de São Domingos e na Chapada dos Gerais ocorrem os depósitos também caracterizados como tendo uma origem fluvial, e com contribuições locais de leques aluviais.

Processos associados com o escoamento superficial difuso, com o escoamento em pequenos canais e em torrentes atuaram na área e seus depósitos foram registrados como rampas de colúvio e cones de detrito. Destacam-se as sub-bacias dos córregos Jucutupi e Sopé, ao sul da serra da Lagoa Nova, onde estas formações apresentam maiores extensões. A preservação dos depósitos nestes locais provavelmente foi provocada por afloramentos e estrangulamentos que dificultaram a sua remoção ao longo destes córregos, cujos cursos têm um padrão anelar, envolvendo o corpo granítico do morro da Cascalheira. Não foram encontradas boas exposições destes tipos de depósitos.

Também associados a uma fase úmida durante o Quaternário e a condicionamentos geológicos locais (provavelmente fraturas) registraram-se depósitos provenientes de escorregamentos no contato das Formações Salinas e Chapada Acauã, ao sudeste e leste da Chapada da Lagoa Nova, e a oeste da Chapada de São Domingos sobre um cruzamento de fraturas assinaladas nos mapas geológicos.

Durante as fases mais áridas do Cenozóico foram elaboradas superfícies aplainadas e vertentes pedimentadas. A superfície definida como st2 foi denominada Superfície Sul Americana por King (1956), sendo a ela atribuída uma idade terciária inferior. Uma revisão sobre o assunto consta de Saadi & Pedrosa –Soares (1990). Esta superfície caracteriza as Chapadas da Lagoa Nova, do Morro Redondo, do Cachimboetê e outras menores. Segundo Pedrosa-Soares (1997), os depósitos de cobertura da superfície “são formados por elúvios e colúvios das rochas pré-cambrianas e, por isso, sua composição e granulometria tendem a respeitar a distribuição e

características destas rochas. Assim, as chapadas cujos substratos são constituídos por quartzitos apresentam coberturas mais arenosas e com maior quantidade de seixos de quartzo”.

Registram-se, ainda, poucos trechos da superfície aplainada plio-pleistocênica que caracteriza a área rebaixada denominada Depressão do Médio Jequitinhonha (CETEC, 1980a). Os depósitos superficiais predominantes são colúvios e alúvios comumente argilosos, a partir dos quais desenvolveram-se os Latossolos eutróficos.

Como formas associadas aos processos de dissolução foram incluídas as depressões abertas ou fechadas onde podem ser formadas lagoas temporárias no período chuvoso. Essas depressões ocorrem em várias posições topográficas abaixo das chapadas, preferencialmente ao longo de falhas e fraturas e sobre as rochas calcissilicáticas e metacalcários existentes na Formação Salinas. Supõe-se que elas tenham uma idade quaternária, pois guardam uma relação estreita com a rede de drenagem atual.

Os depósitos comumente apresentam cascalheiras na base, algumas angulosas, revelando depósitos de curta distância e outras arredondadas, quando têm origem fluvial. Admite-se uma idade quaternária para os depósitos, associados com fases mais úmidas do Quaternário, que promoveram a intensa desnudação observada no vale do Jequitinhonha.

6.3 Solos e aptidão agrícola

A agricultura é uma atividade econômica dependente, em grande parte, das características do solo, clima e relevo, que nas suas várias inter-relações, constituem diferentes ecossistemas dentro de uma região e, portanto, com distintas aptidões para produzir diferentes bens agrícolas. Ainda que a tecnologia permita superar, em parte, as limitações derivadas do condicionamento ecológico, convém salientar que a imobilidade dos recursos naturais restringe o raio de manobra do planejamento e condiciona, parcialmente, as decisões relacionadas com seu uso para a produção agrícola (CETEC, 1980b). Os Mapas de Solos e de Aptidão Agrícola da área de estudo são apresentados nos ANEXOS A.III e A.IV, respectivamente.

6.3.1 Características predominantes das classes de solos

- Solos com horizonte “B” textural

É um horizonte mineral que se caracteriza por significativo aumento da fração argila em relação aos horizontes A ou E suprajacente. Uma de suas feições indicadoras é a presença de películas de material coloidal ou indumento lustroso (brilho graxo) na superfície das unidades estruturais ou dos poros, revestimentos esses denominados genericamente de cerosidade. Outra feição comum desse tipo de horizonte diagnóstico, quando tem textura argilosa, é a estrutura, geralmente em blocos ou mesmo prismática composta de blocos.

- Solos com horizonte “B” incipiente

É um horizonte mineral, cujo material sofreu intemperismo relativamente pouco intenso, porém suficiente para causar decomposição parcial com o conseqüente desenvolvimento de cor e/ou produção de argila e/ou desenvolvimento de estrutura. Verifica-se, pois, expressão, seja de croma mais forte, seja matiz mais vermelho do que o horizonte subjacente, textura franco arenosa ou mais fina, estrutura granular em blocos ou prismática.

Quando esse horizonte se apresenta morfológicamente semelhante, mal distinto do B latossólico, a diferença se comprova pelo não-atendimento de qualquer dos requisitos característicos de B latossólico, conforme exposto no item seguinte.

- Solos com horizonte “B” latossólico

Os solos com horizonte B latossólico são bem arejados e friáveis, com ótimas propriedades físicas e predominância de cores vermelhas e amarelas. De um modo geral, apresentam as seguintes características:

→ Perfis profundos ou muito profundos com transição difusa e gradual entre os horizontes, tendo o horizonte B espessura mínima de 50cm e normalmente superior a 1,00m.

→ Textura franco arenosa ou mais fina e teores baixos de silte, sendo a relação silte/argila, na maioria dos subhorizontes B, inferior a 0,7 nos solos de textura média e 0,6 nos solos de textura argilosa.

→ Estrutura é geralmente de aspecto maciço poroso “in situ” que se desfaz em forte muito pequena e pequena granular. Estrutura em blocos subangulares de desenvolvimento fraco e raramente moderado são menos encontradas.

→ Baixa capacidade de troca de cátions ($< 17\text{cmol}_c/\text{Kg}$ de argila).

→ Virtual inexistência de minerais primários facilmente intemperizáveis, determinados na fração areia ($< 4\%$) e de resquícios da rocha máter e saprólito.

- Solos com horizonte “B” nítico

É um horizonte mineral subsuperficial, não hidromórfico, de textura argilosa ou muito argilosa, sem incremento de argila do horizonte superficial para o subsuperficial ou com pequeno incremento, porém não suficiente para caracterizar a relação textural B/A do horizonte B textural; argila de atividade baixa ou caráter alítico, estrutura em blocos subangulares ou prismática moderada ou forte. Apresentam superfícies normalmente reluzentes dos agregados, característica esta descrita no campo como cerosidade de quantidade e grau de desenvolvimento no mínimo comum e moderada, com transição gradual ou difusa entre subhorizontes do horizonte B.

6.3.2 Atributos diagnósticos, horizontes diagnósticos superficiais e características morfológicas

- Saturação por bases

Propriedade traduzida pelo estado do solo quanto à saturação por bases. Refere-se à proporção de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca de cátions (CTC) determinada a pH 7,0.

A expressão alta saturação se aplica a solos com saturação por bases igual ou superior a 50% (Eutrófico) e baixa saturação para valores inferiores a 50% (Distrófico).

- Tipo de Horizonte A

- **Horizonte A chernozêmico:** é um horizonte mineral superficial espesso, com estrutura granular ou grumosa, normalmente bem desenvolvido e consistência mais tipicamente macia quando seco e friável quando úmido, escuro, rico em matéria orgânica, elevada saturação por bases ($V > 65\%$), tendo o cálcio e o magnésio como cátions trocáveis predominantes. Solos com esse horizonte são geralmente de boa fertilidade natural.

- **Horizonte A proeminente:** é um horizonte de constituição mineral com saturação por bases (V%) inferior a 65%.

- **Horizonte A moderado:** é um horizonte superficial que apresenta teores de matéria orgânica variáveis, características de cor, estrutura e/ou espessura insuficientes para ser considerado chernozêmico, proeminente e húmico. Geralmente é de cor cinzenta, ou, quando mais escuro, é pouco espesso e não tem estrutura suficientemente desenvolvida.

- Classes texturais

- **Textura argilosa:** compreende classes texturais ou parte delas, tendo na composição granulométrica de 35 a 60% de argila.

- **Textura média:** compreende classes texturais ou parte delas que apresentam na composição granulométrica menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, excluídas as classes areia e areia franca.

- **Textura arenosa:** compreende as classes texturais areia e areia franca.

6.3.3 Critérios para o estabelecimento das fases

Foram usadas as fases de vegetação, relevo e pedregosidade em acréscimo às classes de solos, como fatores indicativos do seu potencial agrícola.

- Vegetação

Sabendo-se que a vegetação natural reflete as condições edafoclimáticas, é através dela ou dos seus remanescentes que se obtêm informações relacionadas com o clima, principalmente sobre os períodos seco e úmido e regime de temperatura. As condições de fertilidade dos solos também podem ser indiretamente inferidas pela vegetação.

A área de estudo insere-se nas formações Floresta Subperenifólia, Floresta Subcaducifólia, Cerrado e Caatinga Hipoxerófila.

- Relevo

As fases de relevo são utilizadas com o objetivo principal de fornecer informações sobre a susceptibilidade à erosão e as possibilidades de motomecanização. As várias fases de relevo ocorrentes na área estão de acordo com as classes definidas e normalizadas para os levantamentos de solos do Centro Nacional de Pesquisa de Solos-CNPS / EMRAPA.

- Plano: superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos. Declividades menores que 3%.
- Suave ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives suaves, de 3 a 8%.
- Ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives acentuados, entre 8 e 20%.
- Forte ondulado: superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 100 a 200m de altitude relativa) com declives fortes, entre 20 e 45%.
- Montanhoso: superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituída por morros, montanhas e maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, de 45 a 75%.

- Pedregosidade

Refere-se à proporção relativa de calhaus (2-20cm de diâmetro) e matacões (20-100cm de diâmetro) sobre a superfície e/ou na massa do solo.

- Pedregosa: ocorrência de calhaus e matacões ocupando 3 a 15% da massa do solo e/ou da superfície do terreno (distanciando-se por 0,75 a 1,5m), tornando impraticável o uso de maquinaria, com exceção de máquinas leves e implementos agrícolas manuais. Solos nessa classe de pedregosidade podem ser utilizados como áreas de preservação da flora e da fauna.

6.3.4 Descrição das classes de solos

- Argissolos

São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural (Bt) imediatamente abaixo do horizonte A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo, ainda, os seguintes requisitos:

- a) Horizonte plíntico, se presente, não satisfaz os critérios para Plintossolos;
- b) Horizonte glei, se presente, não satisfaz os critérios para Gleissolos.

→ Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos

São solos de cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas, distróficos (saturação por bases baixa < 50%) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA) (Fig. 16).



Figura 16 – Em primeiro plano, área de Argissolos Vermelho-Amarelos, município de Araçuaí. (MME / CETEC, 2005).

A baixa fertilidade natural e acidez elevada constituem os fatores que mais fortemente limitam a utilização dos solos distróficos com agricultura, além das limitações decorrentes de falta d'água e da grande susceptibilidade à erosão. A grande parte das áreas destes solos, principalmente onde o relevo afigura-se forte ondulado e montanhoso poderão ser utilizados com pastagens (capim coloniã) quando adequadamente manejadas e após adubação e correção do solo.

→ Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos

São solos de cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas, eutróficos (saturação por bases alta $\geq 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA).

Os solos eutróficos quando ocorrem em relevo suave ondulado e ondulado são considerados entre os melhores da região. As maiores limitações são devidas à susceptibilidade à erosão, baixos teores de fósforo e falta d'água, pois ocorrem predominantemente nas áreas mais secas. Necessitam, pois, de correção para fósforo, práticas intensivas de conservação (terraceamento) e utilização com culturas de ciclo curto plantadas na época das águas ou culturas de ciclo longo e pastagens resistentes a falta de água.

- Cambissolos

São solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico (muito rico em matéria orgânica) com 40cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. Têm seqüência de horizontes A ou hístico, Bi, C, com ou sem R.

→ Cambissolos Háplicos Tb Distróficos

São solos com argila de atividade baixa e baixa saturação por bases ($V < 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA) (Fig. 17).

A baixa fertilidade natural; falta de água e susceptibilidade à erosão são as limitações que mais fortemente limitam a utilização dos solos distróficos. Grande parte das áreas destes solos onde o relevo figura-se de ondulado até montanhoso poderá ser utilizada com pastagens (colonião) quando adequadamente manejadas e após adubação e correção do solo.

- Latossolos

São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200cm da superfície do solo ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura (Figs. 17 e 18).

→ Latossolos Amarelos Distróficos

São solos com matiz 7,5YR ou mais amarelo e saturação por bases baixa ($V < 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, inclusive horizonte BA.

Os Latossolos Amarelos apresentam problemas sérios para o desenvolvimento da agricultura no que concerne: muito baixos teores de nutrientes, principalmente nas camadas subsuperficiais;

alta saturação com alumínio que restringe sistemas radiculares que não são tolerantes ao alumínio; alta capacidade de fixação de fósforo.

A exequibilidade de desenvolver agricultura nestes solos dependerá dos recursos dos agricultores para investir intensivamente na fertilização e correção do solo. A incorporação de calcário em camadas mais profundas (30cm) possibilitará maior aproveitamento da água do solo através do aprofundamento das raízes.

Figura 17 – Pastagem sobre Latossolos Vermelho-Amarelos. Ao fundo, colina de Cambissolos Háplicos, município de Araçuaí. (MME / CETEC, 2005).



Figura 18 – Colina de Latossolos Vermelhos com focos erosivos devido à supressão da vegetação, próxima à barragem do Calhauzinho, município de Araçuaí. (MME / CETEC, 2005).

→ Latossolos Vermelhos Distróficos

São solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho e apresentam saturação por bases baixa ($V < 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA).

→ Latossolos Vermelhos Eutróficos

São solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho e apresentam saturação por bases alta ($V > 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, inclusive horizonte BA.

As principais limitações ao desenvolvimento da agricultura nos Latossolos Vermelhos decorrem principalmente de problemas concernentes à fertilidade, falta de água e relevo.

Nas áreas de solos eutróficos em que a fertilidade natural não é tão crítica, a falta de água é o fator mais limitante devido às condições climáticas da região, com seca acentuada.

A exequibilidade de desenvolver agricultura nestes solos dependerá dos recursos dos agricultores para investir intensamente na fertilização e correção do solo, principalmente nas extensas áreas de relevo plano e suave ondulado onde não há impedimentos à mecanização. Tais práticas são mais econômicas nos solos eutróficos, devendo ser selecionados cultivos resistentes à seca ou de ciclo curto que deverão ser plantados na estação chuvosa. As áreas com relevo forte ondulado e montanhoso poderão ser utilizadas com pastagens (colonião) quando adequadamente manejadas.

→ Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos

São solos de cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas, com saturação por bases baixa ($V < 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA).

→ Latossolos Vermelho-Amarelos Eutróficos

São solos de cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas, com saturação por bases alta ($V > 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, inclusive horizonte BA.

A principal limitação agrícola aos Latossolos Vermelho-Amarelos decorre principalmente de problemas concernentes à fertilidade e a falta de água devido sobretudo às condições climáticas onde ocorrem.

Semelhante aos Latossolos Vermelhos, desenvolver agricultura nestes solos dependerá dos recursos dos agricultores para aplicar na fertilização e correção do solo, sobretudo nas áreas mais planas.

- Nitossolos

Solos com 350g/Kg ou mais de argila, inclusive no horizonte A, constituídos por material mineral que apresentam horizonte B nítrico abaixo do horizonte A, com argila de atividade baixa ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, dentro de 150cm da superfície do solo.

→ Nitossolos Vermelhos Eutróficos

São solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (exclusive BA). Apresentam saturação por bases alta ($V \geq 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, inclusive horizonte BA.

Constituem solos com boas condições físicas e químicas sendo considerados entre os melhores solos da região. As maiores limitações são devidas a susceptibilidade à erosão, baixo teor de fósforo e falta de água, pois ocorrem predominantemente nas áreas mais secas. Necessitam de

práticas conservacionistas intensivas e correção para fósforo. Devem ser aproveitados, principalmente, com culturas de ciclo curto plantadas na época das águas.

6.3.5 Aptidão agrícola

A interpretação de levantamentos de solos é uma tarefa de mais alta relevância para utilização racional desse recurso natural na agricultura e em outros setores que utilizam o solo como elemento integrante de suas atividades.

Como a classificação da aptidão agrícola do solo é um processo interpretativo, seu caráter é efêmero, podendo sofrer variações com a evolução tecnológica. Entretanto, os levantamentos de solos, baseados em classificações naturais, são de caráter bem mais duradouro, servindo de base a novas interpretações fundamentadas nos resultados mais atuais da pesquisa.

Os critérios, normas, terminologia e simbologia adotadas são os preconizados por Ramalho Filho & Beek (1995), os quais orientam a avaliação da aptidão agrícola das terras com base nos vários atributos das terras: solo, clima, vegetação, geomorfologia.

- Níveis de manejo considerados

Tendo em vista práticas agrícolas ao alcance da maioria dos agricultores, num contexto específico, técnico, social e econômico, são considerados três níveis de manejo, visando diagnosticar o comportamento das terras em diferentes classes tecnológicas. A indicação é feita através das letras A, B e C, as quais podem aparecer na simbologia da classificação, escritas de diferentes formas, segundo as classes de aptidão que apresentam as terras, em cada um dos níveis adotados.

→ Nível de manejo A (primitivo)

Baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível técnico-cultural. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem fundamentalmente do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.

→ Nível de manejo B (pouco desenvolvido)

Baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas estão condicionadas principalmente à tração animal.

→ Nível de manejo C (desenvolvido)

Baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisa para manejo, melhoramento e conservação das terras e das lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

- Classes de aptidão agrícola das terras

As terras são enquadradas para cada nível em uma das quatro classes: boa, regular, restrita e inapta, conforme o grau de intensidade dos cinco fatores que influenciam sua utilização. Esses fatores são: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

A quantificação das limitações é feita pelos graus: nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte. São também previstos os seguintes tipos de utilização, sucessivamente menos intensivos: lavouras, pastagem plantada, silvicultura, pastagem natural e preservação da fauna e flora e/ou recreação. A diminuição das alternativas de uso, conforme o aumento das limitações pode ser visualizado na Tabela 5.

- Grupo de aptidão agrícola

Grupo de aptidão agrícola é o arranjo que permite a identificação da melhor aptidão em qualquer nível de manejo (1, 2 e 3-Lavouras; 4-Pastagem plantada; 5-Silvicultura/Pastagem natural; 6-Preservação da fauna e fora) e subgrupo é a variação dentro do mesmo grupo, segundo os diferentes níveis de manejo. Neste arranjo estrutural se separam os usos e se juntam os níveis de manejo. A Tabela 6 representa a simbologia usada neste sistema. A ausência de símbolo no subgrupo indica a classificação inapta no respectivo nível de manejo.

Tabela 5 – Limitações e alternativas de uso*.

Grupo de Aptidão Agrícola**	Aumento da intensidade de uso					
	Preservação da fauna e flora e/ou recreação	Silvicultura e/ou Pastagem natural	Pastagem plantada	Lavouras		
				Aptidão restrita	Aptidão regular	Aptidão boa
1						
2						
3						
4						
5						
6						

* Ramalho Filho & Beek (1995).

** A ordem crescente dos algarismos mostra o aumento da intensidade da limitação e a diminuição das alternativas de uso.

Tabela 6 – Simbologia das classes de aptidão*.

Grupo de aptidão	Nível de manejo**			Tipo de utilização indicado
	A	B	C	
1 Boa	1A	1B	1C	
2 Regular	2a	2b	2c	Lavoura
3 Restrita	3 (a)	3 (b)	3 (c)	
Boa	-	4P	-	
4 Regular	-	4p	-	Pastagem plantada
Restrita	-	4 (p)	-	
Boa	-	5S	-	
5 Regular	-	5s	-	Silvicultura
Restrita	-	5 (s)	-	
Boa	5N	-	-	
5 Regular	5n	-	-	Pastagem natural
Restrita	5 (n)	-	-	
				Preservação da fauna e flora e/ou recreação

6 Sem aptidão para uso agrícola

* Ramalho Filho & Beek (1995).

** No caso de pastagem plantada e silvicultura está sempre prevista uma aplicação, embora moderada, de fertilizantes, corretivos e defensivos, correspondente ao nível de manejo B. Para a pastagem natural está implícito que se faz sem qualquer melhoramento tecnológico, o que corresponde ao nível de manejo A.

6.3.6 Aptidão agrícola das terras dos municípios de Araçuaí e Coronel Murta

A avaliação da aptidão agrícola das terras é feita através do estudo comparativo entre os graus de limitação atribuídos às terras e os estipulados no quadro-guia (Tab. 7), também conhecido como quadro de conversão, que constitui uma orientação para a classificação da aptidão agrícola das terras, em função de seus graus de limitação, relacionados com os níveis de manejo A, B e C.

Como resultado final tem-se a avaliação da aptidão agrícola das terras dos municípios de Araçuaí e Coronel Murta (Tab. 8). Este quadro sintetiza a aplicação de todos os conceitos e critérios anteriormente mencionados.

Tabela 7 – Quadro–guia de avaliação da aptidão agrícola das terras (região tropical úmida)*.

Aptidão agrícola			Graus de limitação das condições agrícolas das terras para os níveis de manejo A, B e C															Tipo de utilização indicado
Grupo	Subgrupo	Classe	Deficiência de fertilidade			Deficiência de água			Excesso de água			Susceptibilidade à erosão			Impedimentos à mecanização			
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	1ABC	Boa	N/L	N/L ₁	N ₂	L/M	L/M	L/m	L	L ₁	N/L ₁	L/M	N/L ₁	N ₂	M	L	N	Lavouras
2	2abc	Regular	L/M	L ₁	L ₂	M	M	M	M	L/M ₁	L ₂	M	L/M ₁	N ₂ /L ₂	M/F	M	L	
3	3 (abc)	Restrita	M/F	M ₁	L ₂ /M ₂	M/F	M/F	M/F	M/F	M ₁	L ₂ /M ₂	F**	M ₁	L ₂	F	M/F	M	
4	4P	Boa	M ₁			M			F ₁			M/F ₁			M/F			Pastagem plantada
	4p	Regular	M ₁ /F ₁			M/F			F ₁			F ₁			F			
	4 (p)	Restrita	F ₁			F			F ₁			MF			F			
5	5S	Boa	M/F ₁			M			L ₁			F ₁			M/F			Silvicultura e / ou Pastagem natural
	5s		F ₁			M/F			L ₁			F ₁			F			
	5 (s)		MF			F			L/M ₁			MF			F			
	5N	Regular	M/F			M/F			M/F			F			MF			
	5n		F			F			F			F			MF			
5 (n)	Restrita	MF			MF			F			F			MF				
6	6	Sem aptidão agrícola	-			-			-			-			-			Preservação da flora e da fauna

* Ramalho Filho & Beek (1995).

Notas: (1) Os algarismos sublinhados correspondem aos níveis de viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras; (2) Terras sem aptidão para lavoura em geral, devido ao excesso de água podem ser indicadas para arroz de inundação; (3) A ausência de algarismos sublinhados acompanhando a letra representativa do grau de limitação, indica não haver possibilidade de melhoramento naquele nível de manejo.

** No caso de grau forte por susceptibilidade à erosão, o grau de limitação por deficiência de fertilidade não deve ser maior do que ligeiro para a classe restrita – 3(a).

Grau de limitação: N – Nulo; L – Ligeiro; M – Moderado; F – Forte; MF – Muito Forte; / - Intermediário.

Tabela 8 – Avaliação da aptidão agrícola das terras dos municípios de Araçuaí e Coronel Murta.

Unid. map.	Classe de solo dominante	Vegetação	Relevo	Graus de limitação						Aptidão agrícola*
				Def. fert.	Def. água	Exc. água	Susc. eros.	Imp. mec.		
				A B C	A B C	A B C	A B C	A B C		
PVAe 1	PVe média/argilosos	flor. subcad.	o, fo	L L L	M M M	N N N	M M L/M1	L M M	2a (bc)	
PVAe 2	PVAe média/argilosos	flor. subcad	fo	L L L	M M M	N N N	F F F	F F F	4(p)	
PVAe 3	PVAe média/argilosos	caat. hipo	o	L L L	M/F M/F M/F	N N N	M M M	L L L/M	3(abc)	
PVAe 4	PVAe média/argilosos	flor. subcad	fo	L L L	M M M	N N N	F F F	F F F	4p	
PVAe 5	PVAe média/argilosos	caat. hipo	o, fo	L L L	M/F M/F M/F	N N N	M M M	M M M	3(abc)	
PVAe 6	PVe média/argilosos	flor. subcad.	o, fo	N/L N/L N/L	N/F N/F N/F	N N N	M M L/M1	L M M	3(abc)	
CXbd 1	CXd arenosos cascalhentos álicos	cerrado	fo	MF MF MF	F F F	N N N	M/F M/F M/F	MF MF MF	5(n)	
CXbd 2	CXd argilosos cascalhentos	cerrado	fo	F F F	F F F	N N N	F F F	F F MF	5n	
LAd 1	LAd argilosos húmicos álicos	flor. subper.	fo, m	F F F	M M M	N N N	M M M	M F F	4(p)	
LAd 2	LAd argilosos húmicos álicos	flor. subcad.	p, so	F M1 L2	M M M	N N N	N N N	N N N	2(b)c	
LAd 3	LAd argilosos húmicos álicos	cerrado	p, so	F M1 L2	M M M	N N N	N N N	N N N	2(b)c	
LVAd 1	LVAd argilosos	flor. subcad.	o, fo	F L/M1 L2	M M M	N N N	L/M L1 L1	L M M	3(bc)	
LVAd 2	LVAd argilosos álicos	cerrado	p, so	F M1 L2	M M M	N N N	N N N	N N N	2(b)c	
LVAe	LVAe argilosos	flor. subcad.	so	L L L	M/F M/F M/F	N N N	L L L	N N N	3(abc)	
LVd	LVd argilosos álicos	cerrado	p, so	F M1 L2	M M M	N N N	N N N	N N N	2(b)c	
LVe	LVe argilosos	flor. subcad.	o	L L L	M M M	N N N	L L L	L L L	2abc	
NVe 1	NVe argilosos	caat. hipo	so	L L L	M/F M/F M/F	N N N	L L L	N N N	3(abc)	
NVe 2	NVe argilosos	flor. subcad.	o	L L L	M M M	N N N	M L1 L1	L L L	2abc	
NVe 3	NVe argilosos	caat. hipo	so	L L L	M/F M/F M/F	N N N	L L L	N N N	3(abc)	

- *2 abc Terras com aptidão REGULAR para lavouras nos níveis de manejo A,B e C
 2a(bc) Terras com aptidão REGULAR para lavouras no nível de manejo A e RESTRITA nos níveis B e C
 2 (b)c Terras com aptidão REGULAR para lavouras no nível de manejo C, RESTRITA no nível B e INAPTA no nível A
 3 (abc) Terras com aptidão RESTRITA para lavouras nos níveis de manejo A, B e C
 3 (bc) Terras com aptidão REGULAR para lavouras nos níveis de manejo B e C e INAPTA no nível A
 4p Terras com aptidão REGULAR para pastagem plantada
 4 (p) Terras com aptidão RESTRITA para pastagem plantada
 5 n Terras com aptidão REGULAR para pastagem natural
 5 (n) Terras com aptidão RESTRITA para pastagem natural

6.4 Uso do solo e cobertura vegetal na área de estudo

6.4.1 Vegetação

Predomina na área a Caatinga Hipoxerófila. Porém, verificam-se extratos transicionais para Floresta Estacional Semidecidual, Decidual e Cerrado (Minas Gerais, 1980).

Na Caatinga Hipoxerófila, o porte das árvores normalmente não ultrapassa a 8 metros. Podem ser observadas amburana de cambão (*Bursera lephloeos*), pereiro (*Aspidosperma* sp.), faveleiro (*Cnidoscolus phyllacantus*) e jurema (*Mimosa* sp.). A ocorrência de bromeliáceas (macambira) e cactáceas (mandacaru) é bastante comum. Como é típica da caatinga, o xerofitismo é intenso, ou seja, a grande maioria das espécies perdem a quase totalidade das folhas na estação seca.

A floresta estacional apresenta porte mais elevado que a caatinga, com altura entre 8 e 20m. As madeiras consideradas nobres, aroeira, pau d'arco, braúna, angico etc já quase não mais existem. A barriguda ou embaré e as bromeliáceas são espécies comuns, enquanto a ocorrência de cactáceas restringe-se às áreas de solos rasos e afloramentos de rochas.

Segundo informações verbais da Pesq. Valéria Lúcia de Oliveira Freitas (Fundação CETEC), há carência de estudos de identificação de espécies na região. Neste sentido, deve-se destacar o trabalho realizado por Moreira (2004), onde foram coletadas e identificadas 27 famílias, 49 gêneros e 54 espécies vegetais.

6.4.2 Uso da terra

Na análise da carta imagem (ANEXO A.V) e trabalhos de campo foram identificados os seguintes usos da terra:

- Floresta Estacional Semidecidual;
- Associação de Floresta Estacional Decidual com caatinga;
- Cerrado;
- Associação de capoeira com caatinga;
- Pastagem;
- Solo exposto.

A Floresta Estacional Semidecidual reveste, principalmente, áreas mais úmidas ao sul e leste do município de Araçuaí. A Floresta Estacional Decidual e caatinga ocupam os trechos médios e baixos das vertentes e das depressões dos afluentes do rio Jequitinhonha, estando muito fragmentada pela ocupação humana. Há fragmentos mais expressivos de caatinga nas superfícies onduladas das áreas deprimidas próximas ao eixo do rio Jequitinhonha. O cerrado com várias fitofisionomias (campo, campo cerrado e cerrado típico) predomina nas chapadas, mas muito degradado pelas queimadas e pela pecuária extensiva.

A classe de uso predominante na área são as pastagens, degradadas pelo superpastoreio e pelo manejo rudimentar com queimadas freqüentes. Intercaladas com as pastagens ocorrem ainda pequenas áreas de solos expostos com erosão acelerada e garimpos que não puderam ser discriminados na escala trabalhada. As áreas de solos expostos compreendem as áreas com processos de erosão, áreas de garimpos e pequenas áreas preparadas para cultivo.

Há concentração de garimpos na periferia de Coronel Murta, ao sul e leste da serra da Lagoa Nova, no baixo vale do ribeirão Piauí e na região de Neves (alto ribeirão Calhauzinho).

6.5 Rede de drenagem

A área de estudo situa-se na sub-bacia hidrográfica do Médio Jequitinhonha. Este rio juntamente com seu maior tributário, o rio Araçuaí, são os mais importantes cursos d'água da bacia. A foz do rio Araçuaí encontra-se no Distrito de Itira, região norte do município de Araçuaí. O rio Salinas, afluente da margem esquerda do Jequitinhonha e os rios Gravatá e Setúbal, afluentes da margem direita do Araçuaí, completam a rede de drenagem de primeira ordem (Pedrosa-Soares, 1997). Também merece destaque o ribeirão Calhauzinho, afluente do rio Araçuaí e os ribeirões São José e Piauí e os córregos Santana, Cabeceira da Água Santa, Ouro Fino e da Areia, afluentes do rio Jequitinhonha. Ressalta-se, ainda, que são comuns córregos de cursos intermitentes.

Quando está implantada sobre granitóides, a rede de drenagem apresenta três configurações (Pedrosa-Soares, 1997). Um padrão pinado, denso nas serras de declives íngremes; radial centrífugo com curso coletor anelar, nos maciços granitóides do tipo “pães-de-açúcar” e dendrítico nas áreas granitóides de colinas policonvexas baixas.

6.6 Clima

De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático da região do Médio Jequitinhonha é Aw, caracterizado por duas estações bem definidas, uma chuvosa que vai de novembro a março e outra seca que se estende pelo período de abril a outubro. No período seco, as precipitações são bastante escassas. As Figuras 19 e 20 mostram, respectivamente, a precipitação anual e o déficit hídrico anual para o Estado de Minas Gerais. Plotando os municípios de Araçuaí e Coronel Murta nesse zoneamento agroclimático constatam-se que ambos estão na faixa de menor precipitação total anual (< 1.000mm).

Embora a classificação de Köppen ainda seja bastante utilizada em nível mundial, ela tem sido muito criticada pela sua característica essencialmente descritiva, por não levar em conta o mecanismo de circulação atmosférica e pelo seu caráter generalizado (Galvão, 1967 e Ribeiro, 1983 apud, Ker *et al.*, 2005). Desta forma, Elói (2001) procedendo nova avaliação climática para o

Estado de Minas Gerais, estabeleceu nove zonas climaticamente homogêneas, destacando que só na área de dominância do clima Aw, existem cerca de sete microclimas diferentes.

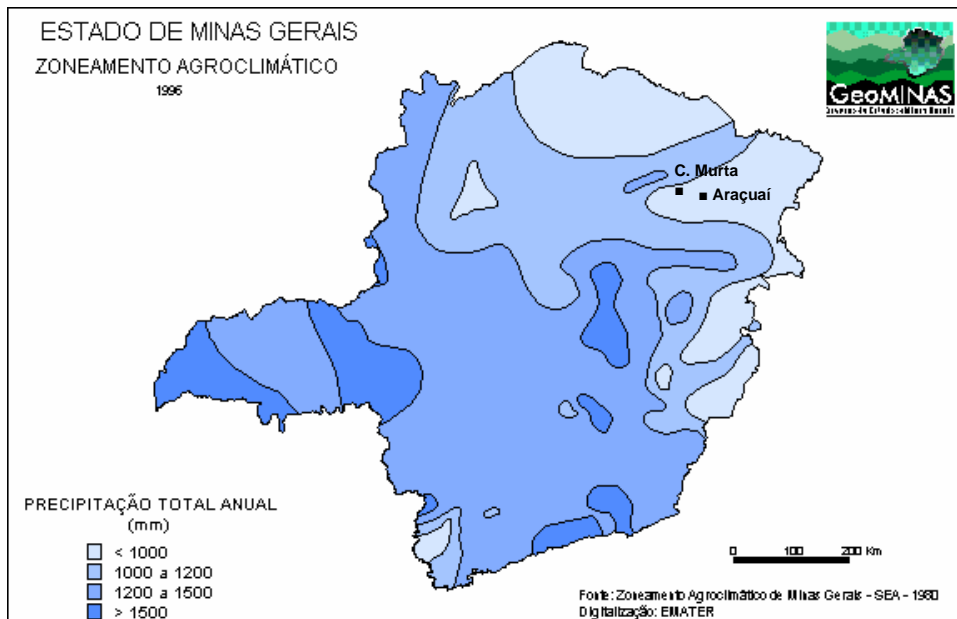


Figura 19 – Precipitação anual no Estado de Minas Gerais (Geominas, 2007).

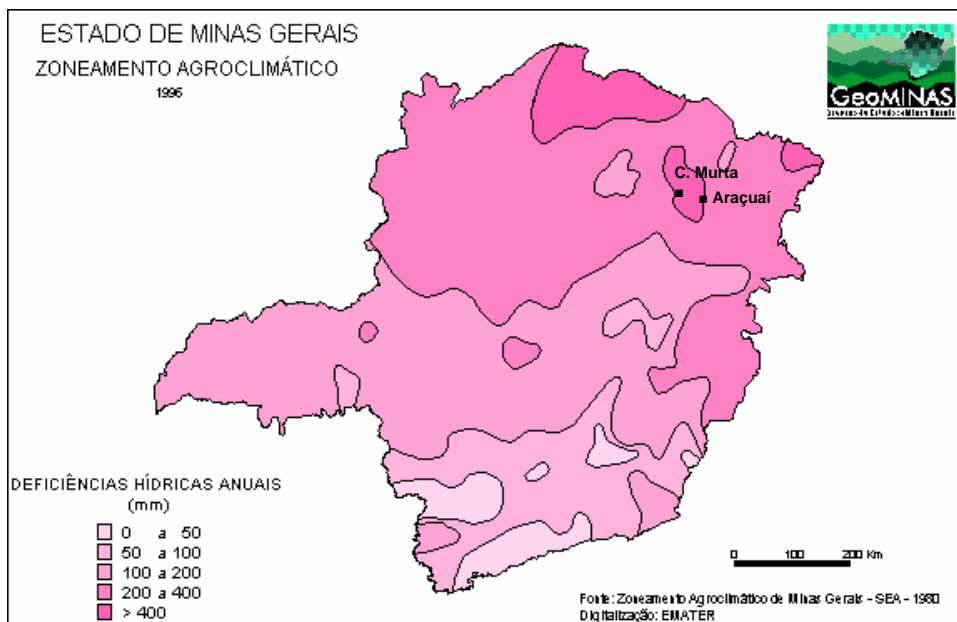


Figura 20 – Déficit hídrico anual no Estado de Minas Gerais (Geominas, 2007).

6.7 Qualidade ambiental

6.7.1 Qualidade das águas

Segundo a metodologia adotada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, a qualidade das águas é sintetizada por dois índices:

- IQA (índice de qualidade da água)

Engloba nove diferentes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura, turbidez e sólidos totais. Permitam avaliar o impacto do esgoto doméstico, materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

- CT (contaminação por tóxicos)

Reúne treze parâmetros: amônia, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, cromo hexavalente, fenóis, mercúrio, nitritos, nitratos e zinco. Permitem a avaliação da contaminação de origem industrial, mineraria e difusa.

A rede de amostragem da qualidade das águas implantada pelo IGAM abrange, na área de estudo, apenas duas estações de amostragem: uma no rio Jequitinhonha (JE 011) e outra no rio Araçuaí (JE 017) (Fig. 21). Salienta-se que os dados disponíveis até o momento referem-se ao ano de 2004 (IGAM, 2007).

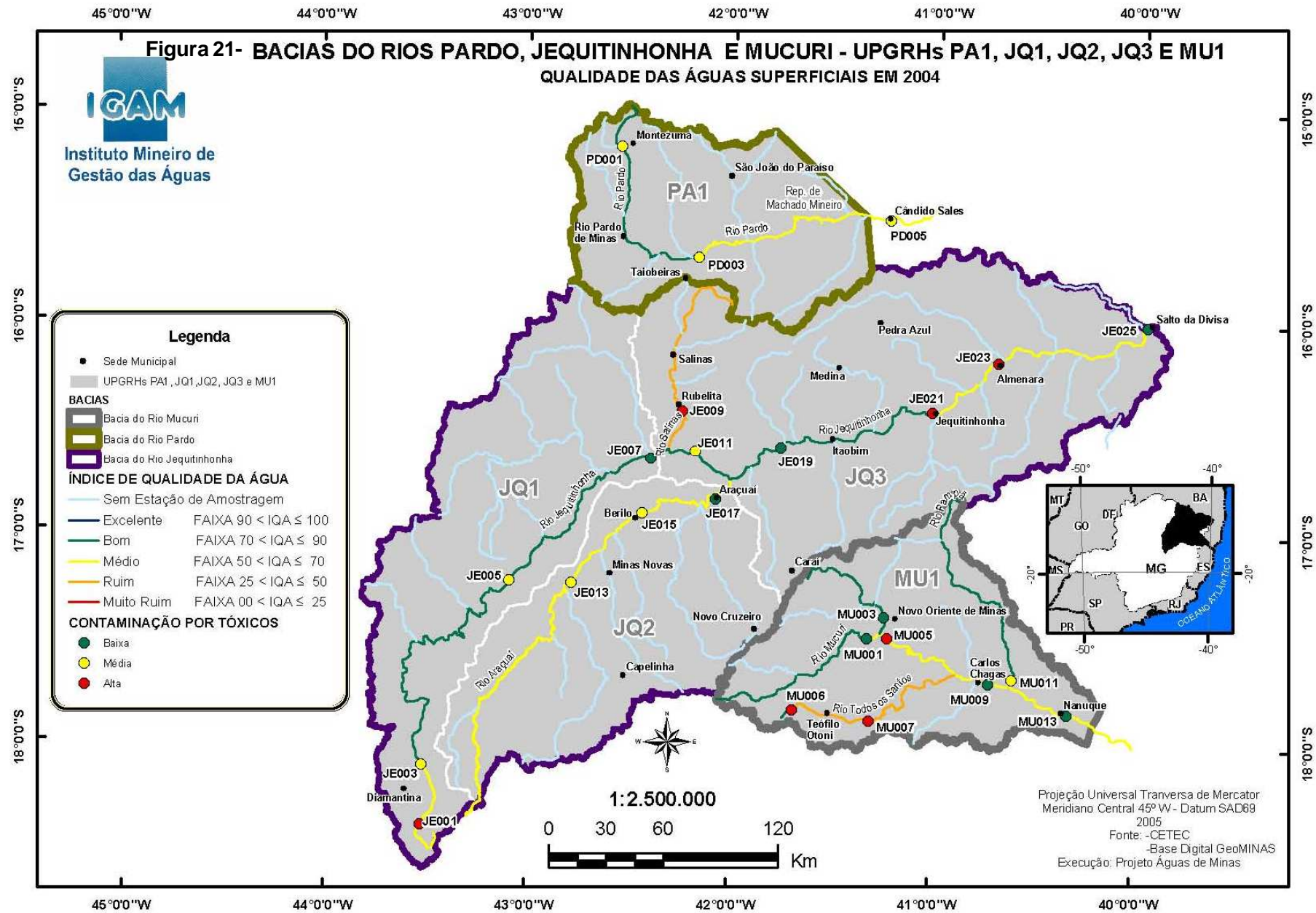
O rio Jequitinhonha apresenta IQA Bom no trecho abrangido pelos municípios de Coronel Murta e Araçuaí; já no rio Araçuaí, o IQA é Médio. Os parâmetros que estão acima do limite estabelecido pela legislação e influenciaram a qualidade das águas foram os coliformes fecais, o fosfato total e a turbidez.

A CT é Baixa no rio Araçuaí e Média, a montante de Coronel Murta, no rio Jequitinhonha. A contaminação por tóxicos média no rio Jequitinhonha é devido à concentração de fenóis, associados ao despejo de esgotos.

6.7.2 Principais impactos ambientais decorrentes da atividade garimpeira

Os problemas ambientais detectados são recorrentes e comuns à maioria das lavras da região. Quase todas as explorações encontram-se em situação irregular junto aos órgãos ambientais.

Devido grande parte das explorações ser desenvolvida por meio de galerias e túneis nos corpos pegmatíticos, a degradação na superfície é restrita, principalmente se comparada a outros tipos de minerações.



Várias lavras estão localizadas em áreas de preservação permanente como vertentes íngremes (Fig. 22), topos de morros, margem de rios e nascentes. A disposição dos rejeitos é realizada sem critérios, muitas vezes ocupando áreas de restrições ambientais.

Muitos córregos a jusante das lavras estão assoreados pelos rejeitos carreados pelo escoamento na estação chuvosa (Fig. 23). A localização de compressores introduz outro fator de risco, pois óleos e graxas são também carreados para os cursos d'água, poluindo-os (Fig. 24).

A atividade de garimpo é muito dinâmica. Ocorrem desmatamentos freqüentes, exploração em um local por poucos meses, caso não seja produtivo e abandono sem correção dos impactos gerados (Moreira, 2004). A recomposição da vegetação é praticamente inexistente, observam-se apenas algumas iniciativas isoladas.

Um cenário um pouco melhor pode ser vislumbrado para os próximos anos, pois estão em curso importantes projetos voltados para a questão ambiental na região.



Figura 22 – Rejeito da Lavra Lorena / Boa Vista disposto em vertente, município de Coronel Murta.



Figura 23 – Córrego da Limeira assoreado por rejeito da Lavra paralisada da Limeira, Coronel Murta.



Figura 24 – Óleo e deposição de rejeito em drenagem na Lavra Água Santa, Coronel Murta.

6.8 Produção agropecuária

Grande parte da economia agrícola na região está fortemente sustentada na exploração dos recursos naturais, principalmente no que se refere ao extrativismo da cobertura vegetal, o superpastejo das pastagens nativas e a exploração agrícola sem qualquer tipo de preocupação conservacionista (Oliveira *et al.*, 2000).

A Tabela 9 mostra a produção agropecuária dos municípios de Araçuaí e Coronel Murta no ano de 2005 (IBGE, 2007). Os baixos valores para lavouras permanente e temporária refletem a dificuldade da região em produzir alimentos. Salienta-se que, no ano de 2006, alguns resultados de produção agrícola apresentaram valores ainda menores em função do déficit hídrico ocorrido no período (IBGE, 2007). Atribui-se às condições climáticas adversas a principal causa para o não sucesso da agricultura nessa região. Com isso, sistemas sustentáveis de produção de alimentos (viáveis técnico, ambiental, econômico, social e politicamente) parecem um sonho impossível de se tornar realidade no futuro (Oliveira *et al.*, 2000).

Tabela 9 – Produção agropecuária dos municípios de Araçuaí e Coronel Murta, ano 2005*.

Produtos	Araçuaí	Coronel Murta
Lavoura permanente e temporária:		
Banana	861ton.	-
Côco-da-baía	100.000 frutos	-
Manga	195ton.	48ton.
Café (em grão)	-	5ton.
Mamão	-	60ton.
Cana-de-açúcar	8.480ton.	2.520ton.
Feijão (em grão)	150ton.	50ton.
Mandioca	3.540ton.	240ton.
Milho (em grão)	924ton.	300ton.
Pecuária:		
Bovinos	28.840 cab.	10.472 cab.
Suínos	3.464 cab.	1.165 cab.
Eqüinos	1.886 cab.	936 cab.
Asininos	169 cab.	238 cab.
Muares	1.062 cab.	205 cab.
Ovinos	643 cab.	39 cab.
Aves	24.196 cab.	9.005 cab.
Caprinos	261 cab	178 cab.
Mel de abelha	1.472Kg	214Kg
Extração vegetal e silvicultura:		
Madeiras – carvão vegetal	288ton.	115ton.
Madeiras – lenha	1.014m ³	100m ³
Pequi (amêndoa)	4ton.	2ton.

*IBGE (2007).

CAPÍTULO 7 – CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS E DOS REJEITOS PEGMATÍTICOS

7.1 Fertilidade do solo

As Tabelas 10, 11 e 12 apresentam os resultados de fertilidade, matéria orgânica, carbono, nitrogênio e granulometria das quatorze amostras de solos coletadas na região de Araçuaí - Coronel Murta. Estes resultados são avaliados adiante.

Tabela 10 – Resultados analíticos de fertilidade*.

Amostras**	pH em H ₂ O	H+Al cmol. _c /dm ³	Al ³⁺ cmol. _c /dm ³	Ca ²⁺ cmol. _c /dm ³	Mg ²⁺ cmol. _c /dm ³	P mg/dm ³	K cmol. _c /dm ³	SB cmol. _c /dm ³	T cmol. _c /dm ³	V %	m %
MM1	4,8	2,03	0,67	0,38	0,60	1,3	0,21	1,19	3,22	37,06	35,84
MM2	5,6	0,66	0,02	0,33	0,44	5,0	0,24	1,02	1,68	60,58	1,98
MM3	5,5	2,10	0,06	1,45	1,43	1,6	0,51	3,39	5,48	61,74	1,79
MM4A	6,2	1,63	0,04	1,80	1,80	<1	0,52	3,95	5,57	70,84	1,03
MM4B	5,6	2,27	0,09	2,84	2084	2,3	0,76	5,92	8,19	72,29	1,54
MM5	5,2	4,13	0,72	1,07	1,07	2,0	0,57	3,06	7,19	42,55	19,01
MM6A	5,0	3,13	0,67	0,79	0,79	1,6	0,66	2,52	5,65	44,58	20,95
MM6B	5,8	1,20	0,10	1,47	1,47	7,0	0,51	3,94	5,14	76,59	2,54
MM7	5,4	2,40	0,34	0,86	0,86	1,3	0,41	1,79	4,19	42,79	15,89
MM8	5,5	3,10	0,41	1,06	1,06	2,0	0,55	2,85	5,94	47,92	12,47
MM9	6,0	1,32	0,02	0,81	0,81	1,1	0,30	1,89	3,21	59,02	1,03
MMa	5,3	1,29	0,02	1,70	0,67	12,1	0,38	2,75	4,03	68,10	0,74
MMr	5,2	1,80	0,07	1,02	0,68	2,8	0,32	2,01	3,81	52,85	3,44
MMp	4,4	5,70	1,27	0,15	0,07	<1	0,05	0,26	5,97	4,43	82,79

*SB-Soma de bases trocáveis; T-Capacidade de troca de cátions; m-Índice de saturação de alumínio; V-Índice de saturação de bases. Solução extratora: Fósforo e Potássio-Mehlich 1; Cálcio, Magnésio e Alumínio-Cloreto de Potássio 1 normal;

**MM1-Novo Cruzeiro/Queixada; MM2-Coronel Murta/Araçuaí; MM3, MM4A, MM4B-Coronel Murta/Rubelita; MM5, MM6A, MM6B, MM7-Araçuaí/Itinga; MM8-Araçuaí; MM9-Coronel Murta; MMa-Lavra Água Santa; MMr-Lavra Morro Redondo; MMp-Lavra Pau Alto I.

