

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
NÍVEL MESTRADO**

MÁRCIA DA SILVA GOMES

**AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DA DINÂMICA DA
MATÉRIA ORGÂNICA, NA MICROBACIA DO ARROIO MORUNGAVA,
GRAVATAÍ, RS.**

SÃO LEOPOLDO

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Márcia da Silva Gomes

**AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DA DINÂMICA DA
MATÉRIA ORGÂNICA, NA MICRO BACIA DO ARROIO MORUNGAVA,
GRAVATAÍ, RS.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre**, pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Gustavo Wöhl
Coelho

São Leopoldo

2009

G633a Gomes, Márcia da Silva

Avaliação da degradação do solo através da dinâmica da matéria orgânica, na micro bacia do Arroio Morungava, Gravataí, RS / por Márcia da Silva Gomes. -- São Leopoldo, 2009.

88 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Geologia, São Leopoldo, RS, 2009.

“Orientação: Prof. Dr. Osmar Gustavo Wöhl Coelho, Ciências Exatas e Tecnológicas”.

1.Solos - Degradação. 2.Solos - Conservação. 3.Humus. 4.Micro bacia - Arroio Morungava (RS). 5. Equação Universal de Perda de Solo. I.Título.

CDU 551.3.053
631.458
631.43
631.47

Catlogação na publicação:
Bibliotecária Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252

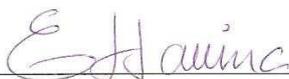
ATESTADO DE APROVAÇÃO

Atestamos que a dissertação de Mestrado

**“AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DA DINÂMICA DA
MATÉRIA ORGÂNICA, NA MICRO-BACIA DO ARROIO MORUNGAVA,
GRAVATAÍ, RS”**,

apresentada por **MARCIA DA SILVA GOMES** foi aceita e aprovada como atendimento
parcial aos requisitos para a obtenção do grau de **MESTRE EM GEOLOGIA**.

Banca Examinadora:

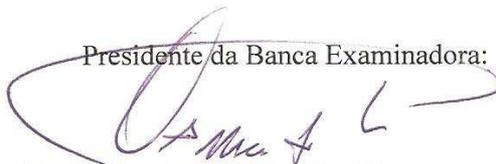


Prof. Dr. Ernesto Luiz Correa Lavina
UNISINOS



Prof. Dr. Marco Antonio Fontoura Hansen
UNIPAMPA

Presidente da Banca Examinadora:



Prof. Dr. Osmar Gustavo Wohl Coelho
UNISINOS

São Leopoldo, 15 de setembro de 2009.

“Dedico este trabalho ao meu noivo Miguel, que esteve comigo durante toda a elaboração deste, me apoiando de todas as formas possíveis, com todo seu amor e dedicação”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais Paulo e Claudete pela ótima educação que me ofereceram e pelo amor eterno que me fornecem, ao meu noivo Miguel por estar comigo sempre com toda sua dedicação e aos meus irmãos Pati e Marcelo por fazerem parte da minha vida. Agradeço com muito carinho ao meu orientador Dr. Osmar Gustavo Wöhl Coelho. Aos professores da banca avaliadora Dr. Ernesto Lavina, Dr. Marco A. F. Hansen e Dr. Ubiratan Facchini, pelas dicas e opiniões em relação a dissertação. Ao amigo Paulo Müller da Fundação Municipal de Meio Ambiente de Gravataí, por me ajudar durante as saídas de campo. Às colegas do laboratório de ciências do solo da Unisinos Letícia e Caroline, por me ajudarem durante as análises granulométricas do solo e compartilharem comigo os ótimos chimarrões naquelas manhãs frias de inverno. Ao colega Antônio do laboratório de sedimentologia da geologia da Unisinos, por me ajudar a realizar as análises de solo. Aos colegas do LASERCA Alexandre, Marco e André. Às minhas grandes amigas Luciane Baretta e Paula Schmith. Às minhas colegas de mestrado Lucieli, Kellen, Juliana, Sabrina e Joice pelas ótimas conversas e risadas principalmente na hora do cafezinho, durante todo o curso. Enfim, agradeço a todas as pessoas que estiveram comigo de alguma forma, durante toda esta jornada de muito trabalho e dedicação nesta fase da minha vida.

RESUMO

A degradação dos solos é um dos principais problemas relacionados ao desenvolvimento sustentável, e um dos grandes desafios a serem enfrentados já neste século. A ação do homem no planejamento e desenvolvimento da ocupação do espaço na Terra requer cada vez mais uma visão ampla sobre as necessidades da população, os recursos terrestres e aquáticos disponíveis e o conhecimento sobre o comportamento dos processos naturais, para racionalmente compatibilizar necessidades crescentes com recursos limitados. A crescente degradação do solo sob exploração agrícola em todo o mundo despertou nos últimos anos uma preocupação com a qualidade do solo e a sustentabilidade da produção agrícola. A matéria orgânica do solo é um fator relevante na qualidade deste, sendo uma fonte de energia, de carbono e doadora de elétrons da grande maioria dos organismos, o que evidencia sua importância para a biota desempenhar suas funções no sentido de promover as propriedades do solo. O objetivo deste trabalho é avaliar a degradação do solo na microbacia do arroio Morungava, com uso da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), através de análise da variação temporal da matéria orgânica nos horizontes superficiais, em solos Hidromórficos e Argissolos, sob práticas de cultivo em diferentes períodos de uso (18 meses de cultivo; 10 anos de cultivo; 15 anos de cultivo e mais de 30 anos de cultivo), utilizando áreas de mata nativa como referência. Em condições naturais os argissolos mostram um aumento de matéria orgânica (MO) com a profundidade. Nos horizontes superficiais dos solos cultivados analisados observa-se perda de MO por erosão e oxidação superficial, com pouca translocação vertical. Neste caso, a erosão superficial acelerada antropicamente, faz com que o Horizonte B dos argissolos fique próximo a superfície, eventualmente exposto, com o passar do tempo. Já os solos hidromórficos verificam-se grandes perdas iniciais com a retirada de matas nativas, o que pode ser em parte atribuído à oxidação acelerada da MO, devido às mudanças ambientais. Para os solos hidromórficos com mais de 15 anos de uso, verifica-se um comportamento inverso, ocorrendo um significativo aumento superficial da MO, o que pode ser devido ao aporte de MO originado dos argissolos adjacentes. Assim, as planícies aluvionares, para tempos de uso superiores há 15 anos, devem provavelmente atuar como zonas de acumulação de MO na bacia hidrográfica. Há um provável processo menos intenso de translocação vertical, o qual é observado nos primeiros 10 anos de uso dos hidromórficos. Quanto à avaliação espacial de perda de MO observa-se taxas com variação de 0 até 239,15 t ha⁻¹ ano⁻¹ com o uso do solo atual. Assim, 54,12 % da área apresentam taxas de perda de MO entre 0 a 0,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ 42,21 % variam de 0,5 a 5 t ha⁻¹ ano⁻¹ e os demais 3,67 % de área apresentam perdas de MO acima de 5 t ha⁻¹ ano⁻¹. Em um cenário onde a legislação ambiental (Código Florestal Federal - Lei 4.771 de 1965 e Código Florestal Estadual - Lei 9.519 de 1992) é cumprida, com reflorestamento nas Áreas de Preservação Permanente – APPs, referente às encostas com declividade acima de 45° e faixas de 30 metros de cada lado, ao longo dos cursos d'água, observa-se 62,17 % da área com taxas de perda de MO entre 0 a 0,5 t ha⁻¹ ano⁻¹, 36,86 % variam de 0,5 a 5 t ha⁻¹ ano⁻¹ e os demais 0,97 % de área apresentam perdas de MO acima de 5 t ha⁻¹ ano⁻¹, chegando a atingir 37,28 t ha⁻¹ ano⁻¹ em alguns pontos. Para um cenário onde a faixa de preservação é de apenas 5 metros de cada lado, ao longo dos cursos d'água, de acordo com a legislação ambiental do Estado de Santa Catarina (Art. 114 da Lei Estadual 14.675, de 13 abril de 2009), observa-se que as taxas de perda de MO aumentam. No cenário anterior as perdas acima de 5 t ha⁻¹ ano⁻¹, atingem apenas 0,97% do total da área. Aplicando a legislação do Estado de Santa Catarina, as taxas de perda acima de