Tabela 11 – Teores de matéria orgânica*, carbono e nitrogênio.

Amostras**	Mat. org. dag/Kg	Carbono dag/Kg	Nitrogênio dag/Kg
MM1	1,69	0,98	0,09
MM2	0,96	0,56	0,05
MM3	2,02	1,17	0,10
MM4A	1,91	1,11	0,11
MM4B	3,47	2,01	0,17
MM5	3,09	1,79	0,15
MM6A	2,36	1,37	0,12
MM6B	2,14	1,24	0,11
MM7	2,14	1,24	0,11
MM8	2,36	1,37	0,12
MM9	1,27	0,73	0,07
MMa	1,69	0,98	0,09
MMr	2,84	1,65	0,14
MMp	2,72	1,58	0,14

*Método colorimétrico;

**MM1-Novo Cruzeiro/Queixada; MM2-Coronel Murta/Araçuaí; MM3, MM4A, MM4B-Coronel Murta/Rubelita; MM5, MM6A, MM6B, MM7-Araçuaí/Itinga; MM8-Araçuaí; MM9-Coronel Murta; MMa-Lavra Água Santa; MMr-Lavra Morro Redondo; MMp-Lavra Pau Alto I.

Tabela 12 – Granulometria das amostras*.

Amostras**	Areia grossa %	Areia fina %	Silte %	Argila %
MM1	49,90	16,98	10,66	22,46
MM2	70,20	23,00	3,56	3,24
MM3	27,00	26,60	13,48	32,92
MM4A	17,90	39,70	13,90	28,50
MM4B	8,80	60,42	9,60	21,18
MM5	3,70	55,64	10,96	29,70
MM6A	13,90	35,36	15,00	35,74
MM6B	55,00	25,04	7,46	12,50
MM7	44,30	21,54	6,56	27,60
MM8	10,10	36,86	19,40	33,64
MM9	11,70	49,76	15,18	23,36
MMa	52,00	37,30	4,50	6,20
MMr	48,70	31,00	3,46	16,84
MMp	33,50	22,50	7,50	36,50

*Método da pipeta adaptado;

**MM1-Novo Cruzeiro/Queixada; MM2-Coronel Murta/Araçuaí; MM3, MM4A, MM4B-Coronel Murta/Rubelita; MM5, MM6A, MM6B, MM7-Araçuaí/Itinga; MM8-Araçuaí; MM9-Coronel Murta; MMa-Lavra Água Santa; MMr-Lavra Morro Redondo; MMp-Lavra Pau Alto I.

No sentido de sistematizar a apreciação e comentários sobre a fertilidade dos solos representados pelas amostras coletadas procedeu-se à sua discriminação em dois grupamentos, separados segundo o grau de saturação de bases e alumínio no complexo trocável.

- Solos Distróficos

Trata-se de solos com grau de saturação de alumínio e de bases trocáveis inferiores a 50%. Embora não sendo considerados solos propriamente férteis, o seu nível de infertilidade (ou falta de fertilidade) é pequeno e possui aptidão para grande número de culturas agrícolas desde que em nível de manejo adequadamente avançado. Correspondem às amostras MM1, MM5, MM6A, MM7, MM8 e MMp. Ressalta-se o elevado valor (82,79%) para a saturação com alumínio trocável na amostra MMp.

Segundo os valores de referência da CFSEMG (1999), no tocante às características químicas em apreciação, estas revelam um pH baixo a médio, soma de bases de troca também baixa a média, com grau de saturação de bases geralmente médio e saturação baixa com alumínio trocável. Os teores de cálcio no complexo de troca são baixos ou médios, e os de fósforo assimilável muito baixos a baixos. A matéria orgânica oscila entre cerca de 2 e 3% e a granulometria é, via de regra, média.

- Solos Eutróficos

Além da fraca saturação com alumínio trocável possuem proporção de bases no complexo de troca superior a 50%. São relativos às seguintes amostras: MM2, MM3, MM4A, MM4B, MM6B, MM9, MMa e MMr. São os solos mais férteis entre os coletados.

Em relação aos seus atributos químicos, evidenciam um bom pH, soma de bases média e alta, grau de saturação que vai de alto a muito alto e saturação com alumínio insignificante. Os teores de cálcio no complexo de troca são geralmente médios, sendo os de fósforo assimilável baixos ou muito baixos; exceção para o teor médio em MMA. A capacidade de troca catiônica situa-se também em valores considerados médios, e potássio alto ou mesmo muito alto. A matéria orgânica apresenta teores muito diversos que vão desde menos de 1 a mais de 3% e a granulometria, também diversificada, varia de arenosa a argilosa.

7.2 Perfil pedológico

Os solos da área experimental foram classificados como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico – CXve (Fig. 25, ANEXO B.I) e os resultados analíticos (perfil e amostra extra de fertilidade) são apresentados nas Tabelas 13, 14 e 15.



Figura 25 – Perfil de CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico – CXve, BR-367, trecho Araçuaí-Virgem da Lapa (Coordenadas 0809388 / 8135873).

De acordo com a composição química da fração coloidal mineral e orgânica, tanto o perfil quanto a amostra extra são classificados como Eutróficos, ou seja, designativo dos solos em que o complexo de troca apresenta grau de saturação com alumínio (m) muito diminuto e a saturação de bases (V) é superior a 50%. São os solos menos ácidos, podendo ou não apresentar alguma alcalinidade. Em termos gerais são os solos mais férteis quanto à sua constituição química.

Apreciados quanto aos diversos parâmetros, observa-se que têm uma acidez fraca medida pelo pH, soma de bases de troca (SB) média, alto grau de saturação de bases e muito baixa saturação com alumínio. Os teores de cálcio trocável são médios, sendo os de fósforo assimilável baixo a médio. A capacidade de troca (T) apresenta valores que a situa no nível médio. A matéria orgânica apresenta-se com valores entre 1,8 e 2,4 (médios).

Em termos de granulometria, as composições texturais são médias a arenosas.

Tabela 13 – Resultados analíticos* referentes ao perfil de CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico A moderado textura média.

Horizonte	A	AB	Bi
Profundidade (cm)	00-12	12-26	26-45
Granulometria (%)			
Areia grossa (2,00-0,20mm)	0	0	0
Areia fina (0,20-0,05mm)	63	75	54
Silte (0,05-0,002mm)	26	15	32
Argila (<0,002mm)	11	10	14
Silte/argila	2,39	1,60	2,52
Argila dispersa em água (%)	3	1	4
Grau de flocculação (%)	69	91	72
Densidade (g/cm ³)			
Solo	1,13	1,07	1,02
Partículas	2,67	2,74	2,53
Porosidade (%)	58	61	60
pH (CaCl ₂)	4,9	4,8	5,1
pH (KCl)	4,7	4,6	4,8
pH (H ₂ O)	5,9	5,9	6,1
Matéria orgânica (dag/Kg)	1,80	1,80	1,80
C (dag/Kg)	1,04	1,04	1,04
N (dag/Kg)	0,10	0,10	0,10
P (mg/dm ³)	3,1	6,1	2,8
Bases trocáveis (cmol. _c /dm ³)			
Ca ⁺⁺	2,03	1,95	3,03
Mg ⁺⁺	1,25	1,35	1,87
K ⁺	0,12	0,06	0,05
Na	0,01	0,02	0,02
Al ⁺⁺⁺	0,12	0,11	0,07
H ⁺ +Al ⁺⁺⁺	1,80	1,90	1,82
SB (cmol. _c /dm ³)	3,41	3,39	4,97
T (cmol. _c /dm ³)	5,20	5,29	6,79
Grau de saturação (%)			
V	65,48	64,09	73,24
m	3,5	3,23	1,43

*SB-Soma de bases trocáveis; T-Capacidade de troca de cátions; m-Índice de saturação de alumínio; V-Índice de saturação de bases. Solução extratora: Fósforo e Potássio-Mehlich 1; Cálcio, Magnésio e Alumínio-Cloreto de Potássio 1 normal. Mat. org.-Método colorimétrico.

Tabela 14 – Resultados analíticos de granulometria*.

Parâmetro \ Amostra	MMS**
Areia grossa (%)	2,80
Areia fina (%)	68,82
Silte (%)	17,40
Argila(%)	10,98

*Método da pipeta adaptado.

**Sítio Brito/Célia (área experimental).

Tabela 15 – Resultados analíticos de fertilidade* da amostra extra.

Parâmetro \ Amostra	MMS**
pH em água	6,0
H + Al (cmol. _c /dm ³)	1,36
Al ³⁺ (cmol. _c /dm ³)	0,08
Ca ²⁺ (cmol. _c /dm ³)	2,76
Mg ²⁺ (cmol. _c /dm ³)	1,64
P (mg/dm ³)	17,1
K (cmol. _c /dm ³)	0,72
Na (cmol. _c /dm ³)	0,05
SB (cmol. _c /dm ³)	5,17
T (cmol. _c /dm ³)	6,53
V (%)	79,15
m (%)	1,56
Matéria orgânica (dag/Kg)	2,36
C (dag/Kg)	1,37
N (dag/Kg)	0,12

*SB-Soma de bases trocáveis; T-Capacidade de troca de cátions; m-Índice de saturação de alumínio; V-Índice de saturação de bases. Solução extratora: Fósforo e Potássio-Mehlich 1; Cálcio, Magnésio e Alumínio-Cloreto de Potássio 1 normal. Mat. org.-Método colorimétrico;

**Sítio Brito/Célia (área experimental).

7.3 Rejeitos pegmatíticos

7.3.1 Avaliação da fertilidade

A avaliação da fertilidade dos rejeitos (Tabs. 16 e 17), constituída por doze amostras de materiais (rejeito + solo), provenientes de diversas lavras, permite agrupá-las em quatro grupos:

- Grupo 1: MM11, MM12A, MM12B, MM13A e MM13B – acentuado grau de eutrofismo, saturação de bases entre 50 e 80%, acidez fraca ou média, pH bom para a maioria das culturas, fósforo assimilável muito baixo e toxidez por alumínio trocável negligível.
- Grupo 2: MM10, MM14C e MM15A – eutrofismo alto a muito alto, saturação de bases próxima de 80%, acidez potencial trocável (Al) mínima ou insignificante, pH varia de mediano a ligeiramente alcalino, valores médios a altos de potássio e fósforo assimilável alto.
- Grupo 3: MM14A e MM14B – saturação de bases superior a 90%, cálcio e magnésio trocáveis altos e muito altos, potássio e fósforo assimilável muito altos e pH indicando uma acidez fraca ou de uma ligeira alcalinidade.
- Grupo 4: MM15B e MM15C – resultados discrepantes em relação às demais amostras e também entre si. MM15B é distrófica, saturação de bases e acidez potencial baixas, cálcio e magnésio trocáveis muito baixos, potássio médio e fósforo assimilável alto, pH revela alcalinidade elevada. MM15C é semelhante às amostras do Grupo 2, exceto pelo excesso de cálcio.

Tabela 16 – Matéria orgânica*, carbono e nitrogênio.

Amostras**	Mat. org. dag/Kg	Carbono dag/Kg	Nitrogênio dag/Kg
MM10	0,96	0,56	0,05
MM11	1,06	0,62	0,06
MM12A	0,96	0,56	0,05
MM12B	1,06	0,62	0,06
MM13A	1,16	0,67	0,07
MM13B	0,96	0,56	0,05
MM14A	1,16	0,67	0,07
MM14B	1,16	0,67	0,07
MM14C	1,27	0,73	0,07
MM15A	1,80	1,04	1,10
MM15B	1,80	1,04	0,10
MM15C	1,80	1,04	0,10

*Método colorimétrico;

**MM10-Alto da COPASA; MM11-Perobeiros; MM12A, MM12B-Marimbondo/Miguel Pedro; MM13A, MM13B-Lorena/Boa Vista; MM14A, MM14B, MM14C-Morro Redondo, MM15A, MM15B, MM15C-Companhia Brasileira de Lítio-CBL.

Tabela 17 - Resultados analíticos de fertilidade*.

Amostras**	pH	H+Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	K	Na	SB	T	V	m
	em H ₂ O	cmol. _c /dm ³	cmol. _c /dm ³	cmol. _c /dm ³	cmol. _c /dm ³	mg/ dm ³	cmol. _c /dm ³	cmol. _c /dm ³	cmol. _c /dm ³	cmol. _c /dm ³	%	%
MM10	5,2	1,07	0,05	1,38	1,99	>30	0,17	0,18	3,72	4,79	77,74	1,36
MM11	5,6	1,29	0,25	0,78	0,36	4,0	0,07	0,01	1,21	2,50	48,56	16,89
MM12A	5,8	0,82	0,16	0,28	1,32	1,3	0,05	0,02	1,67	2,48	67,13	8,99
MM12B	5,8	1,19	0,08	1,35	1,25	1,1	0,13	0,04	2,78	3,97	70,05	2,87
MM13A	5,4	0,71	0,11	0,45	1,74	1,5	0,18	0,26	2,63	3,35	78,67	4,12
MM13B	5,7	0,70	0,02	0,20	1,06	1,3	0,33	0,12	1,71	2,41	71,02	1,19
MM14A	7,3	0,68	0,01	3,86	4,80	>30	0,22	0,32	9,20	9,88	93,09	0,11
MM14B	6,0	0,91	0,13	4,61	5,35	29,0	0,50	0,03	10,49	11,40	92,00	1,26
MM14C	6,3	0,77	0,03	1,40	1,10	>30	0,32	0,04	2,87	3,64	78,82	1,06
MM15A	7,6	0,68	0,01	2,07	0,15	>30	0,10	0,31	2,63	3,32	79,40	0,39
MM15B	8,2	0,61	0,01	0,25	0,08	>30	0,04	0,08	0,45	1,06	42,22	2,24
MM15C	7,6	0,83	0,01	91,43	1,27	>30	0,10	0,94	93,74	94,58	99,12	0,01

*SB-Soma de bases trocáveis; T-Capacidade de troca de cátions; M-Índice de saturação de alumínio; V-Índice de saturação de bases. Solução extratora: Fósforo e Potássio-Mehlich 1; Cálcio, Magnésio e Alumínio-Cloreto de Potássio 1 normal;

**MM10-Alto da COPASA; MM11-Perobeiros; MM12A, MM12B-Marimbondo/Miguel Pedro; MM13A, MM13B-Lorena/Boa Vista; MM14A, MM14B, MM14C-Morro Redondo, MM15A, MM15B, MM15C-Companhia Brasileira de Lítio (CBL).

Do ponto de vista de avaliação química preliminar da fertilidade, os rejeitos das lavras analisadas evidenciam características que se podem considerar de boas a muito boas, aumentando a fertilidade do primeiro para o terceiro grupo de amostras. O quarto grupo apresenta particularidades específicas, requerendo maiores estudos para um diagnóstico mais completo.

Sendo os solos tropicais muito carentes em fósforo, não deixa de ser notável que as amostras dos rejeitos tenham, às vezes, um teor deste elemento elevado.

Entretanto, deve-se ressaltar que resultados positivos do ponto de vista da fertilidade não significam que os elementos estejam obrigatoriamente na forma assimilável pelas plantas. Para tanto, outros estudos devem ser efetuados para um diagnóstico mais preciso.

7.3.2 Mineralogia macroscópica

A análise mineralógica macroscópica está em consonância com os resultados apresentados na literatura para a região (Pedrosa-Soares, 1984, 1995; Castañeda, 1997; Tavares, 2004). Geralmente, os principais constituintes do rejeito de pegmatito são feldspato sódico-potássico (microclina pertítica), quartzo e muscovita. Como minerais acessórios têm-se a turmalina e a granada entre outros (Tab. 18).

Tabela 18 – Análise mineralógica macroscópica dos rejeitos pegmatíticos (X indica presença).

Amostra*	Quartzo	Turmalina	Muscovita	Caulim	K-feldspato (microclina pertítica)	Ortoclásio	Berilo	Granada	Óxido de manganês
MMP1A	X	X	X						
MMP2A	X	X	X	X					
MMP3A	X	X	X	X					
MMP4A	X	X	X	X					
MMP5B	X	X	X	X					
MMP6B	X	X	X	X	X				
MMP7B	X	X	X	X					
MMP8B									
MMP9C	X	X	X	X					
MMP10C	X	X	X	X					
MMP11C	X	X	X	X					
MMP12C	X	X	X	X					
MMA13A	X	X	X		X				
MMA14A	X	X	X		X				
MMA15B	X	X	X		X				
MMA16B	X	X	X		X				
MMA17B	X	X	X		X				
MMA18B	X	X	X		X				
MMA19B	X	X	X		X				
MMA20C	X	X	X		X				
MMA21C	X	X	X		X				
MMA22C	X	X	X		X				
MMA23C	X	X	X		X				
MMA24C	X	X	X		X				
MMR25	X	X	X						
MMR26	X	X	X			X	X		
MMR27	X	X	X			X			
MMR28	X	X	X			X		X	
MMR29									X
MMR30	X	X	X						
MMR31									X
MMR32	X	X	X			X		X	
MMR33	X	X	X						
MMR34	X	X	X						
MMR35	X	X	X	X	X				
MMR36	X	X	X		X				

*MMP-Lavra Pau Alto I; MMA-Lavra Água Santa; MMR-Lavra Morro Redondo.

7.3.3 Análise de fluorescência de Raios-X das amostras de rejeitos pegmatíticos

As Tabelas 19 a 21 e Figuras 26 a 31 mostram os percentuais óxidos dos elementos maiores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O e P_2O_5) analisados. Visando uma melhor visualização de cada conjunto de amostras de rejeitos (Pau Alto I, Água Santa e Morro Redondo), os óxidos de silício e alumínio foram separados dos demais constituintes devido à soma destes ser muito superiores que o total dos outros elementos.

Tabela 19 – Teores de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Pau Alto I, analisados por fluorescência de Raios-X.

Amostra*/Elemento	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	P. F.**	SOMA
	%										
MMP1A	88,70	0,07	6,66	1,58	0,02	0,06	0,21	0,02	0,03	2,60	99,95
MMP2A	88,00	0,07	7,06	1,44	0,03	0,08	0,14	0,03	0,03	3,09	99,97
MMP3A	83,50	0,10	10,30	2,23	0,04	0,07	0,18	0,05	0,02	4,19	100,68
MMP4A	83,60	0,08	10,40	1,52	0,03	0,04	0,17	0,06	0,03	4,48	100,41
MMP5B	68,60	0,08	20,30	1,54	0,04	0,07	0,21	0,09	0,05	8,20	99,18
MMP6B	70,90	0,07	18,80	1,73	0,03	0,08	0,19	0,14	0,03	7,67	99,64
MMP7B	67,70	0,11	20,30	2,03	0,03	0,06	0,17	0,19	0,02	8,69	99,30
MMP8B	55,40	0,08	32,20	1,38	0,03	0,07	0,14	0,12	0,04	10,79	100,25
MMP9C	55,90	0,35	21,20	5,21	0,03	0,07	0,13	0,01	0,02	17,10	100,02
MMP10C	73,00	0,11	17,40	1,79	0,03	0,05	0,17	0,09	0,04	7,09	99,77
MMP11C	73,80	0,10	17,70	1,91	0,03	0,06	0,18	0,07	0,01	5,99	99,85
MMP12C	77,20	0,06	17,00	1,21	0,05	0,10	0,21	0,06	0,03	4,20	100,12

*MMP-lavra Pau Alto I;

** Perda ao fogo.

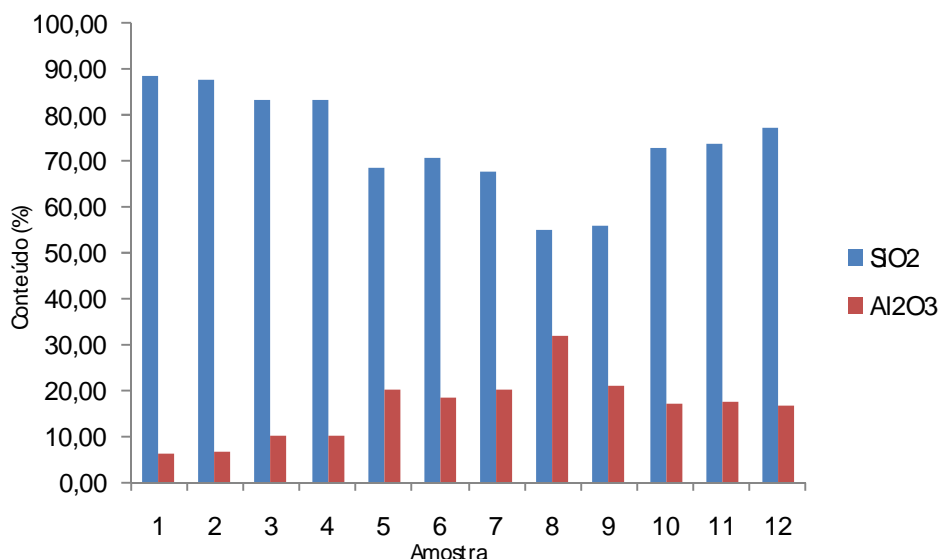


Figura 26 – Conteúdo de SiO_2 e Al_2O_3 das amostras do rejeito Pau Alto I, analisados por fluorescência de Raios-X.

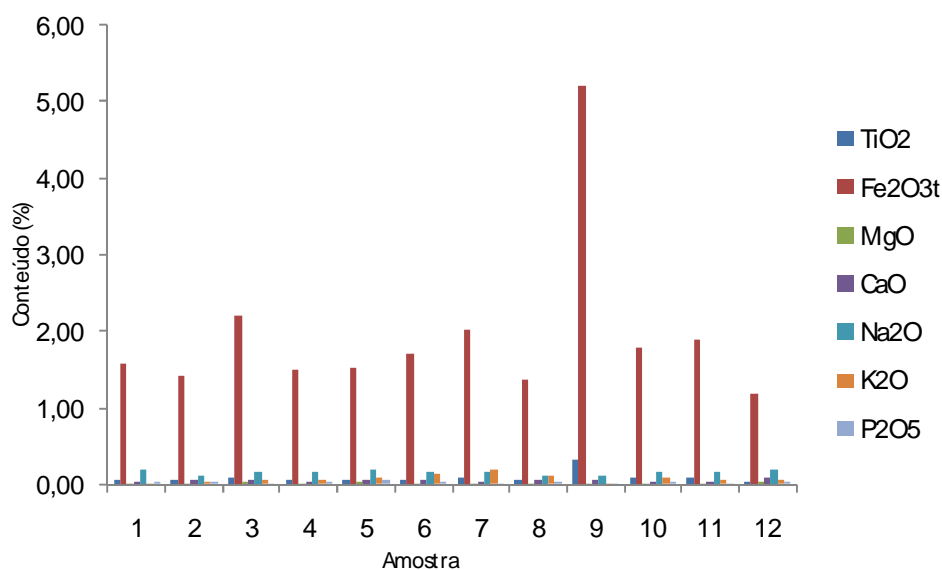


Figura 27 – Conteúdo de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Pau Alto I, analisados por fluorescência de Raios-X.

Tabela 20 - Teores de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Água Santa, analisados por fluorescência de Raios-X.

Amostra*/Ele mento	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3t}	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	P. F.**	SOMA
	%										
MMA13A	65,00	0,01	19,5	0,18	0,02	0,09	3,60	9,79	0,29	1,40	99,88
MMA14A	65,10	0,01	19,4	0,14	0,03	0,10	3,45	10,00	0,28	1,20	99,71
MMA15B	68,20	0,02	17,9	0,38	0,04	0,15	3,29	7,47	0,23	1,70	99,38
MMA16B	67,80	0,01	18,3	0,59	0,02	0,10	2,36	8,81	0,21	1,50	99,70
MMA17B	71,00	0,02	17,20	0,43	0,03	0,13	2,86	7,30	0,22	1,30	100,49
MMA18B	67,30	0,17	17,4	2,80	0,52	2,79	2,52	5,32	0,14	1,10	100,06
MMA19B	67,90	0,01	18,20	0,45	0,03	0,21	3,95	7,11	0,18	1,30	99,35
MMA20C	66,00	0,01	18,60	0,13	0,02	0,08	2,80	11,00	0,29	1,10	100,03
MMA21C	67,00	0,01	18,20	0,12	0,02	0,08	2,64	10,20	0,19	1,10	99,56
MMA22C	66,70	0,01	18,00	0,15	0,02	0,08	2,92	10,10	0,30	1,39	99,67
MMA23C	65,60	0,02	18,50	0,39	0,02	0,12	3,36	9,56	0,31	2,00	99,88
MMA24C	67,80	0,01	18,40	0,09	0,02	0,08	2,88	9,40	0,21	0,70	99,59

*MMA-lavra Água Santa;

** Perda ao fogo.

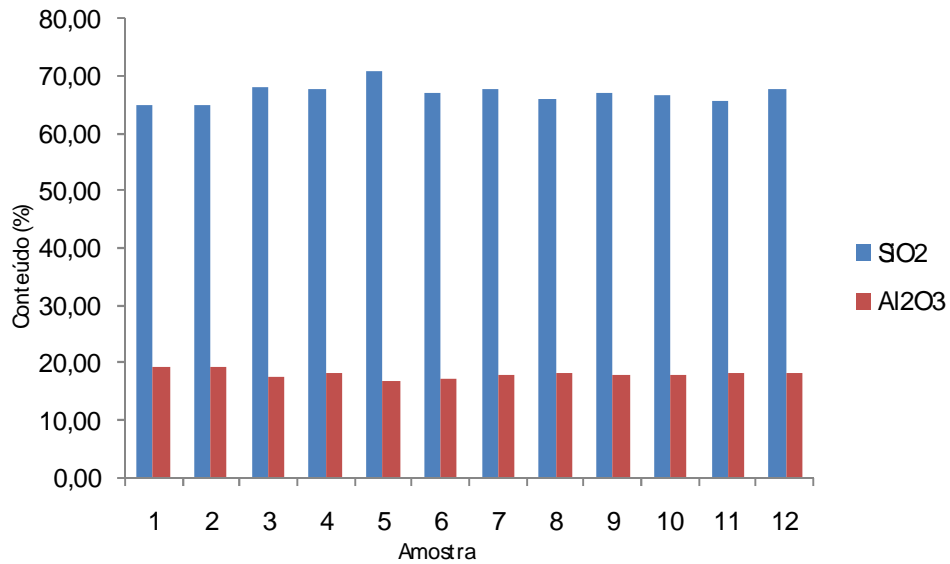


Figura 28 – Conteúdo de SiO₂ e Al₂O₃ das amostras do rejeito Água Santa, analisados por fluorescência de Raios-X.

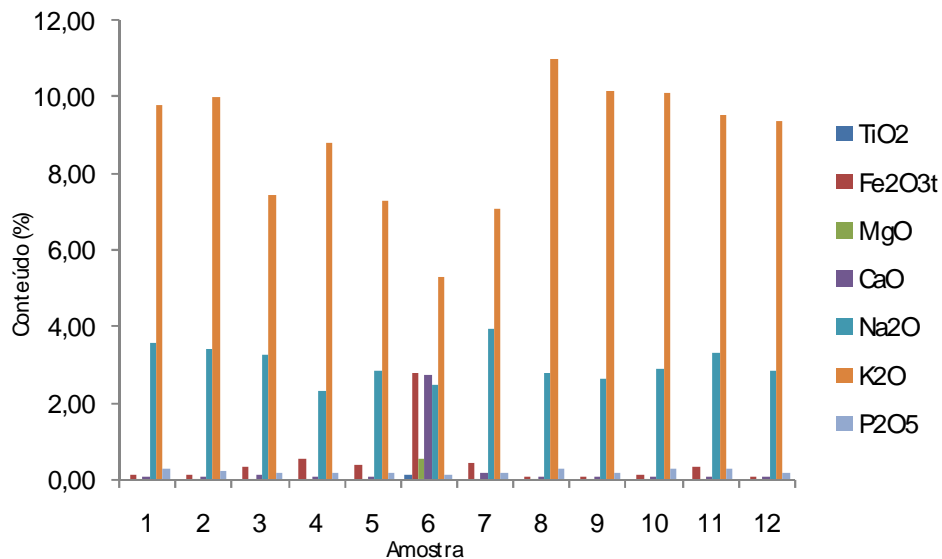


Figura 29 – Conteúdo de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Água Santa, analisados por fluorescência de Raios-X.

Tabela 21 - Teores de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Morro Redondo, analisados por fluorescência de Raios-X.

Amostra*/Ele mento	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	P. F.**	SOMA
	%										
MMR25	72,50	0,01	18,90	0,34	0,03	0,24	4,54	1,06	0,13	1,89	99,64
MMR26	73,20	0,01	18,80	0,11	0,03	0,31	5,07	0,74	0,19	0,60	99,06
MMR27	72,50	0,05	18,40	1,04	0,09	0,24	3,29	1,43	0,08	3,39	100,51
MMR28	71,60	0,02	18,00	0,60	0,05	0,52	5,65	1,69	0,16	1,30	99,59
MMR29	66,60	0,17	17,50	2,89	0,58	3,40	2,63	4,09	0,12	2,19	100,17
MMR30	71,00	0,02	19,00	0,45	0,06	0,47	6,69	0,66	0,29	0,90	99,54
MMR31	66,00	0,17	17,40	3,23	0,39	3,40	2,64	4,09	0,13	2,10	99,55
MMR32	71,70	0,01	17,00	0,27	0,03	0,70	5,39	3,50	0,28	0,60	99,48
MMR33	73,30	0,01	17,80	0,23	0,04	0,55	5,75	0,91	0,12	1,00	99,71
MMR34	71,70	0,02	18,30	0,66	0,04	0,26	5,84	1,40	0,17	1,50	99,89
MMR35	72,40	0,03	18,10	0,60	0,06	0,26	4,10	1,21	0,11	2,80	99,67
MMR36	71,60	0,02	18,00	0,26	0,04	0,53	5,66	1,78	0,24	2,21	100,34

*MMR-lavra Morro Redondo;

** Perda ao fogo.

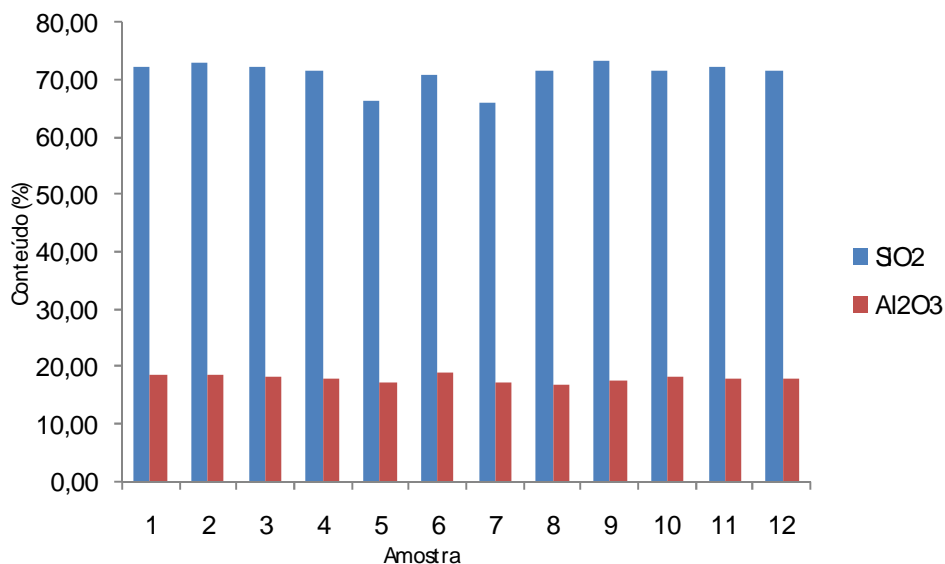


Figura 30 – Conteúdo de SiO₂ e Al₂O₃ das amostras do rejeito Morro Redondo, analisados por fluorescência de Raios-X.

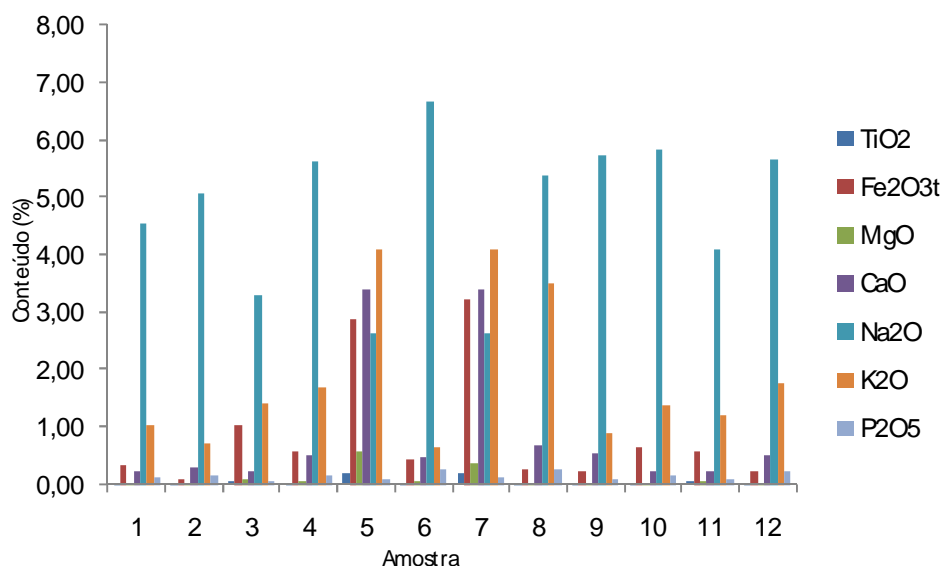


Figura 31 – Conteúdo de óxidos dos elementos maiores das amostras do rejeito Morro Redondo, analisados por fluorescência de Raios-X.

Conforme os gráficos mostram, sobressaem-se os teores de silício, de 55,40% a 88,70%, seguidos pelos valores de alumínio, situados entre 6,66% a 32,20%. Comparando os resultados com os níveis de fertilidade dos solos estabelecidos pela CFSEMG (1999), tem-se: para cálcio, os valores situam-se entre baixos, grande maioria das amostras, e médios (amostras MMA18B, MMR29 e MMR31); para o magnésio e fósforo, os resultados são baixos em todas as amostras.

Quanto ao potássio, merece destacar os valores mais expressivos nas amostras do rejeito Água Santa (Fig. 29). Já as amostras oriundas da Lavra Pau Alto I apresentaram resultados muito baixos. Tal fato também deve ser atribuído ao grande volume de solo presente nas amostras. A maior presença de partículas de solo nas amostras do rejeito Pau Alto I também podem ser responsáveis pelos valores mais expressivos de Fe_2O_3t (Fig. 27).

O sódio também variou consideravelmente, de baixo (< 0,10%) nas amostras do rejeito Pau Alto I a alto (> 0,30%) nas demais amostras (Fig. 31).

Ao se avaliar a média entre os conjuntos das doze amostras de cada rejeito (Tab. 22 , Fig. 32), novamente, destacam-se os valores mais expressivos dos óxidos de silício e alumínio, bem como as maiores quantidades de potássio presentes nas amostras do rejeito Água Santa.

Tabela 22 – Médias dos óxidos dos rejeitos analisados por fluorescência de Raios-X.

Análises	Pau Alto I	Água Santa	Morro Redondo
SiO ₂	73,86	67,12	71,18
TiO ₂	0,11	0,03	0,05
Al ₂ O ₃	16,61	18,30	18,10
Fe ₂ O _{3t}	1,96	0,49	0,89
MgO	0,03	0,07	0,12
CaO	0,07	0,33	0,91
Na ₂ O	0,18	3,05	4,77
K ₂ O	0,08	8,84	1,88
P ₂ O ₅	0,03	0,24	0,17

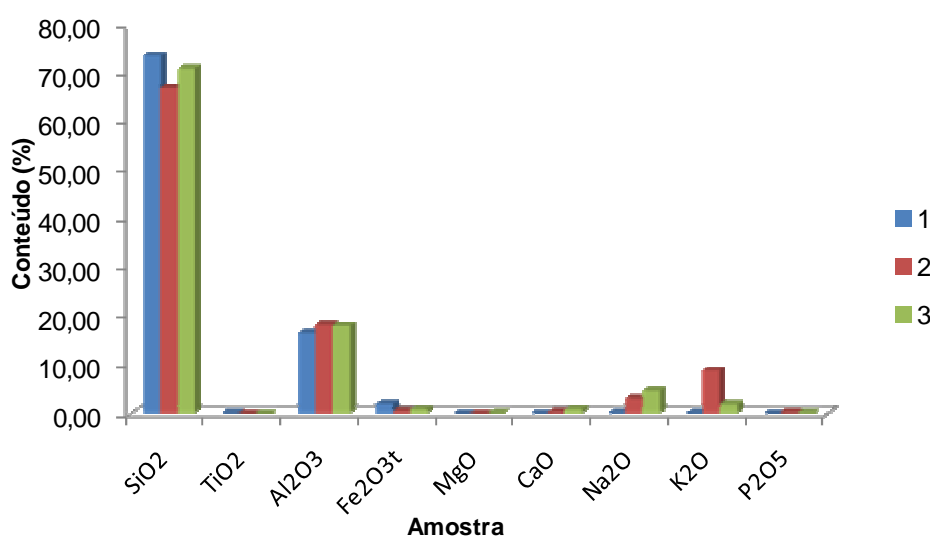


Figura 32 – Teores médios de óxidos maiores das amostras dos rejeitos Pau Alto I (1), Água Santa (2) e Morro Redondo (3), analisados por fluorescência de Raios-X.

7.3.4 Características mineralógicas dos rejeitos

Em função da semelhança apresentada (ANEXO B.II), foram selecionados sete difratogramas como representativos de todo o conjunto de amostras analisadas. Os difratogramas de Raios-X da fração argila, interpretados em lâminas preparadas com glicolação (Figs. 33 a 36) e do fino, porta amostra (Figs. 37 a 39) mostram que a mineralogia dos rejeitos pegmatíticos estudados é bastante uniforme.

Os minerais K-feldspato (reflexões 0,424 e 0,322nm), caulinita (reflexões 0,714 e 0,358nm), quartzo (reflexão 0,334nm) e albita (reflexão 0,318nm) ocorrem em proporções mais elevadas que os demais constituintes e estão presentes em quase todos os rejeitos. A illita (reflexões 1,010 e 0,257nm), goethita (reflexão 0,249nm), hematita (reflexão 0,220nm), esmectita (reflexão 1,700nm) e mica (muscovita) (reflexão 0,447nm) aparecem em vários difratogramas, porém em menores proporções. Clorita (reflexão 0,470nm) e ilmenita (reflexão 0,275nm) aparecem somente como

vestígios. A Tabela 23 mostra um resumo da abundância dos minerais ocorrentes nas amostras dos rejeitos das Lavras Pau Alto I, Água Santa e Morro Redondo.

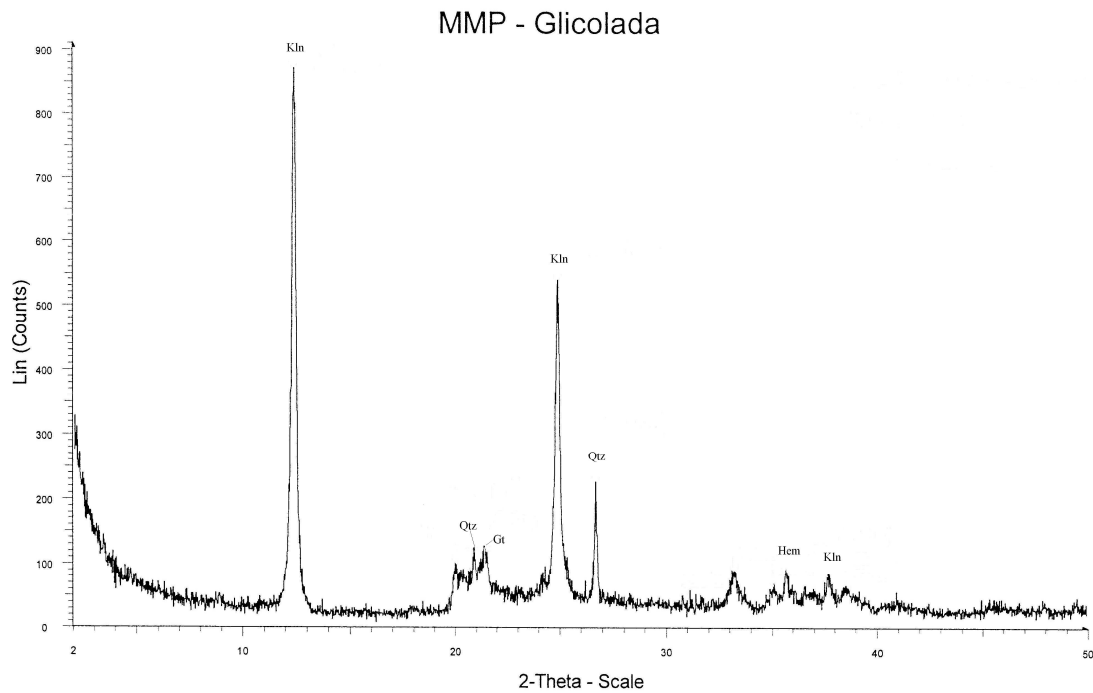


Figura 33 – Difratoograma de Raios-X (lâminas com glicolação) da fração argila do rejeito Pau Alto I-MMP; (Gt=goethita; Hem=hematita; Kln=caulinita; Qtz=quartzo).

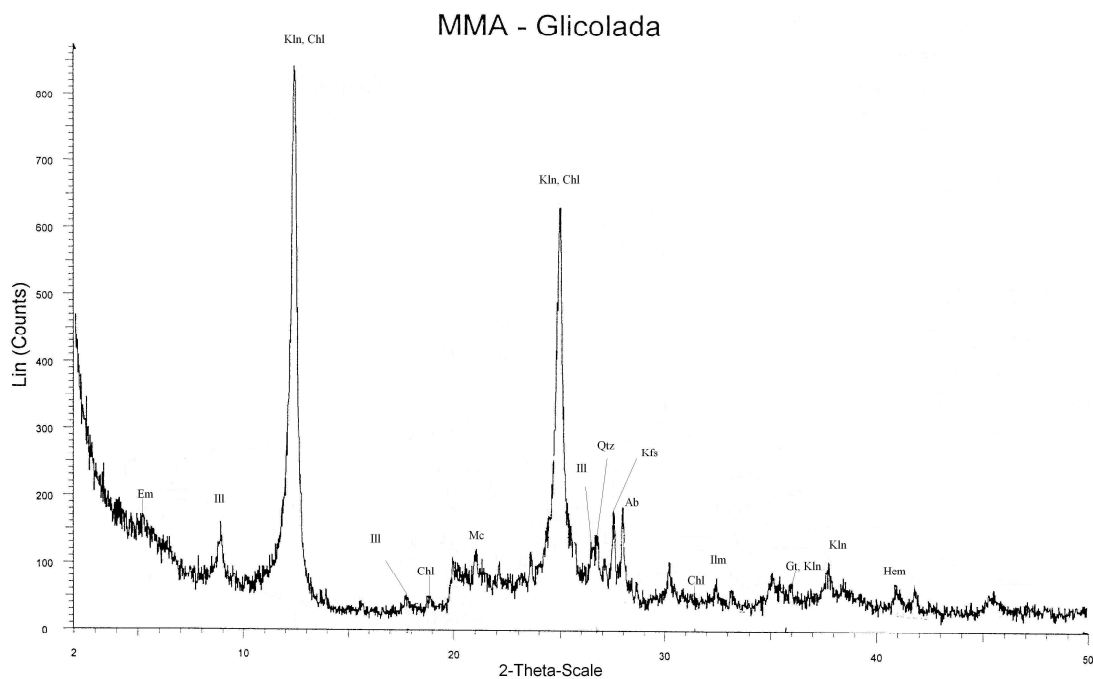


Figura 34 - Difratoograma de Raios-X (lâminas com glicolação) da fração argila do rejeito Água Santa-MMA; (Chl=clorita; Em=esmectita; Gt=goethita; Hem=hematita; Ill=ilita; Ilm=ilmenita; Kfs=K-feldspato; Kln=caulinita; Mc=mica; Ab=albita; Qtz=quartzo).

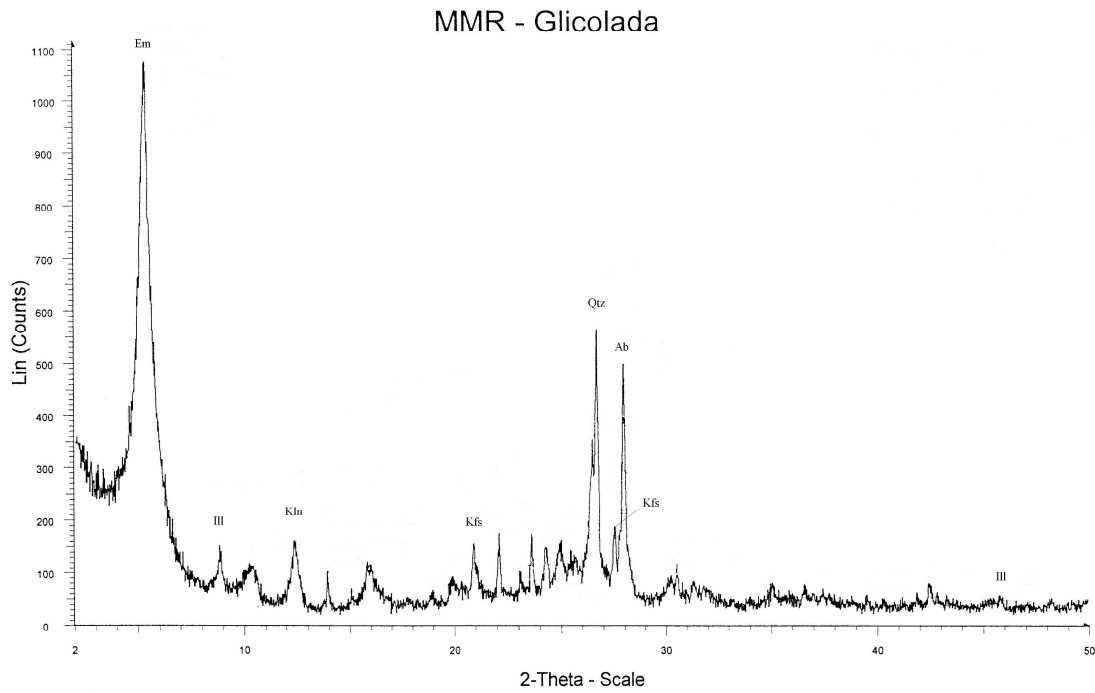


Figura 35 - Difratoograma de Raios-X (lâminas com glicolação) da fração argila do rejeito Morro Redondo-MMR; (Em=esmectita; Ill=ilita; Kfs=K-feldspato; Kln=caulinita; Ab=albita; Qtz=quartzo).

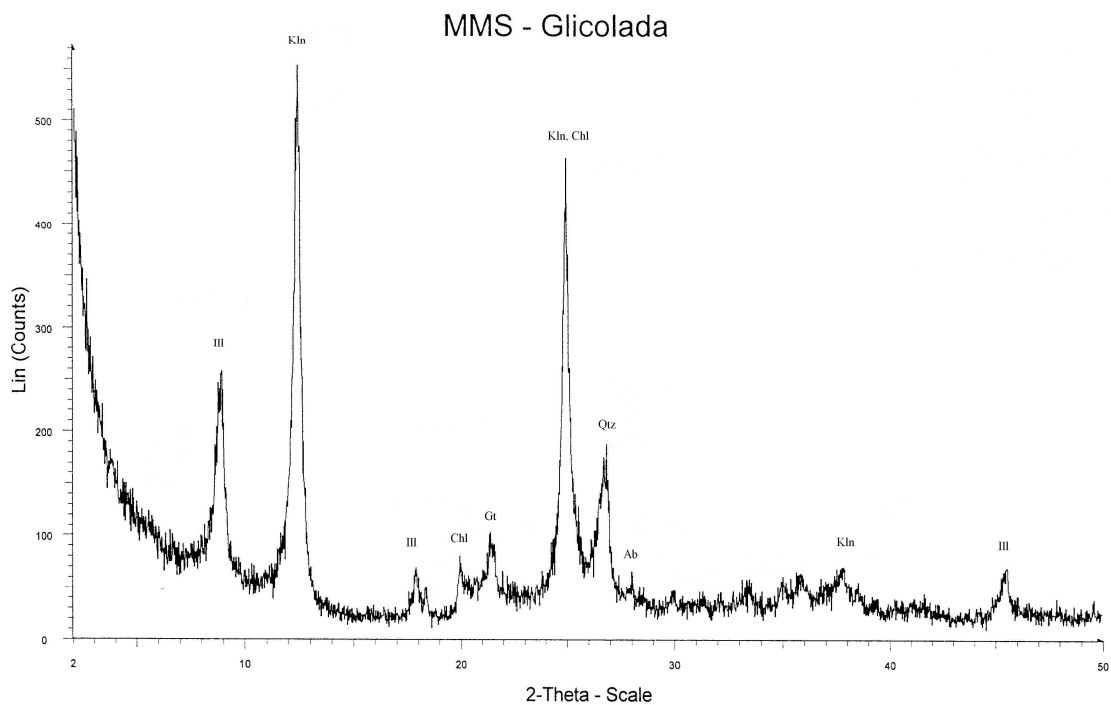


Figura 36 - Difratoograma de Raios-X (lâminas com glicolação) da fração argila do solo da área experimental (Sítio Brito/Célia)-MMS; (Chl=clorita; Gt=goethita; Ill=ilita; Kln=caulinita;; Ab=albita; Qtz=quartzo).

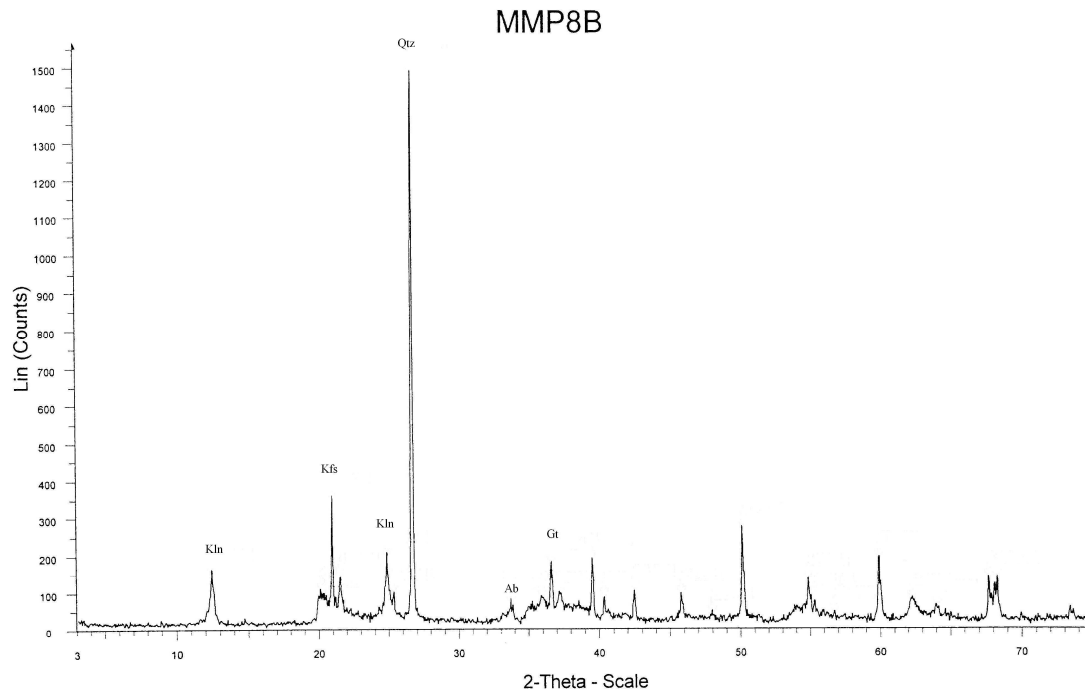


Figura 37 - Difratoograma de Raios-X (porta amostra) do fino do rejeito Pau Alto I-MMP8B; (Gt=goethita; Kfs=K-feldspato; Kln=caulinita; Ab=albita; Qtz=quartzo).

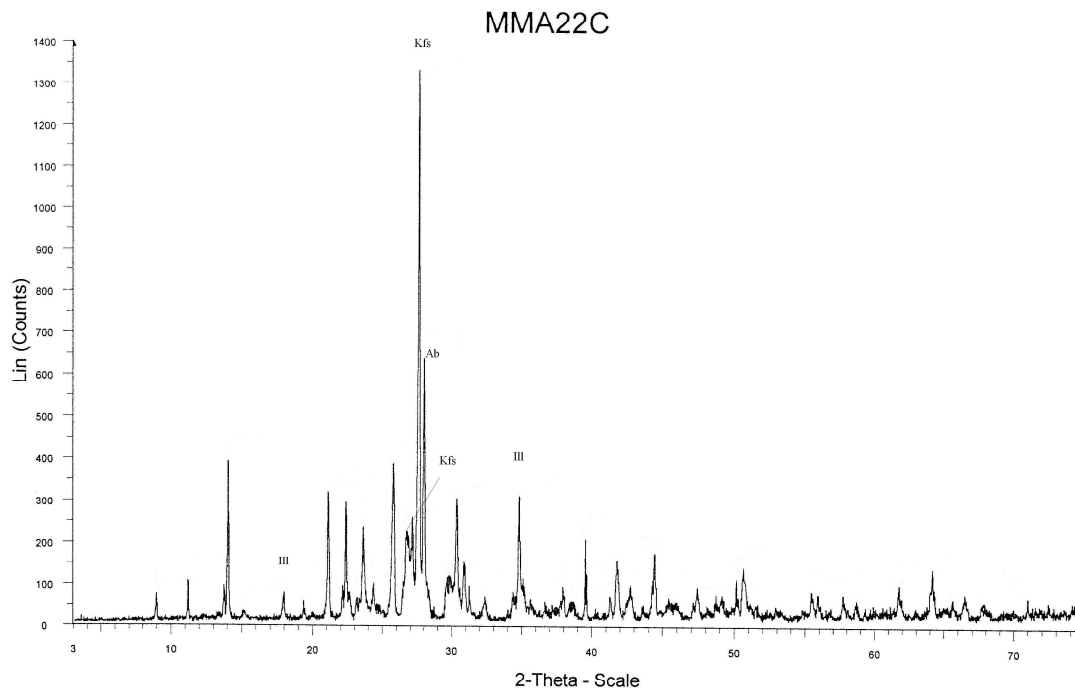


Figura 38 - Difratoograma de Raios-X (porta amostra) do fino do rejeito Água Santa-MMA22C; (Ill=ilita; Kfs=K-feldspato; Ab=albita).

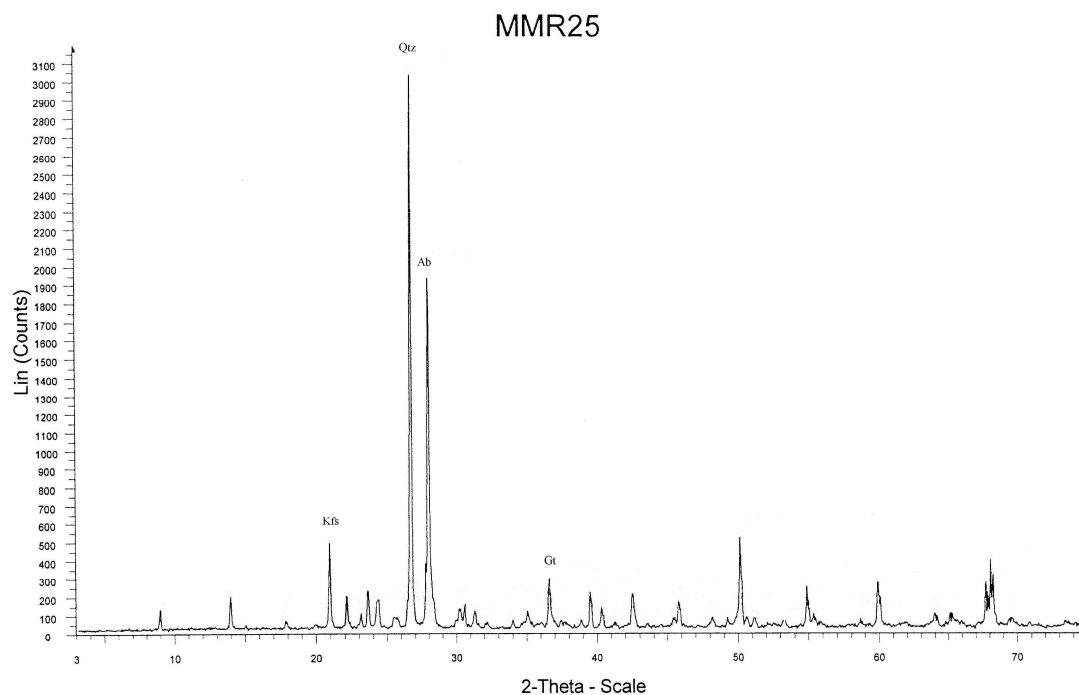


Figura 39 - Difratoograma de Raios-X (porta amostra) do fino do rejeito Morro Redondo-MMR25; (Gt=goethita; Kfs=K-feldspato; Ab=albita; Qtz=quartzo).

Tabela 23 – Quantificação dos minerais presentes nas amostras dos rejeitos Pau Alto I, Água Santa, Morro Redondo e da área experimental.

Amostra*	Chl**	Em	Gt	Hem	Ill	Ilm	Kfs	Kln	Mc	Ab	Qtz
MMPg***			++****	+				+++			++
MMAg	v	+	+	v	++	v	+	+++	+	+	+
MMRg		+++			+		++	+		++	++
MMSg	v		++		++			+++		+	+
MMP8B			v				++	+		v	+++
MMA22C					+		+++			++	
MMR25			v				+			++	+++

*MMP=Lavra Pau Alto I; MMA=Lavra Água Santa; MMR=Lavra Morro Redondo; MMS=Sítio Brito/Célia (área experimental);

**Chl=clorita; Em=esmectita; Gt=goethita; Hem=hematita; Ill=ilita; Ilm=ilmenita; Kfs=K-feldspato; Kln=caulinita; Mc=mica; Ab=albita; Qtz=quartzo;

***g=glicolada;

****+++abundante; ++=moderado; +=fraco; v=vestígio.

7.3.5 Análise elementar dos rejeitos pegmatíticos

Efetuada durante o estágio na Universidade de Évora, Portugal, cujo principal objetivo foi desenvolver a técnica e assim, comparar diferentes métodos de análise. Nesse caso, principalmente no tocante à matéria orgânica (Fig. 40).

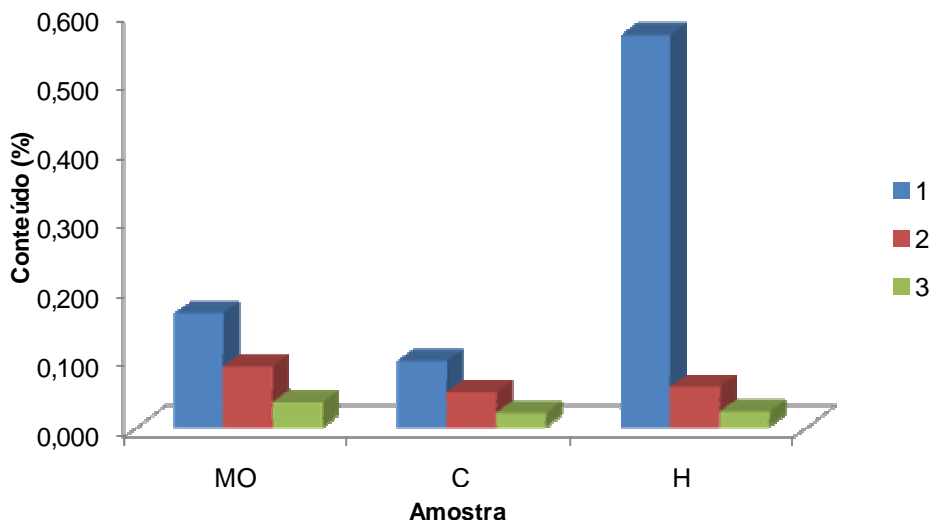


Figura 40 – Médias de matéria orgânica, carbono e hidrogênio referentes a nove amostras, selecionadas aleatoriamente, dos rejeitos Pau Alto I (1), Água Santa (2) e Morro Redondo (3). MO- matéria orgânica.

Os valores de matéria orgânica, segundo os procedimentos metodológicos da análise elementar, mostraram resultados inferiores aos das análises de fertilidade (ANEXO B.III). Nessas amostras, os valores situaram-se entre 2,84 e 0,96dag/Kg, bem superiores ao maior resultado calculado na análise elementar (Lavra Pau Alto I, 0,16dag/Kg). A grande variação pode ter ocorrido pela minuciosa técnica empregada na execução da análise elementar.

7.3.6 Análises de macro e micronutrientes assimiláveis dos rejeitos de pegmatito

As determinações quantitativas do fósforo e potássio (macronutrientes) assimiláveis foram efetuadas por serem elementos nutritivos essenciais ao crescimento das plantas. Esses elementos têm no solo a sua principal fonte e desempenham funções específicas no metabolismo e na produção vegetal (Fonseca, 2002).

No que diz respeito ao fósforo, com a possível exceção do nitrogênio, nenhum outro elemento faz tamanha falta ao crescimento vegetal, pois é um elemento que interfere na assimilação de outros nutrientes pelos vegetais.

Um dos grandes problemas do fósforo é que, embora a quantidade de fósforo num solo mineral médio corresponda à do nitrogênio, seja muito maior do que a do potássio, do cálcio ou do magnésio, a maioria do fósforo existente no solo é inassimilável pelos vegetais. Outro agravante é quando se adiciona ao solo quantidades solúveis de fósforo na forma de fertilizantes, pois este elemento muitas vezes pode ser fixado ou torna-se inassimilável, mesmo sob condições ideais.

Como fatores que exercem influência sobre a assimilabilidade do fósforo inorgânico do solo, têm-se: pH do solo; ferro, manganês e alumínio solúveis; minerais que contêm ferro, alumínio e manganês; cálcio e minerais de cálcio assimiláveis; decomposição da matéria orgânica e atividades microorgânicas (Brady, 1979). A assimilabilidade do fósforo é determinada, principalmente, pela forma iônica deste elemento. Porém, a forma iônica é determinada pelo pH da solução em que o íon se encontra. Assim, em soluções muito ácidas, apenas os íons H_2PO_4 estão presentes. Aumentando-se o pH, predominarão os íons HPO_4^- e, finalmente os íons PO_4^{2-} .

Em solos minerais, as formas mais simples e assimiláveis de ocorrência de fósforo são os fosfatos de Ca, K, Mg etc.. Por sua vez, a apatita (fonte original) e os fosfatos secundários de Ca, Fe e Al são as formas de ocorrência mais complexas e menos ativas.

O terceiro macronutriente em importância para as plantas é o potássio que, apesar de existir em montantes relativamente elevados na maioria dos solos minerais tem a maior porção rigidamente retida como integrante dos minerais primários ou fixada sob formas apenas moderadamente assimiláveis pelos vegetais (Brady, 1979). Também não se pode deixar de mencionar as perdas consideráveis por lixiviação.

Um dos fatores que mais afetam a fixação de potássio nos solos é a influência dos colóides. Por exemplo, as argilas do tipo 1:1 (e.g., caulinita), bem como os solos em que tais argilas minerais são dominantes, fixam pouco potássio. Ao contrário, argilas do tipo 2:1 (e.g., vermiculita e ilita), fixam prontamente o potássio em grandes quantidades.

Quanto à ocorrência de potássio nos solos minerais, como formas mais complexas e menos ativas têm-se os minerais originais (feldspatos e micas) e os silicatos secundários complexos de alumínio, tais como as argilas, especialmente a ilita. Já os íons de potássio adsorvidos por complexos coloidais e os sais de potássio, tais como os sulfatos, carbonatos etc. são formas mais simples e assimiláveis de ocorrência.

Os micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) também são essenciais ao desenvolvimento das plantas; porém, são utilizados em pequenas quantidades. A relevância em estudá-los na avaliação da fertilidade de um solo é devido ao fato de desempenharem importante papel como ativadores de numerosos sistemas enzimáticos (Fonseca, 2002). Outro aspecto interessante é que, acima de certos limites, passam a ser tóxicos.

Um resumo das principais fontes naturais dos micronutrientes e suas prováveis quantidades presentes num solo pode ser conferido na Tabela 24.

Tabela 24 – Principais fontes naturais dos micronutrientes e suas prováveis quantidades presentes num solo*.

Elemento	Formas principais na natureza	Análise provável num solo de superfície (ppm)**
Ferro	Óxidos, sulfetos e silicatos	25.000
Manganês	Óxidos, silicatos e carbonatos	2.500
Cobre	Sulfetos, carbonatos óxido-hidratados	50
Zinco	Sulfetos, óxidos e silicatos	100

* Brady (1979);

** Referem-se a um solo de região úmida.

De forma a obter uma melhor visualização dos teores dos macro e micronutrientes dos rejeitos pegmatíticos das Lavras Pau Alto I, Água Santa e Morro Redondo, os resultados são apresentados nas Tabelas 25 a 27 e Figuras 41 a 43.

Tabela 25 - Conteúdo de macro e micronutrientes das amostras do rejeito Pau Alto I.

Amostra	K (ppm)	P (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
1	40	2,0	6,4	1,2	1,9	1,0
2	40	2,2	10,4	1,6	2,6	1,4
3	40	2,1	10,0	2,0	2,1	1,0
4	40	2,1	6,8	0,4	1,7	1,0
5	20	2,0	12,8	0,8	2,4	1,1
6	40	2,1	10,4	2,0	3,1	1,6
7	40	2,0	15,6	0,8	2,4	1,2
8	20	2,0	35,6	3,6	2,6	1,5
9	20	2,0	4,4	4,4	2,3	1,1
10	40	2,2	5,2	4,4	2,5	1,4
11	40	1,9	9,2	6,8	7,7	3,6
12	40	2,4	9,2	33,6	1,4	1,3

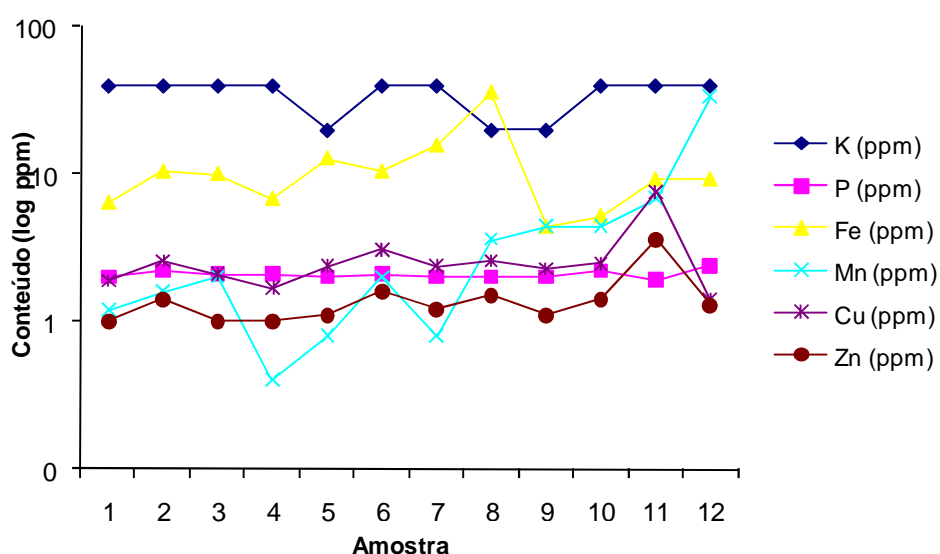


Figura 41 – Representação dos teores de macro (P, K) e micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) referentes às amostras do rejeito Pau Alto I.

Tabela 26 - Conteúdo de macro e micronutrientes das amostras do rejeito Água Santa.

Amostra	K (ppm)	P (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
1	1132	17,0	14,4	12,8	3,9	2,1
2	1172	13,9	12,4	11,2	2,7	1,3
3	973	13,4	18,0	20,8	4,9	2,0
4	1013	14,5	68,0	51,2	5,2	2,0
5	1271	19,6	52,0	49,2	3,1	1,6
6	1132	16,5	17,6	38,0	2,2	1,2
7	1053	16,2	19,2	21,2	3,2	1,7
8	1132	21,0	22,8	40,4	2,5	1,3
9	1152	27,1	25,2	31,6	3,2	1,8
10	1013	40,6	84,4	254,0	4,0	3,6
11	1072	31,9	30,4	85,2	2,7	2,9
12	600	17,7	11,6	29,6	2,7	2,1

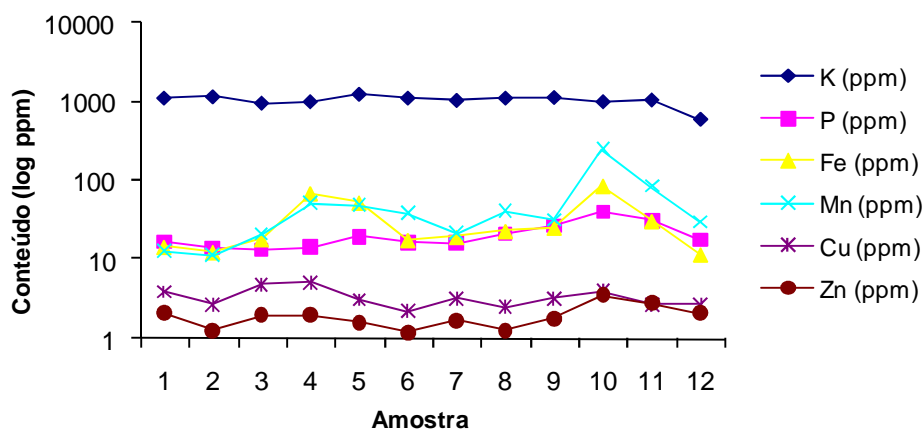


Figura 42 - Representação dos teores de macro (P, K) e micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) referentes às amostras do rejeito Água Santa.

Tabela 27 - Conteúdo de macro e micronutrientes das amostras do rejeito Morro Redondo.

Amostra	K (ppm)	P (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
1	460	57,4	50,8	280,4	3,2	3,5
2	200	139,8	30,0	64,4	2,9	2,2
3	400	15,1	88,0	35,2	2,1	2,2
4	580	61,9	140,4	222,8	2,9	3,9
5	1766	43,4	784,8	76,0	17,3	4,3
6	520	109,7	82,8	123,6	1,0	2,0
7	1944	34,5	570,0	86,8	12,0	5,2
8	775	135,0	76,8	88,8	3,0	2,5
9	300	46,8	46,4	20,0	2,8	1,8
10	560	37,1	66,0	83,6	2,9	3,2
11	280	13,3	87,6	15,2	1,8	1,6
12	160	114,1	74,8	46,4	2,6	2,2

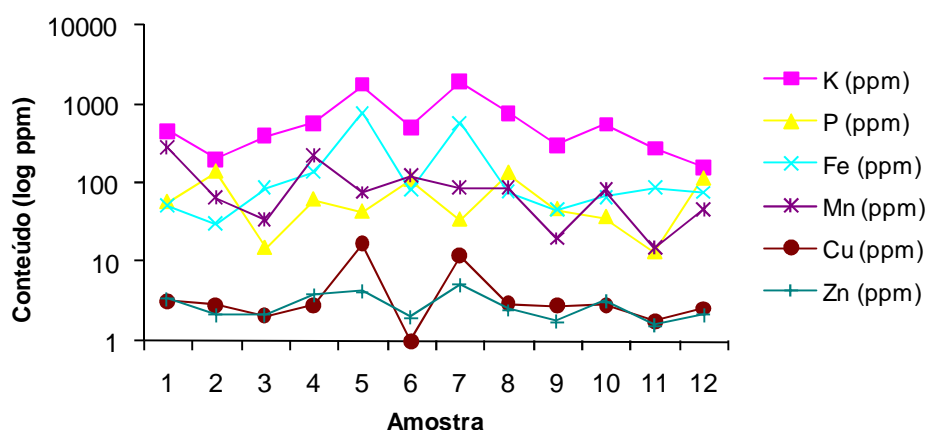


Figura 43 - Representação dos teores de macro (P, K) e micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) referentes às amostras do rejeito Morro Redondo.

As determinações por espectroscopia de absorção molecular UV/visível (P), fotometria de chama (K) e espectrometria de absorção atômica (Fe, Mn, Cu, Zn) reforçam alguns dos resultados obtidos por fluorescência de Raios-x, apesar de este ensaio avaliar óxidos dos elementos maiores, principalmente em relação ao potássio.

Verifica-se certa homogeneidade no padrão de ocorrência dos elementos nas amostras. Dos elementos analisados, o potássio sobressai muito, apresentando os maiores valores nas amostras do rejeito Água Santa e Morro Redondo (de 160,0ppm-MMR36 a 1944,3ppm-MMR31), ou seja, todos elevados tendo como valor de referência alto ($K > 135,0\text{ppm}$). Segundo esse critério, as amostras do rejeito Pau Alto I são detentoras de baixo potássio. Conforme mencionado anteriormente, tal fato deve ser atribuído à grande quantidade de solo presente nessas amostras.

De acordo com os valores de referência da CFSEMG (1999), o fósforo apresentou comportamento bastante variável. Exceção para as amostras do rejeito Pau Alto I, todas enquadradas como de baixo teor (0,0 a 10,0ppm). A maioria das amostras do rejeito Água Santa são de teor médio (10,0 a 30,0ppm). Já grande parte das amostras provenientes do rejeito da Lavra Morro Redondo apresentaram teores altos > 30,0ppm (34,5ppm-MMR31 a 139,8ppm-MMR26).

A ocorrência de valores médios a altos para fósforo e potássio, em muitas amostras dos rejeitos analisados são resultados promissores e reforça a necessidade de testá-los em experimentos a fim de validar ou não o seu uso como fertilizante agrícola.

Quanto aos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn, tomando-se os valores médios para solos minerais como referência, tem-se respectivamente, 25.000-40.000ppm, 500-800ppm, 23-30ppm, 69-90ppm (Sposito, 1989). O ferro apresentou resultados muito abaixo da média considerada para solos minerais. Para o cobre e o zinco, também predominam valores baixos em relação aos índices considerados médios. Salienta-se que somente dois valores mais se aproximam da média recomendada para o elemento cobre, 17,3ppm (MMR29) e 12,0ppm (MMR31), uma vez que na mineralogia macroscópica foi registrada a presença de óxido de cobre somente nessas duas amostras.

Visando uma avaliação conjunta dos macro e micronutrientes presentes nas trinta e seis amostras dos rejeitos estudados (Pau Alto I, Água Santa e Morro Redondo) foram elaboradas a Tabela 28 e Figura 44.

Tabela 28 - Conteúdo médio de macro e micronutrientes das doze amostras de cada um dos rejeitos analisados.

Elemento	Pau Alto I (ppm)	Água Santa (ppm)	Morro Redondo (ppm)
K	35,00	1059,58	662,08
P	2,08	20,78	67,34
Fe	11,33	31,33	174,87
Mn	5,13	53,77	95,27
Cu	2,73	3,36	4,54
Zn	1,43	1,97	2,88

As médias apresentadas na Tabela 28 e Figura 44 confirmam a maior pobreza em nutrientes do rejeito Pau Alto I, principalmente para os elementos K, P, Fe e Mn. Conforme já mencionado, o maior volume de solo nessas amostras provavelmente acarretou os valores discrepantes em relação às amostras dos rejeitos Água Santa e Morro Redondo.

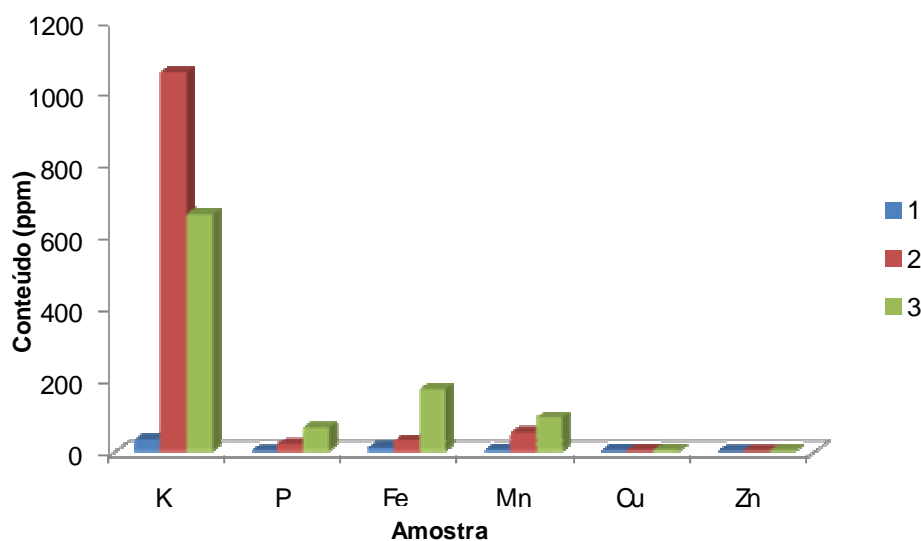


Figura 44 – Conteúdo médio de macro e micronutrientes das doze amostras de cada um dos rejeitos analisados (1-Pau Alto I, 2-Água Santa, 3-Morro Redondo).

7.3.7 Avaliação da composição química de fertilizantes dos rejeitos pegmatíticos

Objetivando uma comparação entre os resultados analíticos, foi avaliada a constituição química de fertilizantes (ANEXO B.IV) dos rejeitos Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I (material britado), apresentada na Tabela 29 e Figura 45.

Tabela 29 – Resultados de fertilizantes, médias das doze amostras de cada rejeito.

Análises	Pau Alto I	Água Santa	Morro Redondo
N total	0,047	0,047	0,047
P total	0,005	0,022	0,022
P sol.	0,000	0,001	0,001
K ₂ O %	0,005	0,029	0,029
Ca	0,104	0,161	0,161
Mg	0,024	0,052	0,052
MO	0,811	0,117	0,117

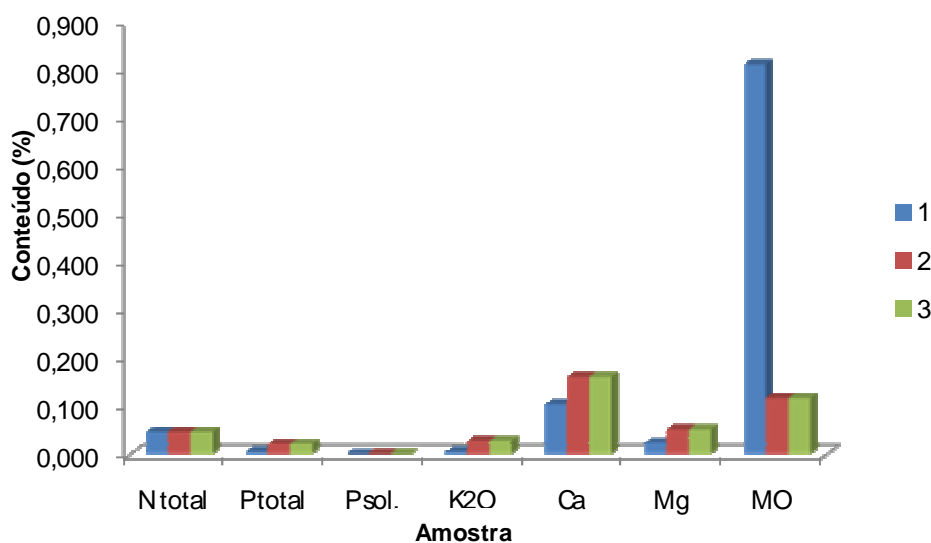


Figura 45 – Médias referentes aos resultados de fertilizantes das doze amostras dos rejeitos Pau Alto I (1), Água Santa (2) e Morro Redondo (3). P sol.-fósforo solúvel em ácido cítrico; MO-matéria orgânica.

De uma maneira geral, os valores encontrados para fósforo, potássio, cálcio e magnésio são muito baixos.

Ao se fazer uma comparação com os resultados encontrados nas análises de fertilidade das amostras de rejeitos de diversas lavras, nota-se uma diferença significativa. Uma das razões mais provável desta diferença diz respeito ao método analítico. No caso da análise de fertilizantes, os valores referem-se às frações solúveis dos fertilizantes, ou seja, à forma assimilável pelas plantas.

As análises de nitrogênio e matéria orgânica foram realizadas devido ao notável papel que desempenham no solo. Ambas apresentaram alguns valores médios e até mesmo altos.

A matéria orgânica, representada por resíduos vegetais e animais em variados estádios de decomposição, melhora as condições físicas e químicas do solo, e serve de fonte de elementos minerais. Os teores mais elevados nas amostras do rejeito Pau Alto I provavelmente são atribuídos à maior quantidade de partículas de solo presente nestas amostras em comparação aos rejeitos Água Santa e Morro Redondo.

7.3.8 Densidade aparente, densidade real, porosidade e pH

As determinações da densidade aparente-Dap (solo), real-Dr (partículas), porosidade e pH em água (Tab. 30) foram realizadas como auxiliares no entendimento das relações solo-planta.

Tabela 30 – Densidade aparente, densidade real, porosidade e pH dos rejeitos Água Santa, Morro Redondo, Pau Alto I e da área experimental.

Amostra	Dap (g/cm ³)	Dr (g/cm ³)	Porosidade (%)	pH H ₂ O
MMA	1,51	2,61	42,02	5,9
MMR	1,55	2,63	41,21	7,0
MMP	1,41	2,65	46,91	5,7
MMS	1,16	2,69	56,93	6,6

*MMP-lavra Pau Alto I; MMA-lavra Água Santa; MMR-lavra Morro Redondo; MMS-sítio Brito/Célia (área experimental).

A densidade aparente pode ser definida como a relação entre a massa de uma amostra de solo seca à 110°C e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e poros.

A densidade aparente, em geral, aumenta com a profundidade do solo devido às pressões exercidas pelas camadas superiores provocando a compactação, reduzindo a porosidade. A movimentação de material fino dos horizontes superiores (eluviação) também contribui para a redução dos espaços porosos aumentando a densidade aparente dessas camadas. Nos solos minerais os valores de Da variam de 1,10 a 1,60 g/cm³.

A determinação da densidade aparente do solo permite avaliar propriedades do solo como a sua drenagem, sua condutividade hidráulica, sua permeabilidade ao ar e a água, sua capacidade de saturação de água etc. Por meio dela tem-se informações sobre o manejo atual do solo, e a possibilidade de uso para algumas culturas como as produtoras de raízes e tubérculos.

Solos com densidade aparente entre 1,70 a 1,80 g/cm³ dificultam a penetração de raízes. Para reduzir o valor da densidade aparente do solo recomenda-se o uso de resíduos orgânicos e o bom manejo do solo (Sengik, 2005).

Densidade real é a relação existente entre a massa de uma amostra de solo e o volume ocupado pelas suas partículas sólidas. Nos solos, seu valor varia entre 2,30 e 2,90 g/cm³, com valor médio, para efeito de cálculos, de 2,65 g/cm³. Esse valor médio deve-se ao fato dos constituintes minerais predominantes nos solos serem o quartzo, os feldspatos e os silicatos de alumínio coloidais, cujas densidades reais estão em torno de 2,65 g/cm³ (Brady, 1979).

Como as amostras dos rejeitos são constituídas essencialmente de feldspato, quartzo e muscovita, os valores da Dr foram muito próximos ou iguais (amostra MMP) a 2,65g/cm³.

O arranjo ou a geometria das partículas do solo determina a quantidade e a natureza dos poros de um solo. A porosidade depende principalmente da textura, da estrutura e da matéria orgânica dos solos. A porosidade de um solo pode ser definida como sendo o volume de vazios ou o espaço do solo não ocupado pelos componentes sólidos.

Os solos que tem menor porosidade são os arenosos porque nos argilosos, o maior teor de argila coloidal contribui para formar agregados. Na prática não se encontram solos arenosos com

porosidade superior a 30% e nem argilosos com porosidade superior a 60%, intervalo confirmado pela textura média da área experimental (amostra MMS).

As raízes das plantas podem se desenvolver com porosidade pouco acima de 10%, mas o ótimo está entre 20 e 30% (Sengik, 2005). Pode-se melhorar a porosidade do solo pela adição de matéria orgânica ou com o preparo em condições ótimas de umidade que pode melhorar a estrutura do solo e aumentar a sua porosidade.

Quanto ao pH, os valores expressam uma acidez fraca a média. Exceção para a amostra MMR com pH neutro (7,0). Esses resultados confirmam os dados encontrados na avaliação da fertilidade dos solos na região (Tab. 10).

CAPÍTULO 8 – EXPERIMENTOS (DE CAMPO E EM CASA DE VEGETAÇÃO)

8.1 Experimento de campo

A fim de verificar o vigor das sementes empregadas no experimento de campo foi montado um teste de germinação no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal / CETEC. Pelos resultados do Teste do Tetrazólio (Oliveira *et al.*, 2005), as sementes de feijão germinaram 70% e as de milho, 100%, índices que comprovam a boa qualidade das mesmas.

Conforme mencionado no Capítulo 2, o plantio ocorreu em meados de dezembro/2005, período de precipitação bastante elevada para a região. Porém, logo a seguir iniciou-se um prolongado veranico, fato que muito afetou o experimento. Na avaliação realizada entre os dias 09 e 13 de janeiro/2006 (Fig. 46), já se percebia áreas afetadas pela escassez hídrica, onde ocorreu a germinação, mas as plantas não vingaram devido à falta de água. No final de janeiro foi realizada uma nova avaliação (Fig. 47).

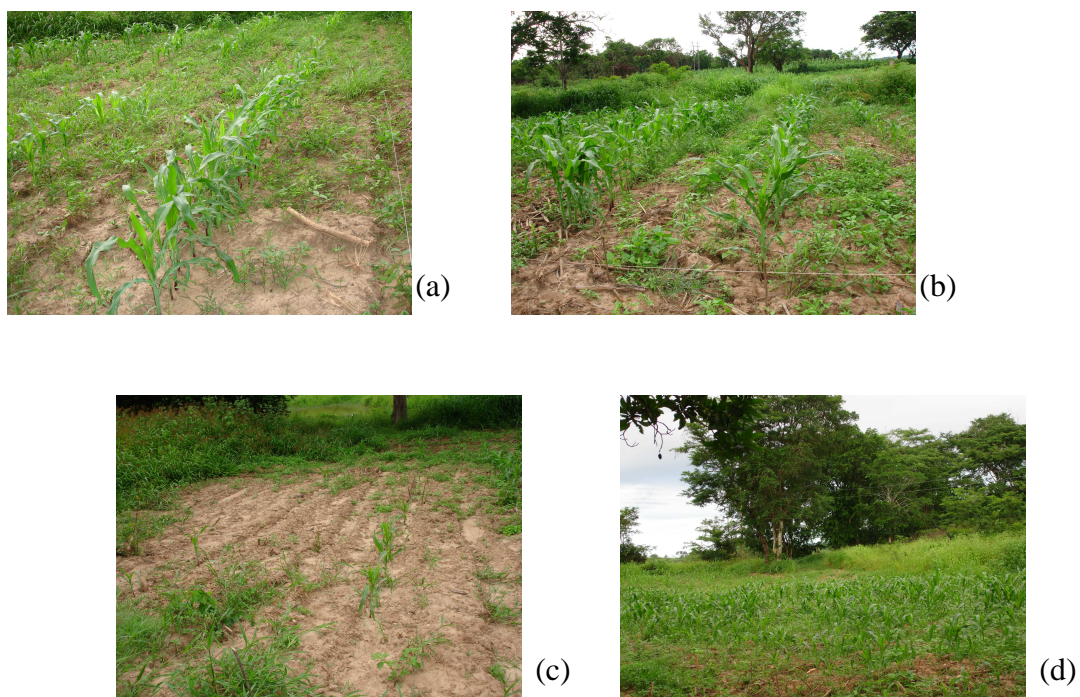


Figura 46 – Início de desenvolvimento do experimento (09 a 13 de janeiro/2006) (a, b, d) mostrando áreas afetadas pelo déficit hídrico (c).

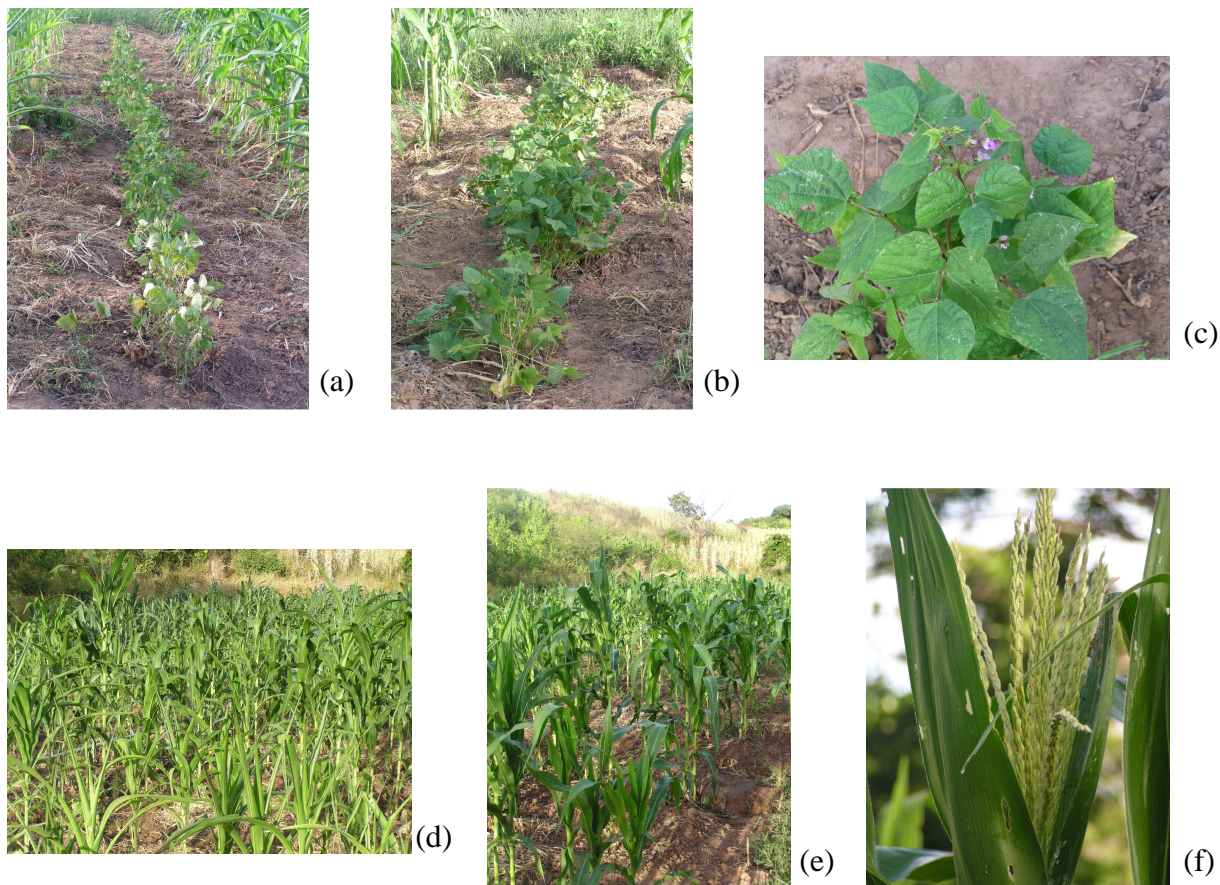


Figura 47 – Crescimento dos indivíduos de milho e feijão, em 30 de janeiro/2006. As fotos da direita mostram o início da floração do feijão (c) e penduamento do milho (f) no mesmo período.

A avaliação de final de janeiro constatou o agravamento do veranico (Fig. 48), sendo as áreas mais secas as mais afetadas. Nessas áreas, inúmeros indivíduos de milho e feijão encontravam-se em avançado estágio de murchamento. Para agravar ainda mais, ocorreu um ataque de lagartas à cultura do milho (Fig. 49).

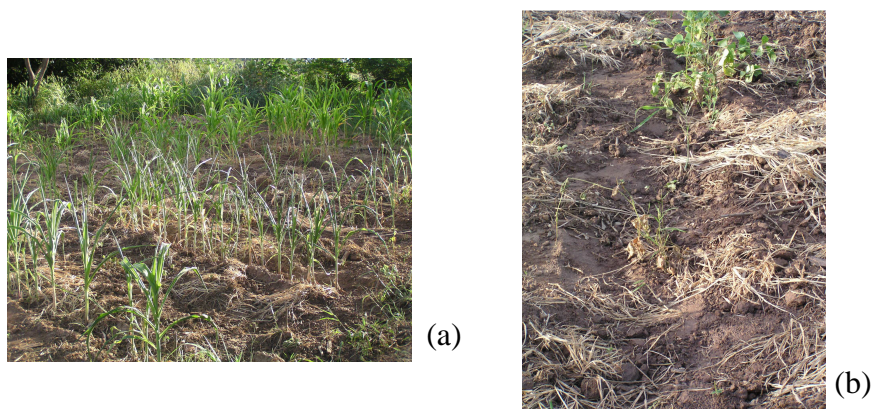


Figura 48 – Detalhe dos danos causados pelo veranico em janeiro/2006 no experimento de campo.

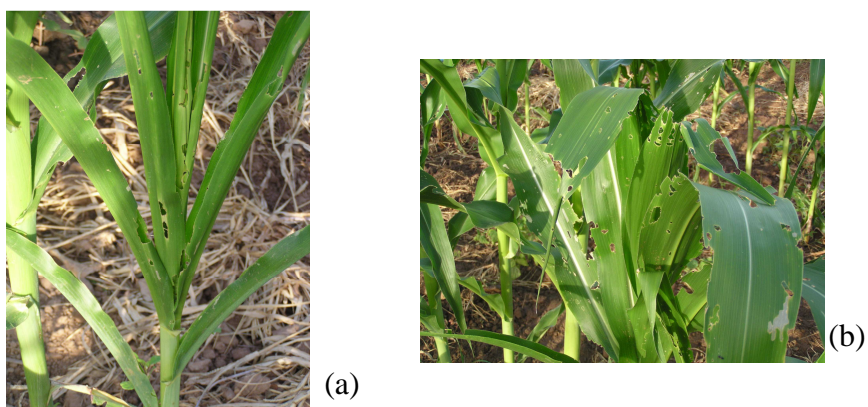


Figura 49 – Ataque de lagartas à cultura do milho. Observar a destruição das folhas.

Como não havia nenhum sinal de chuvas para a região naqueles dias, foi necessário montar um sistema de irrigação, caso contrário se perderia todo o experimento, ou seja, todo o trabalho realizado desde a preparação do terreno (limpeza, aração, gradagem, plantio etc.).

Assim, com a valiosa colaboração do proprietário do sítio, foi montado um pequeno sistema de irrigação por aspersão (Fig. 50), valendo-se de alguns ajustes necessários à realidade da área. Como a área do experimento é dividida por uma vala, foi preciso escorar os tubos de irrigação entre as duas áreas, além da aquisição de várias conexões. Na época, montar todo este aparato só foi possível devido existir no sítio parte significativa dos equipamentos e também devido à área situar-se bem próxima ao rio Araçuaí, diminuindo a distância da fonte de água. Por sorte, a bomba de captação de água também se localizava nos arredores.

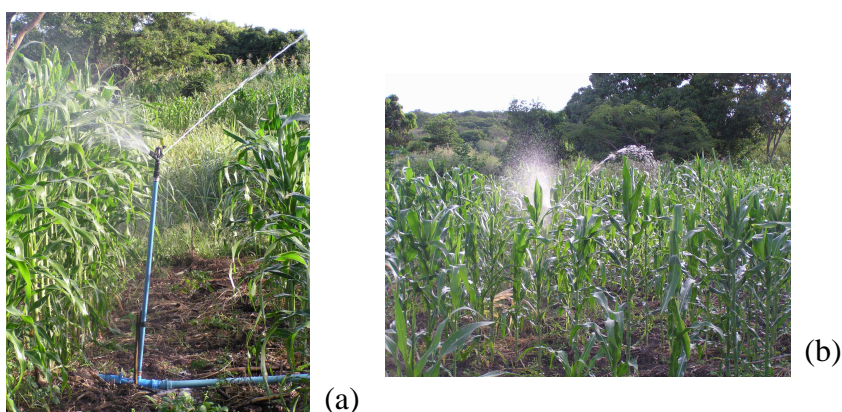


Figura 50 – Montagem do sistema de irrigação por aspersão.

Após tantos contratempos, no início de março, procedeu-se à colheita do milho. A cultura do feijão, menos resistente à falta de água, não sobreviveu. Praticamente não restou nenhum indivíduo com frutos para avaliação.

Conforme se verifica na Figura 51, as plantas ainda não estavam no amadurecimento ideal para serem colhidas. Porém, a natureza encarregou de antecipá-la. A Figura 52 mostra o estrago causado nas espigas de milho por ataque de maritacas. Caso não efetuasse a colheita naquele período, corria-se o risco de não se ter nenhuma espiga para avaliação final.