5 t ha⁻¹ ano⁻¹, atingem 1,03 % do total da área. As taxas baixas de perda de MO (abaixo de 0,5 t ha⁻¹ ano⁻¹) para o cenário de 30 metros de preservação chegam a 62,17% da área. Já no cenário com faixa de preservação de apenas 5 metros, as taxas baixas de perda de MO chegam a 53,16% da área. Apesar de ser uma diferença pequena de taxas de perda de MO, estas taxas apresentadas comprovam que a diminuição das faixas de preservação de 30 metros para cinco metros, acarretará em prejuízos ao meio ambiente. Em um cenário onde toda a faixa de preservação de 30 metros de cada lado, ao longo dos cursos d'água, é retirada, as taxas de perda de MO variam de 0 até 239,15 t ha⁻¹ ano⁻¹. Neste caso 53,16 % da área apresenta taxas de perda de MO entre 0 a 0,5 t ha⁻¹ ano⁻¹, 43,02 % variam de 0,5 a 5 t ha⁻¹ ano⁻¹ e 3,82 % de área apresentam perdas de MO acima de 5 t ha⁻¹ ano⁻¹, chegando a atingir 239,15 t ha⁻¹ ano⁻¹ em alguns pontos. Essas taxas de perda são equivalentes ao uso do solo atual da área. Isto ocorre pelo fato da microbacia do arroio Morungava apresentar grandes extensões de faixa de preservação ao longo desses cursos d'água, totalmente desmatadas. O cenário criado para desmatamento de 30 metros é semelhante à situação real da área. A partir dos resultados obtidos das coletas de campo e dados gerados em laboratório, conclui-se que a micro bacia do arroio Morungava está sofrendo processo erosivo acelerado com o decorrer dos anos, principalmente em zonas de maior declividade, onde predominam os argissolos. Já os solos em posição fisiográficas com baixa erosão potencial superficial, como os hidromórficos, atuam como zonas de acumulação de sedimentos e matéria orgânica. Verifica-se uma variação ampla nas taxas de perda de MO com o uso do solo atual, com teores elevados nas áreas com maior declividade. Estes teores, de acordo com cenários gerados de reflorestamento, podem diminuir com o cumprimento da legislação ambiental. Assim pode-se afirmar que a EUPS foi fundamental para avaliar a perda de matéria orgânica na microbacia.

Palavras-chave: Conservação de Solos. Matéria Orgânica. Uso e Ocupação do Solo. Equação Universal de Perda de Solo (EUPS).

ABSTRACT

Soil degradation is one of the main concerns regarding sustainable development, and one of the challenges to be faced on this century. Mankind actions on planning and development of Earth occupation, needs more and more a broader view of population needs, available terrestrial and hydric resources and knowledge over natural processes behavior, to rationally conciliate growing needs with limited resources. The worldwide growing soil degradation due to agricultural exploitation, over the last years awoke a concern with soil quality and agricultural production sustainability. The soil organic matter is a relevant factor for its quality, being energy and Carbone source and an electron donator to most organisms, which only shows how it is important to biota's functions and promote soil proprieties. The objective of this study is to evaluate the soil degradation at the micro basin of the Morungava stream, using the Universal Soil Loss Equation (USLE), through temporal variation analysis of organic matter on superficial horizons, on hydromorphic and argillaceous soils, under cultivation on different usage periods (18 months of cultivation, 10 years of cultivation, 15 years of cultivation and more than 30 years of cultivation), utilizing areas of native forest as reference. In natural conditions argillaceous soils show an increase in organic matter (OM) as it deepens. On the analyzed cultivated soils superficial horizons, was observed a loss of OM due to erosion and superficial oxidation, with low vertical translocation. In this case, the superficial erosion hasten by anthropic influence, causes the B horizon of argillaceous soils to be near the surface, eventually exposed with time. On the hydromorphic soils, there are big initial losses with the removal of native forests, which can be in part caused by hasten oxidation of OM due to environmental changes. To hydromorphic soils with more than 15 years of usage, a inverse behavior is observed, occurring a significant increase of superficial OM, which can be due to the arrive of OM from the adjacent argillaceous soils. So, the alluvial plains, to usage periods greater than 15 years, probably act as OM accumulation zones on the basin. There is a probable process less intense of vertical translocation, which is observed during the first 10 years of hydromorphic soil usage. As for the spatial evaluation of OM loss, its observed with variation from 0 to 239,15 t.ha⁻¹.year⁻¹ with current soil usage. This way, 54,12% of the area presents OM loss rate between 0 and 0,5 t.ha⁻¹.year⁻¹, 42,21% varies from 0,5 to 5 t.ha⁻¹.year⁻¹, and the remaining 3,67% of the area show OM losses superior to 5 t.ha⁻¹.year⁻¹. In a scenery where the environmental legislation (Federal Forest Code – Law 4.771 of 1965 and State Forest Code – Law 9.519 of 1992) is followed, with reforesting of Permanent Preservation Areas (APPs), referring to acclivity superior to 45° and a 30 meters preservation band from the margins of any watercourse, is observed that 62,17% of the area have a OM loss rate between 0 and 0,5 t.ha⁻¹.year⁻¹, 36,86% varies from 0,5 to 5 t.ha⁻¹.year⁻¹ and the remaining 0,97% have a OM loss rate superior to 5 t.ha⁻¹.year⁻¹, peaking 37,28 t.ha⁻¹.year⁻¹ at some points. In a scenery where the preservation band is only 5 meters from the margin of watercourses, in accordance with the environmental legislation of Santa Catarina state (Art.114 State Law 14.675 from 2009, April 13), its observed an increase in the OM loss Rates. If in the previous scenery the OM losses over 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, were only 0,97% of total area, applying the Santa Catarina State Law, the OM losses over 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, are 1,03% of total area. The low OM loss rates (under 0,5 t.ha⁻¹.ano⁻¹), on the 30 meters preservation scenery were 62,17% of the area, applying the Santa Catarina state 5 meters preservation scenery it drops to 53,16% of the