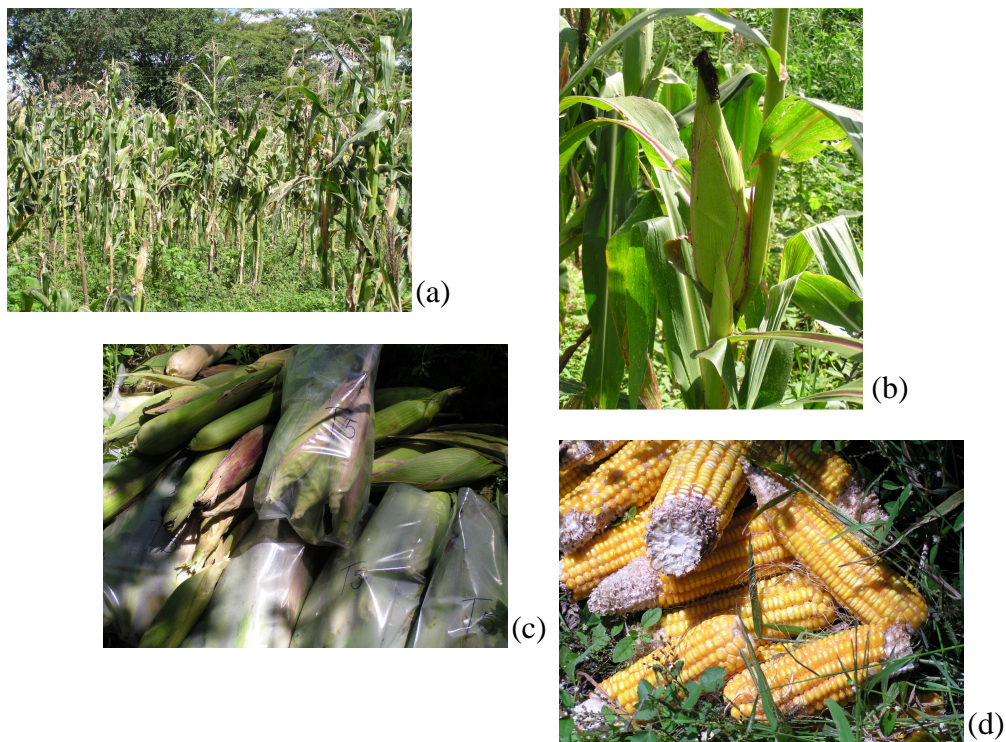


Figura 51 – Indivíduos de milho à época da colheita (a, b) e detalhe das espigas, parte com palha (c) e parte ressaltando os aspectos dos grãos (d).

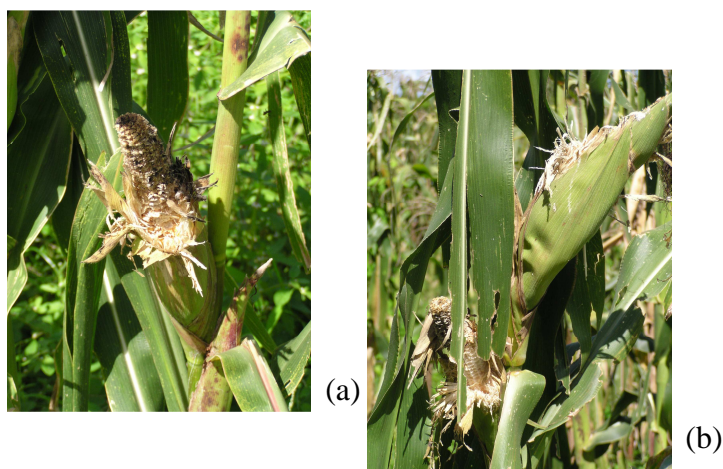


Figura 52 – Resultado do ataque de maritacas às espigas de milho.

8.1.1 Resultados e discussões

Quanto à fertilidade do solo da área experimental, foram realizadas análises antes e após a instalação do experimento para verificar se houve alteração nos parâmetros analisados. Conforme se observa na Tabela 31, não ocorreu diferença significativa após o incremento dos rejeitos das Lavras Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I. A saturação de bases (V) permaneceu acima de 75% apesar de ligeira queda nos teores de macro e micronutrientes que, provavelmente ocorreu devido à absorção dos elementos pelas plantas durante a condução do experimento.

Tabela 31 – Fertilidade do solo da área experimental antes e após a instalação do experimento.

Parâmetro \ Data da análise	jul/2004	jul/2006
pH em água	6,0	6,9
H + Al (cmol. _c /dm ³)	1,36	1,10
Al ³⁺ (cmol. _c /dm ³)	0,08	0,06
Ca ²⁺ (cmol. _c /dm ³)	2,76	1,99
Mg ²⁺ (cmol. _c /dm ³)	1,64	0,75
P (mg/dm ³)	17,1	6,6
K (cmol. _c /dm ³)	0,72	0,67
Na (cmol. _c /dm ³)	0,05	0,03
SB (cmol. _c /dm ³)	5,17	3,44
T (cmol. _c /dm ³)	6,53	4,54
V (%)	79,15	75,76
m (%)	1,56	1,77
Matéria orgânica (dag/Kg)	2,36	1,80
C (dag/Kg)	1,37	1,04
N (dag/Kg)	0,12	0,10

*SB-Soma de bases trocáveis; T-Capacidade de troca de cátions; m-Índice de saturação de alumínio; V-Índice de saturação de bases. Solução extratora: Fósforo e Potássio-Mehlich 1; Cálcio, Magnésio e Alumínio-Cloreto de Potássio 1 normal. Mat. org.-Método colorimétrico;

Na contagem do número de indivíduos por linha de plantio (Fig. 53) verifica-se um número de indivíduos bem mais elevado para o milho. Tal fato é explicado pela grande perda de plantas de feijão causada pela falta de água. A escassez hídrica também afetou o cultivo do milho, pois das 90 sementes distribuídas em cada linha de plantio, o número máximo de plantas em desenvolvimento, em jan/2006, foi de 55 indivíduos. Para o feijão, o número máximo foi de 51 indivíduos/linha de plantio; porém, este número ou próximos ocorreram em poucas linhas conforme mostra o segundo gráfico (ind. feijão) da Figura 53.

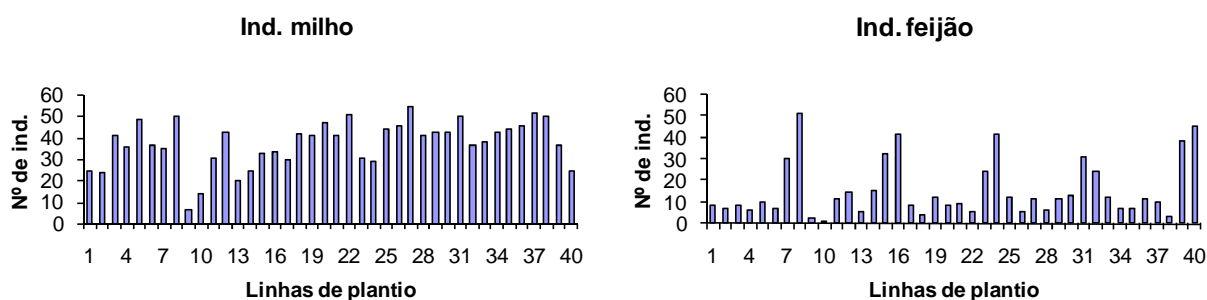


Figura 53 – Número de indivíduos de milho e feijão por linha de plantio (janeiro/2006).

A Figura 54 ilustra o número de espigas de milho sadias por tratamento. O resultado dessa contagem surpreendeu uma vez que o maior número ocorreu para o tratamento sem rejeito ou NPK (Controle). É muito provável que a série de intempéries que afetou o experimento de campo tenha interferido na produção final. Certamente na distribuição aleatória do experimento, as parcelas com o tratamento 5 (T5-Controle) foram estabelecidas nos locais de maior retenção de umidade.

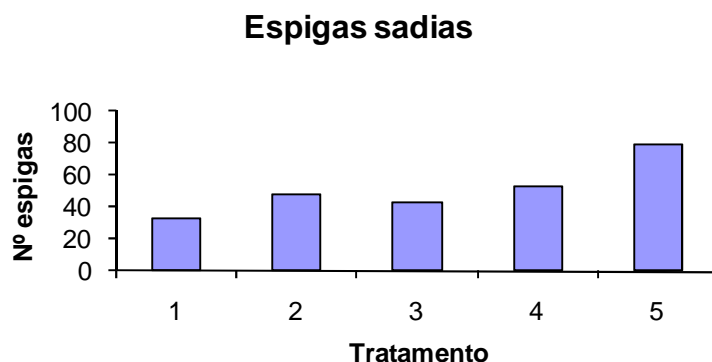


Figura 54 – Número de espigas de milho sadias por tratamento (T1-rejeito Água Santa; T2-rejeito Morro Redondo; T3-rejeito Pau Alto I; T4-NPK; T5-Controle).

Na avaliação do comprimento e peso de dez espigas de milho, selecionadas aleatoriamente, a Figura 55 mostra que, aparentemente, não há diferenças significativas.

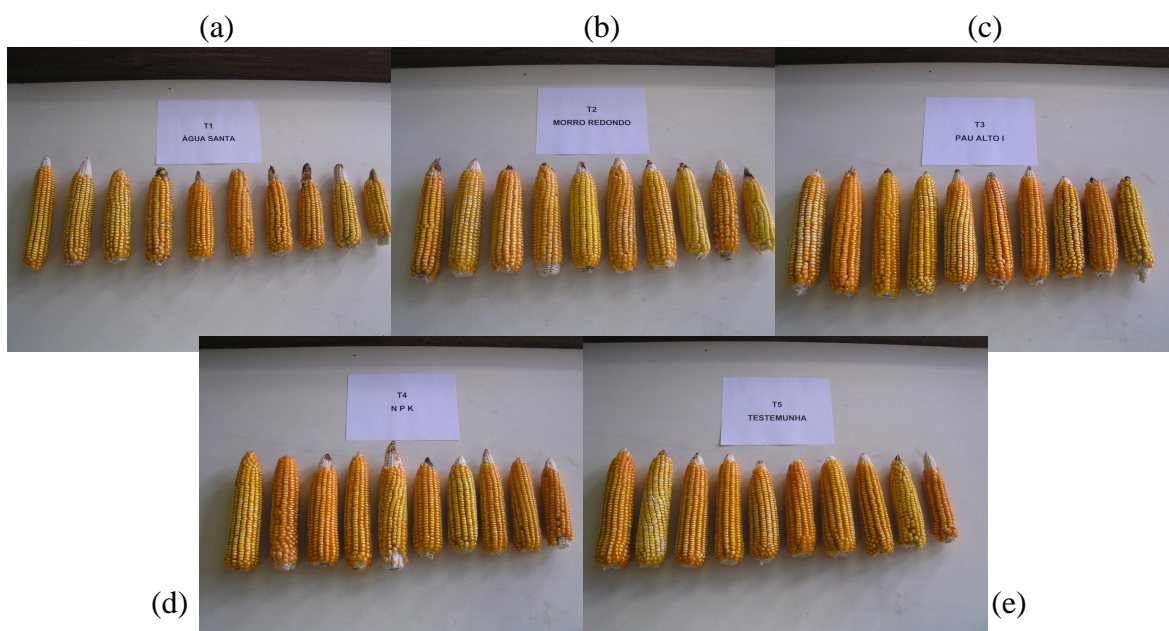


Figura 55 – Detalhe das dez espigas de milho, selecionadas aleatoriamente, por tratamento (T1-rejeito Água Santa; T2-rejeito Morro Redondo; T3-rejeito Pau Alto I; T4-NPK; T5-Controle ou Testemunha).

Para confirmar o resultado, foi conduzida análises de variância de medidas repetidas (ANOVA). Tanto para comprimento quanto para peso, os resultados não são significativos, pois os valores de p foram 0,06 e 0,09, respectivamente (Figs. 56 e 57).

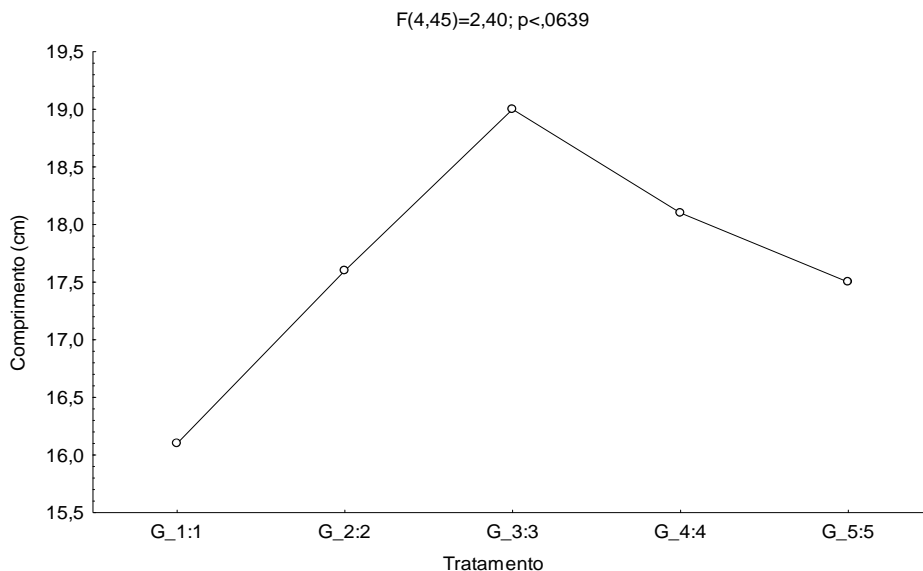


Figura 56 – Comportamento do comprimento das espigas de milho, selecionadas aleatoriamente, por tratamento (1-rejeito Água Santa; 2-rejeito Morro Redondo; 3-rejeito Pau Alto I; 4-NPK; 5-Controle).

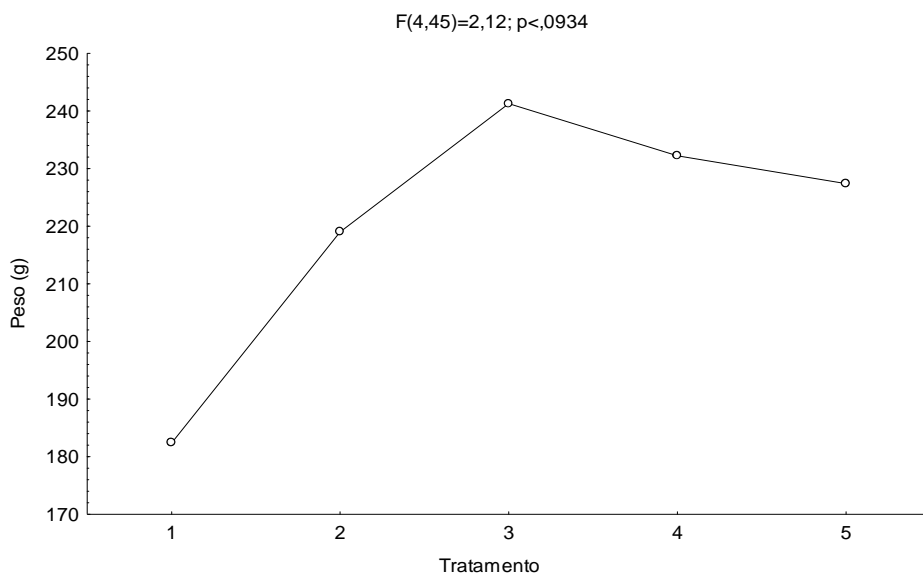


Figura 57 - Comportamento do peso das espigas de milho, selecionadas aleatoriamente, por tratamento (1-rejeito Água Santa; 2-rejeito Morro Redondo; 3-rejeito Pau Alto I; 4-NPK; 5-Controle).

Outra determinação realizada foi o peso dos grãos. Nessa avaliação, estabeleceu-se quatro repetições de cem sementes por tratamento, sendo conduzida análise estatística não-paramétrica Kruskal-Wallis e, em seguida, realizado o teste de comparação *à posteriori* U ou Mann-Whitney (5%). Os resultados mostraram que ocorreram diferença para T1 x T2, T1 x T3, T1 x T4, T2 x T5, T3 x T5 e T4 x T5 (Tab. 32, Fig. 58).

Tabela 32 – Desdobramento da interação significativa para peso médio de cem sementes entre os tratamentos.

Tratamento*	p (teste U Mann-Whitney)
T1 x T2	0,02
T1 x T3	0,02
T1 x T4	0,02
T1 x T5	0,25
T2 x T3	0,39
T2 x T4	1,00
T2 x T5	0,02
T3 x T4	0,56
T3 x T5	0,02
T4 x T5	0,02

*T1-rejeito Água Santa; T2-rejeito Morro Redondo; T3-rejeito Pau Alto I; T4-N P K; T5-Controle.

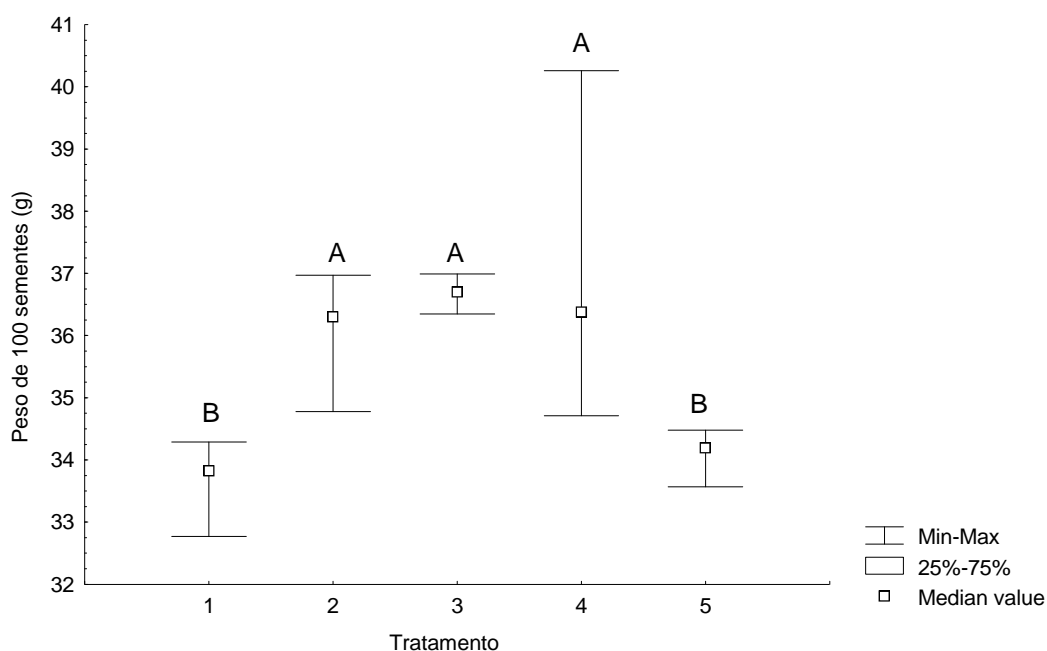


Figura 58 – Comportamento do peso médio de cem sementes de milho. Médias seguidas de letras iguais nos tratamentos não diferem entre si pelo teste U ou Mann-Whitney (5%). 1-rejeito Água Santa; 2-rejeito Morro Redondo; 3-rejeito Pau Alto I; 4-NPK; 5-Controle.

As diferenças apresentadas pelo peso médio de cem sementes podem ser indicativas de alguma variação entre os tratamentos, pois o tratamento 1 (rejeito Água Santa) diferiu dos demais

tratamentos com rejeitos (T2-Morro Redondo e T3-Pau Alto I) e NPK (T4). Porém, não distinguu-se de T5 (Controle). Somente com esta análise, poder-se-ia concluir que os rejeitos Morro Redondo e Pau Alto I são superiores ao rejeito Água Santa.

8.1.1.1 Análise foliar

A importância em analisar uma folha se deve ao fato de que entre todos os órgãos da planta-raiz, caule, ramos, folhas e frutos, a folha é o que reflete melhor o estado nutricional, é o órgão que melhor indica se a planta está bem ou mal alimentada. Quando a planta está bem alimentada, possui os elementos macro e micronutrientes em quantidades ou proporções adequadas, sendo capaz de dar produções satisfatórias. Por outro lado, quando uma planta está mal alimentada em macro e micronutrientes, terá em suas folhas um ou mais elementos em quantidades insuficientes para produções compensadoras. Teores excessivos de um elemento também caracterizam má alimentação, pois podem levar à toxidez (Malavolta, 1992).

Esse mesmo autor apresenta as interpretações dos teores em macro e micronutrientes nas folhas, que para efeito de comparação com os resultados obtidos, será aqui reproduzida (Tab. 33).

Tabela 33 – Teores de macro e micronutrientes nas folhas*.

Cultura	Elemento	Classificação		
		Baixo	Médio	Adequado
Milho	Nitrogênio (%)	<1,80	1,80-2,60	2,70-3,30
	Fósforo (%)	<0,22	0,22-0,24	0,25-0,30
	Potássio (%)	<1,60	1,60-2,00	2,10-3,00
	Cálcio (%)	<0,10	0,10-0,19	0,20-0,50
	Magnésio (%)	<0,11	0,11-0,20	0,21-0,40
	Enxofre (%)	<0,10	0,10-0,19	0,20-0,30
	Boro (ppm)	<10	10-14	15-20
	Ferro (ppm)	<30	30-49	50-250
	Cobre (ppm)	<3	3-5	6-10
	Zinco (ppm)	<10	10-14	15-50
Feijão	Manganês (ppm)	<20	20-49	50-150
	Nitrogênio (%)	<2,00	2,00-2,90	3,00-5,00
	Fósforo (%)	<0,15	0,15-0,19	0,20-0,30
	Potássio (%)	<1,50	1,50-1,90	2,00-2,50
	Cálcio (%)	<1,00	1,00-1,40	1,50-2,00
	Magnésio (%)	<0,20	0,20-0,39	0,40-0,70
	Enxofre (%)	<0,30	0,30-0,49	0,50-1,00
	Boro (ppm)	<15	15-29	30-60
	Ferro (ppm)	<60	60-99	100-450
	Cobre (ppm)	<6	6-9	10-20
Zinco (ppm)	<10	10-30	40-100	
Manganês (ppm)	<15	15-29	30-300	

*Malavolta (1992).

De maneira geral, os elementos determinados na análise foliar do milho (Tab. 34) apresentaram valores adequados segundo a Tabela 33, exceção para enxofre e boro onde algumas amostras resultaram em teores abaixo dos considerados adequados. No caso específico do boro,

várias amostras exibiram valores baixos. Como as análises químicas para os micronutrientes contemplaram somente o ferro, manganês, cobre e zinco, não foi possível avaliar o teor de boro nos rejeito e, posteriormente, comparar com a análise foliar.

Ainda em relação aos resultados da análise foliar da cultura do milho (Tab. 34), observou-se que este parâmetro não foi afetado pela diferença na composição das parcelas experimentais (Tab. 35).

Tabela 34 – Elementos determinados pela análise foliar dos indivíduos de milho.

Amostra* \ Elemento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
T1R1	3,62	0,38	2,68	0,40	0,26	0,24	9	109	12	50	53
T1R2	2,99	0,30	2,46	0,40	0,31	0,18	9	112	8	39	87
T1R3	3,10	0,30	3,13	0,56	0,33	0,20	9	105	10	45	65
T1R4	3,03	0,32	3,20	0,59	0,32	0,19	20	93	9	39	80
T2R1	3,55	0,40	3,27	0,34	0,24	0,24	9	96	11	46	45
T2R2	3,50	0,30	2,23	0,48	0,29	0,23	9	117	14	52	84
T2R3	3,09	0,34	2,75	0,57	0,31	0,22	14	96	8	58	70
T2R4	2,96	0,28	2,98	0,39	0,23	0,19	9	88	9	46	91
T3R1	3,07	0,34	2,61	0,50	0,34	0,24	3	115	12	50	65
T3R2	3,05	0,34	2,98	0,50	0,30	0,21	9	100	8	46	91
T3R3	2,40	0,36	3,20	0,30	0,20	0,16	9	115	6	35	51
T3R4	3,33	0,32	2,83	0,52	0,26	0,22	6	120	10	33	88
T4R1	2,86	0,28	2,16	0,49	0,26	0,19	12	102	8	36	66
T4R2	3,06	0,28	2,53	0,42	0,27	0,19	14	107	10	42	84
T4R3	2,20	0,32	2,98	0,43	0,22	0,14	14	88	5	27	55
T4R4	1,65	0,32	3,13	0,51	0,26	0,17	3	101	7	41	84
T5R1	3,26	0,30	2,46	0,46	0,34	0,21	9	109	12	41	68
T5R2	3,09	0,38	2,61	0,59	0,35	0,21	6	109	9	49	82
T5R3	2,31	0,42	3,27	0,37	0,20	0,14	9	104	6	38	56
T5R4	3,23	0,32	2,75	0,48	0,28	0,21	9	106	9	49	92

*T1-rejeito Água Santa; T2-rejeito Morro Redondo; T3-rejeito Pau Alto I; T4-NPK; T5-Controle; R1 a R4-repetições 1 a 4.

Tabela 35 – Desdobramento da interação não significativa para análise foliar dos indivíduos de milho entre os tratamentos.

Elemento	ANOVA	Elemento	ANOVA
N	F (4,15)=2,21; p=0,11	B	F (4,15)=1,09; p=0,39
P	F (4,15)=1,02; p=0,42	Fe	F (4,15)=1,66; p=0,21
K	F (4,15)=0,18; p=0,94	Cu	F (4,15)=2,49; p=0,48
Ca	F (4,15)=0,13; p=0,97	Zn	F (4,15)=2,49; p=0,09
Mg	F (4,15)=0,75; p=0,57	Mn	F (4,15)=0,02; p=0,10
S	F (4,15)=1,55; p=0,24		

Para as parcelas experimentais com a cultura do feijão não foi possível fazer uma avaliação estatística devido ao número reduzido de amostras obtidas em campo. Como se coletou uma amostra por tratamento, somente foi possível fazer uma comparação entre os resultados (Tab. 36, Fig. 59).

Tabela 36 - Elementos determinados pela análise foliar dos indivíduos de feijão.

Amostra* \ Elemento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
T1	3,96	0,24	1,71	1,64	0,65	0,21	41	286	10	46	67
T2	3,24	0,24	1,71	1,41	0,47	0,22	41	329	10	48	88
T3	4,15	0,22	1,49	1,65	0,47	0,21	41	300	10	49	87
T4	3,85	0,26	1,94	1,68	0,47	0,23	41	314	9	48	122
T5	3,69	0,22	1,49	1,59	0,50	0,21	41	410	9	46	77

*T1-rejeito Água Santa; T2-rejeito Morro Redondo; T3-rejeito Pau Alto I; T4-NPK; T5-Controle.

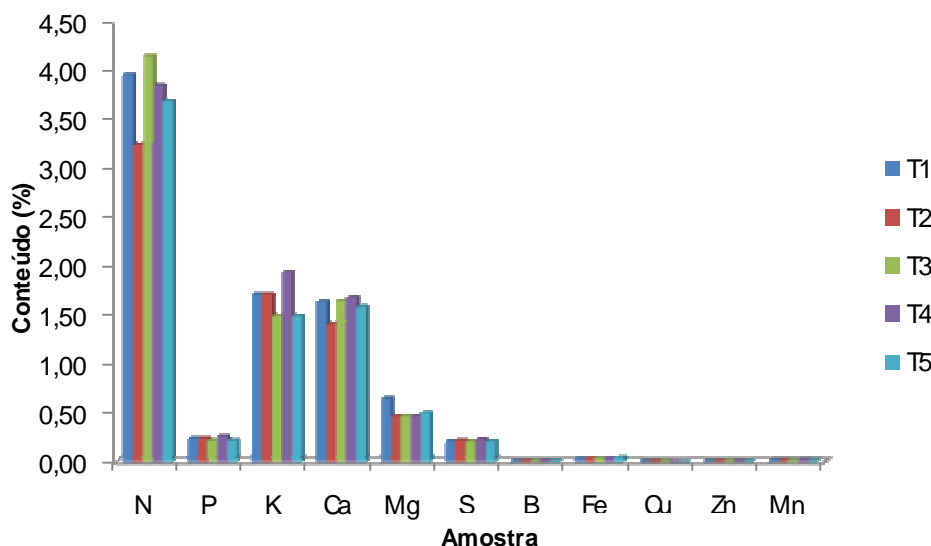


Figura 59 - Teores dos elementos das amostras dos tratamentos T1 (rejeito Água Santa), T2 (rejeito Morro Redondo), T3 (rejeito Pau Alto I), T4 (NPK), T5 (Controle), determinados pela análise foliar dos indivíduos de feijão.

Conforme se observa na Tabela 36 e Figura 59, os valores dos elementos são muito próximos ou até mesmo iguais entre os diversos tratamentos. Os maiores percentuais são de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre, ora mais elevados para o tratamento T4 (NPK), ora para os demais tratamentos.

Comparando-se aos valores apresentados na Tabela 33, assim como para o milho, a maioria dos elementos macro e micronutrientes avaliados exibiram resultados adequados. Merece destacar os valores médios para potássio e baixos para enxofre, fato que não ocorreu para a cultura do milho.

O fato dos rejeitos Água Santa e Morro Redondo apresentarem teores elevados de potássio (Capítulo 7) não significa que as plantas irão absorvê-lo. Os minerais muscovita e K-feldspato, ambos silicatos de potássio e constituintes dos rejeitos pegmatíticos, são, de fato, insolúveis considerado o tempo muito restrito dos experimentos. Assim, são necessárias mais pesquisas, pois, a princípio, as plantas não assimilaram o potássio devido à sua solubilidade.

Experimentalmente, também foram realizadas análises de macro e micronutrientes na palha das espigas de milho empregando a mesma metodologia da análise foliar.

Fazendo-se uma comparação dos resultados entre as palhas das espigas e as médias das folhas (Tab. 33 e Figs. 60 e 61), observa-se que todos os valores decresceram. Provavelmente, a razão deve-se à palha que é somente um envoltório, uma proteção do fruto (espiga). Como em grande parte das espécies, o maior volume de nutrientes acumula-se nos frutos, incumbidos da propagação das plantas. Soma-se o fato das espigas não requererem a carga nutricional das folhas, responsáveis pela fotossíntese com considerável consumo de energia.

Tabela 37 - Elementos determinados pela análise foliar das folhas (médias) e das palhas das espigas de milho.

Amostra* / Elemento	N1	N2	P1	P2	K1	K2	Ca1	Ca2	Mg1	Mg2	S1	S2
	ppm											
T1	31800	4600	3200	1600	28700	10400	4900	1400	3000	1200	2000	500
T2	32700	5600	3300	1700	28100	7400	4400	1300	2700	1200	2200	500
T3	29600	4100	3400	1000	29000	10400	4500	1800	2700	1200	2100	500
T4	24400	4400	3000	1200	27000	7400	4600	1500	2500	1300	1700	500
T5	29700	5600	3500	2000	27700	8200	4700	1500	2900	1300	1900	600
Amostra* / Elemento	B1	B2	Fe1	Fe2	Cu1	Cu2	Zn1	Zn2	Mn1	Mn2		
	ppm											
T1	12	10	105	26	10	4	43	28	71	17		
T2	10	10	99	27	10	2	50	29	72	19		
T3	7	10	112	18	9	3	41	39	74	17		
T4	11	10	99	29	7	4	36	35	72	18		
T5	8	10	107	16	9	3	44	38	74	18		

*T1-rejeito Água Santa; T2-rejeito Morro Redondo; T3-rejeito Pau Alto I; T4-NPK; T5-Controle; 1-resultados médios das análises foliares realizadas nas folhas de milho; 2-resultados da análise foliar das palhas das espigas de milho.

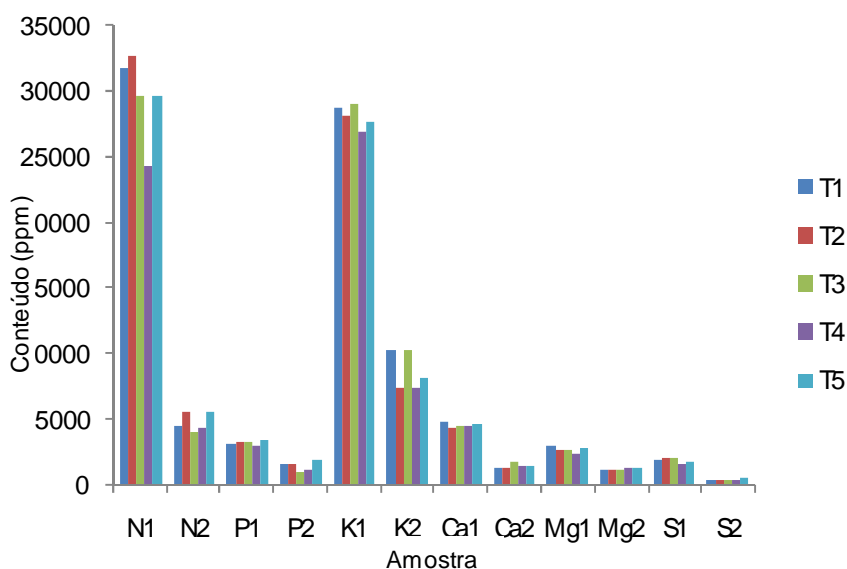


Figura 60 - Teores dos elementos das amostras dos tratamentos T1 (rejeito Água Santa), T2 (rejeito Morro Redondo), T3 (rejeito Pau Alto I), T4 (NPK), T5 (Controle), determinados pela análise foliar das palhas das espigas de milho. 1-resultados médios das análises foliares realizadas nas folhas de milho; 2-resultados da análise foliar das palhas das espigas de milho.

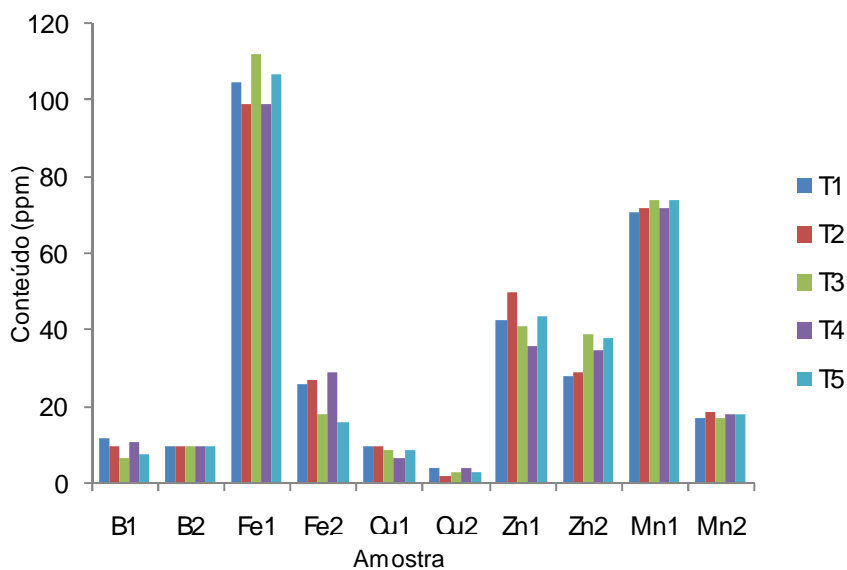


Figura 61 - Teores dos elementos das amostras dos tratamentos T1 (rejeito Água Santa), T2 (rejeito Morro Redondo), T3 (rejeito Pau Alto I), T4 (NPK), T5 (Controle), determinados pela análise foliar das palhas das espigas de milho. 1-resultados médios das análises foliares realizadas nas folhas de milho; 2-resultados da análise foliar das palhas das espigas de milho.

8.2 Experimento em casa de vegetação

Semelhante ao experimento de campo, a fim de verificar o vigor das sementes empregadas nesse novo experimento, foi montado um teste de germinação no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal / CETEC. Pelos resultados do Teste do Tetrazólio (Oliveira *et al.*, 2005), foi observada a coloração rósea de mais de 50% em todos os embriões de todas as sementes, ou seja, 100% das sementes apresentaram-se viáveis.

O experimento foi instalado em 13 de janeiro/2007. Os estágios de desenvolvimento dos indivíduos de milho podem ser observados nas Figuras 62 a 69.

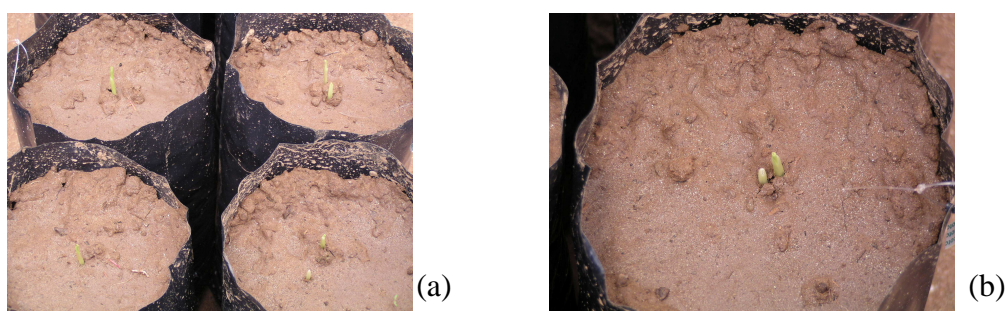


Figura 62 – Germinação mostrando as plântulas de milho. Foram semeadas duas sementes / vaso; posteriormente, fez-se o desbaste deixando a mais vigorosa (17 de janeiro/2007).



Figura 63 – Início do crescimento dos indivíduos de milho (18 de janeiro/2007).

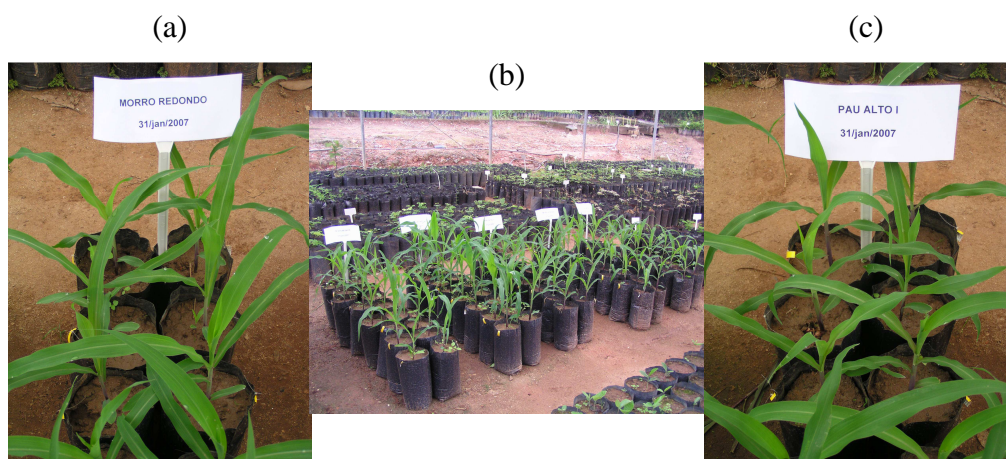


Figura 64 – Indivíduos de milho com 10-15cm de altura (31 de janeiro/2007).

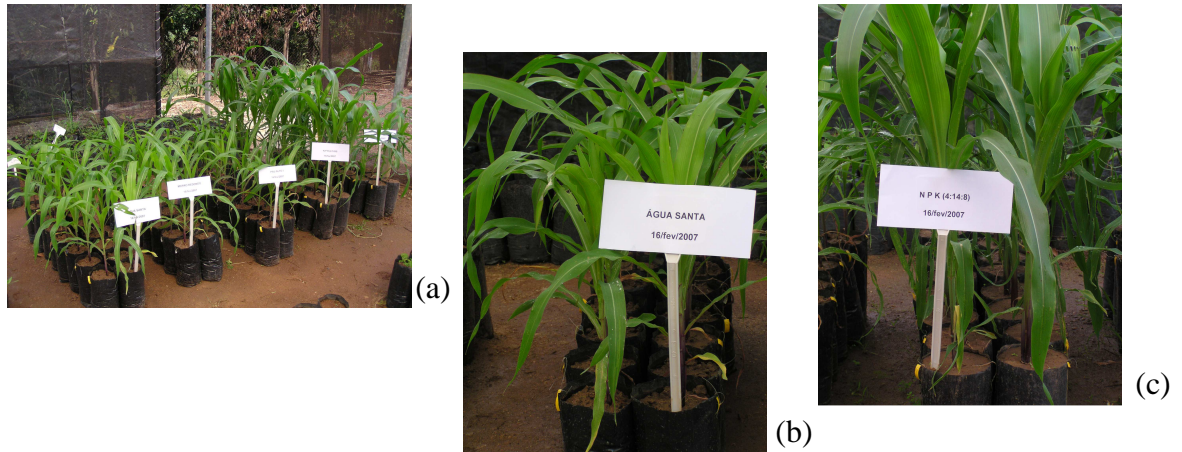


Figura 65 – Indivíduos de milho em pleno crescimento (16 de fevereiro/2007). Nesta data já era visível a diferença de tamanho, maior no tratamento 4 (NPK).

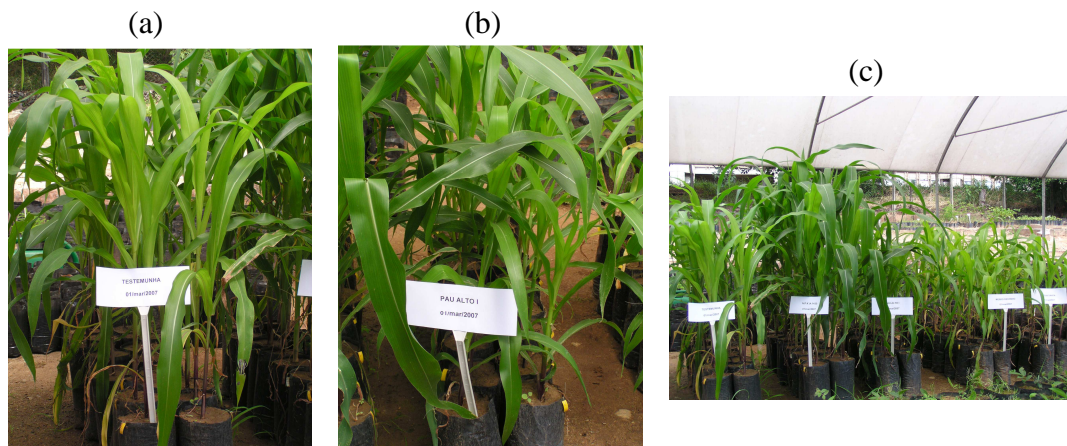


Figura 66 – Crescimento do milho em 01 de março/2007. Primeira medida de altura e do diâmetro à altura do solo (DAS).

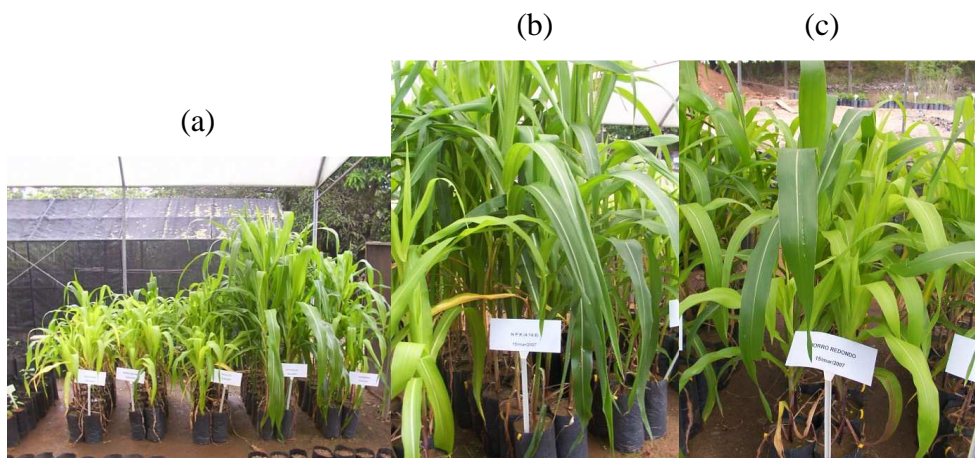


Figura 67 – Indivíduos de milho em 15 de março/2007. Segunda medida de altura e do DAS.

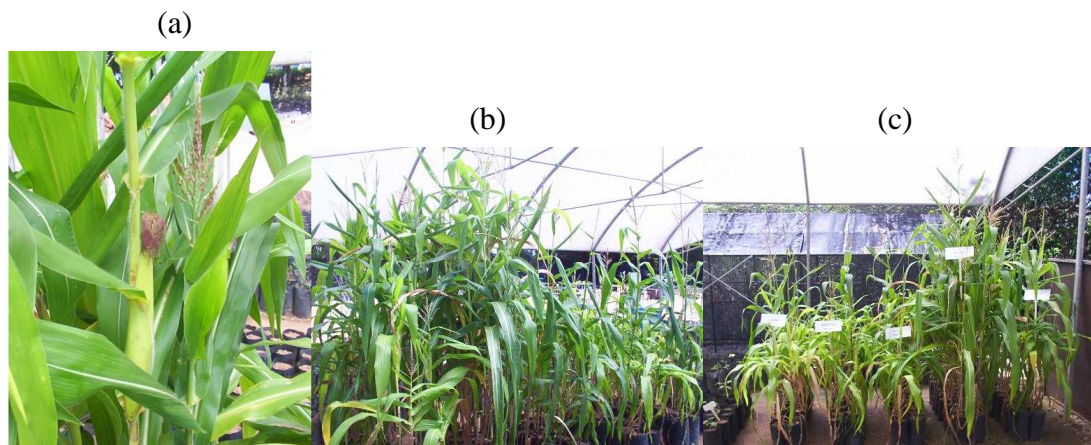


Figura 68 – Penduamento e formação das espigas de milho (28 de março/2007).

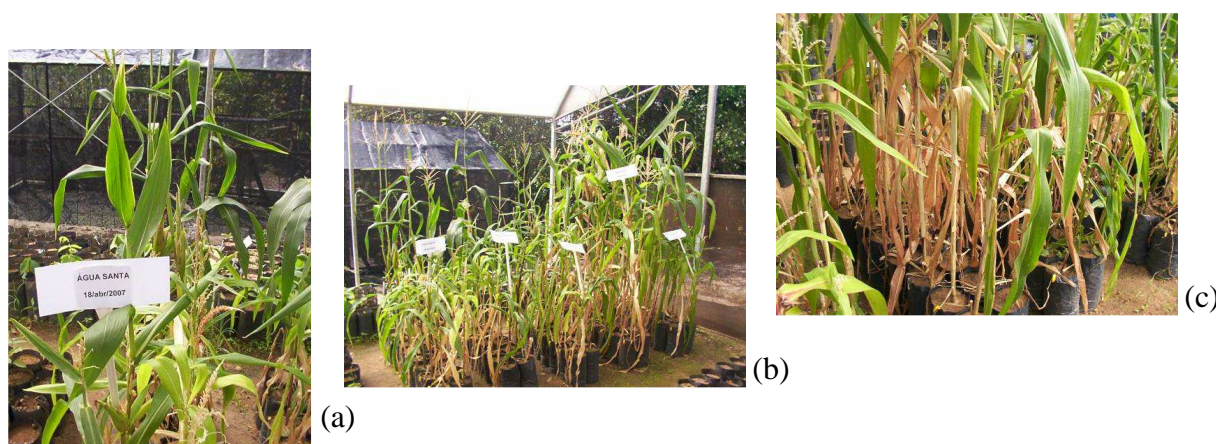


Figura 69 – Início da secagem das folhas dos indivíduos de milho (18 de abril/2007).

8.2.1 Resultados e discussões

A fertilidade do solo (Tabs. 38 e 39) empregado como substrato no experimento em casa de vegetação foi avaliada em três períodos (julho/2006, janeiro e outubro/2007), conforme descrito no Capítulo 2. A primeira análise foi realizada antes da incorporação dos rejeitos Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I. A segunda avaliação, antes da instalação do experimento e a terceira, quatro meses após a colheita.

Todas as amostras mostraram uma acidez fraca e teores baixo a médio de cálcio, magnésio e matéria orgânica. Os valores para fósforo são baixos, à exceção da amostra MMd3, com teor médio, provavelmente pela adição de NPK. A saturação de bases (V) é maior que 50%, ou seja, todas as amostras têm caráter eutrófico. Quanto ao potássio, chama a atenção os altos teores em julho/2006 e janeiro/2007; porém, em outubro/2007, quatro meses depois de colhido o experimento, os teores passaram a médios. Talvez essa questão possa ser respondida quando da discussão da análise foliar.

Tabela 38 - Resultados analíticos de fertilidade*.