area. Even if it is a small difference on OM loss rates, these rates testify that the reduction of the preservation bands will incur in harm to the environment. In a scenery where all the preservation band is removed along the watercourses, the OM loss rates varies from 0 to 239,15 t.ha⁻¹.year⁻¹. In which case 53,16% of the area presents OM loss rates from 0 to 0,5 t.ha⁻¹.year⁻¹, 43,02% varies from 0,5 to 5 t.ha⁻¹.year⁻¹ and 3,82% of the area show OM losses over 5 t.ha⁻¹.year⁻¹, peaking 239,15 t.ha⁻¹.year⁻¹ at some points. Those loss rates are equivalent to those of the current soil usage in this area. This is due to the fact that the micro basin of the Morungava stream presents great extensions of preservation bands along its watercourses totally depleted. The scenery created with no preservation band is similar to the current situation of the area. From the gotten results of the collections of field and data generated in laboratory, one concludes that the micro basin of the Morungava stream is suffering sped up erosive process with elapsing of the years, mainly in zones of bigger declivity, where the argissolos predominate. Already the ground in position fisiográficas with low superficial potential erosion, as the hidromórficos, act as zones of accumulation of sediments and organic matter. An ample variation in the taxes of loss ME with the use of the ground is verified current, with texts raised in the areas with bigger declivity. These texts, scenes in accordance with generated of reforestation, can diminish with the fulfilment of the ambient legislation. Thus it can be affirmed that the EUPS was basic to evaluate the loss of organic matter in the micron basin.

Keywords: Soil Conservation. Organic Matter. Use and o Occupation of Soil. Universal Soil Loss Equation (USLE).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área.	33
Figura 2. Coluna litoestratigráfica mostrando a Formação Botucatu no período Jurássico e Formação Pirambóia no período Permiano Superior.	34
Figura 3. Localização regional da área no contexto correspondente ao intervalo Neopermiano-Eocretáceo no Rio Grande do Sul.	35
Figura 4. Geologia da microbacia.	38
Figura 5. Tipo de solo encontrado na microbacia.	39
Figura 6. Afloramento mostrando o argissolo do arenito Botucatu.	40
Figura 7. Solo hidromórfico de cor acinzentada.....	41
Figura 8. Modelo Numérico do Terreno (MNT) da micro-bacia.	43
Figura 9. Em frente relevo plano, ao fundo relevo de encosta.	44
Figura 10. Em frente relevo plano, ao fundo relevo íngreme (Cerro de Morungava).	44
Figura 11. Declividade da microbacia.	45
Figura 12. Cultivo de milho no argissolo em arenito da Formação Botucatu - ponto 7.....	47
Figura 13. Desmatamento da mata nativa na nascente de um dos afluentes do arroio.	48
Figura 14. Sulcos de erosão em argissolo em arenito Botucatu.	48
Figura 15. Uso e ocupação do solo da micro-bacia.	49
Figura 16. Abordagem metodológica.	50
Figura 17. Coleta de solo argissolo nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm.....	52
Figura 18. Pontos de coleta na microbacia do arroio Morungava.	53
Figura 19. Fator R – Erosividade anual da chuva em $\text{tm mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$	56
Figura 20. Nomógrafo para fator K do solo argissolo. Valores do ponto 8 (profundidade 10-20 cm).	58
Figura 21. Nomógrafo para fator K do solo hidromórfico. Valores do ponto 6 (profundidade 10-20 cm).....	58
Figura 22. Fator K – Erodibilidade do solo em $\text{tm mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$	59
Figura 23. Fator LS – Comprimento do declive (m) e declividade (%).	61
Figura 24. Potencial Natural de Erosão (PNE) da microbacia.	62
Figura 25. Fator C – Cobertura vegetal (adimensional) da microbacia.....	63
Figura 26. Expectativa de Perda de Solo (EPS) da microbacia.	64

Figura 27. Variação da matéria orgânica em relação à profundidade no argissolo.....	67
Figura 28. Argissolo com horizonte B textural.	67
Figura 29. Variação de MO (%) no argissolo, em relação ao tempo, profundidade 0-5 cm.	68
Figura 30. Variação de MO (%) no argissolo, em relação ao tempo, profundidade 10-20 cm.	69
Figura 31. Variação de MO (%) no argissolo, em relação ao tempo, profundidade 5-10 cm. .	69
Figura 32. Variação de argila no argissolo, em relação ao tempo, - profundidade 0-5 cm.	70
Figura 33. Variação de argila no argissolo, em relação ao tempo - profundidade 10-20 cm. ..	70
Figura 34. Variação do teor de matéria orgânica em argissolos com o tempo e a profundidade.	71
Figura 35. Teor de matéria orgânica em relação ao tempo de uso do solo hidromórfico.	72
Figura 36. Variação de argila no hidromórfico, em relação ao tempo, profundidade 0-5 cm..	73
Figura 37. Variação de argila no hidromórfico, em relação ao tempo, na profundidade 10-20 cm.	73
Figura 38. Cenário com uso do solo atual da microbacia.....	76
Figura 39. Taxas de perda de MO ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$) no cenário com uso do solo atual da microbacia	76
Figura 40. Perda de MO com uso do solo atual da microbacia.....	76
Figura 41. Cenário I – reflorestamento de 30 metros.....	77
Figura 42. Taxas de perda de MO ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$) no cenário I – reflorestamento de 30 metros	77
Figura 43. Perda de MO no cenário I – reflorestamento de 30 metros.....	77
Figura 44. Cenário II – reflorestamento de 5 metros.....	78
Figura 45. Taxas de perda de MO ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$) no cenário II – reflorestamento de 5 metros.	78
Figura 46. Perda de MO no cenário II – reflorestamento de 5 metros	78
Figura 47. Cenário III – desmatamento de 30 metros	79
Figura 48. Taxas de perda de MO ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$) no cenário III – desmatamento de 30 metros	79
Figura 49. Perda de MO no cenário III – desmatamento de 30 metros.....	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classes de interpretação para índices de erosividade.	28
Quadro 2. Classes de interpretação para os valores do fator K.	29
Quadro 3. Classes de interpretação para o parâmetro PNE.	30
Quadro 4. Classe de interpretação para o parâmetro EPS.	30
Quadro 5. Valor de K para as amostragens de mata nativa no solo argissolo.	57
Quadro 6. Valor de K para as amostragens de mata nativa no solo hidromórfico.	57
Quadro 7. Valor médio anual proposto por Mitchel; Bubenzer (1980).	60
Quadro 8. Valor médio anual proposto por Mitchel e Bubenzer (1980).	61
Quadro 9. Teor de MO (%) em perfil de argissolo em condições naturais (mata nativa).	66
Quadro 10. Teor de MO (%) nos pontos de coleta do argissolo.	68
Quadro 11. Teor de MO (%) nos pontos de coleta do hidromórfico.	72