Amostras**	pH em H ₂ O	H+Al cmol. _c /dm ³	Al ³⁺ cmol. _c /dm ³	Ca ²⁺ cmol. _c /dm ³	Mg ²⁺ cmol. _c /dm ³	P mg/dm ³	K cmol. _c /dm ³	Na cmol. _c /dm ³	SB cmol. _c /dm ³	T cmol. _c /dm ³	m %	V %
MM1***	6,9	1,10	0,06	1,99	0,75	6,6		0,03	3,44	4,54	1,77	75,76
MMA2	6,1	1,15	0,05	1,41	0,68	5,8	0,40	0,03	2,52	3,68	2,00	68,67
MMR2	6,3	1,07	0,02	1,69	0,66	7,8	0,37	0,04	2,76	3,82	0,74	72,13
MMP2	6,5	1,13	0,01	1,69	0,74	6,6	0,48	0,04	2,95	4,07	0,35	72,35
MMC2	6,9	1,04	0,01	1,59	0,86	7,2	0,66	0,02	3,13	4,18	0,33	75,05
MMA3	6,3	0,94	0,02	1,91	0,59	5,0	0,33	0,06	2,89	3,84	0,70	75,41
MMR3	6,4	0,94	0,02	2,15	0,65	5,3	0,33	0,07	3,21	4,15	0,63	77,27
MMP3	6,7	0,86	0,01	2,15	0,52	5,0	0,30	0,05	3,02	3,88	0,34	77,79
MMAd3	6,2	0,96	0,01	1,91	0,66	13,6	0,43	0,08	3,08	4,05	0,33	76,18
MMC3	6,6	0,96	0,01	1,71	0,69	5,3	0,46	0,05	2,91	3,87	0,5	75,09

*SB-Soma de bases trocáveis; T-Capacidade de troca de cátions; m-Índice de saturação de alumínio; V-Índice de saturação de bases. Solução extratora: Fósforo e Potássio-Mehlich 1; Cálcio, Magnésio e Alumínio-Cloreto de Potássio 1 normal;

**MM1-Solo Araçuaí; MMA2, MMA3-Solo + rejeito Água Santa; MMR2, MMR3-Solo + rejeito Morro Redondo; MMP2, MMP3-Solo + rejeito Pau Alto I; MMC2, MMC3-Controle; MMAd3-Solo com NPK.

***1-05/jul/2006; 2-30/jan/2007; 3-31/out/2007.

Tabela 39 - Teores de matéria orgânica*, carbono e nitrogênio.

Amostras**	Mat. org. dag/Kg	Carbono dag/Kg	Nitrogênio dag/Kg
MM1***	1,80	1,04	0,10
MMA2	2,25	1,30	0,11
MMR2	1,80	1,04	0,10
MMP2	1,37	0,80	0,08
MMC2	2,02	1,17	0,10
MMA3	1,80	1,04	0,10
MMR3	1,69	0,98	0,09
MMP3	1,80	1,04	0,10
MMAd3	1,80	1,04	0,10
MMC3	1,80	1,04	0,10

* Método colorimétrico;

**MM1-Solo Araçuaí; MMA2, MMA3-Solo + rejeito Água Santa; MMR2, MMR3-Solo + rejeito Morro Redondo; MMP2, MMP3-Solo + rejeito Pau Alto I; MMC2, MMC3-Controle; MMAd3-Solo com NPK.

***1-05/jul/2006; 2-30/jan/2007; 3-31/out/2007.

8.2.1.1 Comportamento de crescimento dos indivíduos de milho

Nos vasos experimentais foram utilizados, no total, 80 indivíduos distribuídos em 5 tratamentos (Capítulo 2). O monitoramento foi realizado no período de desenvolvimento das plantas, de janeiro a junho/2007.

Para a avaliação dos resultados foi conduzida análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) e, em seguida, realizado o teste de comparação *à posteriori* de t ou Tukey (5%).

Avaliando o incremento em diâmetro à altura do solo (DAS) (Tab. 40, Fig. 70) verificou-se que nas parcelas experimentais com os rejeitos Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I os valores médios do DAS foram inferiores às parcelas com NPK e Controle. Somente com essa análise se poderia concluir que a adição dos rejeitos causa efeito negativo ao desenvolvimento do milho. Entretanto, há outras variáveis que devem ser consideradas; p. ex., luminosidade, umidade etc. e que podem beneficiar mais uma parcele que outra. Assim, outras avaliações tornam-se necessárias.

Tabela 40 – Desdobramento da interação significativa para diâmetro médio à altura do solo (DAS) dos indivíduos de milho entre os tratamentos.

Tratamento	Diâmetro à altura do solo (DAS)								
	01/mar/2007			15/mar/2007			02/abr/2007		
Água Santa	9,32	±	1,31	8,92	±	1,17	8,51	±	1,42
Morro Redondo	8,93	±	1,35	8,08	±	1,06	7,71	±	0,83
Pau Alto I	7,79	±	1,29	6,93	±	1,33	6,63	±	0,96
NPK	13,41	±	1,99	12,40	±	1,84	12,28	±	1,89
Controle	16,10	±	17,52	18,54	±	25,65	19,62	±	28,89

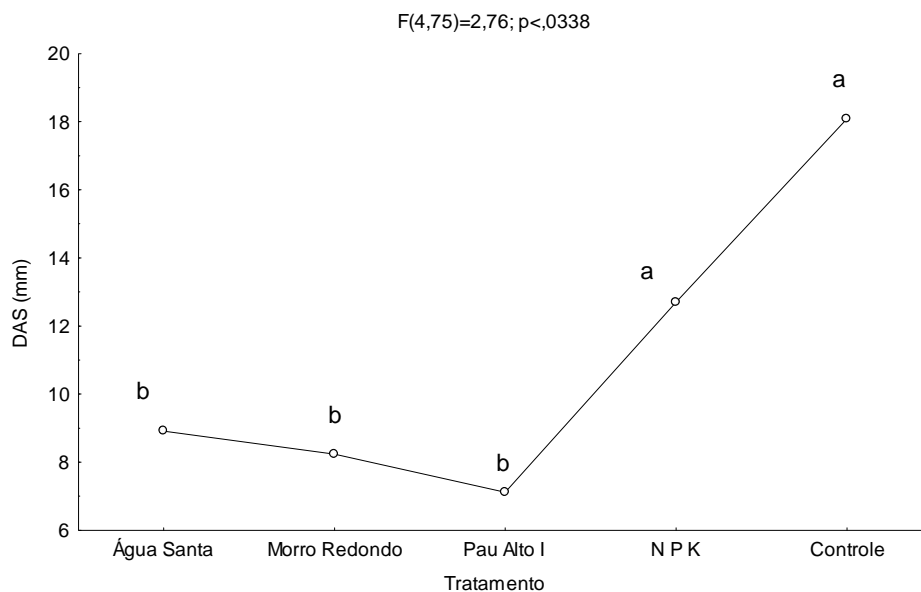


Figura 70 – Comportamento médio do diâmetro à altura do solo (DAS) dos indivíduos de milho entre os tratamentos. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey (5%).

Para o parâmetro altura, os resultados indicam que somente a parcela adubada com N P K diferiu dos demais tratamentos (Tab. 41, Fig. 71). Nesse caso, ao fornecer macronutrientes prontamente assimiláveis, as plantas adubadas apresentaram um incremento em altura superior aos tratamentos com os rejeitos Água Santa, Morro Redondo, Pau Alto I e Controle. Outra possibilidade diz respeito ao consumo de energia, isto é, os indivíduos desses tratamentos deixaram de investir em energia de crescimento para investir em energia das “bonecas” (espigas).

Considerando somente os valores da última coluna da Tabela 41 (incremento), os indivíduos que receberam o rejeito da Lavra Água Santa superaram aqueles tratados com os rejeitos Morro Redondo e Pau Alto I, além do Controle, apesar de continuar inferior ao tratamento com NPK.

Tabela 41 – Desdobramento da interação significativa e incremento para altura média dos indivíduos de milho entre os tratamentos.

Tratamento	Altura									Incremento
	01/mar/2007			15/mar/2007			02/abr/2007			
Água Santa	52,50	±	5,60	65,50	±	8,73	97,38	±	38,72	44,88
Morro Redondo	53,00	±	12,65	64,88	±	9,87	81,19	±	32,27	28,19
Pau Alto I	55,63	±	10,94	73,94	±	14,04	89,88	±	26,60	34,25
NPK	89,88	±	11,32	127,88	±	16,71	161,31	±	22,81	71,43
Controle	59,31	±	11,76	83,75	±	23,18	99,75	±	38,35	40,44

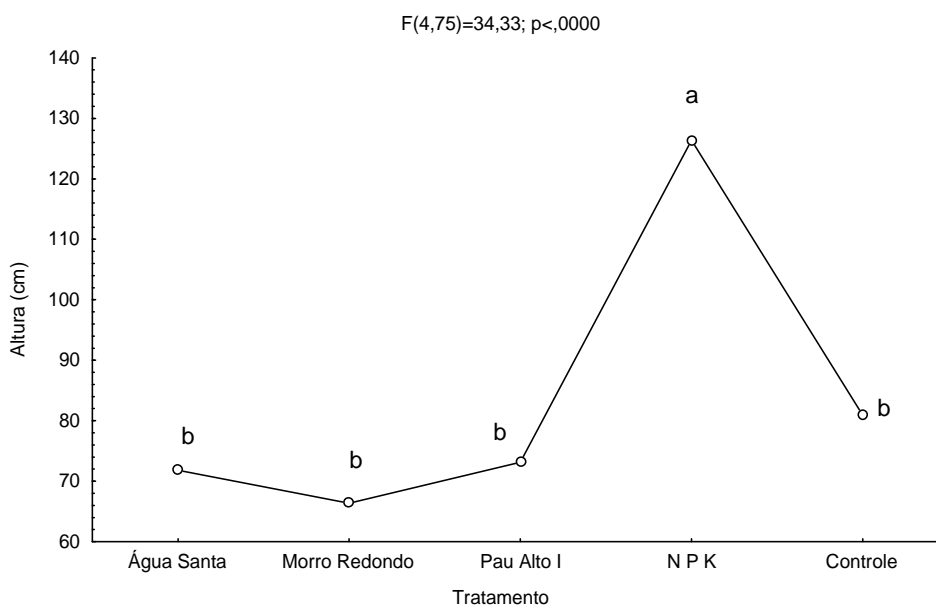


Figura 71 – Comportamento médio de altura dos indivíduos de milho entre os tratamentos. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey (5%).

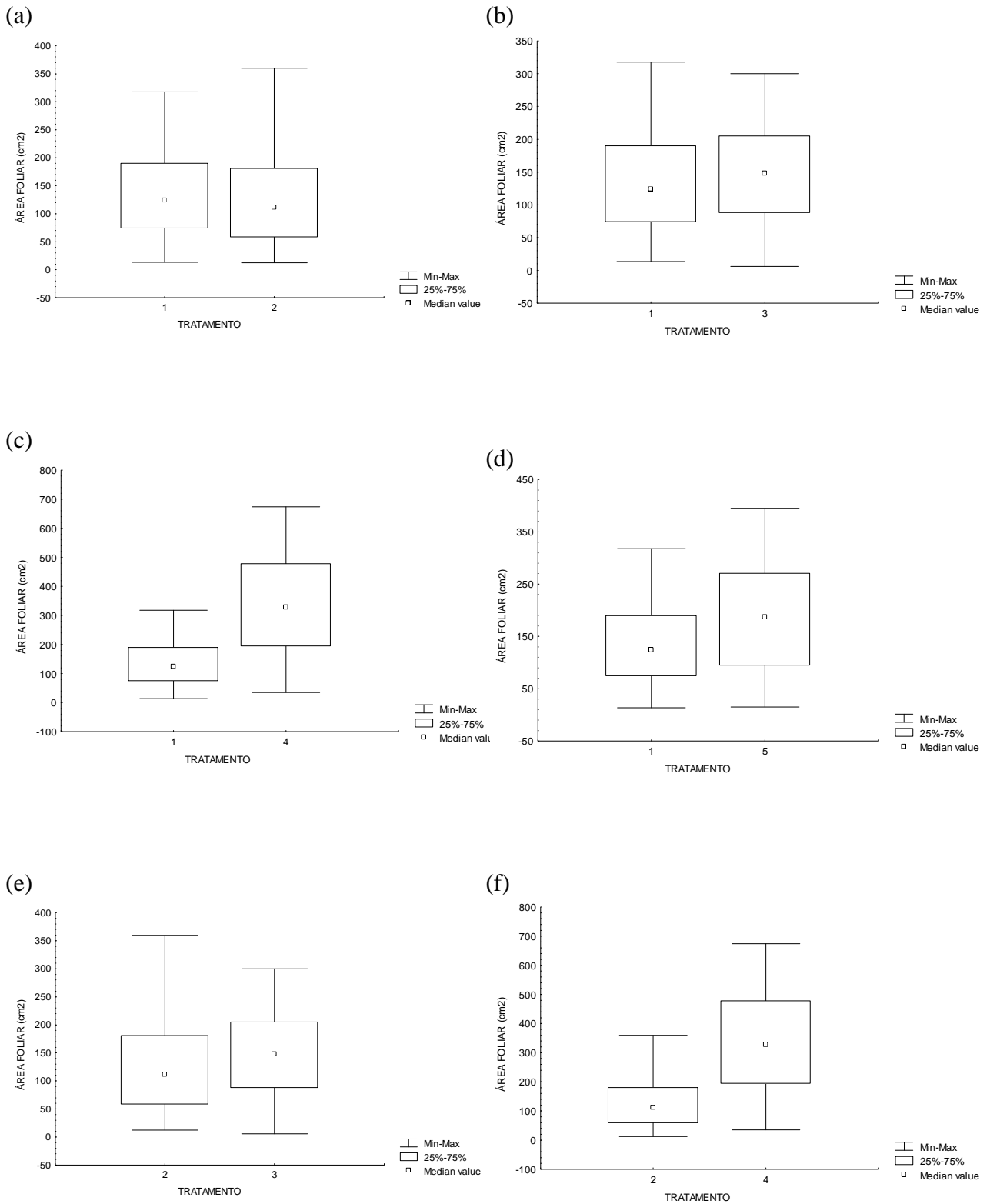
8.2.1.2 Área foliar

Para o acompanhamento do desenvolvimento dos indivíduos de milho, cultivados em diferentes tipos de substrato de acordo com cada tratamento, foram realizadas medidas de área foliar em todos os 80 indivíduos (ANEXO B.V).

Para avaliação dos resultados foi conduzida análise estatística não-paramétrica Kruskal-Wallis e, em seguida, realizado o teste de comparação *à posteriori* U ou Mann-Whitney (5%). Os resultados mostraram que houve diferença para T1 x T4, T1 x T5, T2 x T4, T2 x T5, T3 x T4, T3 x T5 e T4 x T5 (Fig. 72).

Segundo essa avaliação, os tratamentos contendo os rejeitos Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I diferiram dos tratamentos NPK e Controle, havendo, ainda, diferenças entre NPK e Controle. O maior desenvolvimento dos indivíduos adubados com NPK era esperado devido o

fornecimento de macronutrientes prontamente assimiláveis. Não houve diferenças entre os rejeitos testados.



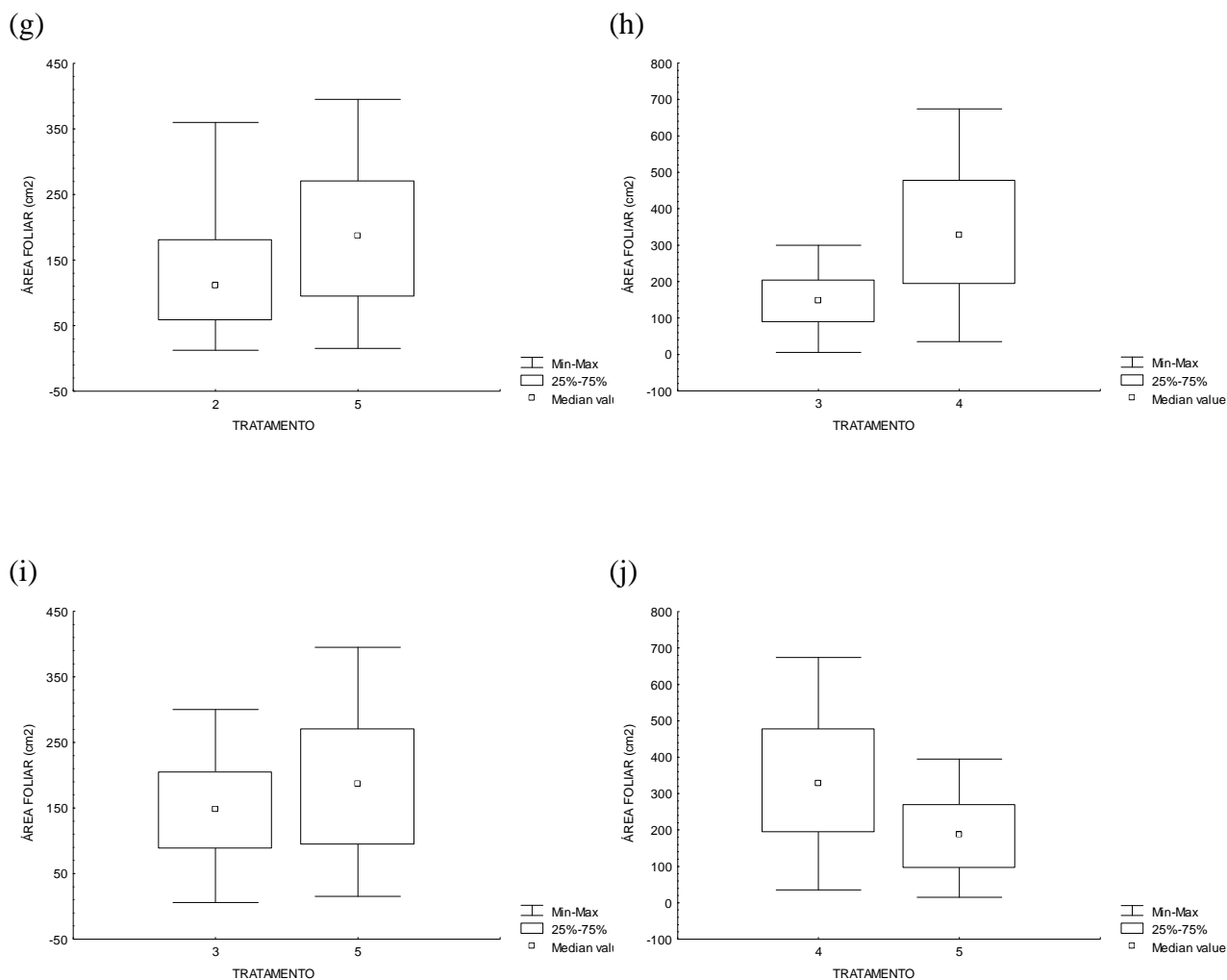


Figura 72 – Comportamento das interações significativas (T1 x T4, T1 x T5, T2 x T4, T2 x T5, T3 x T4, T3 x T5, T4 x T5) e não significativas (T1 x T2, T1 x T3, T2 x T3) para área foliar dos indivíduos de milho entre os tratamentos (T1-rejeito Água Santa, T2-rejeito Morro Redondo, T3-rejeito Pau Alto I, T4-NPK, T5-Controle).

8.2.1.3 Peso seco (parte aérea) e número de espigas

As Figuras 73 e 74 ilustram os parâmetros peso seco referente à parte aérea e número de espigas, respectivamente. O número de espigas não foi superior a duas para nenhum indivíduo e a maior concentração em espigas ocorreu para o tratamento NPK.

Em relação ao peso seco da parte aérea, os maiores valores também foram exibidos pelos indivíduos de milho adubados com NPK (identificados pelos números 49 a 64 no diagrama), confirmando a avaliação do parâmetro altura.

Peso seco parte aérea

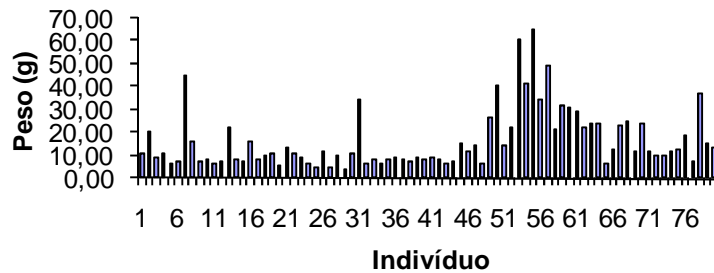


Figura 73 – Peso seco referente à parte aérea dos indivíduos de milho cultivados em casa de vegetação (ind. 01 a 16-rejeito Água Santa, ind. 17 a 32-rejeito Morro Redondo, ind. 33 a 48-rejeito Pau Alto I, ind. 49 a 64-NPK, ind. 65 a 80-Controle).

Espigas/Indivíduo

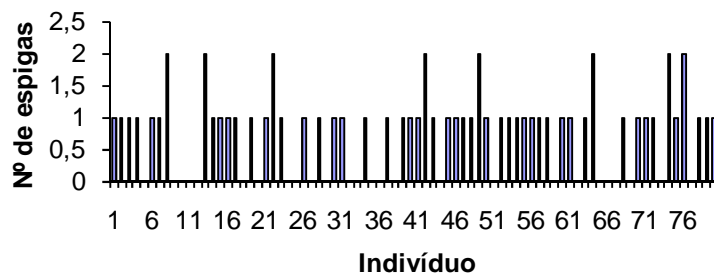


Figura 74 – Número de espigas dos indivíduos de milho cultivados em casa de vegetação (ind. 01 a 16-rejeito Água Santa, ind. 17 a 32-rejeito Morro Redondo, ind. 33 a 48-rejeito Pau Alto I, ind. 49 a 64-NPK, ind. 65 a 80-Controle).

8.2.1.4 Análise foliar

À semelhança do experimento anterior, também foi realizada avaliação do conteúdo dos elementos macro e micronutrientes nas folhas do milho cultivado em casa de vegetação.

De maneira geral, os elementos determinados na análise foliar (Tab. 42) apresentaram valores entre médios a adequados segundo a Tabela 33. Fazendo-se uma comparação com os resultados da análise foliar do experimento de campo, não foram verificados os baixos teores para enxofre e boro. Tal fato pode ser atribuído aos rejeitos terem sido misturados ao substrato (solo) seis meses antes da instalação do experimento e assim, favorecer a disponibilidade destes elementos.

Os teores de cobre, zinco e manganês foram inferiores em comparação com os resultados do experimento de campo, apesar de situarem-se entre médios a adequados, à exceção do manganês que variou desde teores baixos a adequados.

Tabela 42 – Elementos determinados pela análise foliar dos indivíduos de milho.

Amostra* \ Elemento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
T1R1	2,27	0,26	1,94	0,61	0,15	0,13	16	131	7	42	32
T1R2	1,48	0,40	2,08	0,32	0,15	0,09	11	93	3	34	19
T1R3	1,83	0,22	1,56	0,51	0,11	0,11	18	136	5	32	18
T1R4	2,19	0,24	1,86	0,44	0,11	0,13	13	116	6	28	20
T2R1	1,32	0,20	1,94	0,40	0,15	0,09	16	108	4	21	22
T2R2	2,05	0,26	1,94	0,53	0,17	0,14	13	138	6	50	26
T2R3	1,06	0,22	1,94	0,33	0,13	0,09	16	86	3	25	17
T2R4	1,13	0,20	3,80	0,37	0,15	0,09	18	73	4	26	25
T3R1	1,75	0,26	2,01	0,48	0,16	0,12	18	83	6	26	18
T3R2	1,34	0,20	2,01	0,37	0,15	0,10	18	66	4	20	15
T3R3	1,83	0,28	2,08	0,38	0,09	0,12	13	83	6	21	18
T3R4	1,83	0,28	2,16	0,36	0,15	0,12	16	99	6	26	19
T4R1	1,64	0,20	2,01	0,45	0,17	0,11	16	98	4	19	71
T4R2	2,25	0,24	2,31	0,53	0,23	0,17	13	121	6	21	117
T4R3	1,87	0,24	2,46	0,32	0,17	0,12	13	100	4	33	87
T4R4	1,75	0,20	2,08	0,51	0,26	0,12	13	110	4	25	116
T5R1	1,06	0,18	1,86	0,24	0,13	0,07	16	91	3	25	22
T5R2	1,75	0,24	1,86	0,41	0,15	0,11	16	97	6	33	26
T5R3	1,91	0,32	2,61	0,39	0,17	0,15	16	106	7	25	29
T5R4	1,59	0,26	2,61	0,46	0,24	0,12	13	127	6	29	39

*T1-rejeito Água Santa; T2-rejeito Morro Redondo; T3-rejeito Pau Alto I; T4-NPK; T5-Controle; R1 a R4-repetições 1 a 4.

Para a avaliação dos resultados foi conduzida análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) e, em seguida, realizado o teste de comparação *à posteriori* t ou Tukey (5%) (Tab. 43, Figs. 75 e 76).

Tabela 43 – Desdobramento das interações para análise foliar dos indivíduos de milho entre os tratamentos.

Tratamento	N (%)		P (%)		K (%)		Ca (%)		Mg (%)		S (%)							
Água Santa	1,94	±	0,36	0,28	±	0,08	1,86	±	0,22	0,47	±	0,12	0,13	±	0,02	0,12	±	0,02
Morro Redondo	1,39	±	0,45	0,22	±	0,03	2,40	±	0,93	0,41	±	0,09	0,15	±	0,02	0,10	±	0,03
Pau Alto I	1,69	±	0,23	0,25	±	0,04	2,07	±	0,07	0,46	±	0,11	0,14	±	0,03	0,12	±	0,01
NPK	1,88	±	0,27	0,22	±	0,02	2,21	±	0,21	0,45	±	0,09	0,21	±	0,05	0,13	±	0,03
Controle	1,58	±	0,37	0,25	±	0,06	2,23	±	0,43	0,38	±	0,09	0,17	±	0,05	0,11	±	0,03
Tratamento	B (ppm)		Fe (ppm)		Cu (ppm)		Zn (ppm)		Mn (ppm)									
Água Santa	14,50	±	3,11	119,00	±	19,30	5,25	±	1,71	34,00	±	5,89	22,25	±	6,55			
Morro Redondo	15,75	±	2,06	101,25	±	28,44	4,25	±	1,26	30,50	±	13,18	22,50	±	4,04			
Pau Alto I	16,25	±	2,36	82,75	±	13,48	5,50	±	1,00	23,25	±	3,20	17,50	±	1,73			
NPK	13,75	±	1,50	107,25	±	10,56	4,50	±	1,00	24,50	±	6,19	97,75	±	22,62			
Controle	15,25	±	1,50	105,25	±	15,76	5,50	±	1,73	28,00	±	3,83	29,00	±	7,26			

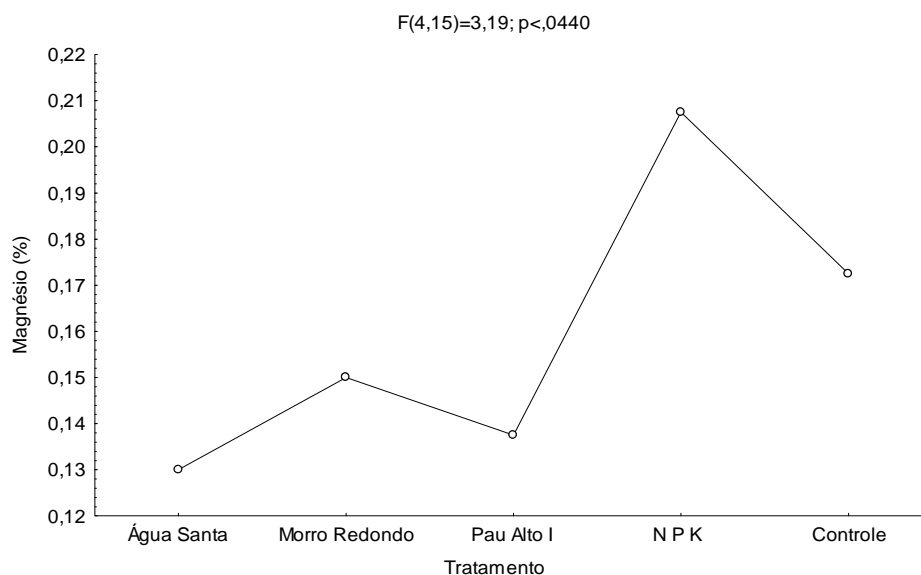


Figura 75 – Comportamento médio do teor de magnésio dos indivíduos de milho entre os tratamentos.

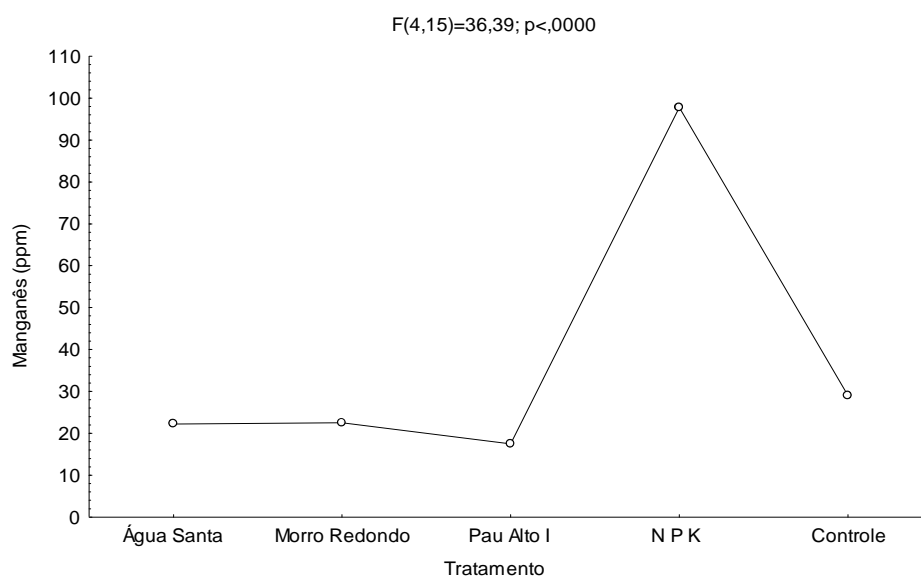


Figura 76 – Comportamento médio do teor de manganês dos indivíduos de milho entre os tratamentos.

Conforme se observa nas Figuras 75 e 76 houve diferença significativa dos elementos químicos entre as amostras na análise foliar somente para o magnésio e o manganês. Em relação ao magnésio, a única diferença ocorreu nos valores apresentados nas amostras tratadas com o rejeito Água Santa (T1) quando comparadas com o tratamento 4 (NPK).

Para o manganês, os tratamentos T1 (rejeito Água Santa), T2 (rejeito Morro Redondo), T3(rejeito Pau Alto I) e T4 (Controle) diferiram significativamente do T4 (solo adubado com NPK), talvez devido ao fato do manganês estar no solo e a adição de NPK favorecer sua absorção. Como

as análises químicas de fertilidade realizadas não contemplaram a avaliação dos micronutrientes, não foi possível verificar esta comparação.

CAPÍTULO 9 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Na descrição da área de trabalho, situada nos municípios de Araçuaí e Coronel Murta, os problemas ambientais detectados são recorrentes e comuns à maioria das lavras da região. Quase todas as explorações encontram-se em situação irregular junto aos órgãos ambientais. Várias lavras estão localizadas em áreas de preservação permanente e a disposição dos rejeitos é realizada sem critérios. A recomposição da vegetação é praticamente inexistente.

A análise mineralógica macroscópica constatou que, geralmente os principais constituintes do rejeito de pegmatito são feldspato sódico-potássico (microclina pertítica), quartzo e muscovita. Como minerais acessórios têm-se a turmalina e a granada entre outros.

Os óxidos maiores analisados pela fluorescência de Raios-X indicam os teores de silício, seguidos pelos valores de alumínio como os mais importantes na constituição dos rejeitos. Os resultados para cálcio, magnésio e fósforo foram quase sempre muito baixos.

Os difratogramas de Raios-X indicam uma grande similaridade de composição mineralógica dos rejeitos estudados. Feldspato potássico, caulinita, quartzo e albita ocorrem em proporções mais elevadas que os demais constituintes e estão presentes em quase todas as amostras. Ilita, goethita, hematita, esmectita e muscovita aparecem em vários difratogramas, porém em menores proporções. Clorita e ilmenita aparecem somente como vestígios.

O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico. A fertilidade regional ora apresenta caráter eutrófico, ora distrófico.

Preliminarmente, a avaliação da fertilidade dos rejeitos evidencia características que se podem considerar de boas a muito boas.

Os valores de densidade real (D_r) foram muito próximos ou iguais a $2,65\text{g/cm}^3$ devido às amostras de rejeitos serem constituídas essencialmente de feldspato sódico-potássico, quartzo e muscovita.

As determinações por espectroscopia de absorção molecular UV/visível (P), fotometria de chama (K) e espectrometria de absorção atômica (Fe, Mn, Cu, Zn) reforçaram parte dos resultados obtidos por fluorescência de Raios-X. Verifica-se certa homogeneidade no padrão de ocorrência dos elementos nas amostras. O potássio sobressai muito, apresentando os maiores valores nas amostras do rejeito Água Santa e Morro Redondo. O fósforo apresentou comportamento variável. Quanto aos micronutrientes, o ferro apresentou resultados muito abaixo da média considerada para solos minerais. Para o cobre e o zinco também predominam valores baixos (Cu: 2,7–4,5ppm, Zn: 1,4–2,9ppm) em relação aos índices considerados médios (Cu: 23-30ppm, Zn: 69-90ppm). Salientam-se os dois valores (17,3ppm-MMR29 e 12,0ppm-MMR31) que mais aproximaram da média recomendada para o elemento cobre, uma vez que na mineralogia macroscópica foi registrada a presença de óxido de cobre somente nas mesmas duas amostras.

No experimento de campo, no tocante à fertilidade do solo, não ocorreu diferença significativa após o incremento dos rejeitos; a saturação de bases (V) permaneceu acima de 75%.

- Como esse experimento passou por intempéries e o maciço ataque de maritacas quando do amadurecimento das espigas, sua avaliação foi prejudicada; porém, alguns resultados foram relevantes. A contagem do número de espigas surpreendeu uma vez que o maior número ocorreu para o tratamento sem rejeito ou NPK (Controle), certamente favorecido pela distribuição aleatória das parcelas experimentais.

- Na avaliação do comprimento e peso de dez espigas, os resultados não são significativos estatisticamente.

- Outra determinação foi o peso de cem sementes, neste caso, os resultados mostraram que houve diferenças significativas e estas podem ser indicativas de alguma variação entre os tratamentos, podendo concluir que os rejeitos Morro Redondo e Pau Alto I foram superiores ao rejeito Água Santa.

- Os elementos determinados na análise foliar do milho apresentaram valores adequados segundo a literatura, exceção para enxofre e boro onde algumas amostras resultaram em teores abaixo dos considerados adequados; não foram observadas diferenças significativas quanto a este parâmetro. Para a cultura do feijão, a maioria dos elementos macro e micronutrientes avaliados também exibiram resultados adequados. Merece destacar os valores médios para potássio e baixos para enxofre, fato que não ocorreu para a cultura do milho. O fato dos rejeitos Água Santa e Morro Redondo apresentarem teores elevados de potássio indica a necessidade de mais pesquisas, pois, a princípio, as plantas não assimilaram o potássio devido à sua solubilidade. Os rejeitos pegmatíticos são ricos em muscovita e feldspato potássico, ambos silicatos de potássio. Estes minerais são, de fato, insolúveis considerado o tempo muito restrito dos experimentos.

No segundo experimento, realizado em casa de vegetação, a fertilidade do solo determinada em três períodos mostrou acidez fraca e teores baixo a médio de cálcio ($1,41-2,15\text{cmol.}/\text{dm}^3$), magnésio ($0,52-0,86\text{cmol.}/\text{dm}^3$) e matéria orgânica ($1,37-2,25\text{dag}/\text{Kg}$); os valores para fósforo são quase sempre baixos e todas as amostras têm caráter eutrófico ($V > 50\%$). Merece destacar os altos teores de potássio determinados em julho/2006 e janeiro/2007; porém, em outubro/2007 (quatro meses depois de colhido o experimento), os teores passaram a médios.

- O incremento em diâmetro à altura do solo (DAS) nas parcelas experimentais com os rejeitos Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I foram inferiores às parcelas com NPK e Controle.

- Para o parâmetro altura, os resultados indicam que somente a parcela adubada com NPK diferiu dos demais tratamentos.

- Quanto à análise de área foliar, os resultados mostraram que houve diferenças significativas e estas podem ser indicativas de alguma variação entre os tratamentos. Por essa avaliação, os

tratamentos contendo os rejeitos Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I diferiram dos tratamentos NPK e Controle, havendo, ainda, diferenças entre NPK e Controle.

- Outra determinação foi o peso seco referente à parte aérea e número de espigas. Tanto o número de espigas quanto o maior peso foram exibidos pelos indivíduos de milho adubados com NPK.

- Na análise foliar, os elementos determinados apresentaram valores entre médios a adequados. Fazendo-se uma comparação com os resultados da análise foliar do experimento de campo, não foram verificados os baixos teores para enxofre e boro, provavelmente devido aos rejeitos terem sido misturados ao substrato antes da instalação do experimento favorecendo a sua disponibilidade. Os teores de cobre, zinco e manganês foram inferiores em comparação com os resultados do experimento de campo, apesar de se situarem entre médios a adequados, à exceção do manganês que variou desde baixos a adequados teores. Houve diferença significativa dos elementos químicos entre as amostras na análise foliar somente para o magnésio e o manganês. Em relação ao magnésio, a única diferença ocorreu nos valores apresentados nas amostras tratadas com o rejeito Água Santa quando comparadas com o tratamento com NPK. Para o manganês, os tratamentos com os rejeitos e Controle diferiram significativamente do tratamento com NPK, talvez devido ao fato do manganês estar no solo e a adição de NPK favorecer sua absorção.

Com estes resultados, a hipótese de uso dos rejeitos pegmatíticos na agricultura não pode ser demonstrada, pelo menos por meio dos experimentos e análises efetuadas. Pelos resultados dos experimentos de campo e em casa de vegetação, o uso do rejeito dos garimpos Água Santa, Morro Redondo e Pau Alto I (Distrito Pegmatítico de Araçuaí) não é viável como adubo.

Os pegmatitos (rochas graníticas), cujos minerais originais são constituídos de elementos insolúveis face aos processos de intemperismo em tempo muito curto (meses a anos), não mostraram favoráveis ao emprego na agricultura. Porém, persiste uma questão, pois ao percorrer as áreas de garimpo na região de Araçuaí e Coronel Murta, vêem-se inúmeros plantios de hortaliças, gramíneas e leguminosas, cultivados diretamente sobre os rejeitos pegmatíticos, com produções significativas. Este fato, observado em campo pelo autor e, também, pelo orientador que atua na região há três décadas, poderia indicar que antigas pilhas de rejeito pegmatítico tornam-se progressivamente mais ricas em nutrientes devido ao maior tempo de exposição ao intemperismo.

Todas estas considerações reforçam a necessidade de continuar com a linha de pesquisa “rochas para culturas”, visando encontrar fontes alternativas e economicamente viáveis de fertilizantes (e.g., rejeito de ardósia, pedra-sabão, outros ensaios com os pegmatitos), principalmente voltadas para as populações carentes como ocorre na região do Médio Jequitinhonha.

CAPÍTULO 10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMPARO, A. 2003. Farinha de rocha. In: OSTERROHT, von M. (ed.) Agroecologia Hoje, Agroecológica, 20: 10-12.
- ARCAND, M. M. & SCHNEIDER, K. D. 2006. Plant-and microbial-based mechanisms to improve the agronomic effectiveness of phosphate rock: a review. An. Acad. Bras. Ciências, vol. 78, nº 4, p.791-807.
- BRADY, N. C. 1979. Natureza e propriedade dos solos. 5ª ed. Freitas Bastos. Rio de Janeiro, 647 p.
- CAMPOS, T. & CANÉCHIO FILHO, V. 1981. Principais culturas – Vol. II. 2 ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 401 p.
- CANÁRIO, T. M. D. 2005. Preparação e Caracterização de Tecidos de Carbono Activados. Relatório de Estágio. Depto. de Química/Universidade de Évora. Évora, 97 p.
- CASTAÑEDA, C. 1997. Caracterização mineralógica de turmalinas do Distrito Pegmatítico de Arauaí. Escola de Minas / UFOP, Dissertação de Mestrado. Ouro Preto, 146 p.
- CASTAÑEDA, C.; ADDAD, J. E.; LICARDO, A. 2001. Gemas de Minas Gerais. Belo Horizonte, Soc. Bras. Geologia-MG, 288 p.
- CETEC – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. 1980a. Estudos integrados do vale do Jequitinhonha. Belo Horizonte, CETEC, Relatório Final (Geomorfologia).
- CETEC – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. 1980b. Estudos integrados do vale do Jequitinhonha. Belo Horizonte, CETEC, Relatório Final (Solos).
- CFSEMG – COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. 1999. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais-5ª Aproximação/RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VENEGAS, V. H. A. (ed). Viçosa, 359 p.
- CORREIA-NEVES, J. M. *et al.*, 1986. A Província Pegmatítica Oriental do Brasil à luz dos conhecimentos atuais. Rev. Bras. Geoc., 16 (1): 106-118.
- COSTA, M. L.; MARTINS, M. M. M.; VIANA, E. C. A.; COSTA, A. M.; OLIVEIRA, M. S. 2004a. Aspectos granulométricos, mineralógicos e químicos de sedimentos de praias (Barra em Pontal) e barrancos do rio Acre e sua relação com a fertilidade. In: XLII Congresso Brasileiro de Geologia, Araxá. CD-ROM. Araxá: Soc. Bras. Geologia.
- COSTA, M. L.; COSTA, A. M.; ALMEIDA, H. D. F.; REGO, J. A. R.; MARTINS, M. M. M.; OLIVEIRA, M. S.; ANGELICA, R. S. 2004b. Mineralogia e composição química dos sedimentos praianos dos rios que drenam o Estado do Acre: implicações sobre o intemperismo na área fonte e importância para a agricultura e o ambiente. In: XLII Congresso Brasileiro de Geologia, Araxá. CD-ROM. Araxá: Soc. Bras. Geologia.

- CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. 1993. Vocabulário de Ciência do Solo. Campinas, Soc. Bras. Ciênc. Solo. 90 p.
- D'ANDRÉA, P. A. 2003. A rochagem. In: OSTERROHT, von M. (ed.) Agroecologia Hoje, Agroecológica, 20: 22-23.
- ELÓI, C. M. 2001. Enquadramento das “zonas de vida” de Holdridge na classificação climática de Minas Gerais. UFV, Dissertação de Mestrado. Viçosa, 67 p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1997. Manual de Métodos de Análise de Solo. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 212 p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 306 p.
- FAO / INCRA. 1995. Diretrizes de Política Agrária e Desenvolvimento Sustentável. Final Reporter Project UTF/BRA 036.
- FELIPE, M. P. & RESENDE, J. S. 2000. Informação Tecnológica – Cultura do Feijão, Belo Horizonte: EMATER MG (Bol. Técnico).
- FERREIRA, L. F. & RESENDE, J. S. 2000. Informação Tecnológica – Cultura do Milho, Belo Horizonte: EMATER MG (Bol. Técnico).
- FITTS, J. W. & HANWAY, J. J. 1976. Prescribing soil and crop nutrients needs. In: OLSON, R. A. (eds.) Fertilizer technology & use. Soil Sci. Soc. Amer., Inc. Madison, p. 57-79.
- FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. 2006. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br>.
- FONSECA, R.; BARRIGA, F. S. A.; FYFE, W. S. 1998. Reversing desertification by using dam reservoir sediments as agriculture soils. Episodes, vol. 21, nº 4, p. 218-224.
- FONSECA, R. 2002. As Albufeiras como Estações de Trânsito na Sedimentação. Estudo Geológico sobre a Re-utilização de Sedimentos de Sistemas Portugueses e Brasileiros. Tese de Doutorado. Depto. Geociências/Universidade de Évora. Évora, 648 p.
- FYFE, W. S.; LEONARDOS, O. H.; THEODORO, S. C. H. 2006. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. An. Acad. Bras. Ciências, vol. 78, nº 4, p. 715-720.
- GEOMINAS – Governo do Estado de Minas Gerais. 2007. Disponível em <http://www.geominas.mg.gov.br>.
- GLOBO RURAL. 2003. Pesquisa e inovação aplicada no campo, nº 214.
- GRENNBERG, A.; CLESCERI, L.; EATON, A. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Edition. 780 p.
- GUIMARÃES, D. 1955. Contribuição ao estudo dos tufos vulcânicos da Mata da Corda. Instituto de Tecnologia Industrial, Boletim Nº 18. Belo Horizonte. 27 p.

- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 1980. Cartas do Brasil – Escala 1: 100.000, Folhas SE-24-V-A-IV (Itaobim) e SE-23-X-B-III (Salinas). Rio de Janeiro.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 1983. Cartas do Brasil – Escala 1: 100.000, Folhas SE-23-X-B-VI (Araçuaí), SE-23-X-D-III (Jenipapo) e SE-24-V-C-I (Novo Cruzeiro). Rio de Janeiro.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2007. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>.
- IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. 2007. Disponível em <http://www.igam.mg.gov.br>.
- ILCHENKO, V. 1955. Os tufos vulcânicos da Mata da Corda e seu emprego na agricultura. Secretaria da Agricultura, Indústria, Comércio e Trabalho – Depart. de Produção Vegetal. Belo Horizonte. 59 p.
- INIAP / LQARS – INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA E DAS PESCAS / LABORATÓRIO QUÍMICO AGRÍCOLA REBELO DA SILVA. 1977. Redução da lixiviação de agroquímicos para os aquíferos-Métodos analíticos para a análise da terra. Sector de Fertilidade do Solo / Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e das Pescas, Documentação nº 2, 3 p.
- JAMA, B. & STRAATEN, van P. 2006. Potential of East African phosphate rock deposits in integrated nutrient management strategies. An. Acad. Bras. Ciências, vol. 78, nº 4, p. 781-790.
- JENNY, H. 1941. Factors of soil formation. McGraw-Hill. New York, 281 p.
- KER, J. C.; CARVALHO FILHO, A.; OLIVEIRA, H. 2005. Clima. In: KER, J. C.; CARVALHO FILHO, A.; OLIVEIRA, C. V.; SANTOS, H. G. (org.) VII RCC – Reunião Nacional de Correlação e Classificação de Solos / MG. Guia de Excursão. DPS-UFV / IGC-UFMG / EMBRAPA Solos. p. 3-5.
- KING, L. C. 1956. A geomorfologia do Brasil Oriental. Rev. Bras. Geografia, 28 (2): 148-174.
- KROMBERG, B I.; LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; MATTOSO, S. Q.; SANTOS, A. M. 1976. Alguns dados geoquímicos sobre solos do Brasil. Uso potencial do pó de pedreira como fonte de nutrientes críticos em solos altamente lixiviados com atenção à geoquímica de alguns solos da Amazônia. In: 29 Congresso Brasileiro de Geologia, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: Soc. Bras. Geologia, 1976. p. 147-169.
- KROMBERG, B I.; FYFE, W. S.; LEONARDOS, O. H. 1979. The chemistry of some brazilian soils: element mobility during intense weathesing. Chemical Geology, v. 2, p. 211-229.
- KROMBERG, B. I.; FYFE, W. S.; WALDEN, J.; WALDEN, D. B.; MELFI, A. J.; LEONARDOS, O. H. 1984. Uso de rochas e rochas fundidas como fertilizantes para solos lixiviados do Brasil. Anais... XVI Reunião Brasil. de Fertilidade do Solo, Ilhéus, CEPLAC/Soc. Bras. Ciênc. Solo, p.