LISTA DE SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

Ar – Argissolo

Au – Área urbana

C – Carbono

CA – Campo/Agricultura

CO – Carbono Orgânico

EPS – Expectativa de Perda de Solo

EUPS – Equação Universal de Perda de Solo

Fator K – Erodibilidade do Solo

Fator L – Comprimento da rampa

Fator R – Erosividade da Chuva

Fator S – Declividade

Fm – Formação

FO – Forte Ondulado

Hi – Hidromórfico

In - Íngrime

Ma – Milhões de anos

Mb – Membro

MNT – Modelo Numérico do Terreno

MO – Matéria Orgânica

Mo - Montanhoso

MOS – Matéria Orgânica do Solo

N – Nitrogênio

On - Ondulado

PC – Plantio Convencional

PD – Plantio Direto

Pl - Plano

PNE – Potencial Natural de Erosão

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SO – Suave Ondulado

T0 – Tempo zero

T1 – Tempo 1

T2 – Tempo 2

T3 – Tempo 3

Ve – Vegetação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.1.1 Objetivo geral.....	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
1.2 JUSTIFICATIVA.....	17
2 ESTADO DA ARTE.....	19
2.1 SOLOS.....	19
2.2 IMPORTÂNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO.....	20
2.3 DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO.....	21
2.4 EFEITOS DAS PRÁTICAS DE MANEJO DO SOLO NAS ADIÇÕES E PERDAS DE CARBONO ORGÂNICO.....	23
2.5 PERDA DE SOLO.....	26
2.6 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO.....	27
3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	33
3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	34
3.1.1 Formação Botucatu.....	36
3.1.2 Formação Pirambóia.....	36
3.1.3 Sedimentos Quaternários.....	37
3.2 SOLOS.....	39
3.2.1 Argissolo Vermelho-Amarelos Distróficos Úmbrico.....	40
3.2.2 Hidromórfico Glei Húmico.....	41
3.3 RELEVO.....	42
3.4 CLIMA.....	46
3.5 VEGETAÇÃO.....	46
3.6 USO DO SOLO.....	46
4 MÉTODO E TÉCNICAS.....	50
4.1 MÉTODO.....	51
4.1.1 Critérios de coleta no solo.....	51
4.1.2 Procedimentos para coleta de campo.....	53
4.1.3 Procedimentos para ensaio de granulometria e sedimentação.....	54

4.1.4 Procedimentos para análise do teor de MO no solo – método de calcinação.....	54
4.2 PROCESSAMENTO DE DADOS.....	54
4.3 PROGRAMAS, MAPAS E IMAGENS UTILIZADAS.....	65
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.1 ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM PERFIL DE SOLO EM CONDIÇÕES NATURAIS	66
5.2 ANÁLISE DAS VARIAÇÕES TEMPORAIS DE MATÉRIA ORGÂNICA NO HORIZONTE SUPERFICIAL DOS SOLOS	68
5.3 ANÁLISE DA VARIAÇÃO ESPACIAL DA MATÉRIA ORGÂNICA.....	74
6 CONCLUSÕES	80
7 RECOMENDAÇÕES.....	81
REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A - Dados de granulometria e teor de matéria orgânica dos pontos de amostragens.....	86

1 INTRODUÇÃO

A degradação dos solos é um dos principais problemas relacionados ao desenvolvimento sustentável, e um dos grandes desafios a serem enfrentados já neste século.

O solo, conforme Streck *et al.* (2008) é um recurso natural que sustenta a flora e a fauna, a agricultura, a pecuária, o armazenamento da água e as obras de engenharia humana. O uso e ocupação dos solos, segundo Carvalho *et al.* (2006), quando efetuados de maneira desordenada, ocasionam sérias consequências dentre as quais podem ser incluídas a perda de solos férteis, o assoreamento de cursos d'água e de reservatórios, poluição dos recursos hídricos, redução do volume de água para abastecimento urbano, diminuição da produtividade agropecuária, bem como a decorrência de desastres urbanos, tais como deslizamentos de terras observados anualmente em encostas de grandes cidades brasileiras.

A crescente degradação do solo sob exploração agrícola em todo o mundo, despertou nos últimos anos uma preocupação com a qualidade do solo e a sustentabilidade da produção agrícola. Para o monitoramento da qualidade do solo, segundo Mielniczuk (1999) é necessário definir atributos de solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação. Para este autor, o carbono orgânico total (COT) ou a matéria orgânica do solo (MOS) encontram-se entre essas variáveis. Para Vezzani *et al.* (2008), a MOS é um fator relevante na qualidade deste, sendo uma fonte de energia, de carbono e doadora de elétrons da grande maioria dos organismos, o que evidencia sua importância para a biota desempenhar suas funções no sentido de promover as propriedades do solo. Segundo Mielniczuk (1999), a MO como indicadora de qualidade do solo emana de dois fatos: primeiro, o teor de MO no solo é muito sensível em relação às práticas de manejo, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde, nos primeiros anos de cultivo, ocorre uma perda muito grande (mais de 50%) por diversos processos, entre esses, a decomposição microbiana e a erosão. Segundo, porque a maioria dos atributos físicos, químicos e biológicos, relacionados ao solo tem estreita relação com a MO.

O teor de MO no solo é um dos atributos que melhor representa a qualidade do solo, sendo que seu declínio indica que o sistema agrícola utilizado não é o mais adequado, podendo causar infertilidade do solo, baixa produção agrícola e erosão.

Este estudo tem por objetivo avaliar a degradação do solo na micro bacia do arroio Morungava, com uso da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), através de análise da

variação temporal da matéria orgânica nos horizontes superficiais, em solos Hidromórficos e Argissolos, sob práticas de cultivo em diferentes períodos de uso (18 meses de cultivo; 10 anos de cultivo; 15 anos de cultivo e mais de 30 anos de cultivo), utilizando áreas de mata nativa como referência.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a degradação do solo no horizonte superficial, através da dinâmica da matéria orgânica, na micro-bacia do arroio Morungava – Gravataí, RS.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a distribuição vertical da matéria orgânica em perfil de solo;
- Analisar a variação temporal da matéria orgânica no horizonte superficial dos solos;
- Analisar a distribuição espacial das taxas de remoção da matéria orgânica no horizonte superficial dos solos;
- Gerar cenários de variação espacial de matéria orgânica nos solos da micro-bacia do arroio Morungava - RS;

1.2 JUSTIFICATIVA

A utilização de técnicas SIG, para a análise das variações de matéria orgânica em solos, constitui-se uma área em desenvolvimento na pesquisa científica, o que amplia as possibilidades de análise deste fenômeno.

Pouco se sabe sobre o comportamento da matéria orgânica nos solos na microbacia do arroio Morungava. Apesar de tratar-se de uma região de chácaras e pequenos sítios, esta possui atividades agrícolas suficientes para acelerar a perda de solos e conseqüentemente da matéria orgânica.

Ambos os aspectos citados justificam o presente estudo.

2 ESTADO DA ARTE

Esse capítulo abrange um breve histórico sobre o conceito de solo, matéria orgânica do solo, importância da matéria orgânica no solo, dinâmica da matéria orgânica, efeitos dos usos e manejos no solo e perda de solo.

2.1 SOLOS

O solo é um corpo tridimensional formado por processos químicos, físicos e biológicos, cujos agentes de formação, conforme Silva, Schultz e Camargo (2003) são: o clima, o material geológico de origem, o relevo e a comunidade biótica. De acordo com Costa (2004), o solo é constituído principalmente por matéria mineral sólida associada à matéria orgânica. Esta última é extremamente variável, podendo estar ausente ou ser o constituinte predominante de determinados solos. Este autor caracteriza as fases constituintes do solo como a seguir apresentado:

Matéria mineral sólida do solo pode incluir, em proporções extremamente variáveis, fragmentos de rocha, minerais primários e secundários resultante da alteração dos primários e designados como argila, óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro, carbonatos de cálcio e magnésio.

Matéria orgânica do solo é constituída por restos de plantas e outros organismos, em estado avançado de degradação (devida à atividade microbológica), incluindo substâncias no estado coloidal.

Água e ar do solo ocupam os espaços intersticiais existentes entre as partículas terrosas, e entre agregados de partículas cuja forma e dimensões, caracterizam a estrutura do solo.

A textura do solo, compreende a distribuição de tamanho das partículas que o compõem, sendo estas: seixos, cascalhos, areias, siltes e argilas. As partículas do solo são classificadas em função do seu tamanho (mm) da seguinte maneira: argila de 0,00024 a 0,0040 mm; silte de 0,0040 a 0,0625 mm; areia de 0,0625 a 2 mm; cascalho de 2 a 64 mm; seixos acima de 64 mm. Partículas com diâmetros inferior a 2 mm de diâmetro são

consideradas de maior importância, pois, muitas propriedades químicas e físicas do solo dependem da proporção dessas pequenas partículas (SILVA; SCHULTZ; CAMARGO, 2003).

2.2 IMPORTÂNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO

A MO, que geralmente está mais concentrada em partículas finas, é de extrema importância ao solo, não apenas servindo de fonte de nutrientes (nitrogênio, enxofre e micronutrientes), mas aumentando a capacidade de troca catiônica, a capacidade de retenção de água, a resistência à erosão e a estabilidade dos agregados. Esta fornece ao solo (1) substâncias agregantes, tornando-o grumoso e resistente a ação da chuva; (2) ácidos orgânicos e alcoóis, durante sua decomposição, que servem de fonte de carbono aos microorganismos de vida livre, fixadores de nitrogênio; (3) alimento aos organismos ativos na decomposição contribuindo com a sanidade vegetal e (4) substâncias intermediárias produzidas em sua decomposição que aumentam o crescimento das plantas (BRADY, 1979).

Segundo Jorge (1985), a matéria orgânica dos solos (MOS) resulta da decomposição dos vegetais (raízes e parte aérea), dos animais (incluindo os excrementos) e de resíduos trazidos de outras áreas. De acordo com Brady (1979), MOS consiste em dois grupos gerais: (1) tecido original (raízes e copas de vegetais) e seus equivalentes parcialmente decompostos e (2) húmus.

Jorge (1985) descreve húmus como um material orgânico bem decomposto, transformado por via biológica, encontrado em estado coloidal, ou seja, com partícula de diâmetro inferior a 0,0001 milímetros.

Para Brady (1979), os animais são considerados fontes secundárias de MO e à medida que atacam os tecidos originais das plantas, contribuem com produtos residuais e deixam seus próprios corpos, quando se consumam os seus desenvolvimentos cíclicos.

A determinação da MO em amostras ambientais tem importância em diversos campos de atividade científica (águas, solos, sedimentos). Para Dias e Lima (2004) a MO nesses ambientes representa efetiva contribuição sobre origem, natureza e destino final dessa matéria no ambiente considerado. Em águas subterrâneas pode ser nociva à qualidade dessas águas. Já quando transportada pelos rios ou presente em águas estuarinas é de importância vital para a cadeia alimentar. Para os solos esse parâmetro tem importância pedológica no que diz respeito

à fertilidade química desses ambientes, enquanto que em sedimentos é indicativa dos processos geoquímicos associados ao ambiente geológico considerado.

2.3 DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO

Nos trópicos e subtropicais a MOS aumenta com a altitude, maior precipitação pluvial e menor temperatura, sendo que à medida que a decomposição do material orgânico aumenta, ocorre um estreitamento da razão Carbono/Nitrogênio (JORGE, 1985). Resende *et al.* (2002) comentam que os teores de C tendem a decrescer exponencialmente com a profundidade e este teor é resultante do balanço entre incorporação e decomposição da MO. Em condições ótimas para atividade microbiana, o material orgânico é decomposto tão rapidamente que não há acumulação significativa. Por outro lado, ocorre acumulação quando a produção anual de MO é alta ou não há restrições para sua decomposição em função de baixa temperatura, falta d'água, deficiência de oxigênio ou carência de nutrientes (RESENDE *et al.* 2002).

Outro fator que influencia na dinâmica da MOS, segundo Jorge (1985) é a ação antrópica, pois, quanto mais intensamente for cultivado o solo, menor será a quantidade de MO neste. Para este autor, a MO é grandemente influenciada pelo material de origem do solo, principalmente em virtude da textura. O autor ressalta que solos desenvolvidos de folhelhos contêm mais argila e MO do que solos provenientes de granitos ou arenitos, por exemplo. E de acordo com Resende *et al.* (2002) um teor mais elevado de argila favorece o incremento de carbono orgânico, pois a associação entre compostos orgânicos e argila dificulta a decomposição.