- LA / CEA / UE – LABORATÓRIO DA ÁGUA / CENTRO DE ECOLOGIA APLICADA / UNIVERSIDADE DE ÉVORA. 2005. Determinação de metais por espectrometria de absorção atômica em chama e geração de hidretos, Boletim 035. 10 p.
- LEONARDOS, O. H. 1973. The origin and alteration of granitic rocks in Brazil; a study of metamorphism, anatexis, weathering and soil fertility within granitic terrain in eastern Brazil. PhD Thesis. University of Manchester, 183 p.
- LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; KRONBERG, B. I. 1976. Rochagem: método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos. In: 29 Congresso Brasileiro de Geologia, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: Soc. Bras. Geologia, p. 137-145.
- LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; KRONBERG, B. I. 1987. The use of ground rocks in laterite systems: an improvement to the use of conventional soluble fertilizers? Chemical Geology, v. 60, p. 361-370.
- LEONARDOS, O. H. & THEODORO, S. C. H. 1999. Fertilizing tropical soils for sustainable development. In: Workshop on Tropical Soils. Rio de Janeiro: Acad. Bras. Ciências. p. 143-153.
- LEONARDOS, O. H. & THEODORO, S. C. H. 2000. Remineralization for sustainable agriculture: a tropical perspective from a Brazilian viewpoint. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v. 56, p. 3-9.
- LIMA, S. A. A.; MARTINS-NETO, M. A.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CORDANI, U. G.; NUTMAN, A. 2002. A Formação Salinas na área-tipo, NE de Minas Gerais: uma proposta de revisão da estratigrafia da Faixa Araçuai com base em evidências sedimentares, metamórficas e de idades U-Pb SHRIMP. Rev. Bras. de Geociências, 32 (4): 491-500.
- MALAVOLTA, E. 1967. Manual de química agrícola – adubos e adubação. Ed. Ceres. São Paulo, 606 p.
- MALAVOLTA, E. 1992. ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação. Ed. Ceres. São Paulo, 124 p.
- MARTINS, J. C. 2001. Cinética de dissolução de flogopita do complexo carbonático de Catalão I-GO. Dissertação de Mestrado. IGC/UnB. 114 p.
- MELFI, A.; CERRI, C. C.; FRITSCH, E.; FORMOSO, M. L. L. 1999. Tropical soils: gênese, distribution and degradation of lateritic pedological systems. In: Workshop on Tropical Soils. Rio de Janeiro: Acad. Bras. Ciências. p. 9-30.
- MINAS GERAIS. 1980. Governo do Estado de Minas Gerais / Secretaria de Estado da Agricultura. Zoneamento Agroclimático do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 114 p.
- MME / CETEC - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. 2005. Cartografia Temática Básica – Município de

- Araçuaí. Belo Horizonte: Sigma. 47 p.
- MIEDEMA, M. S. P. 2003. Geoquímica das rochas. In: OSTERROHT, von M. (ed.) Agroecologia Hoje, Agroecológica, 20: 7-9.
- MONTEIRO, R. L. B. P. 1986. As mineralizações de tungstênio no Médio Vale do Jequitinhonha, NE de Minas Gerais, Brasil. Instituto de Geociências / UnB, Dissertação de Mestrado. Brasília, 235 p.
- MOREIRA, C. V. R. 2004. Projeto Rede de ações integradas em prol do desenvolvimento sustentável do arranjo produtivo de gemas e jóias do norte/nordeste de Minas Gerais – PROGEMAS/MG – Relatório Final de Bolsista DTI-CNPq, 43 p.
- NOVAIS, R. F. 1982. Fertilidade de Solo. DPS/UFV (Apostila). Viçosa, p. 1-19.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. 1992. Classes gerais de solos do Brasil – Guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, FUNEP, 201 p.
- OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; DAVIDE, A. C. 2005. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert – *Leguminosae caesalpinioideae*. Cerne, Lavras, v. 11, n. 2, p. 159-166.
- OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E. 2000. Agricultura, Sustentabilidade e o Semi-Árido Brasileiro. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (ed.). Agricultura, Sustentabilidade e o Semi-Árido. UFC/SBCS. Fortaleza, p. 1-19.
- OSTERROHT, von M. 2003. Rochagem para quê? In: von OSTERROHT, M. (ed.) Agroecologia Hoje, Agroecológica, 20: 12-15.
- PANSU, M & GAUTHEYROU, J. 2006. Handbook of Soils Analysis-Mineralogical, Organic and Inorganic Methods, Springer. 993 p.
- PEDROSA-SOARES, A. C. 1984. Metamorfismo, granitogênese e mineralizações associadas na região de Coronel Murta, NE de Minas Gerais, Brasil. Departamento de Geociências / UnB, Dissertação de Mestrado. Brasília, 171 p.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; MONTEIRO, R. L. B. P.; CORREIA-NEVES, J. M.; LEONARDOS, O. H.; FUZIKAWA, K. 1987. Metasomatic Evolution of Granites, Northeast Minas Gerais, Brazil. Rev. Bras. Geociências, 17 (4): 512-518.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; CORREIA-NEVES, J. M.; LEONARDOS, O. H. 1990. Tipologia dos pegmatitos de Coronel Murta-Virgem da Lapa, Médio Jequitinhonha, Minas Gerais. Rev. Escola de Minas, 43 (4): 44-54.
- PEDROSA-SOARES, A. C. 1995. Potencial aurífero do vale do Araçuaí, MG: história e exploração, geologia e controle tectono-metamórfico. Instituto de Geociências / UnB, Tese de Doutorado. Brasília, 177 p.
- PEDROSA-SOARES, A. C. 1997. Geologia da Folha Araçuaí, Minas Gerais. In: GROSSI-SAD, J.

- H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C. & SOARES-FILHO, B. S. (coordenadores e editores). Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte: COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais. p. 715-852.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; PINTO, C. P.; NETTO, C.; ARAÚJO, M. C.; CASTAÑEDA, C.; ACHTSCHIN, A. B.; BASÍLIO, M. S. 2001. A Província Gemológica Oriental do Brasil. In: CASTAÑEDA, C.; ADDAD, J. E.; LICCARDO, A. (org.). Gemas de Minas Gerais. Belo Horizonte: Soc. Bras. Geologia-MG, 288 p.
- PEDROSA-SOARES, A. C. & DIAS, P. H. A. 2005. Geologia e recursos minerais do município de Araçuaí. In: MME / CETEC - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Cartografia Temática Básica – Município de Araçuaí. Belo Horizonte: Sigma. 47 p.
- PINHEIRO, S. 2003. A exumação do cadáver no armário. In: OSTERROHT, von M. (ed.) Agroecologia Hoje, Agroecológica, 20: 4-6.
- PINTO, C. P. & PEDROSA-SOARES, A. C. 2001. Brazilian Gem Provinces. The Australian Gemologist, 21 (1): 12-16.
- POLIPO, W. 2006. The Trofobiose Theory and organic agriculture: the active mobilization of nutrients and the use of rock powder as a tool for sustainability. An. Acad. Bras. Ciências, vol. 78, nº 4, p. 749-763.
- RAIJ, van B. 1991. Fertilidade do solo e adubação. Ed. Ceres; Potafos. São Paulo; Piracicaba, 343 p.
- RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K. J., 1995. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 65 p.
- ROMEIRO, J. C. P. & PEDROSA-SOARES, A. C. 2005. Controle do minério de espodumênio em pegmatitos da Mina da Cachoeira, Araçuaí, MG. Geonomos, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, 2, p.75-81.
- SAADI, A. J. & PEDROSA-SOARES, A. C. 1990. Um *graben* cenozóico no Médio Jequitinhonha, Minas Gerais. In: Workshop Sobre Neotectônica e Sedimentação Cenozóica Continental no Sudeste Brasileiro, 1. Belo Horizonte, 1990. Anais... Belo Horizonte, Soc. Bras. Geologia-MG, p. 101-124.
- SAADI, A. 1991. Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais. Instituto de Geociências / UFMG, Tese para Professor Titular. Belo Horizonte, 285 p.
- SANTOS, C. 2005. Pó de rocha substitui agrotóxico – a técnica, chamada de rochagem, é experimentada nas lavouras de comunidades do Recôncavo. Salvador: Jornal A Tarde, 8/ago.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. 2005. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5 ed. Revista e ampliada. Viçosa, Soc. Bras. Ciênc. Solo /

- EMBRAPA Solos. 100 p.
- SENGIK, E. 2005. Roteiro de aulas práticas-Solos e Adubação. Curso de Zootecnia. UEM. Maringá, 16 p.
- SPOSITO, G. 1989. The Chemistry of Soils. University Press. New York, Oxford, 277 p.
- STRAATEN, van P. 2002. Rocks for Crops – Agrominerals of sub-Saharan África. University of Guelph/ICRAF. Ontario, Canada. 338 p.
- STRAATEN, van P. 2006. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. An. Acad. Bras. Ciências, vol. 78, nº 4, p.731-747.
- STRAATEN, van P. 2007. Agrogeology: The use of rocks for crops. Enviroquest Ltd. Ontario, Canada. 440 p.
- TAVARES, S. T. P., 2004. Estudo de pegmatitos produtores de minerais industriais e gemas, Coronel Murta, MG. Instituto de Geociências / UFMG, Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, 241 p.
- TAVARES, S. T. P.; CASTAÑEDA, C.; PEDROSA-SOARES, A. C. 2006. O feldspato industrial de Coronel Murta, MG, e a perspectiva de aplicações à indústria cerâmica e vidreira (RBG, 361 – suplemento). Rev. Bras. Geociências, v. 26, p.200-206.
- TAZAKI, K. 2006. Green-tuff landslide áreas are beneficial for Rice nutrition in Japan. An. Acad. Bras. Ciências, vol. 78, nº 4, p.749-763.
- THEODORO, S. C. H. 2000. A Fertilização da Terra: uma alternativa de sustentabilidade para o pequeno produtor rural. Tese de Doutorado. CDS/UnB. Brasília, 236 p.
- THEODORO, S. C. H.; LEONARDOS, O. H.; DUBOIS, A. M. 2002. Rochagem e Compostagem: uma maneira ambientalmente correta de recuperar e fertilizar áreas degradadas. In: THEODORO, S. M. C. H. (org.). Conflitos e Uso Sustentável dos Recursos Naturais. 1ª ed. Rio de Janeiro.
- THEODORO, S. C. H. 2003. Técnica de baixo custo e ecologicamente correta de fertilização. In: NEAD-Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural / Ministério do Desenvolvimento Agrário. Brasília, Boletim Notícias Agrárias.
- THEODORO, S. C. H. & LEONARDOS, O. H. 2004. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. In: Ith International Conference Rocks for Crops, Brasília. CD-ROM Rocks for Crops, Brasília, v. 1.
- THEODORO, S. C. H. 2005. Rochas para plantas: o resgate de uma produção alimentar sadia. In: II SUFFIB, 2005, São Paulo. CD-ROM II SUFFIB. São Paulo: IPT/USP.
- THEODORO, S. C. H. & LEONARDOS, O. H. 2006. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. An. Acad. Bras. Ciências, vol. 78, nº 4, p. 721-730.
- WRIGHT, J. B. 1969. A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic

granite gênese. Geol. Mag., 106 (4): 370-384.

ZAR, J. H. 1999. Bioestatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey. 633 p.

ZIMBACK, C. R. L. 2003. Formação do Solo. Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas-GEPAG. Fac. Ciênc. Agronômicas / Univ. Estadual Paulista, Botucatu, 27 p.

ANEXOS

ANEXO A (mapas e carta imagem)

ANEXO A.I – Mapa Litológico

ANEXO A.II – Mapa das Formas e Formações Superficiais

ANEXO A.III - Mapa de Solos

ANEXO A.IV – Mapa de Aptidão Agrícola

ANEXO A.V – Carta Imagem do Uso do Solo e Cobertura Vegetal

ANEXO B (perfil pedológico, resultados analíticos e área foliar)

ANEXO B.I – Perfil pedológico

PROJETO: Tese Doutorado

PERFIL N°: MMS1

DATA: 09/07/2004

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico A moderado textura média fase caatinga hipoxerófila/floresta caducifólia relevo suave ondulado

LOCALIZAÇÃO: Rodovia MG-367, trecho Virgem da Lapa-Araçuaí, 5Km da entrada de Araçuaí; à direita da estrada. Araçuaí/MG (Coordenadas 0809388 / 8135873)

ALTITUDE: 284m

LITOLOGIA: Xisto carbonático bandado da Formação Salinas. Bandas claras mais ricas em quartzo e feldspato e bandas escuras mais ricas em biotita

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Salinas

SITUAÇÃO E DECLIVE: Terço inferior de encosta com 3-8% de declive

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso

ROCHOSIDADE: Não rochoso

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado e ondulado

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Associação de caatinga hipoxerófila / floresta caducifólia

USO ATUAL: Nenhum no local; parte da área com restos de plantio de cana-de-açúcar. Na área de ocorrência do solo é comum o uso com cultivo de milho e feijão

DESCRITO E COLETADO POR: Marcus Manoel Fernandes e Cristiane Valéria de Oliveira

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 00-12cm, bruno/bruno-escuro (10YR 4/3, úmido); média; moderada pequena blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual.

AB - 12-26cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido); arenosa; moderada média blocos subangulares; macio, muito friável, não plástico a ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara.

Bi - 26-45cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmido) média; moderada média e grande blocos subangulares e angulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso.

RAÍZES: Raras e finas nos horizontes A, AB e Bi.

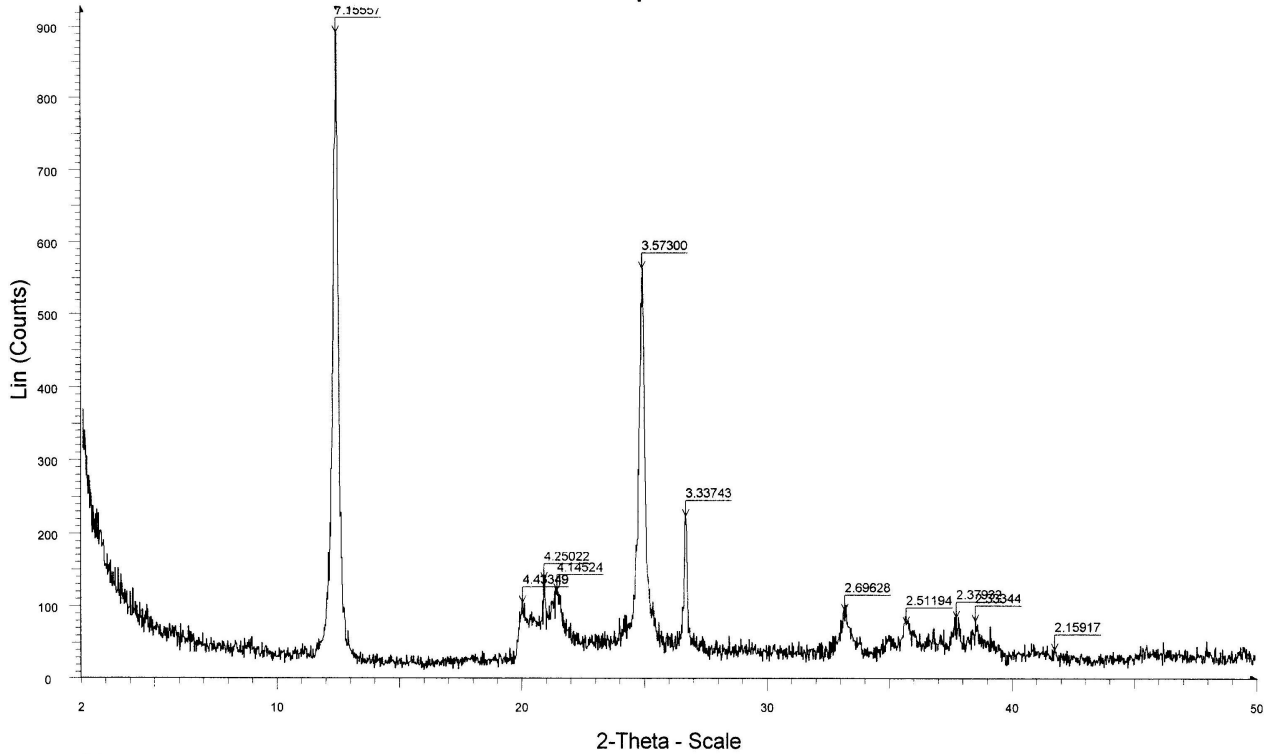
OBSERVAÇÕES: - Perfil descrito em micro-trincheira;

- Presença de mica no horizonte AB;

- Presença de horizonte A enterrado (< 5cm) abaixo de 45cm.

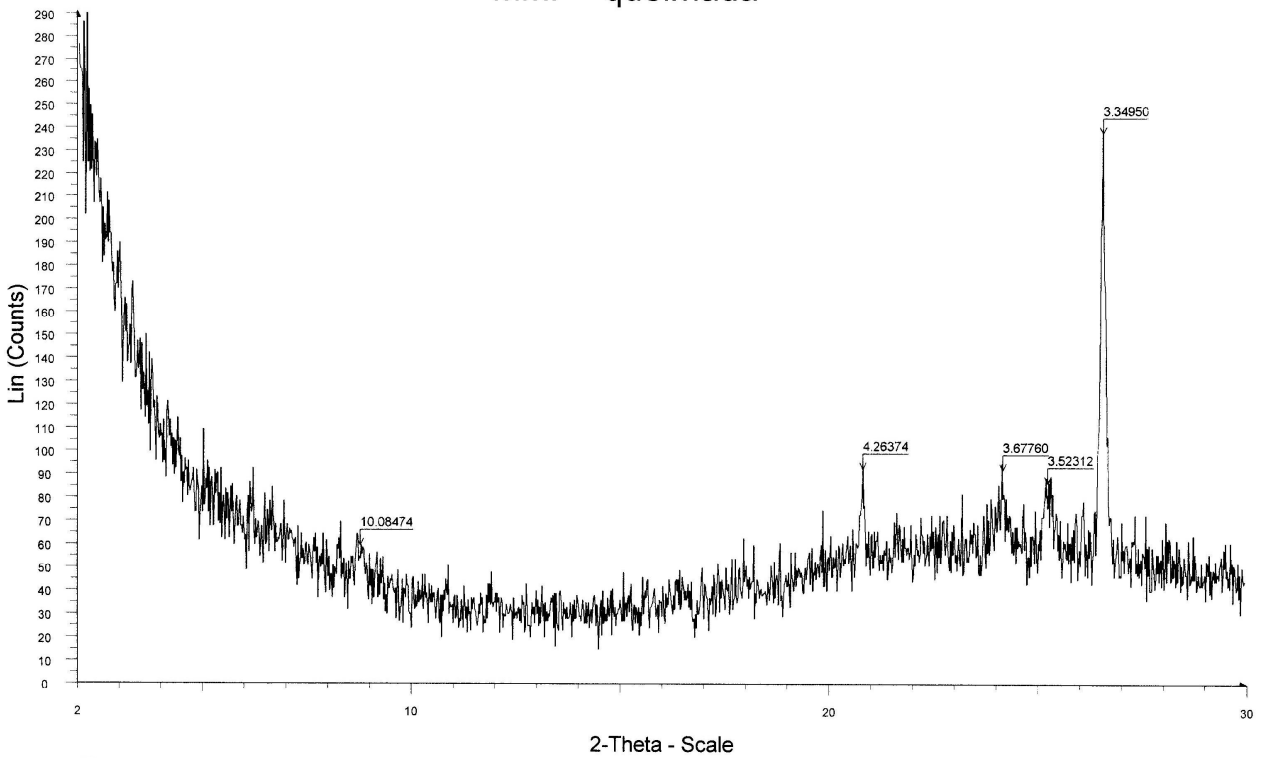
ANEXO B.II – Difractogramas de Raios-X

MMP - Temp ambiente



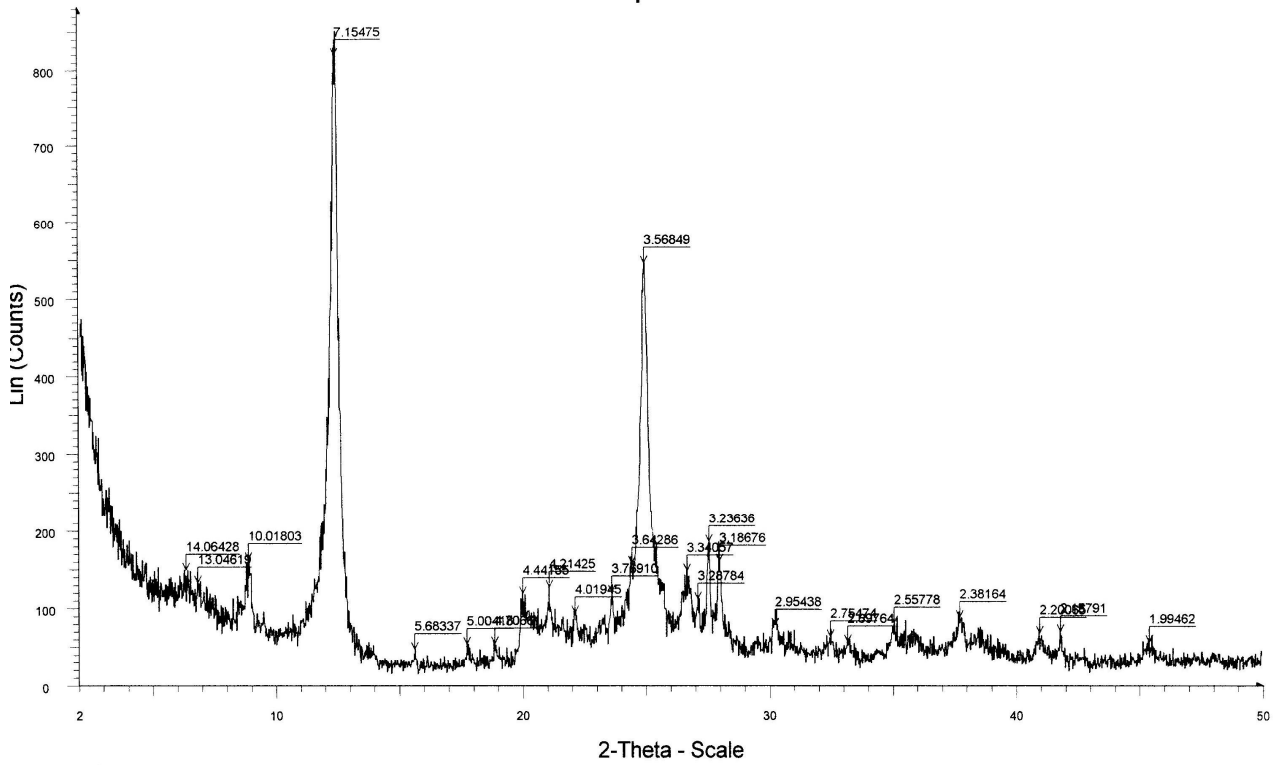
MMP - Temp ambiente - File: MMP - Temp ambiente.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00000 ° - End: 50.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1.2 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 7 s - 2-Theta: Operations: Import

MMP - queimada



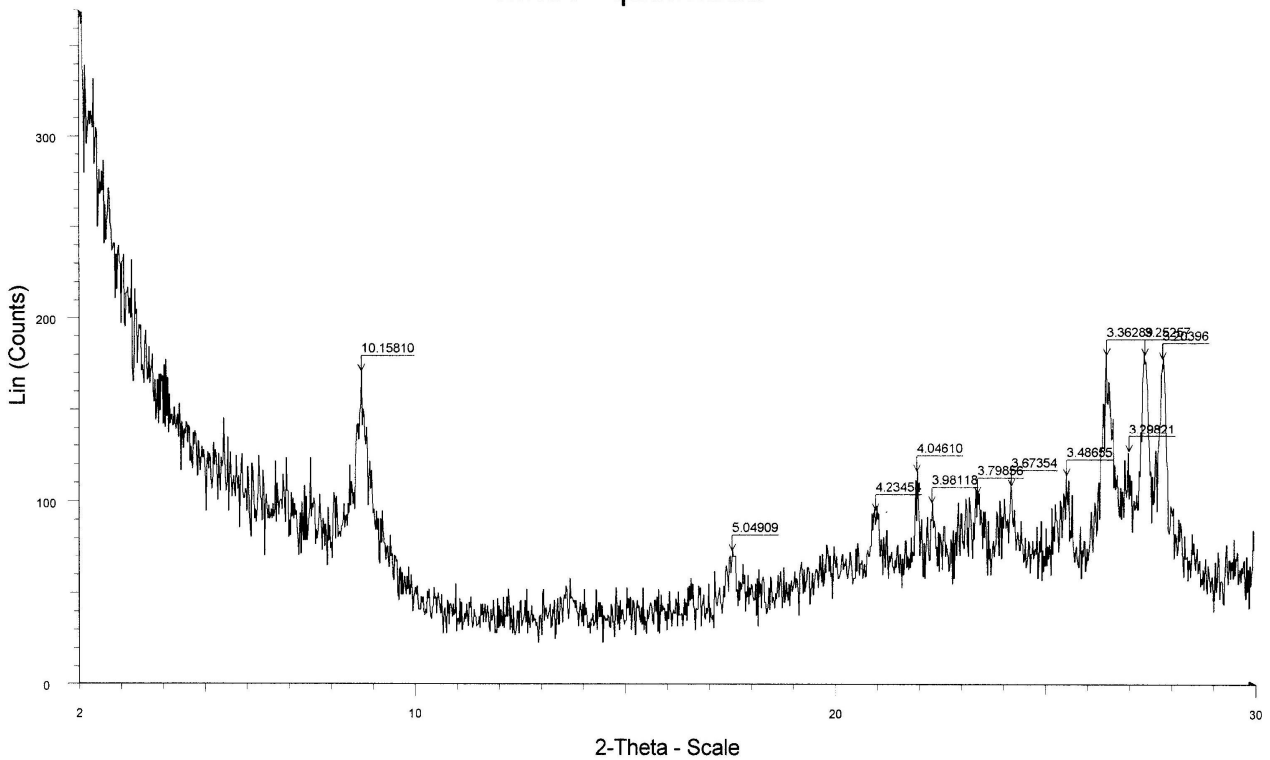
MMP - queimada - File: MMP - queimada.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00000 ° - End: 30.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1.2 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: Operations: Import

MMA - Temp Ambiente



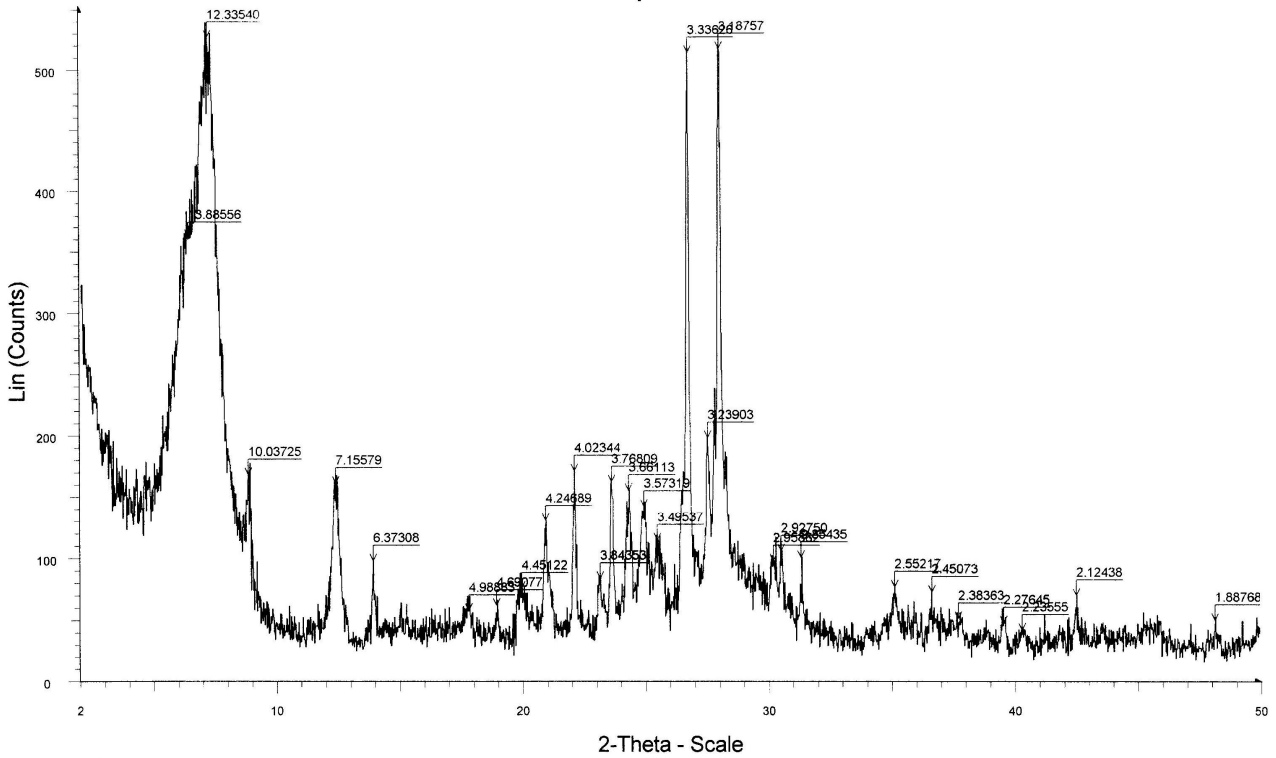
MMA - Temp Ambiente - File: MMA - Temp Ambiente.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00000 ° - End: 50.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1.2 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 5 s - 2-Theta: Operations: Import

MMA - queimada



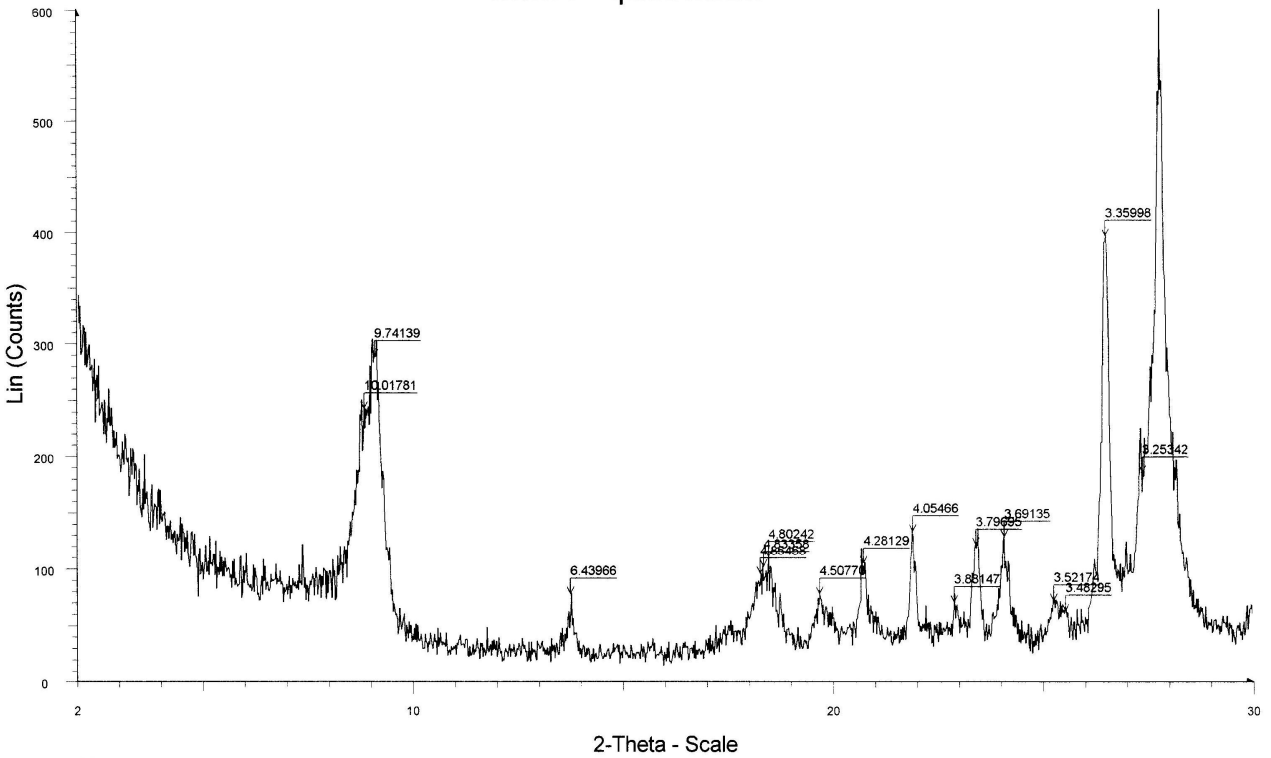
MMA - queimada - File: MMA - queimada.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00000 ° - End: 30.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1.2 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 4 s - 2-Theta: 2.00000 ° - Operations: Import

MMR - Temp Ambiente



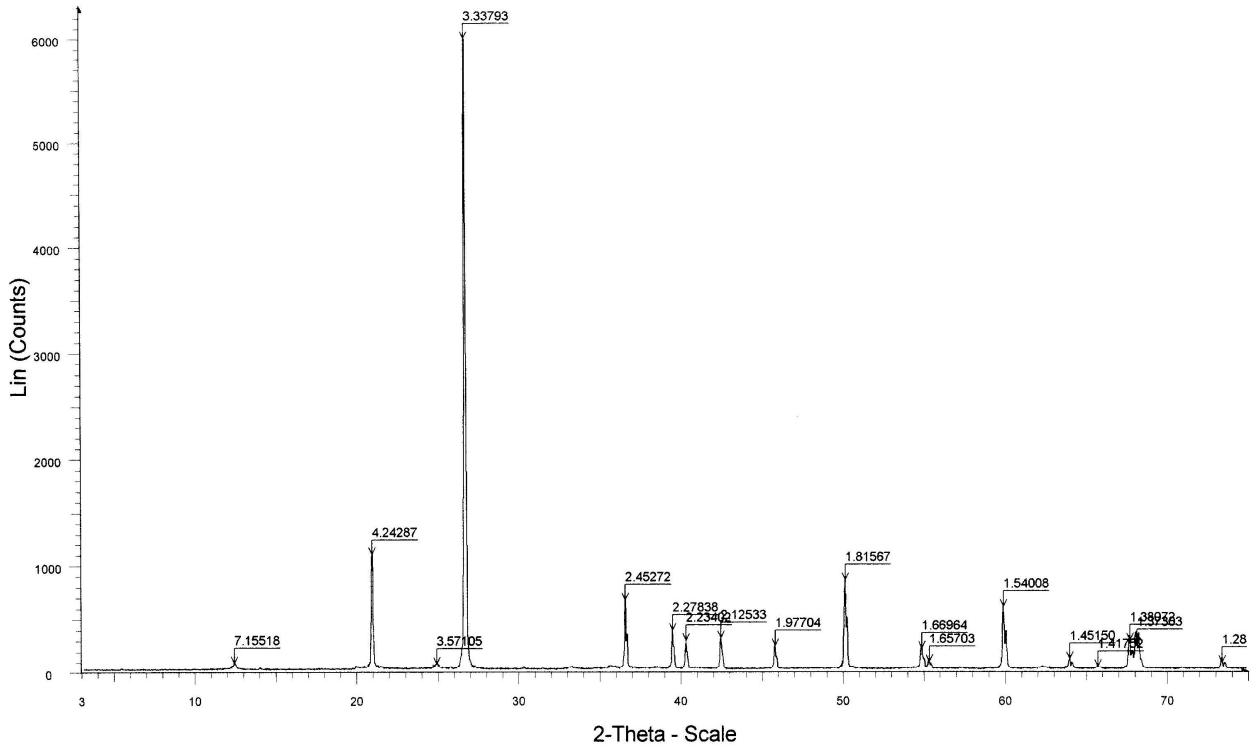
MMR - Temp Ambiente - File: MMR - Temp Ambiente.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00000 ° - End: 50.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1.2 s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 4 s - 2-Theta Operations: Import

MMR - queimada



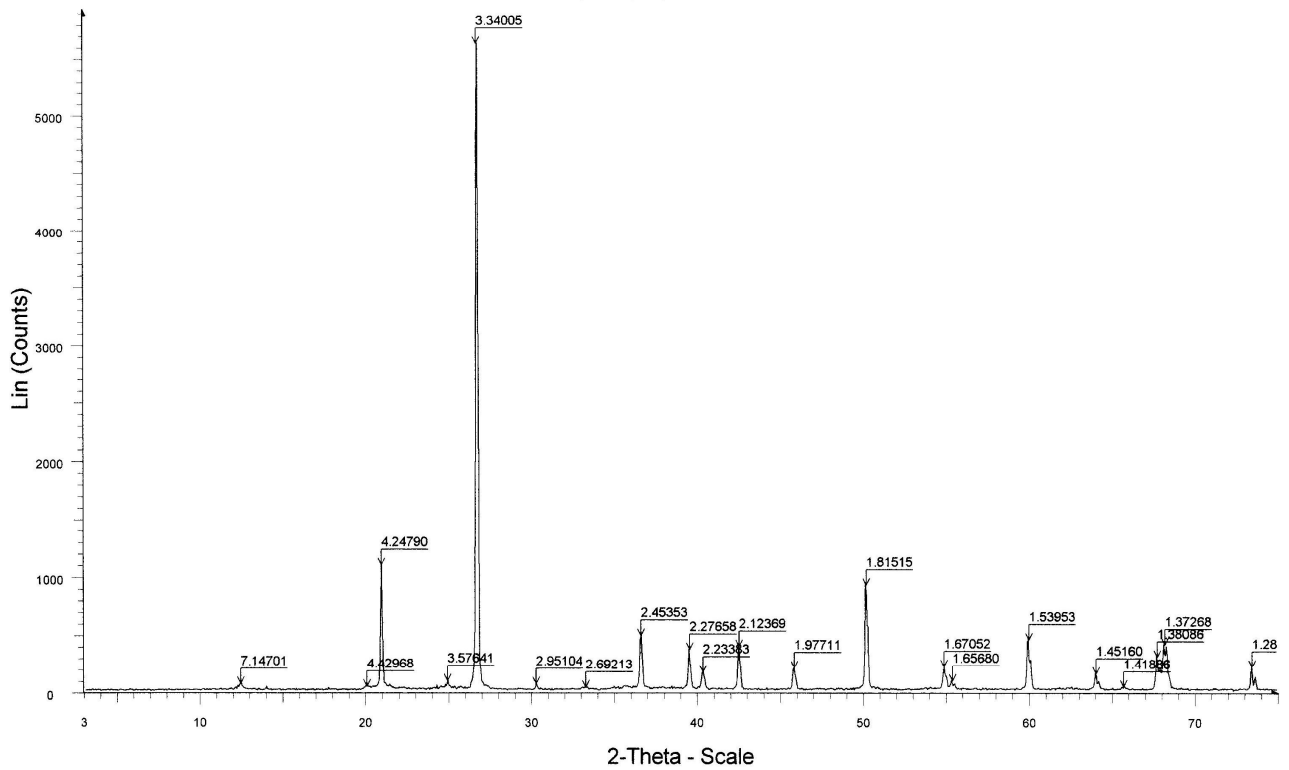
MMR - queimada - File: MMR - queimada.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00000 ° - End: 30.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1.2 s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 4 s - 2-Theta: 2.00000 ° - Operations: Import

MMP1A



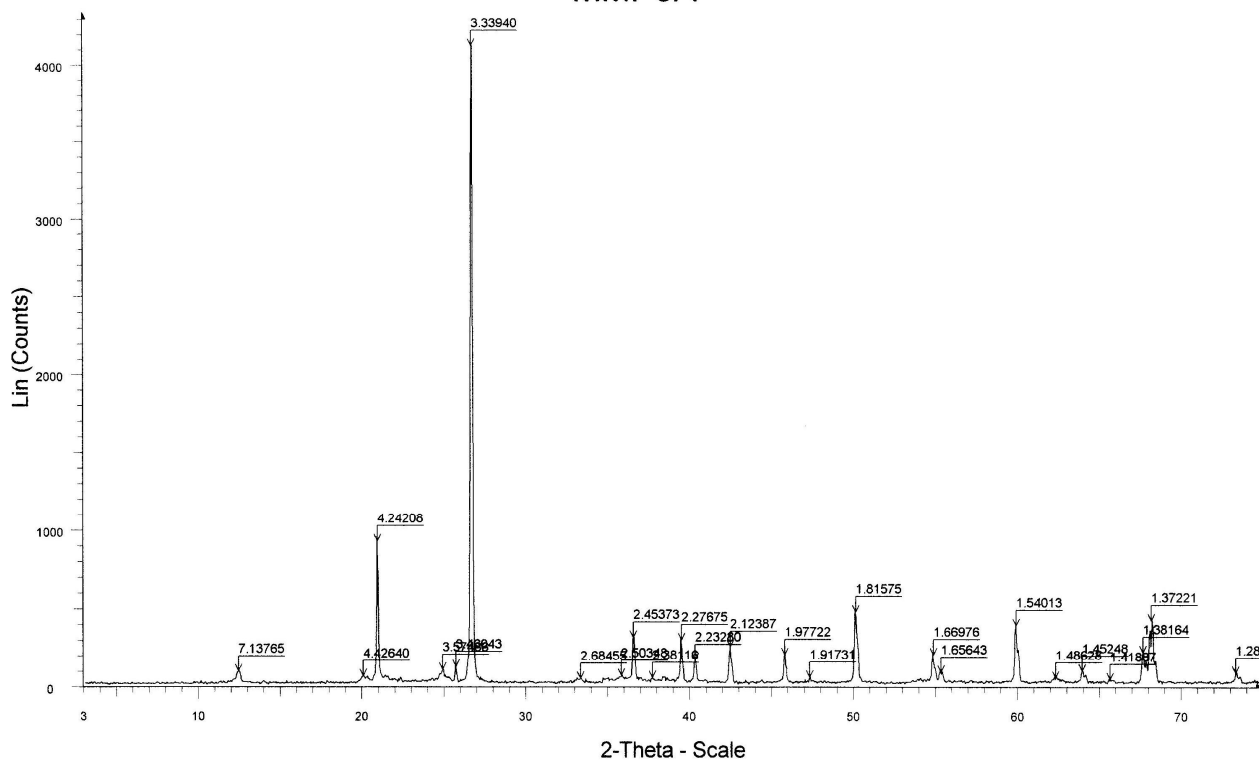
MMP1A - File: MMP1A.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMP2A



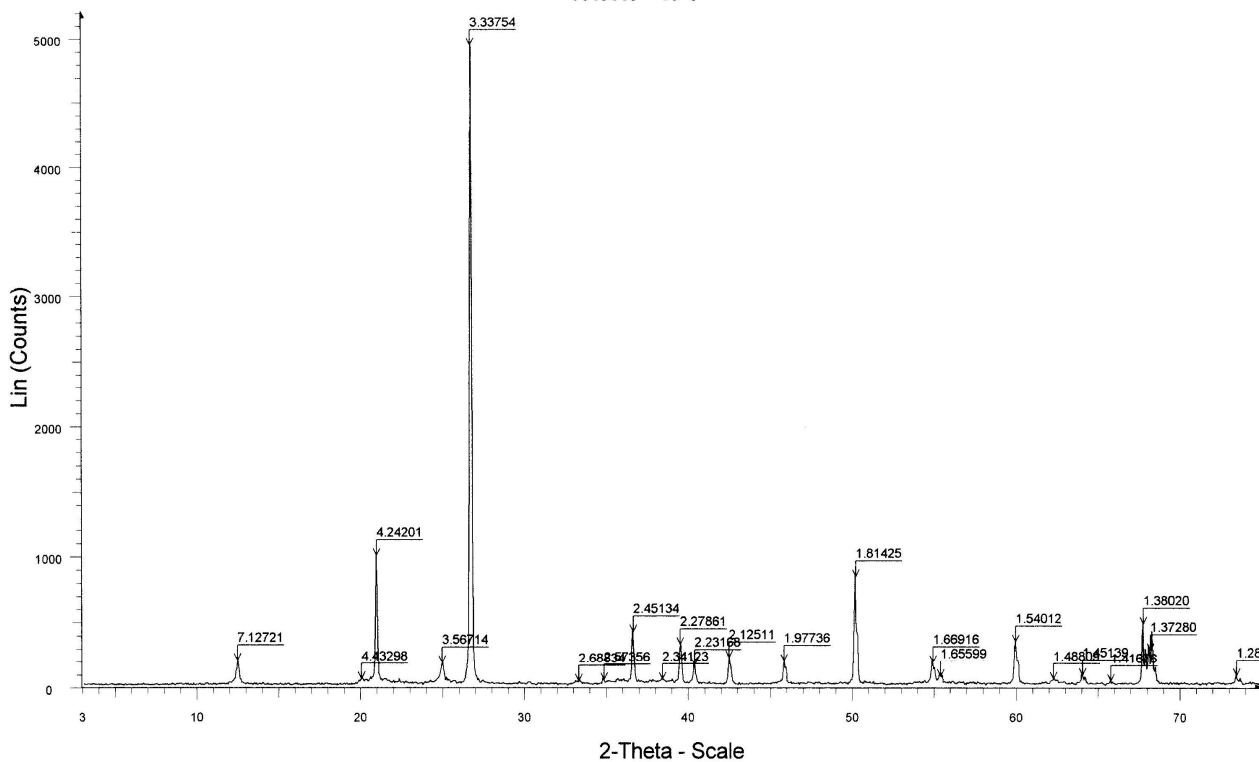
MMP2A - File: MMP2A.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMP3A



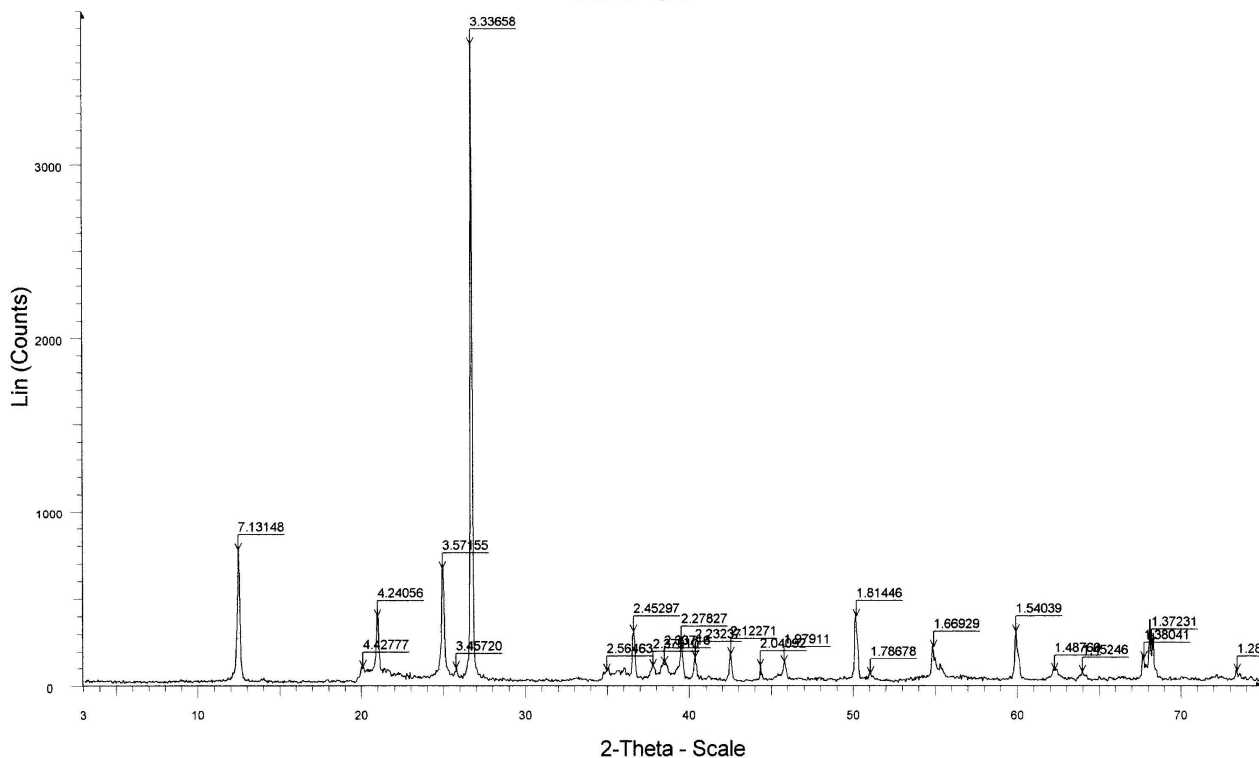
MMP3A - File: MMP3A.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMP4A



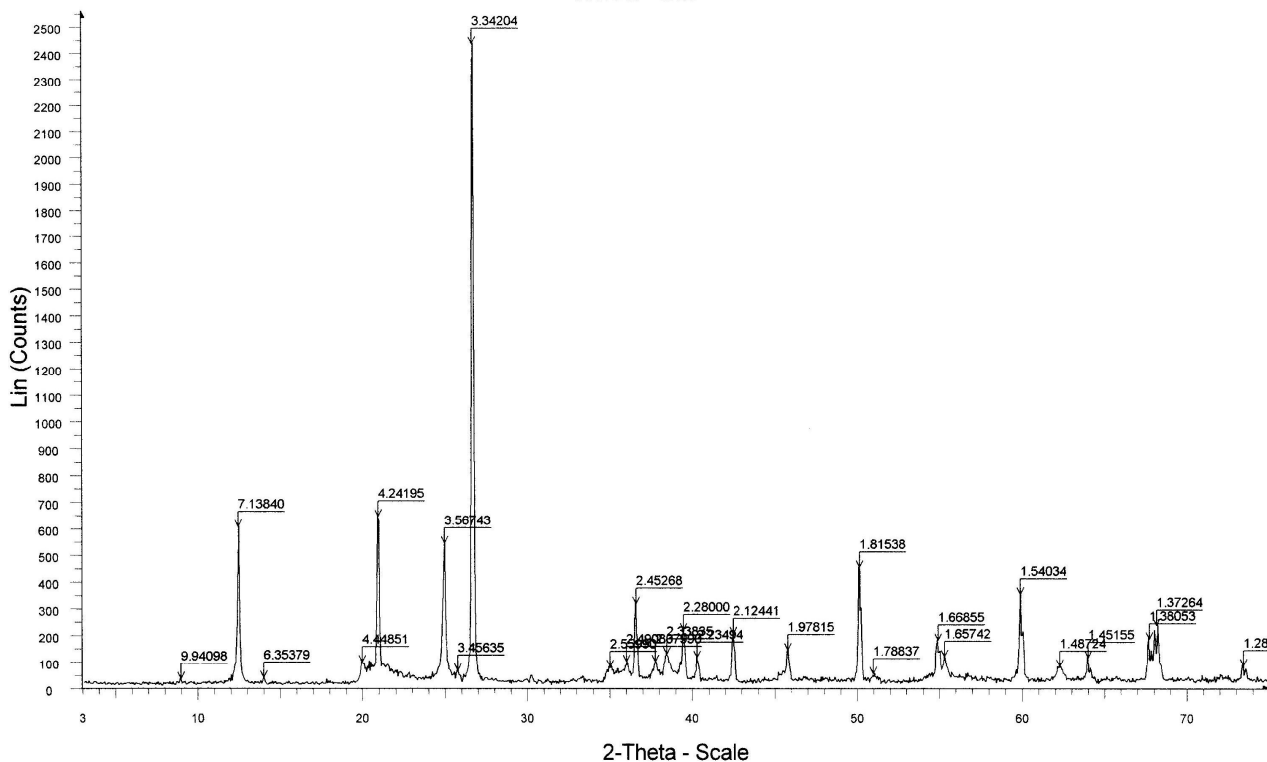
MMP4A - File: MMP4A.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMP5B



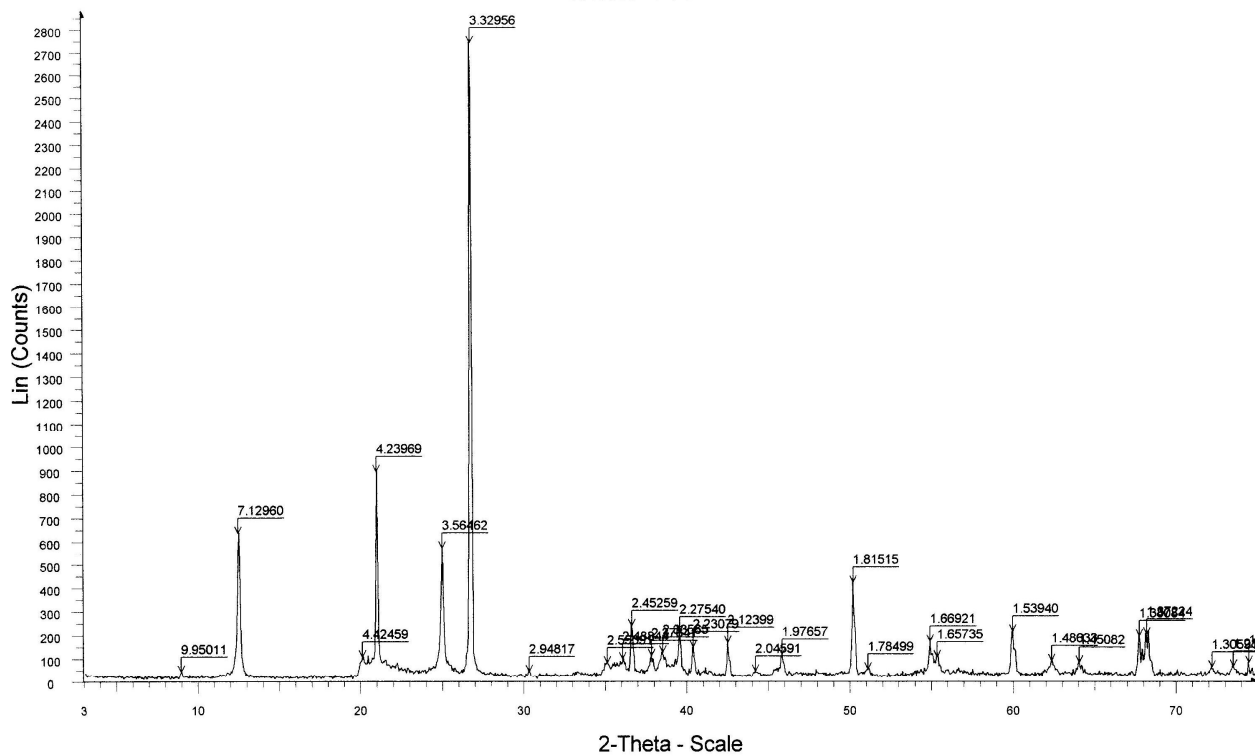
MMP5B - File: MMP5B.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMP6B



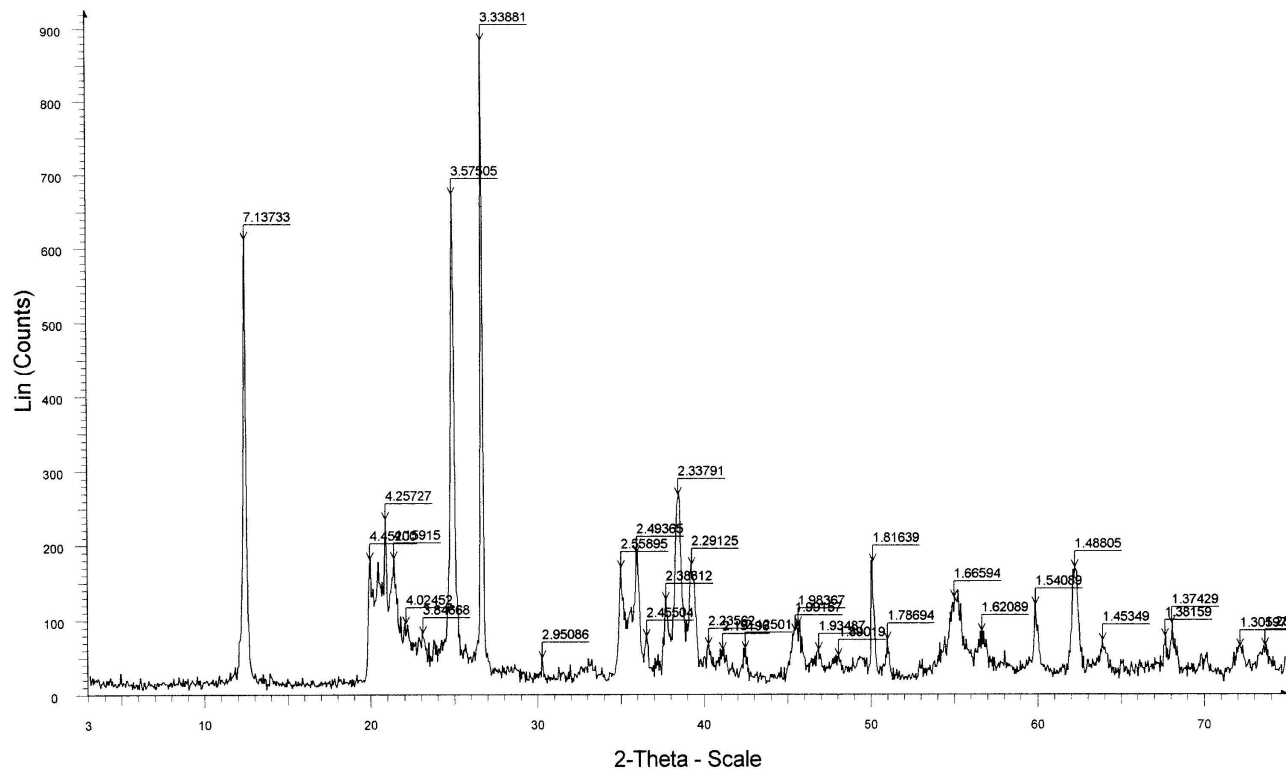
MMP6B - File: MMP6B.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMP7B



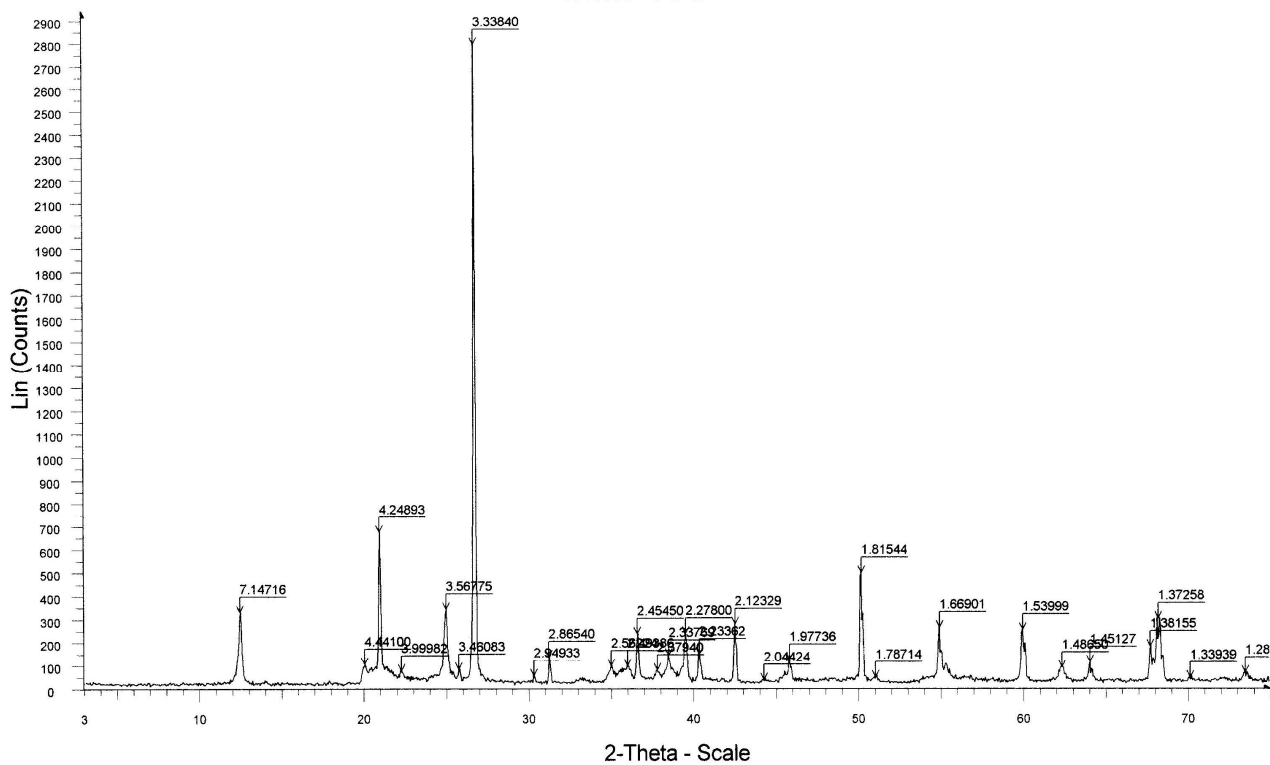
MMP7B - File: MMP7B.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMP9C



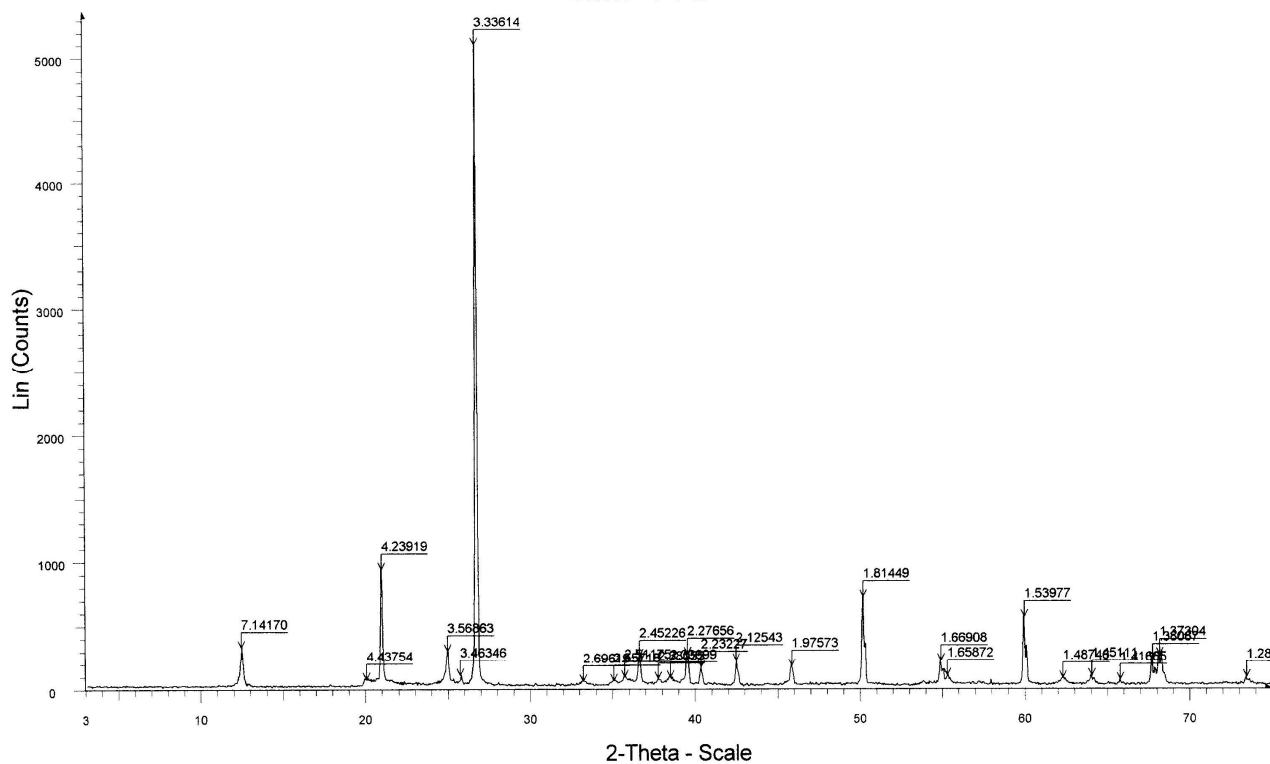
MMP9C - File: MMP9C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMP10C



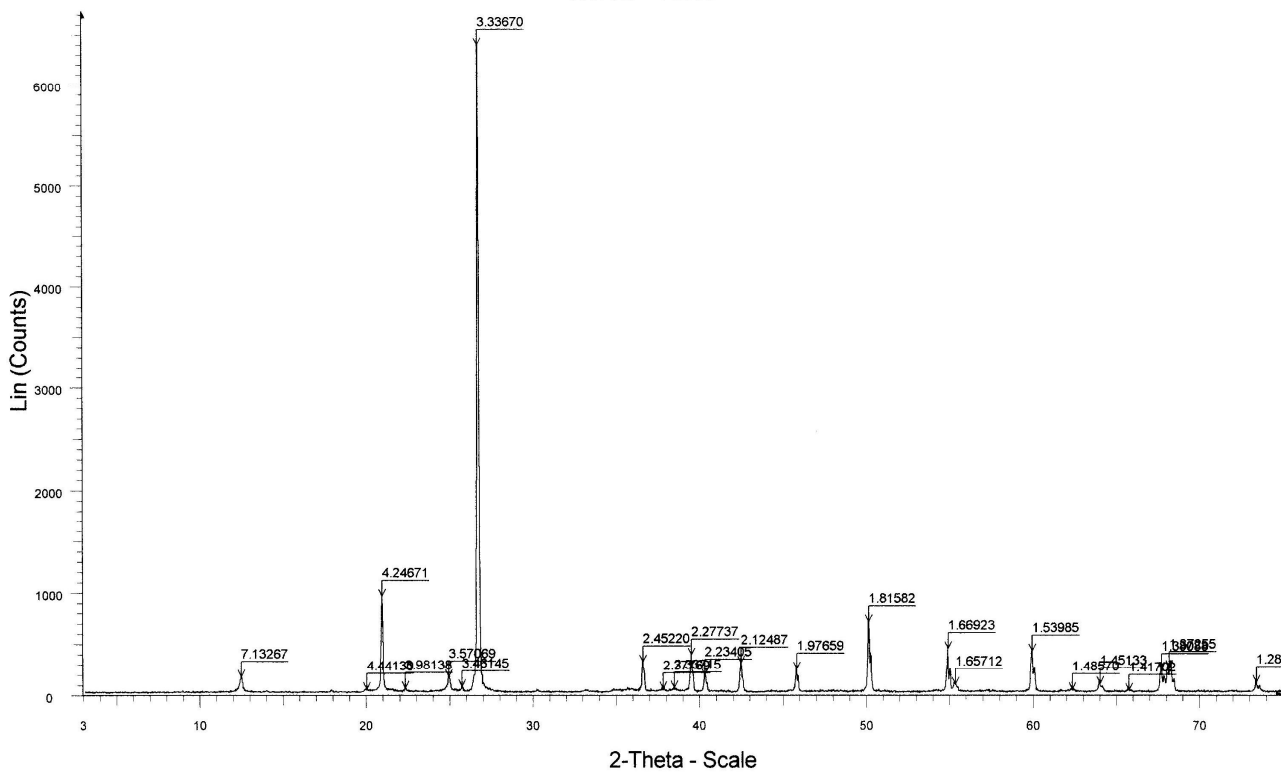
MMP10C - File: MMP10C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
 Operations: Import

MMP11C



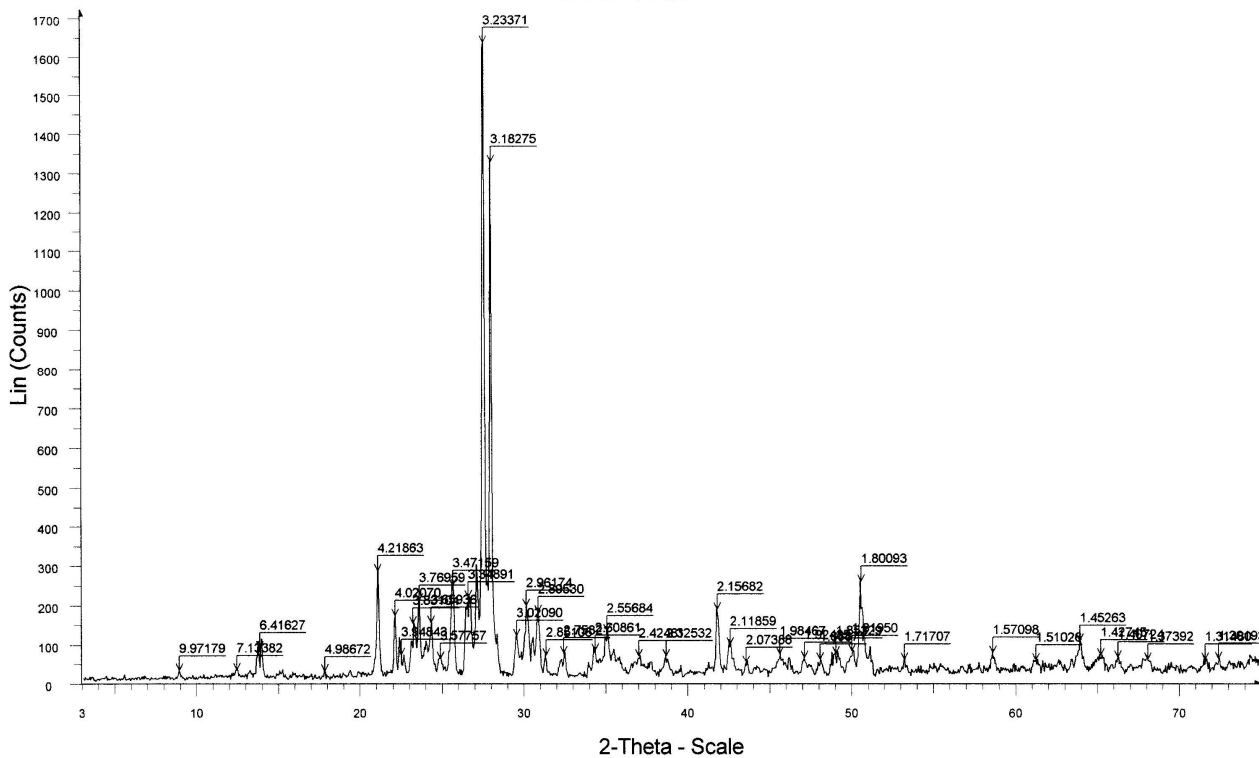
MMP11C - File: MMP11C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
 Operations: Import

MMP12C



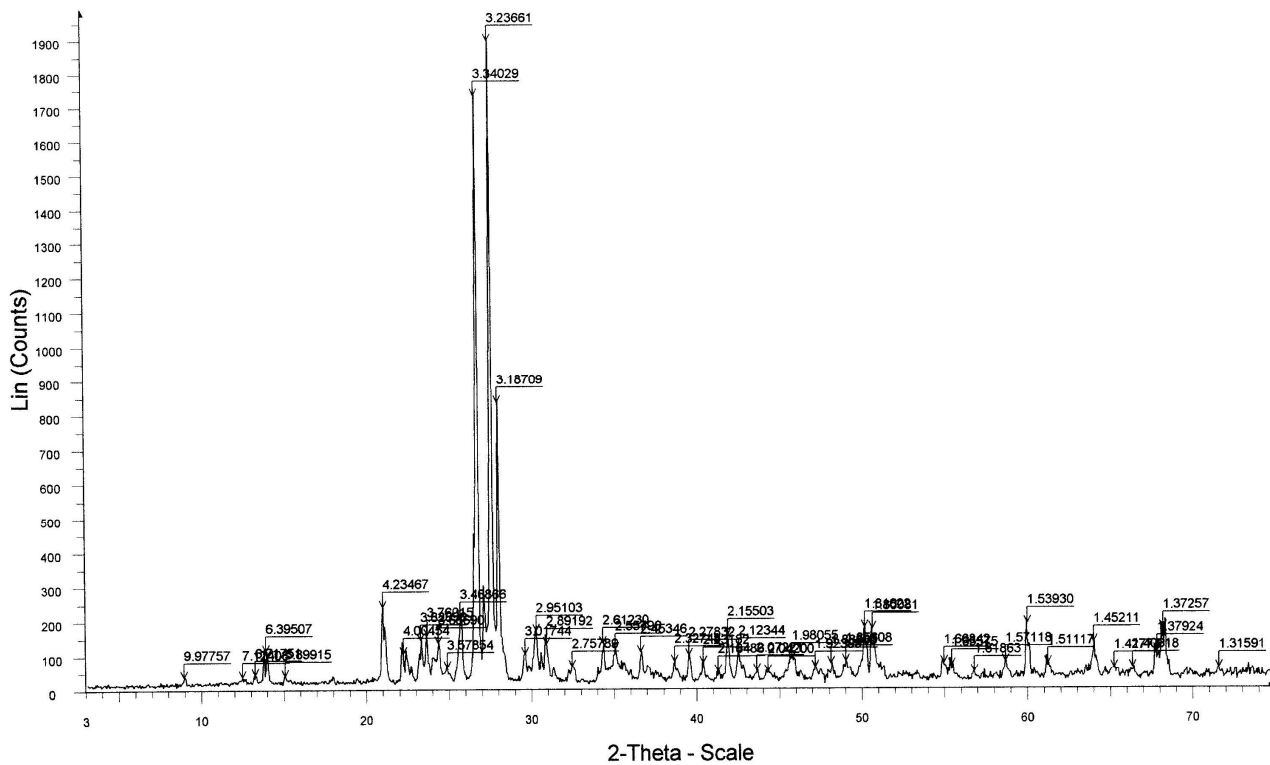
MMP12C - File: MMP12C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
Operations: Import

MMA13A



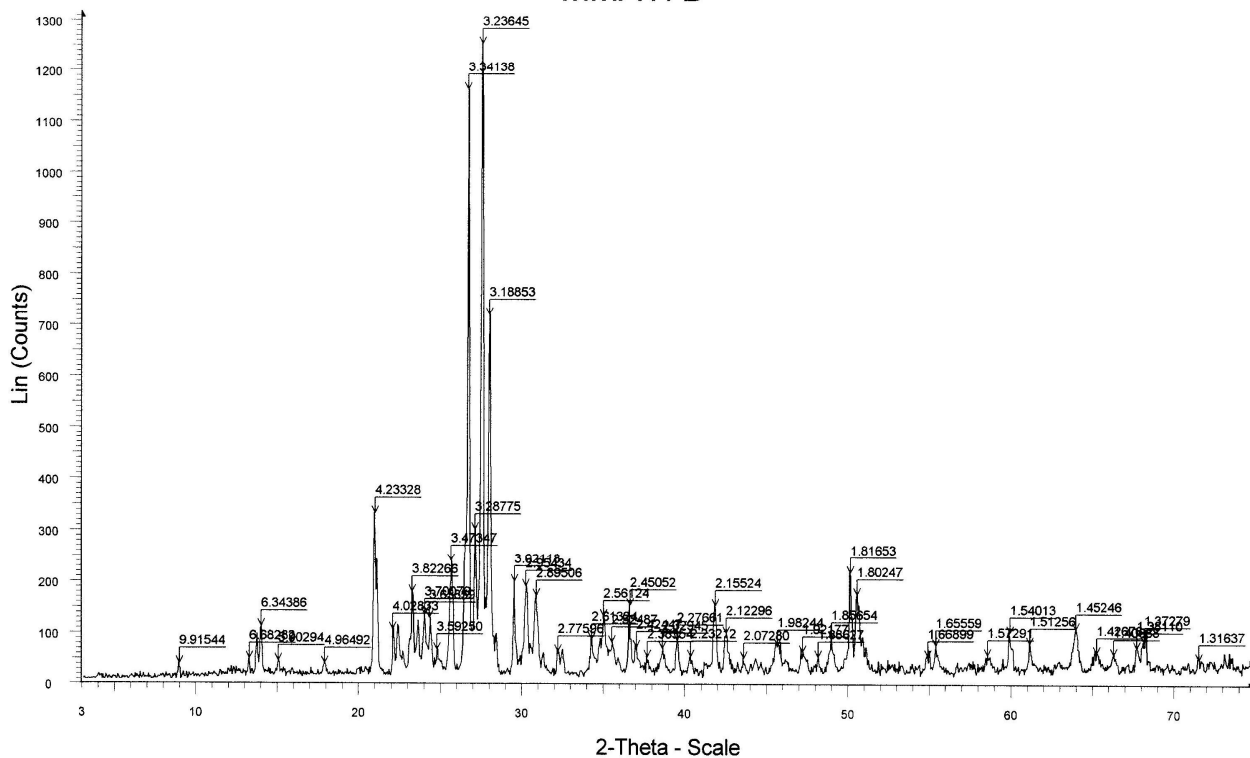
MMA13A - File: MMA13A.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
Operations: Import

MMA16B



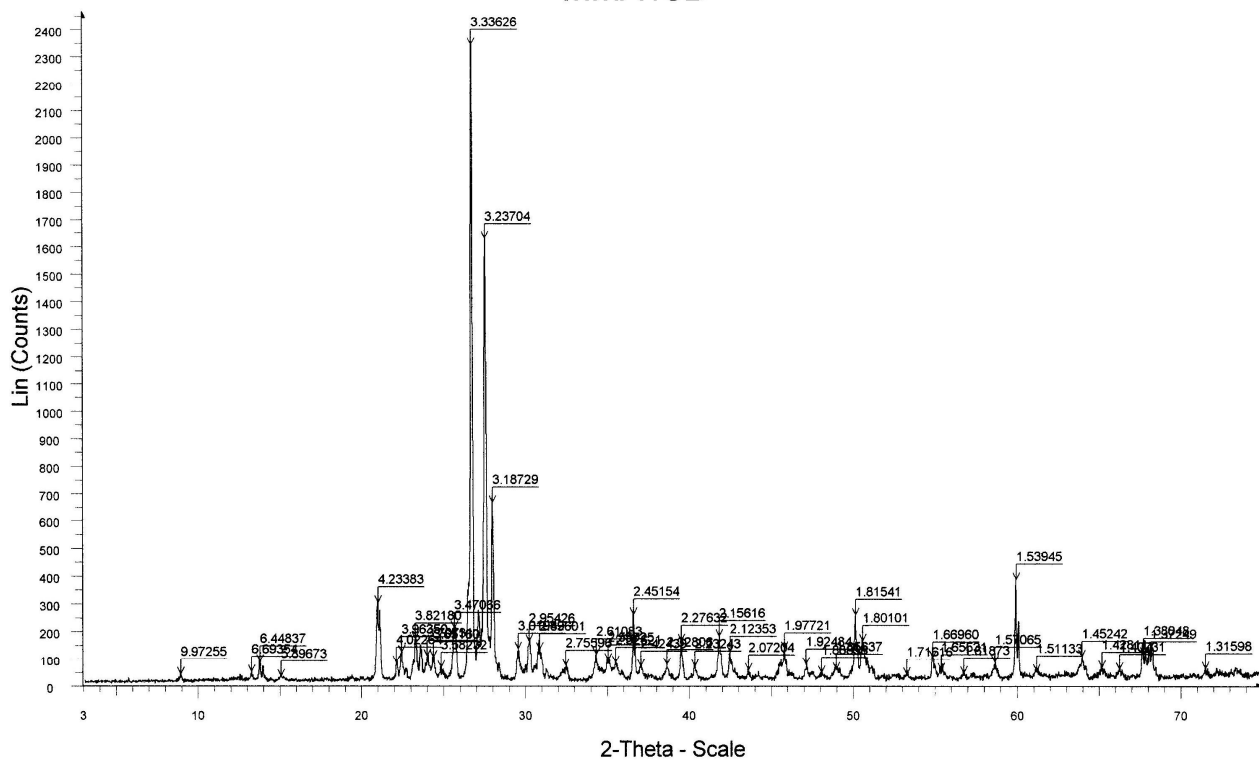
MMA16B - File: MMA16B.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
Operations: Import

MMA17B



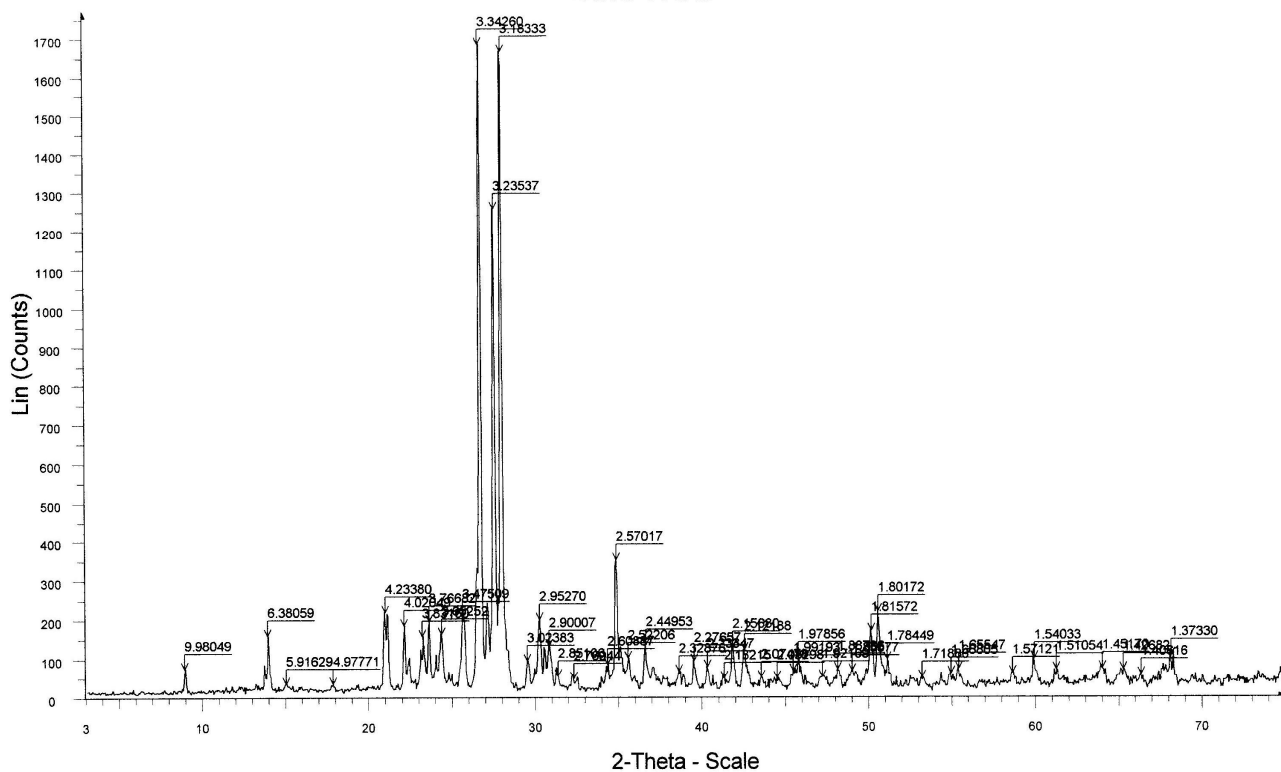
MMA17B - File: MMA17B.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
Operations: Import

MMA18B



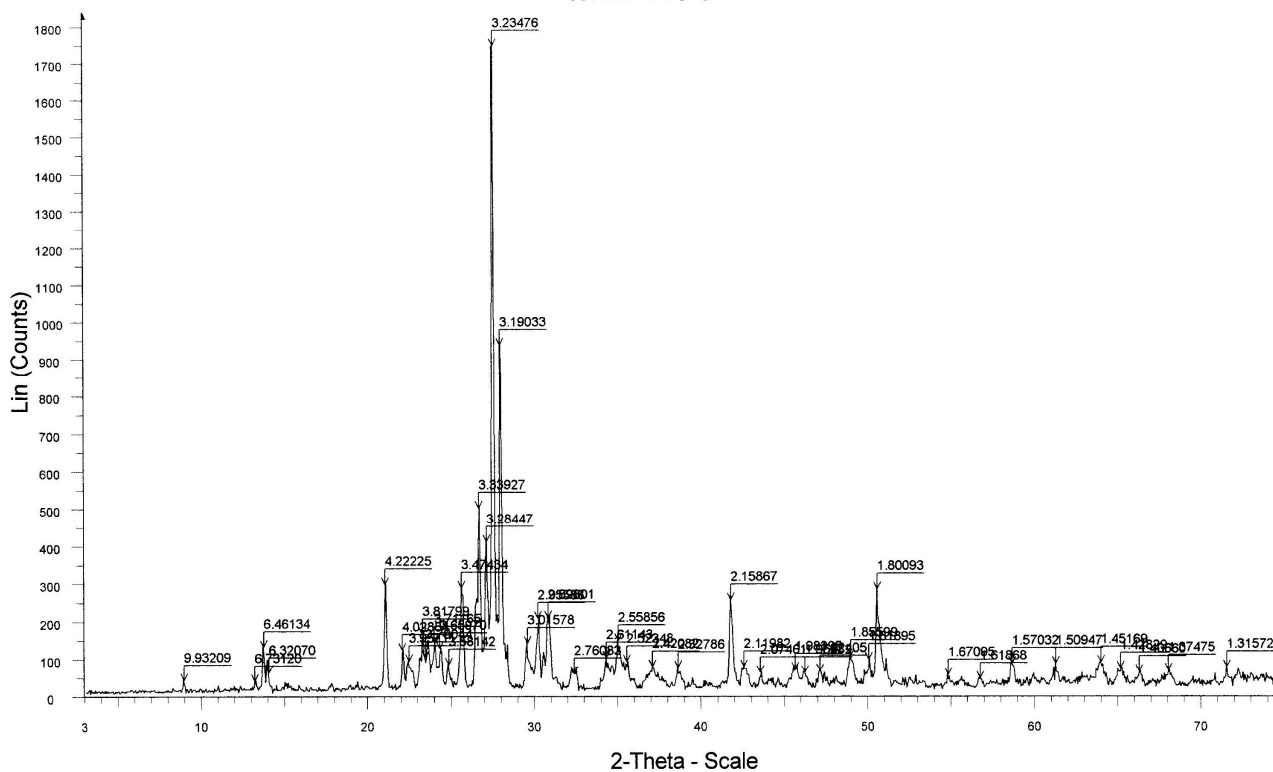
MMA18B - File: MMA18B.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
Operations: Import

MMA19B



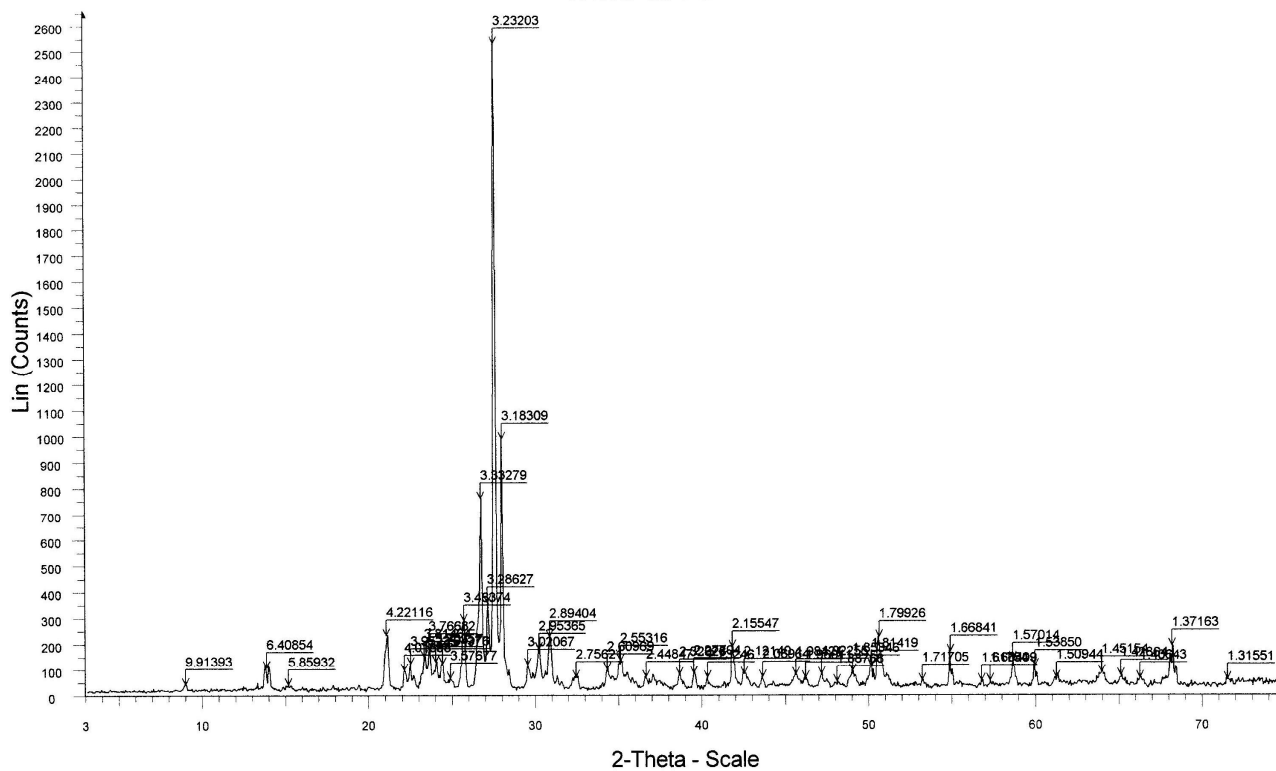
MMA19B - File: MMA19B.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
Operations: Import

MMA20C



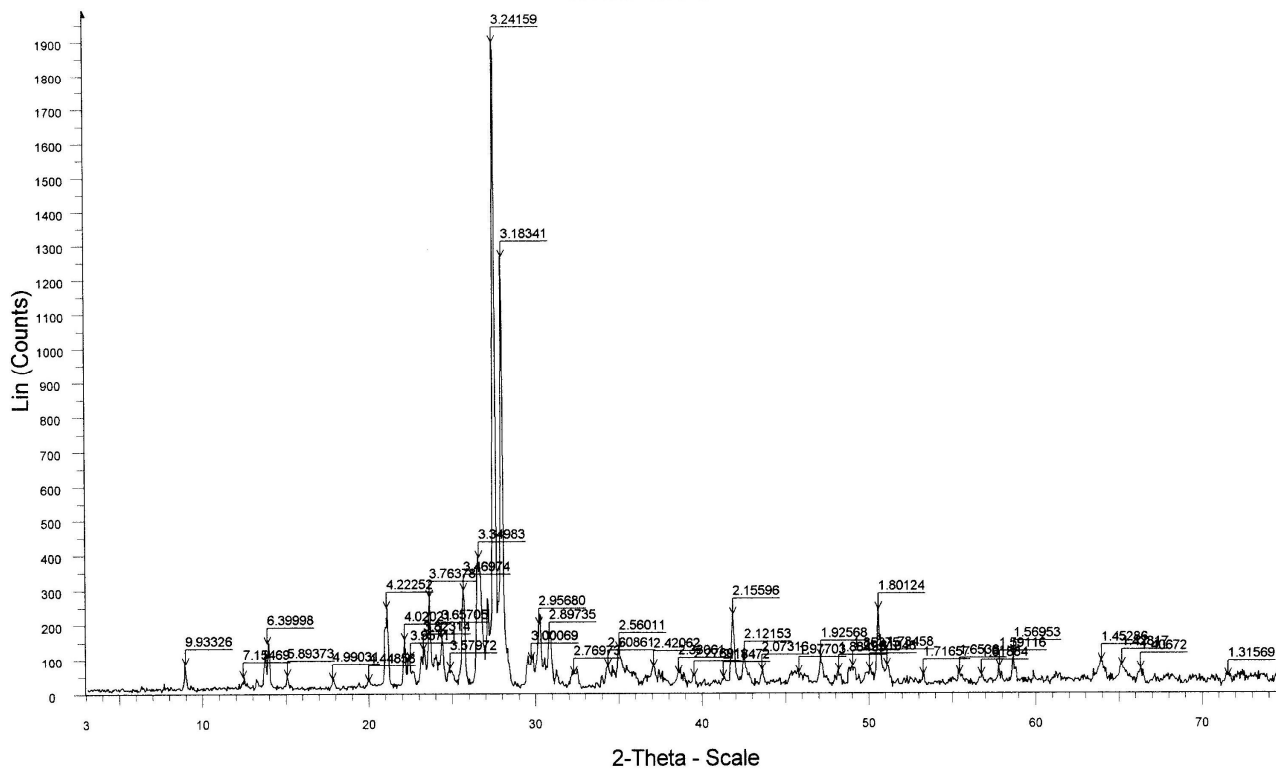
MMA20C - File: MMA20C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
Operations: Import

MMA21C



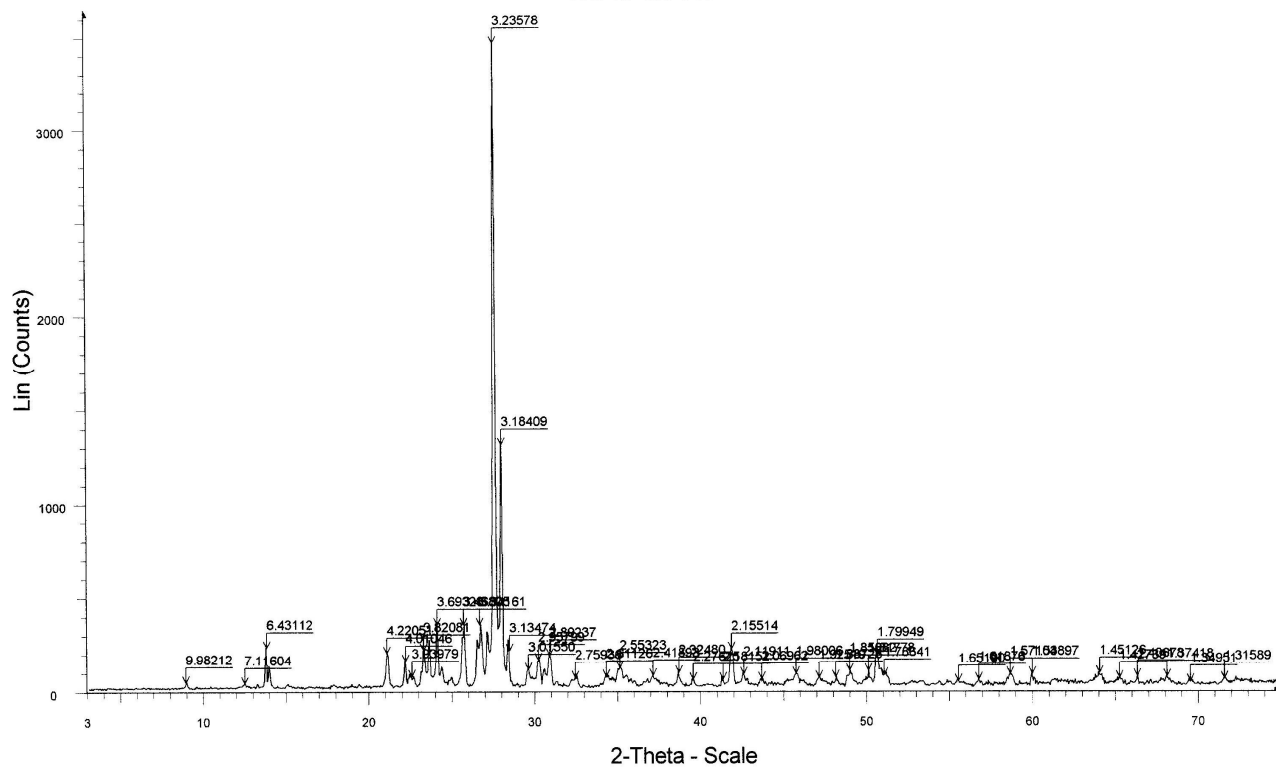
MMA21C - File: MMA21C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
Operations: Import

MMA23C



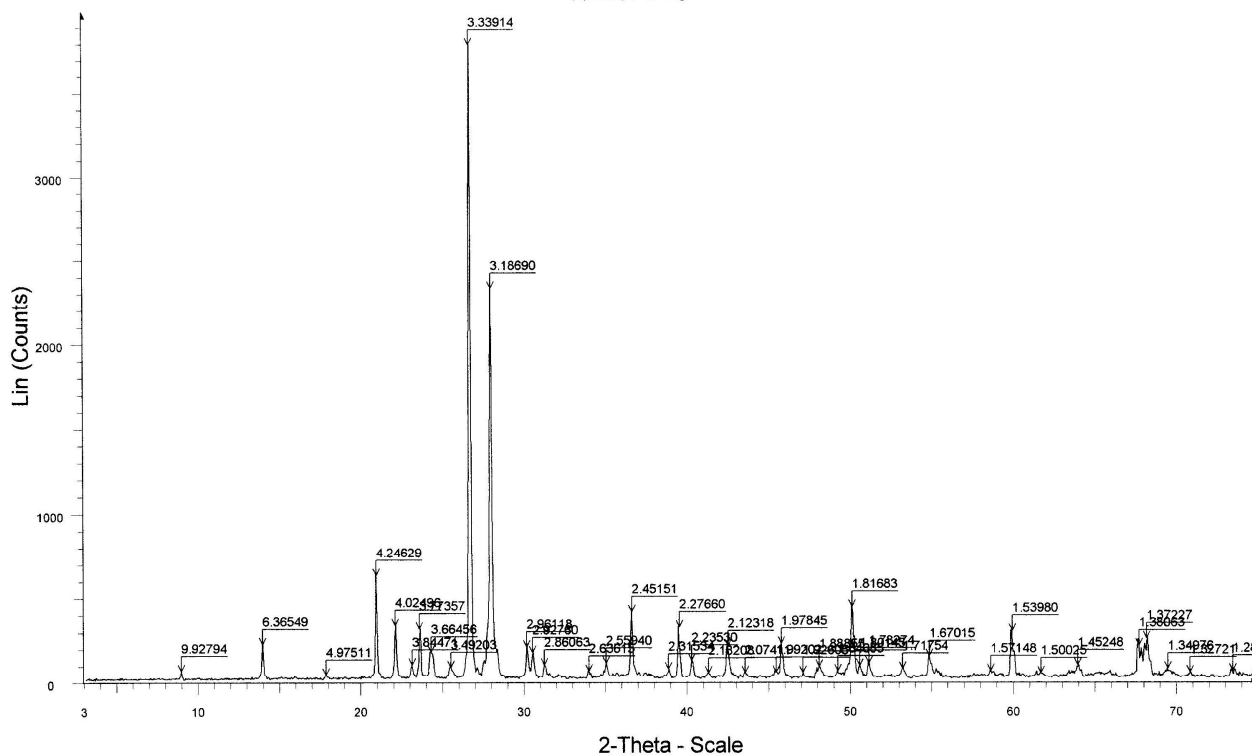
MMA23C - File: MMA23C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
Operations: Import