A MO é considerada como um dos indicadores de qualidade do solo e dos sistemas de manejos empregados. Em florestas nativas o teor de MO encontra-se estável e sua dinâmica depende de fatores como clima, tipo de vegetação, tipo de solo, textura, material de origem, relevo e precipitação. No caso de solos cultivados a MO é determinada pelos diferentes sistemas de manejo existentes, empregados pelos agricultores e, conforme Bayer e Mielniczuk (2008) ocorre uma redução acentuada quando utilizados métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos vegetais. O decréscimo do teor de MO é ainda mais acentuado após os três primeiros anos de plantio, em relação ao teor de MO em solos com mata nativa existente anteriormente. Segundo Cerri,

Feigl e Cerri (2008) quando o sistema de floresta nativa é interrompido por atividades antrópicas o equilíbrio dinâmico é rompido e normalmente as entradas são menores que as saídas, conduzindo a uma redução da quantidade e modificando a qualidade da MOS. Para Bayer e Mielniczuk (2008), a redução no estoque de C é promovida, principalmente, pelo preparo do solo, o qual promove a oxidação do C à CO² e favorece a perda por erosão. Para estes autores a recuperação dos teores de MO e da qualidade do solo pode ser alcançada pela utilização de pastagens, pois, vários estudos mostram que os estoques de carbono (C) em áreas de pastagens, podem ser muito próximos do que se encontra em áreas de vegetação nativa, ou mesmo superiores, quando estão produtivas (ALVES; URQUIAGA; JANTALIA; BODDEY, 2008). Sobre isto, Cerri, Feigl e Cerri (2008) comentam que em ecossistemas de vegetação rasteira, como as pastagens, a morte das raízes representa a principal fonte de carbono para o solo e o uso de gramíneas perenes possui alta capacidade de acumular e redistribuir o C na subsuperfície do solo. No caso de sistemas agrícolas intensos, a recuperação dos teores de MO e da qualidade do solo pode ser alcançada pela utilização de métodos de preparo sem revolvimento ou com a mínima mobilização do solo e por sistema de culturas com alta adição de resíduos vegetais (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Em agroecossistemas, segundo Fernandes, Cerri e Fernandes (2007), podem ser observados dois processos simultâneos de evolução do CO no solo: 1) a contínua mineralização do CO derivado da vegetação nativa e 2) a progressiva incorporação do CO derivado dos restos de cultura introduzida.

Vários estudos demonstram que o aumento do estoque de CO além de estar associado com a redução das perdas através das práticas de baixo grau de revolvimento do solo, também está relacionado com o aumento da adição de C, utilizando sistemas de consórcio, rotação ou sucessão de culturas com espécies vegetais de alta produção de massa e que produzem resíduos de maior relação C:N.

O conteúdo da MOS é determinado pela diferença entre as quantidades de C adicionadas (k_1A) e perdas ($-k_2C$), conforme expressão abaixo:

$$dC/dt = k_1 \cdot A - k_2 \cdot C \quad \dots (1)$$

Onde:

A = carbono fotossintetizado adicionado ao solo na forma de resíduos, exsudados radiculares e raízes.

C = carbono da MOS.

k1 e k2 são constantes afetados pela temperatura, umidade, textura, mineralogia e uso e práticas de manejo do solo.

Para o carbono fotossintetizado utiliza-se a unidade de $\text{mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, e mg ha^{-1} para o C contido numa determinada camada do solo (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

2.4 EFEITOS DAS PRÁTICAS DE MANEJO DO SOLO NAS ADIÇÕES E PERDAS DE CARBONO ORGÂNICO

Sistemas conservacionistas de manejo do solo, com práticas que envolvam o mínimo revolvimento do solo e a consorciação de espécies de gramíneas (que aumentam os estoques de C no solo) com leguminosas (que aumentam os estoques de N) são práticas que apresentam potencial para a manutenção e aumento dos teores de MO no solo. Sobre este assunto Lovato *et al.* (2004) estudando o efeito de práticas de manejo na recuperação dos estoques de C e N de solos degradados, avaliaram um solo Argissolo vermelho típico degradado, pelo cultivo inadequado por 16 anos, na região Sul do Brasil. Utilizaram três sistemas de preparo do solo (PD plantio direto; PC plantio convencional; e PR preparo reduzido), em parcelas principais de três sistemas de culturas (aveia/milho-A/M; ervilhaca/milho-E/M; aveia + ervilhaca/milho + caupi-A + E/M + C) e duas doses de N mineral na cultura do milho (0 e 139 kg ha^{-1}). Para esses autores as leguminosas e a adubação nitrogenada contribuíram para a maior adição anual de C e N ao solo pelos sistemas de culturas. No solo degradado ($32,6 \text{ mg ha}^{-1}$ de C e $2,71 \text{ mg ha}^{-1}$ de N), após 14 anos de experimento, houve um declínio dos estoques de C e N no sistema de preparo plantio convencional aveia/milho sem adubação nitrogenada. Por outro lado, o plantio direto associado ao sistema aveia + ervilhaça/milho + caupi com adubação nitrogenada resultou na recuperação de $7,0 \text{ mg ha}^{-1}$ nos estoques de C e de $1,01 \text{ mg ha}^{-1}$ nos estoques de N do solo, em comparação ao solo do início do experimento.

Pontelli *et al.* (2006) estudaram o acúmulo de carbono e nitrogênio total em um Argissolo Vermelho Distrófico Arênico, sob plantio de diferentes tratamentos como Mucuna cinza; Feijão de Porco; Azevem + Ervilhaca; Aveia Preta; Nabo forrageiro e Pousio de inverno, em sucessão ao milho, tendo como referências o solo descoberto e o campo natural,

nas camadas de 0 - 20 cm. Estes constataram um acréscimo de 37% no teor de carbono orgânico total, no sistema de cultivo com milho/mucuna na camada de 0 – 2,5 cm, quando comparado ao campo natural (referência). Este resultado, conforme os autores, evidencia o potencial deste sistema de culturas aliado ao plantio direto em acumular carbono ao solo. Já no tratamento solo descoberto ocorreu um decréscimo de 54,5% do estoque na camada de 0 – 2,5 cm quando comparado ao campo natural. Para os autores, este decréscimo, que foi mais acentuado nas camadas superficiais (até 10 cm), se deve a elevada fragilidade deste sistema pela ausência de cobertura superficial e elevado grau de preparo do solo, que reduz a proteção física da matéria orgânica favorecendo perdas de carbono por oxidação e por processos erosivos.