MMA24C



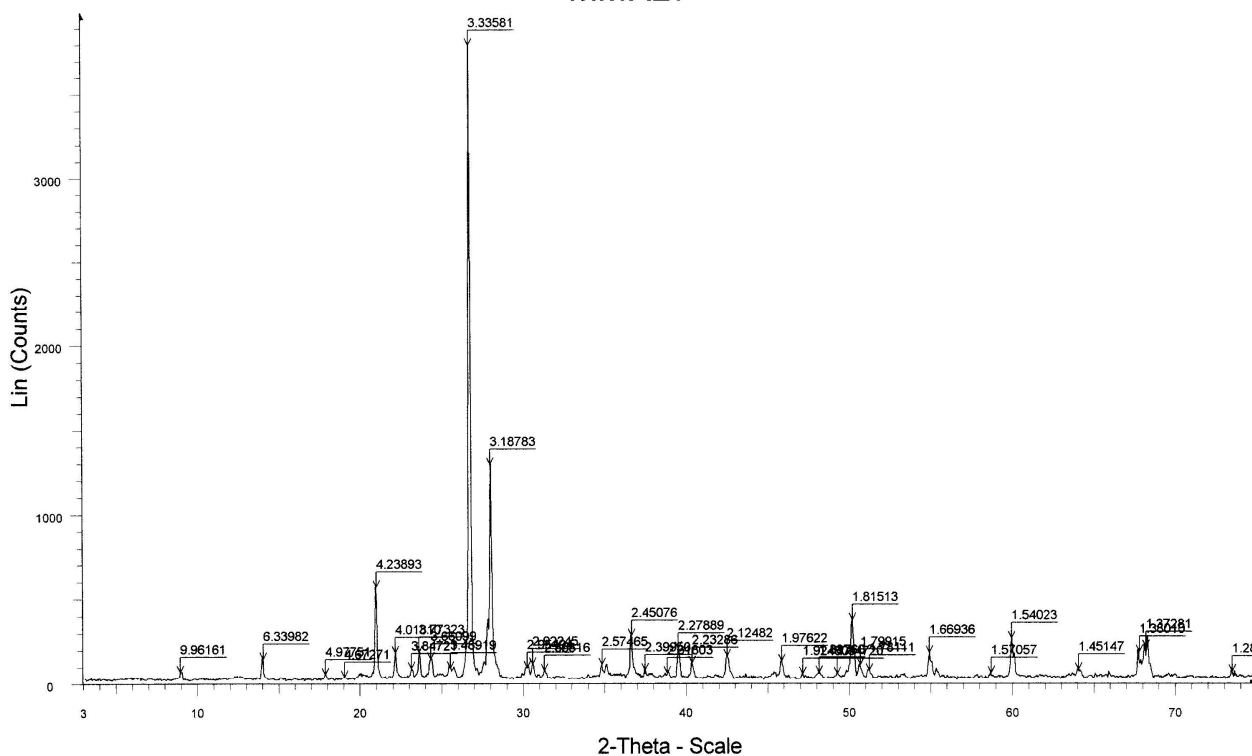
MMA24C - File: MMA24C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 °
Operations: Import

MMR26



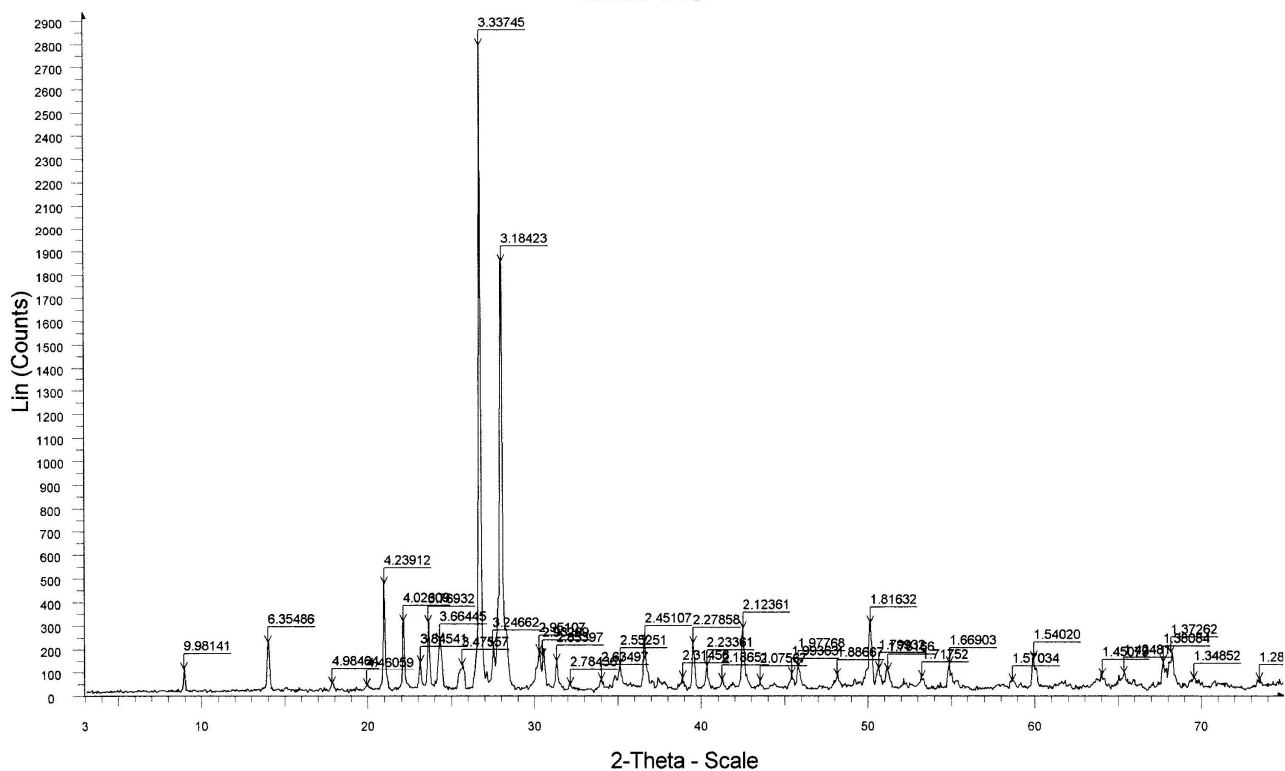
MMR26 - File: MMR26.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMR27



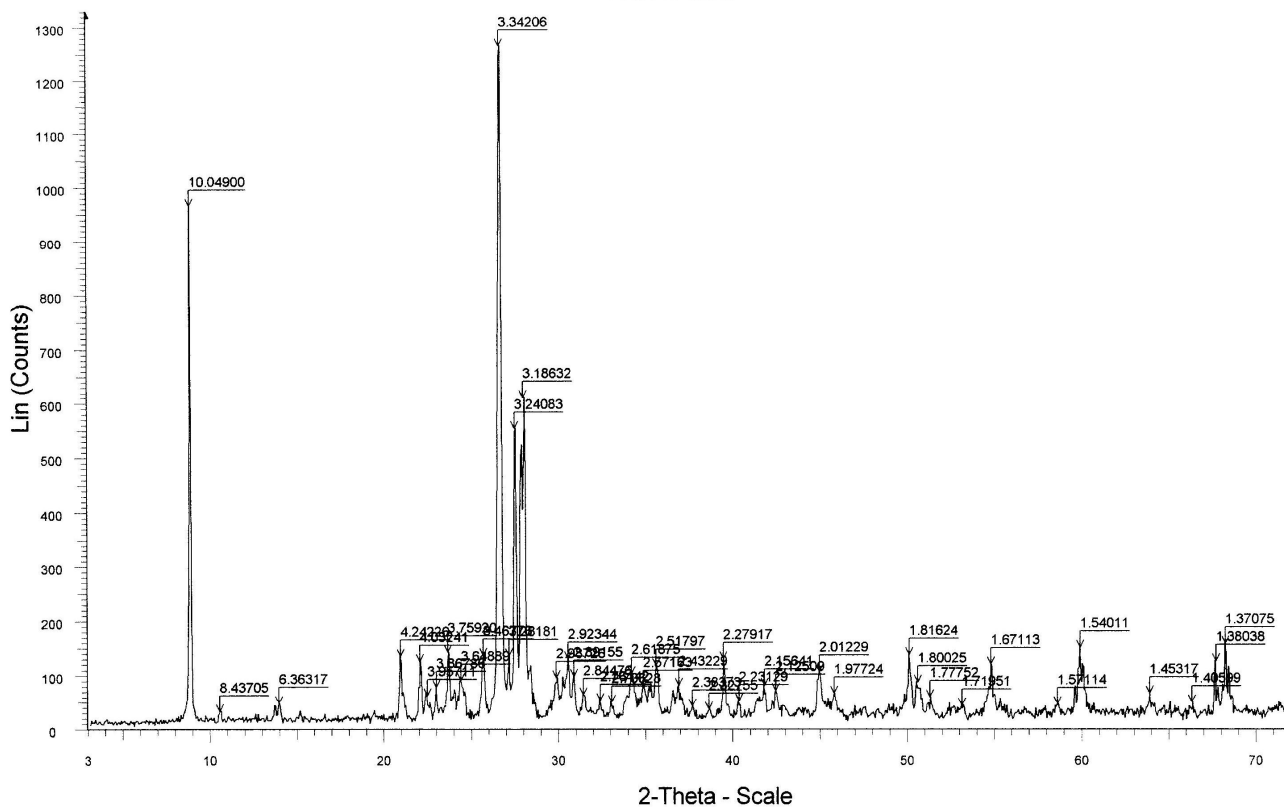
MMR27 - File: MMR27.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMR28



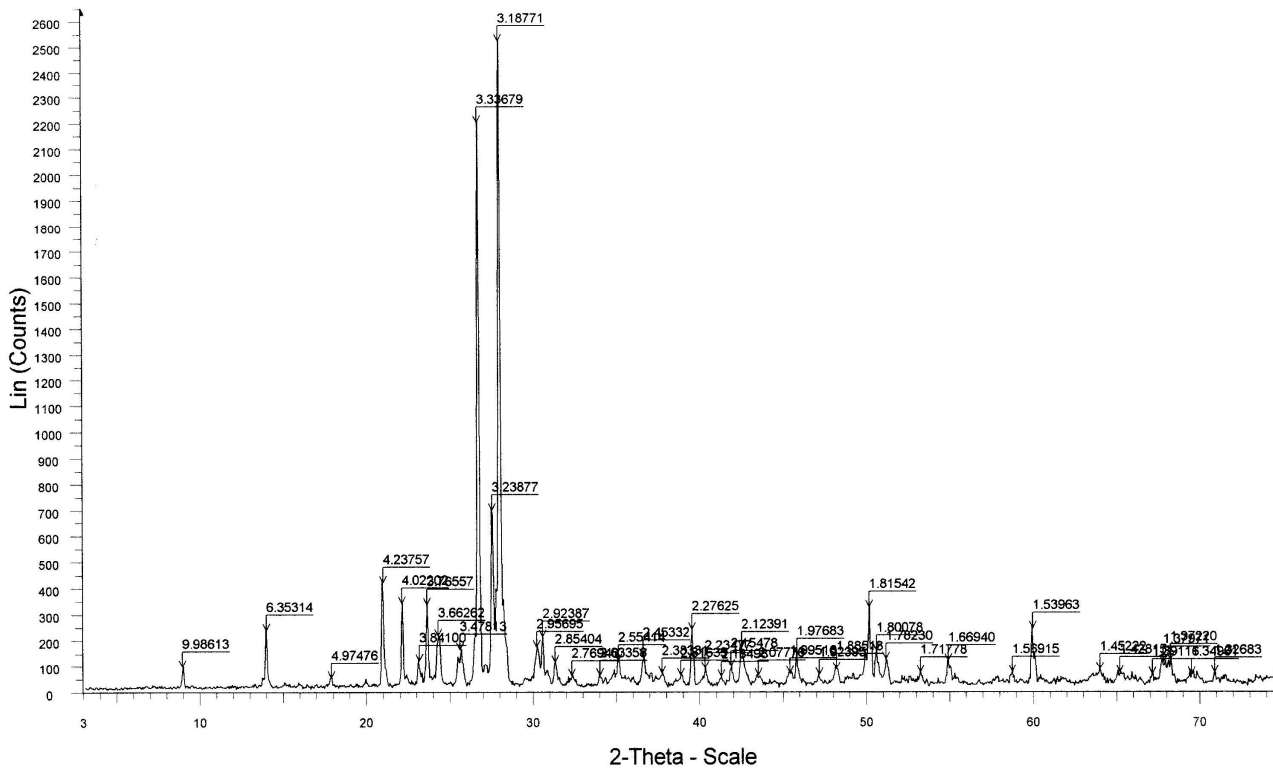
MMR28 - File: MMR28.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMR29



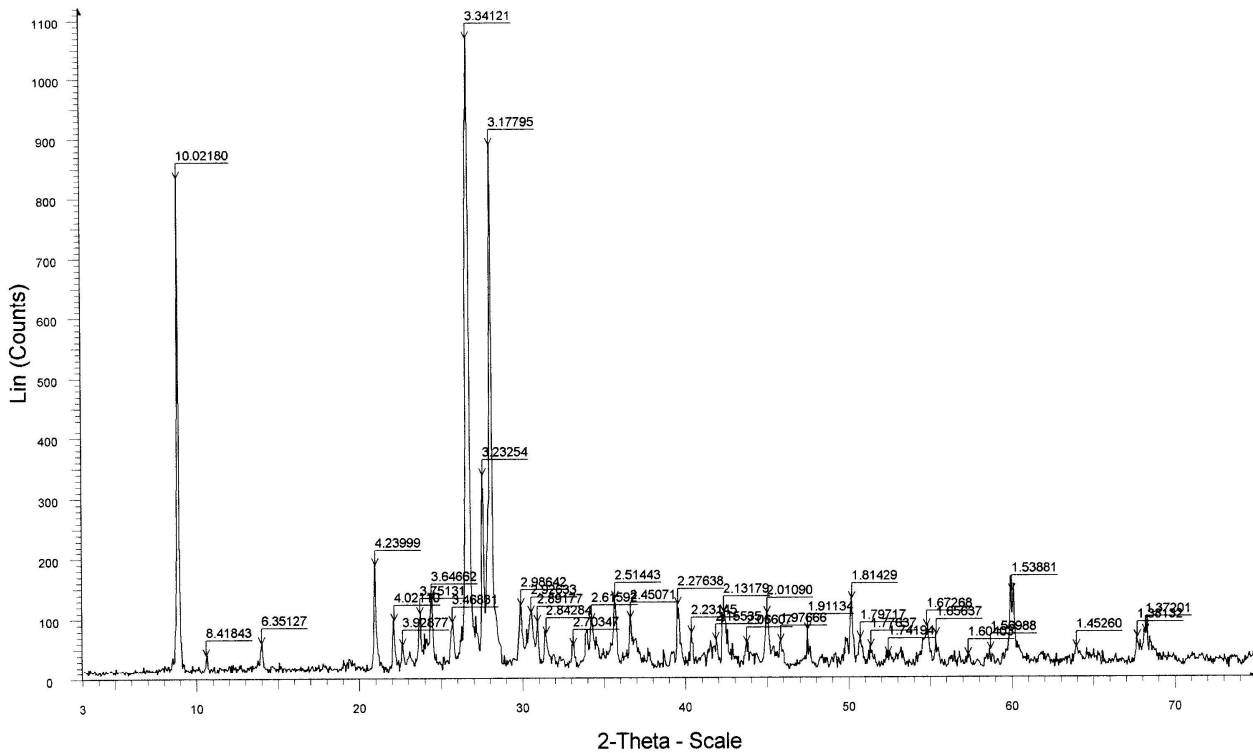
MMR29 - File: MMR29.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMR30



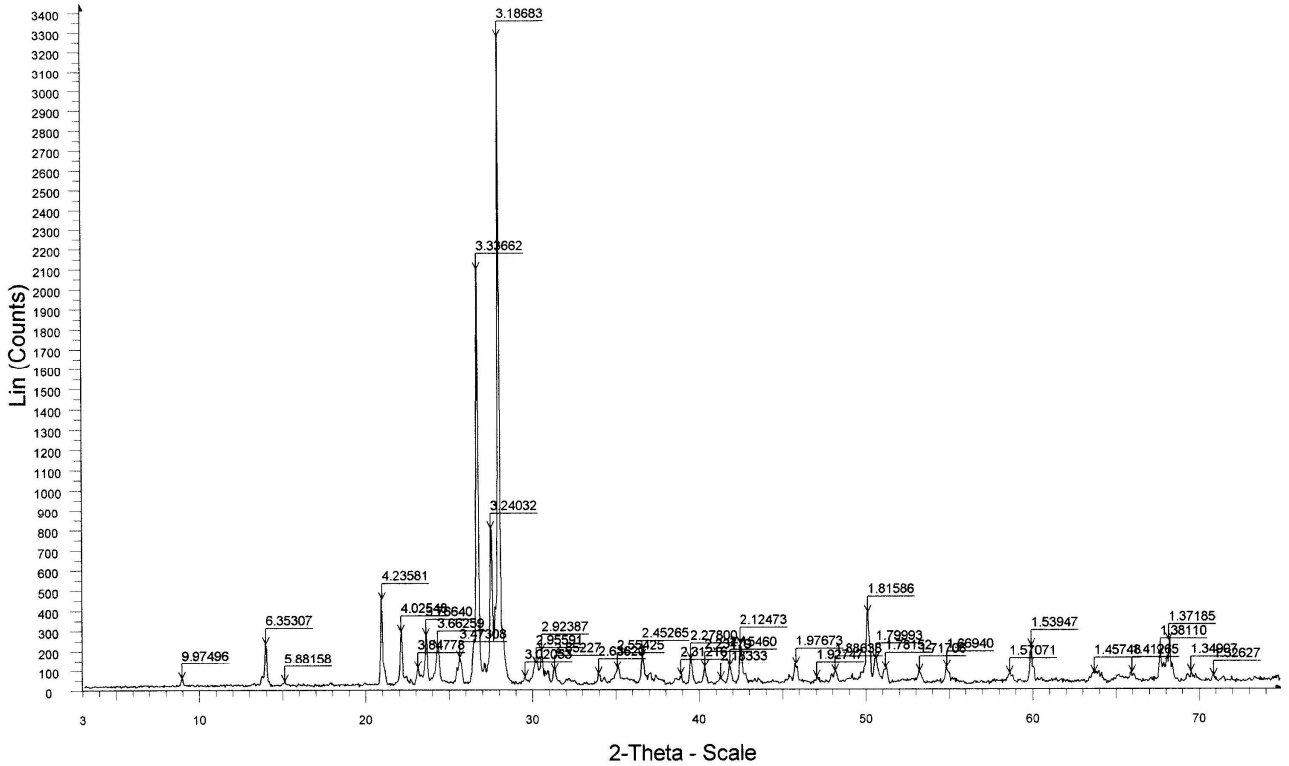
MMR30 - File: MMR30.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMR31



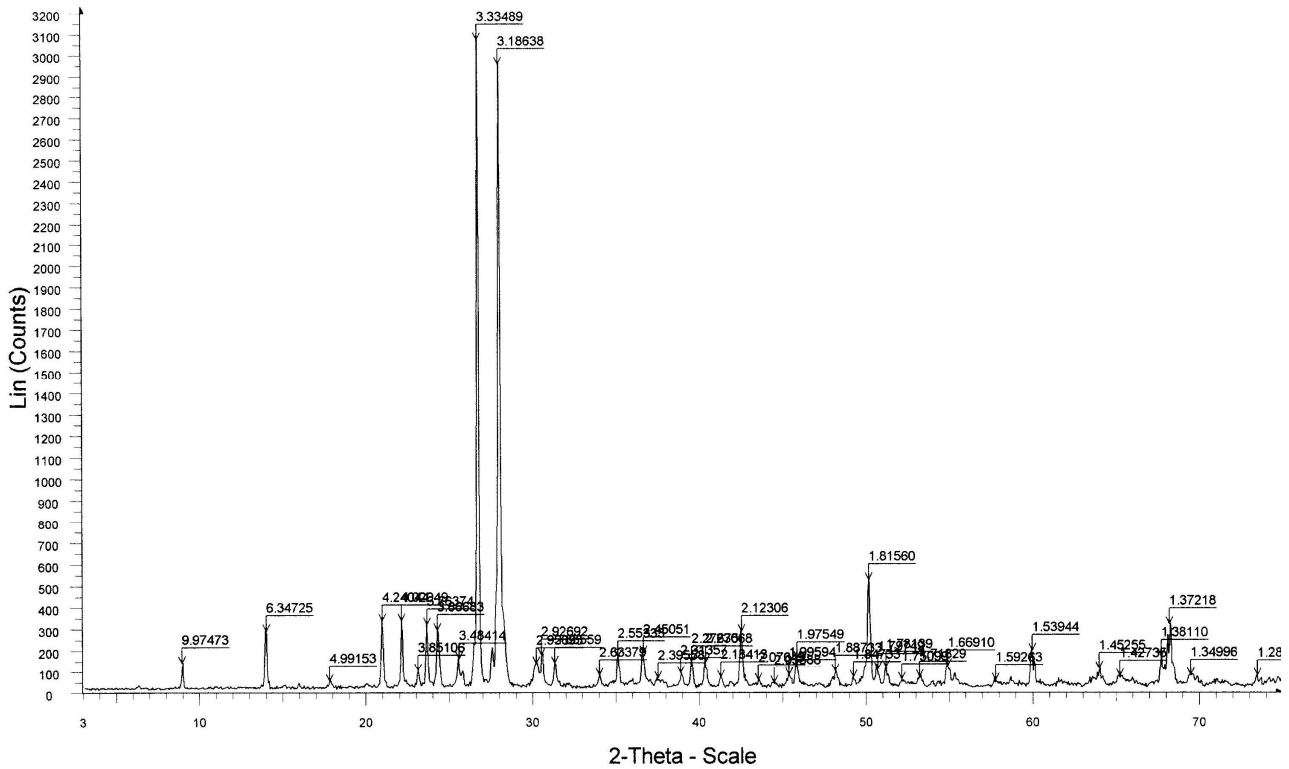
MMR31 - File: MMR31.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMR32



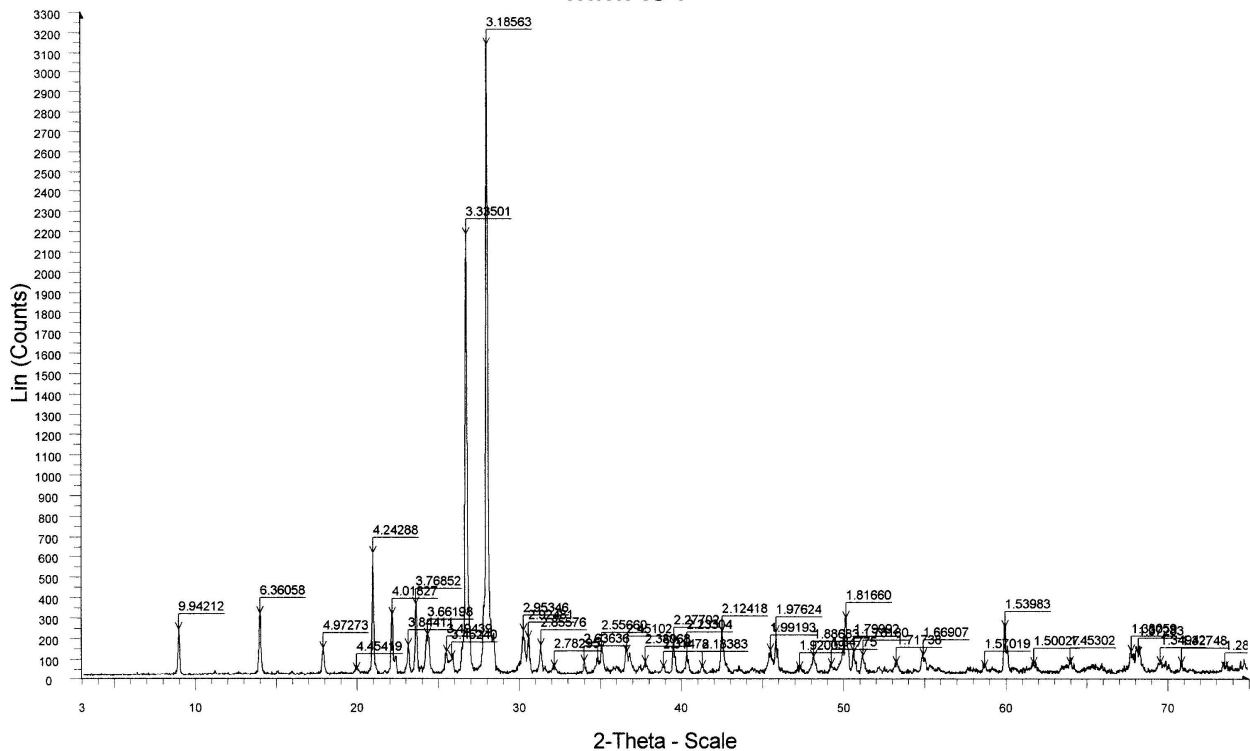
MMR32 - File: MMR32.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMR33



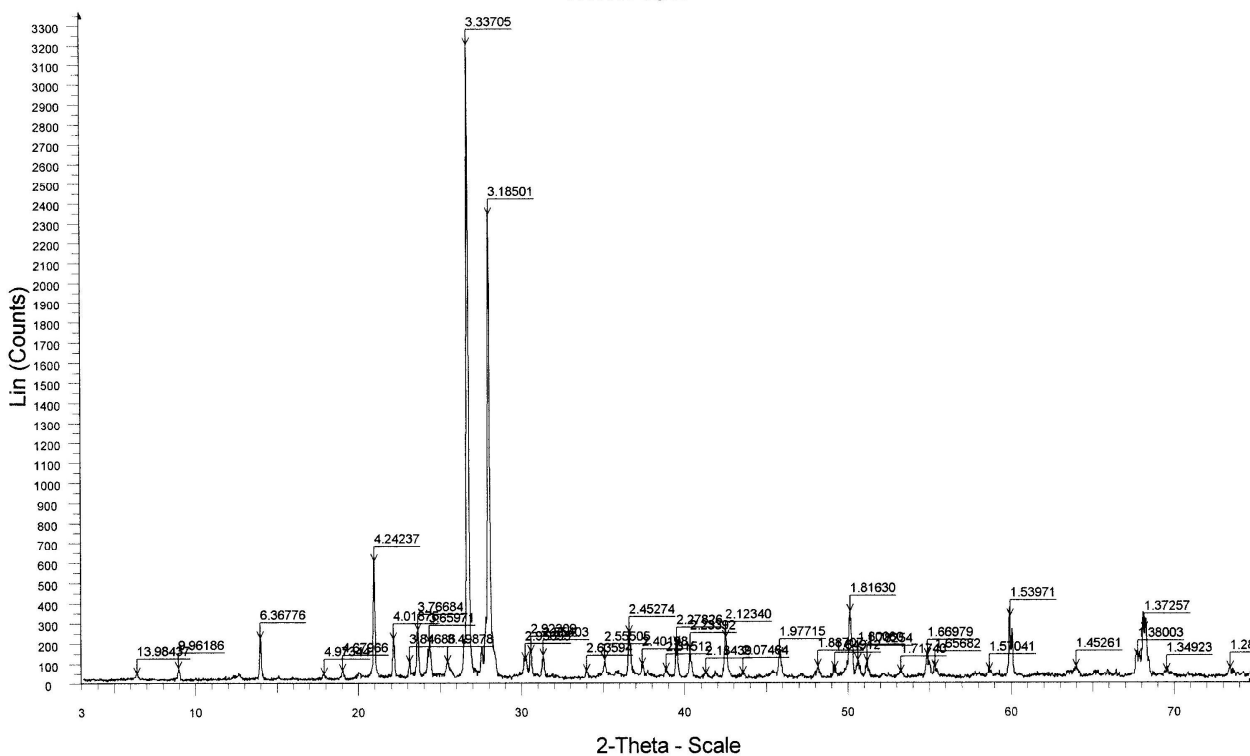
MMR33 - File: MMR33.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMR34



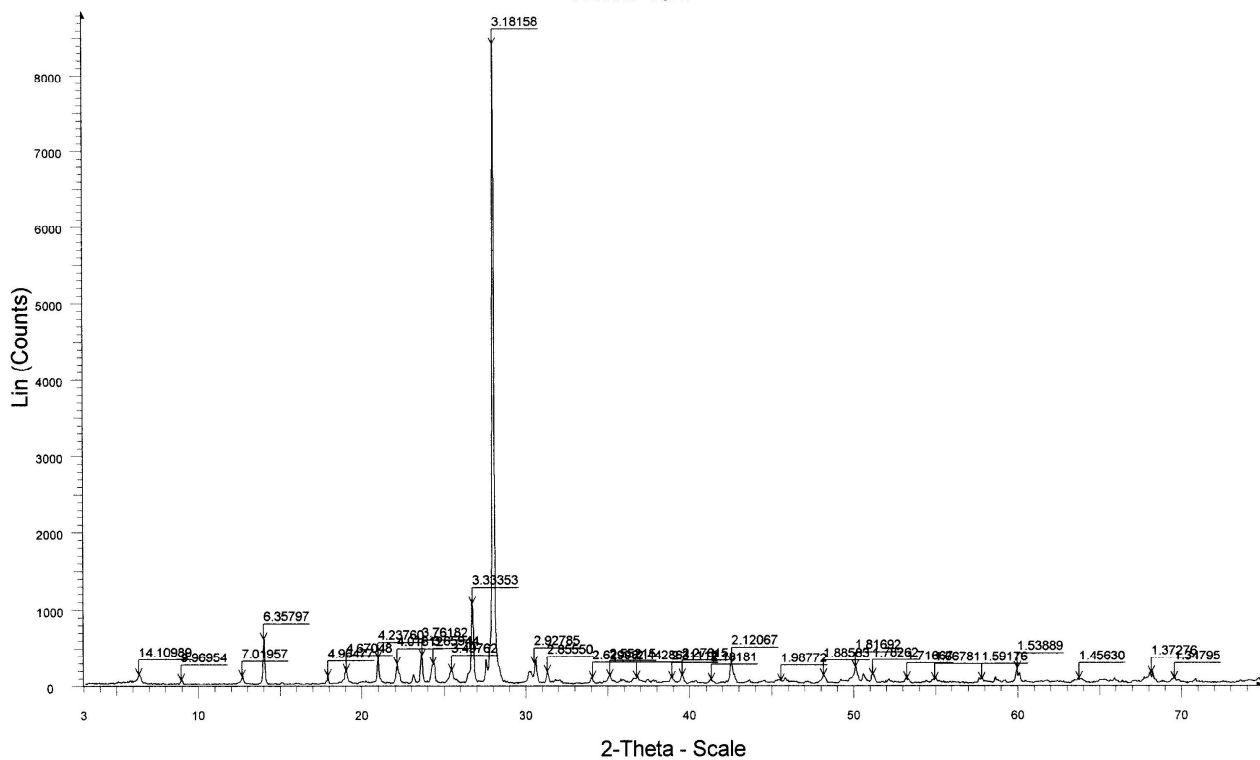
MMR34 - File: MMR34.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMR35



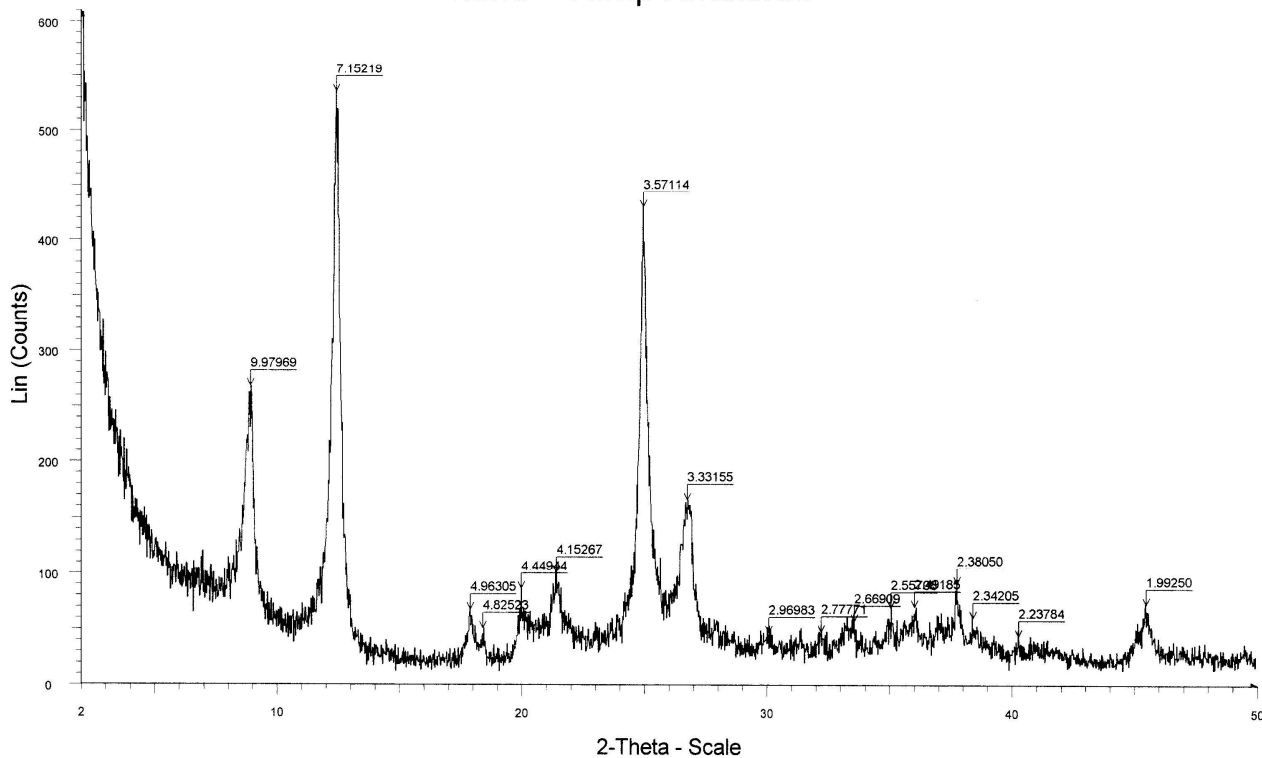
MMR35 - File: MMR35.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMR36



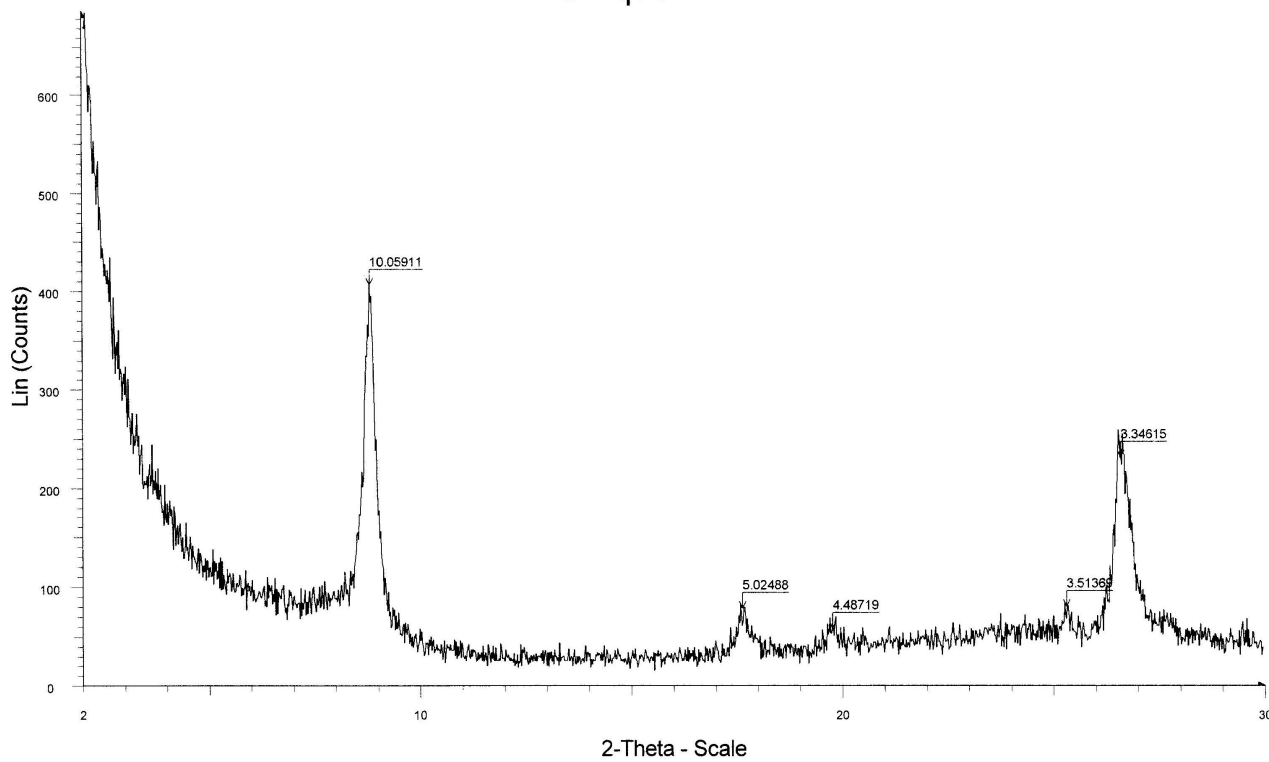
MMR36 - File: MMR36.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00000 ° - End: 75.00000 ° - Step: 0.05000 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 3.00000 ° - Theta: 1.50000 ° - Operations: Import

MMS - Temp Ambiente



MMS - Temp Ambiente - File: MMS - Temp Ambiente.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00000 ° - End: 50.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1.2 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 7 s - 2-Theta: Operations: Import

MMS - queimada



MMS - queimada - File: MMS - queimada.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00000 ° - End: 30.00000 ° - Step: 0.02000 ° - Step time: 1.2 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 2.00000 °
Operations: Import

ANEXO B.III – Análise elementar

Amostra*	MO1**	MO2	C1	C2	H1	H2
			%			
MMP11C	0,045	0,040	0,026	0,023	0,532	0,573
MMP8B	0,395	0,388	0,229	0,225	0,931	0,985
MMP1A	0,055	0,067	0,032	0,039	0,195	0,184
MMA22C	0,053	0,046	0,031	0,027	0,061	0,079
MMA16B	0,181	0,174	0,105	0,101	0,049	0,056
MMA14A	0,038	0,036	0,022	0,021	0,051	0,058
MMR33	0,064	0,062	0,037	0,036	0,002	0,003
MMR32	0,045	0,041	0,026	0,024	0,003	0,002
MMR31	0,010	0,000	0,006	0,000	0,055	0,072

*MMP-lavra Pau Alto I; MMA-lavra Água Santa; MMR-lavra Morro Redondo; MO-matéria orgânica; 1,2-repetições.

ANEXO B.IV – Análise de fertilizantes

Amostra* / Elemento	N total (%)	P total (%)	P sol. ác. citr. (%)	K ₂ O (%)	Ca (%)	Mg (%)	MO (%)
MMP1A	0,140	0,000	0,000	0,002	0,079	0,016	2,790
MMP2A	0,000	0,000	0,000	0,004	0,160	0,028	0,000
MMP3A	0,000	0,065	0,000	0,004	0,146	0,025	0,000
MMP4A	0,000	0,000	0,000	0,006	0,164	0,028	0,000
MMP5B	0,000	0,000	0,000	0,004	0,182	0,033	0,000
MMP6B	0,000	0,000	0,000	0,014	0,153	0,028	0,000
MMP7B	0,280	0,000	0,000	0,006	0,097	0,025	4,960
MMP8B	0,000	0,000	0,000	0,002	0,096	0,012	0,000
MMP9C	0,000	0,000	0,000	0,002	0,059	0,008	0,000
MMP10C	0,000	0,000	0,000	0,004	0,062	0,008	0,000
MMP11C	0,000	0,000	0,000	0,006	0,110	0,011	0,000
MMP12C	0,140	0,000	0,000	0,004	0,090	0,018	1,980
MMA13A	0,000	0,000	0,000	0,032	0,102	0,013	0,000
MMA14A	0,280	0,000	0,000	0,034	0,068	0,017	0,500
MMA15B	0,000	0,000	0,000	0,028	0,116	0,019	0,000
MMA16B	0,140	0,000	0,000	0,022	0,051	0,033	0,400
MMA17B	0,000	0,026	0,000	0,034	0,073	0,050	0,000
MMA18B	0,000	0,000	0,000	0,032	0,890	0,291	0,000
MMA19B	0,000	0,000	0,000	0,018	0,039	0,016	0,000
MMA20C	0,000	0,017	0,000	0,056	0,117	0,026	0,000
MMA21C	0,000	0,000	0,000	0,018	0,113	0,028	0,000
MMA22C	0,000	0,220	0,016	0,024	0,193	0,026	0,000
MMA23C	0,140	0,000	0,000	0,030	0,061	0,033	0,500
MMA24C	0,000	0,000	0,000	0,024	0,113	0,025	0,000
MMR25	0,000	0,000	0,000	0,006	0,160	0,034	0,000
MMR26	0,140	0,000	0,000	0,008	0,149	0,025	0,700
MMR27	0,000	0,005	0,000	0,006	0,131	0,132	0,000
MMR28	0,000	0,000	0,000	0,022	0,185	0,038	0,000
MMR29	0,000	0,000	0,000	0,022	1,246	0,443	0,000
MMR30	0,000	0,000	0,000	0,006	0,136	0,027	0,000
MMR31	0,000	0,000	0,000	0,034	0,807	0,662	0,000
MMR32	0,140	0,140	0,130	0,010	0,118	0,033	0,500
MMR33	0,000	0,000	0,000	0,004	0,102	0,017	0,000
MMR34	0,000	0,000	0,000	0,002	0,139	0,022	0,000
MMR35	0,000	0,000	0,000	0,010	0,073	0,035	0,000
MMR36	0,140	0,042	0,041	0,004	0,137	0,040	0,700

*MMP-lavra Pau Alto I; MMA-lavra Água Santa; MMR-lavra Morro Redondo; N total-nitrogênio total; P total-fósforo total; P sol. ác. citr.-fósforo solúvel em ácido cítrico; MO-matéria orgânica.

ANEXO B.V – Área foliar

Indivíduos	Leit.1 (cm ²)	Leit.2 (cm ²)	Leit.3 (cm ²)	Leit.4 (cm ²)	Leit.5 (cm ²)
1	37,82	76,11	144,49	226,00	64,37
2	233,65	299,64	190,86	138,66	63,06
3	244,78	150,63	78,54	54,49	91,36
4	214,84	130,63	50,99	85,75	190,29
5	111,92	171,77	92,91	30,88	72,09
6	227,37	139,45	59,54	47,40	99,28
7	178,80	296,97	317,67	241,91	102,94
8	167,69	227,55	238,11	123,49	66,22
9	178,42	102,82	57,53	37,82	275,49
10	196,02	128,09	77,92	61,27	124,03
11	149,60	164,90	95,30	45,31	13,47
12	218,88	191,73	96,66	31,24	66,27
13	205,83	139,06	79,32	73,98	93,38
14	21,30	42,97	140,74	225,33	101,88
15	177,49	184,72	119,78	110,62	172,64
16	248,90	189,67	135,24	46,83	96,40
17	214,46	158,55	65,89	37,12	20,11
18	188,88	170,68	102,23	70,38	16,71
19	151,38	128,16	47,87	42,28	71,37
20	297,27	246,30	162,17	73,86	102,71
21	253,03	347,27	85,28	31,28	41,13
22	210,83	166,33	96,58	107,59	50,09
23	33,49	46,82	58,54	64,17	218,70
24	178,52	120,28	50,79	40,32	29,98
25	96,71	157,92	90,61	161,63	153,96
26	185,72	176,29	116,50	67,36	15,94
27	156,95	107,00	50,27	12,41	145,51
28	44,94	106,03	149,65	182,95	191,33
29	202,96	161,89	56,03	109,64	244,27
30	112,92	196,37	35,32	69,60	165,33
31	236,54	359,87	342,79	229,27	286,45
32	226,65	78,85	17,65	101,09	159,55
33	268,67	76,61	16,42	279,50	205,85
34	152,88	98,84	28,25	56,23	128,99
35	237,88	179,68	110,58	239,74	188,57
36	181,43	166,47	95,68	45,37	194,09
37	139,79	174,66	131,96	27,23	79,26
38	181,15	166,85	109,55	20,87	202,58
39	239,30	140,85	52,05	14,32	204,08
40	257,78	187,55	86,77	87,26	238,22
41	152,13	229,68	148,09	75,58	18,98
42	244,00	110,05	55,98	5,87	162,71
43	235,16	134,59	54,62	107,24	226,69
44	138,73	254,94	142,31	60,04	92,69
45	273,80	212,20	135,48	77,15	171,01
46	212,03	210,84	207,28	160,67	147,55
47	101,49	175,81	206,83	116,38	62,95
48	187,65	200,98	97,67	26,03	300,08
49	470,18	298,15	157,37	398,59	653,20

50	494,27	660,00	542,59	354,46	239,07
51	268,44	169,29	74,63	128,43	270,90
52	478,82	233,91	172,37	104,13	252,08
53	543,65	395,77	283,74	162,17	211,37
54	543,65	395,77	283,74	162,17	211,37
55	617,00	564,04	387,63	214,48	74,74
56	666,89	331,97	317,01	143,51	34,96
57	567,62	623,64	490,85	371,25	209,71
58	525,05	501,67	422,27	251,94	72,43
59	674,09	505,30	341,86	535,64	440,65
60	515,08	423,45	229,22	170,05	53,69
61	421,93	371,76	285,29	171,37	85,58
62	553,34	391,61	227,02	143,87	295,53
63	382,38	476,47	323,02	191,74	69,39
64	192,57	432,06	351,93	208,20	88,94
65	200,01	122,34	227,09	156,01	93,64
66	191,57	225,58	148,90	91,46	29,35
67	367,25	383,12	323,90	197,26	135,14
68	320,94	356,30	267,51	169,30	93,49
69	322,48	222,16	111,95	76,97	279,62
70	245,62	324,31	259,04	175,62	80,49
71	253,27	145,16	78,83	23,86	199,20
72	290,88	259,40	20,80	182,38	43,21
73	219,34	220,31	74,51	15,25	36,35
74	297,91	220,97	135,11	72,98	22,93
75	325,07	327,45	181,85	126,76	106,69
76	395,12	279,38	103,91	220,34	90,23
77	334,35	273,30	170,07	336,59	240,60
78	246,75	308,76	248,26	155,87	43,22
79	303,14	165,87	67,62	36,98	72,46
80	262,82	358,43	136,59	53,50	99,84

CURRICULUM VITAE

Marcus Manoel Fernandes, filho de Noé de Oliveira Fernandes e Efigênia de Barros Fernandes, nasceu em Ubá, Minas Gerais, no dia 12 de fevereiro de 1963.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa-UFV, em agosto de 1987.

Lecionou na Escola Estadual Prof. Cícero Torres Galindo, em Senador Firmino/MG, no período de março a maio/1988.

De julho a novembro/1988, trabalhou na Companhia de Promoção Agrícola-CAMPO, nos escritórios de Formosa-GO, Buritis/MG e Diamantino/MT.

Em dezembro/1988, foi contratado como Pesquisador pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais-CETEC, em Belo Horizonte, onde atua na área de Pedologia e Recursos Edáficos.

Obteve o título de “*Magister Scientiae*” por ter satisfeito as exigências do curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa-UFV, em abril de 1996.

Realizou onze Cursos e Estágios de Pesquisa.

Participou de trinta e seis Encontros, Congressos e Comissões.

Participou da Equipe Executora e/ou Coordenação de trinta e quatro Projetos de Pesquisa e/ou Prestações de Serviços.

Orientou um trabalho e participou de três bancas de Iniciação Científica.

Publicou vinte e sete trabalhos em Periódicos, Anais de Congressos e/ou outras publicações, sendo quatro relacionados à Tese de Doutorado. Aguarda parecer do artigo “Agronomic Viability of the Use of Mining Wastes from the Pegmatitic District of Araçuaí, Minas Gerais State, Brazil”, submetido para publicação no periódico *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (Holanda).

Coordenou o Setor de Recursos da Terra-SAT da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais-CETEC, no período de 31 agosto/2001 a 30 setembro/2004.

Membro da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, a partir de 1990.

Coordena o Grupo de Pesquisa “Recuperação de Áreas Degradadas” do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, a partir de 1997.

Membro do Núcleo Executivo do Programa Rede Estadual das Tecnologias dos Minerais, vinculado à Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior-SECTES, a partir de novembro/2004.

Nominated country representative of Brazil to organize an agrogeology (*Rocks for Crops*) network, in Brasília, November, 13th 2004.

Em março/2004, licenciou-se (20 horas semanais) para realizar o Curso de Doutorado em Geologia no Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais-IGC/UFMG.