O aumento dos teores de carbono nas camadas superficiais é característico de sistema sob plantio direto, devido à ausência de perturbação do preparo do solo, adição superficial dos resíduos e maior concentração radicular nos primeiros cm de profundidade do solo. Costa *et al.* (2004) estudando um experimento de 21 anos (1978 a 1999), num Latossolo Bruno em Guarapuava, PR, compararam os teores de CO em amostragens de solo de profundidade 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, em plantio direto (PD) e plantio convencional (PC). Estes autores estimaram uma adição de C 15% maior no PD ($2,3 \text{ mg ha}^{-1}$) do que no PC ($2,0 \text{ mg ha}^{-1}$). Para os autores os estoques de C são maiores no PD pelo fato do não revolvimento do solo e adição dos resíduos das culturas na superfície do solo, neste tipo de sistema. Vieira e Beber (2007) ao avaliar o teor de CO em um experimento de longa duração (19 anos), em um Argissolo Vermelho Distrófico Típico, sob plantio direto com 10 sistemas de cultura, no Sul do Brasil, comparou tratamentos com e sem nitrogênio mineral no milho, num solo amostrado na profundidade 0 - 30 cm. Este constatou que em todos os sistemas de cultura analisados os teores de CO são mais elevados nas camadas próximas à superfície do solo, reduzindo gradativamente à medida que aumenta a profundidade. Este comportamento, segundo o autor, é esperado em sistemas conservacionistas como o plantio direto, onde há mínimo revolvimento do solo no ato de semeadura e, portanto, pouca incorporação mecânica dos resíduos vegetais.

Bayer e Scheneider (1999) avaliaram o efeito de sistemas manejo do solo sobre os teores de MO do solo do município de Teutônia, na região das encostas basálticas do RS. Estes amostraram quatro propriedades rurais nas profundidades de 0-2,5 cm, 2,5-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm em áreas de campo nativo, lavouras em preparo convencional, plantio direto e numa área de mata utilizada como referência da condição natural do solo na região. Os

autores observaram que, comparativamente ao solo de mata, ocorreu uma redução dos teores de MO na camada de 0-10 cm do solo com a utilização do preparo convencional. Já nos solos onde houve substituição das lavouras sob preparo convencional por campo nativo ou plantio direto, resultaram numa recuperação dos teores de MO, provavelmente devido às menores perdas por erosão e redução da taxa de decomposição da matéria orgânica.

Solos com sistema de cultivo de pastagens possuem uma recuperação dos estoques de carbono em um período relativo em relação às propriedades de cada tipo de solo. Isto acontece porque este sistema com gramíneas cobre totalmente o solo, fornecendo assim aumento nos estoques de CO em função dos restos de cultura introduzida principalmente nas camadas superiores do solo (0 – 20 cm). Sobre isto Fernandes, Cerri e Fernandes (2007) avaliaram as alterações do CO de um solo Espodosolo Ferrocárbico Hidromórfico, decorrentes da introdução da gramínea *Brachiaria decumbens*, em pastagem de 10 e 20 anos, comparando com os teores de floresta nativa, em área do Cerrado não inundável, na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Mato-grossense, em amostragens de 0 - 100 cm de profundidade. Os autores observaram que no solo sob pastagem de 10 anos de cultivo, na profundidade de 0 - 20 cm houve um aumento nos teores de CO em relação aos teores na mesma profundidade em solos com floresta nativa. Nas demais profundidades houve decréscimo de CO. Já no solo sob pastagem de 20 anos os autores observaram que os teores de CO são maiores em relação aos solos de vegetação nativa em todas as profundidades. No solo de 20 anos em relação ao de 10 anos os teores são semelhantes até a camada de 0 – 10 cm, sendo que abaixo disto, os teores são superiores em solos sob pastagem de 20 anos de cultivo. Para este estudo os autores defendem que nos primeiros 10 anos de pastagem houve um decréscimo nos teores de CO nas profundidades abaixo de 20 cm. O mesmo não foi observado nas camadas superficiais (0 – 20 cm) por tratar-se da zona de maior concentração de biomassa radicular da gramínea. E com o passar do tempo, após 20 anos, a incorporação do CO pela pastagem foi ocorrendo paulatinamente em profundidades cada vez maior ao longo do tempo.

Boeni (2007) avaliou o efeito da utilização de pastagens com espécies perenes, permanente ou em sistema de rotação lavoura/pastagem, em estoques de carbono orgânico (CO) em três experimentos de 9 a 11 anos, em amostragens de 0 – 20 cm de profundidade, em latossolos, na região de Dourados, Maracaju e Campo Grande, no Mato Grosso do Sul. Nesses experimentos foram analisados os teores de CO nos sistemas plantio direto com culturas anuais, rotação lavoura-pastagem e pastagem permanente de gramínea. Esta observou

um aumento nos teores de CO nos sistemas de rotação lavoura-pastagem e pastagem permanente de gramínea, em relação aos sistemas plantio direto, principalmente nas camadas de 0 – 5 cm dos experimentos de Dourados e Maracaju. Para a autora o sistema plantio direto com culturas anuais, não favoreceu o aumento nos estoques de carbono do solo da mesma forma que os sistemas de pastagem permanente de gramínea e rotação lavoura-pastagem. Isto porque esses sistemas de pastagens são favorecidos pela constante renovação tanto do sistema radicular como da parte aérea das gramíneas perenes utilizadas em rotação com culturas anuais sob plantio direto.

A irrigação por aspersão é uma prática que aumenta os estoques de água contidos no solo e com isso resulta no aumento de resíduos vegetais produzidos pelas culturas, podendo influenciar nos estoques de entrada e saída de MO no solo. Sobre este assunto Bona (2005) estudou o efeito da irrigação por aspersão sobre a dinâmica do carbono orgânico (CO) do solo, em um experimento de 8 anos, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), na região sul do Brasil, em amostras de solo de profundidade de 0 – 20 cm de um Argissolo Vermelho. Este verificou uma maior concentração de CO nas camadas de 0 – 5 cm no solo cultivados sob sistema direto em relação ao solo submetido ao sistema convencional. Ao contrário destes resultados, nas camadas de 10 – 20 cm constataram-se um teor de CO superior no sistema convencional. As maiores concentrações de CO nas camadas superficiais do PD, segundo o autor, se deve ao fato da manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo e pela ausência das práticas que promovem o revolvimento do solo e incorporação da palhada. Este revolvimento do solo é responsável pelo aumento do CO observado nas camadas 10 – 20 cm do sistema PC, onde a inversão das camadas do solo pela aração é acompanhada pela incorporação dos restos vegetais dispostos sobre a superfície do solo.

2.5 PERDA DE SOLO

Erosão, de acordo com Carvalho *et al.* (2006) é o conjunto de fenômenos naturais envolvendo a formação de materiais detríticos provenientes da decomposição e desagregação das rochas e dos solos. Para Baver, Gardner e Gardner (1973) os processos erosivos contam com uma fase de desprendimento e outra de transporte, sendo que são quatro os fatores que

contribuem para esses processos, sendo estes: fatores climáticos (chuva, temperatura, energia solar e ventos), fator relevo (declividade do terreno); fator vegetação (desmatamento) e fator solo (facilidade e resistência de dispersão). Silva, Schultz e Camargo (2003) defendem que erosão (remoção dos sedimentos) é um processo complexo nos quais vários fatores exercem influência, de forma e magnitude variável, conforme o local de ocorrência. Guerra *et al.* (1999), comentam que os processos erosivos tendem a se acelerar, à medida que mais terras são desflorestadas para a exploração de madeiras e/ou produção agrícola, uma vez que os solos ficam desprotegidos da cobertura vegetal e, conseqüentemente, as chuvas incidem diretamente sobre a superfície do terreno. Assim, Costa (2004) entende que nas condições naturais, a erosão é um processo gradual e lento, onde o desenvolvimento do solo em profundidade compensa a destruição causada pela erosão natural. Por outro lado, o autor comenta que, a intervenção do homem através da utilização do solo, provoca a aceleração dos fenômenos erosivos, sendo que esta se iniciou com a agricultura.

Várias características do solo podem influenciar o processo erosivo e o conteúdo de matéria orgânica é de grande importância para o controle deste. De acordo com Silva, Schultz e Camargo (2003), nos solos argilosos o teor de MO modifica a sua estrutura, modificando as condições de arejamento e de retenção de água, em função das expansões e contrações alternadas que redundam de seu emudecimento e secamento sucessivos. Já nos solos arenosos, a aglutinação das partículas, firmando a estrutura e diminuindo o tamanho dos poros, aumenta a capacidade de retenção de água. A MO retém duas a três vezes o seu peso em água, aumento assim a infiltração, com diminuição de perdas por erosão (SILVA; SCHULTZ; CAMARGO, 2003).

2.6 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO

Esta equação, desenvolvida na década de 50 nos Estados Unidos, por Wischmeyer & Smith, *apud* Silva, Schultz e Camargo (2003), prevê a médio e em longo prazo a erosão do solo a partir de fatores como clima, solo, relevo e uso e ocupação do solo. No início este modelo era aplicado em áreas onde a principal atividade é agricultura. Atualmente aplicam-se em outros tipos de ocupações de terra como áreas urbanizadas, áreas de lazer, aterro para construção de estradas, entre outros. Abaixo segue os componentes da equação:

$$A = R * K * S * L * C * P \quad \dots (2)$$

Onde:

A = perda de solo (calculada por unidade de área, em $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)

R = erosividade da chuva ($\text{tm mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$)

K = erodibilidade do solo ($t \text{ ha ano tm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$)

S = declividade (%)

L = comprimento do declive (m)

C = cobertura vegetal (adimensional)

P = práticas conservacionistas (adimensional)

Abaixo segue a descrição de cada um dos componentes da equação:

Fator erosividade da chuva (R) representa o índice de erosão pela chuva, calculado pela unidade $\text{tm mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Este índice numérico expressa a capacidade da chuva esperada em determinada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção. O quadro 1, a seguir, apresenta classes de interpretação para índices de erosividade da chuva, conforme Carvalho (1994).

Quadro 1. Classes de interpretação para índices de erosividade.

Intervalo ($\text{tm mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)	Interpretação
R < 250	Erosividade fraca
250 < R < 500	Erosividade média
500 < R < 750	Erosividade média a forte
750 < R < 1000	Erosividade forte
R > 1000	Erosividade muito forte

Fonte: Carvalho (1994)

Fator erodibilidade do solo (K) é a relação entre a intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva para um solo específico sem cobertura vegetal em um declive de 9 % e comprimento de rampa de 25 metros. Este é expresso em $t \text{ ha ano tm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. O quadro 2, abaixo, apresenta classes de interpretação para índices de erodibilidade do solo, conforme Carvalho (1994).

Quadro 2. Classes de interpretação para os valores do fator K.

Intervalos de valores de K (t ha ano tm ⁻¹ ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Classe de interpretação
< 0,15	Erodibilidade baixa
0,15 – 0,30	Erodibilidade média
> 0,30	Erodibilidade alta

Fonte: Carvalho (1994)

Fator comprimento do declive (L) representa a relação de perda de solo entre um comprimento de declive qualquer e um comprimento de rampa de 25 m para o mesmo solo, mesma chuva, mesmo grau de declive e sob mesmas condições de cobertura e manejo.

Fator grau de declive (S) é a relação de perda de solo entre um declive qualquer e um declive de 9%. Em casos onde não ocorrem os valores experimentais (L = 25 m e S = 9%), há uma equação para ajuste, para as características locais (SILVA; SCHULTZ; CAMARGO, 2003).

Abaixo segue a equação de ajuste:

$$LS = \left(\sqrt{\frac{X}{100}} \right) \times (1,36 + 0,97S + 0,1385S^2) \quad \dots (3)$$

Onde:

LS = Comprimento da rampa x declividade

X = comprimento da rampa (m)

S = declividade (%)

Fator cobertura vegetal (C) representam a relação entre as perdas de solo de um terreno com certo tipo de cobertura e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado.

Fator prática conservacionista (P) é a relação entre as perdas de solo esperadas de um terreno que foi cultivado adotando-se determinada prática conservacionista e as perdas quando se planta no sentido do declive (morro abaixo).

A Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) prevê a erosão média da vertente, não levando em consideração a forma desta. Esta se limita em dar estimativas médias de perdas anuais de solo, não estimando os processos de transporte e deposição deste material. Sendo assim, trata-se de uma equação empírica de perda de solo, porém muito usada em pesquisas,

principalmente no Brasil, onde as informações cartográficas são escassas, dificultando a utilização de modelos mais complexos (SILVA; SCHULTZ; CAMARGO, 2003). O objetivo desta equação é prever a médio e longo prazo a erosão do solo para promover o planejamento de práticas conservacionistas para reduzir as perdas de solo a níveis aceitáveis.

O Potencial Natural de Erosão (PNE) é um tipo de estimativa em que não se consideram a intervenção antrópica nem qualquer tipo de cobertura sobre o solo, ou seja, estima-se a suscetibilidade à erosão de uma área especificamente em função de suas condições físicas (clima, solo e relevo). Este é aplicado através da equação:

$$\text{PNE} = R * K * L * S, \text{ especificado no início deste subcapítulo.}$$

... (4)

Já a Expectativa de Perda de Solo (EPS) contempla todos os parâmetros abordados no PNE mais aqueles que possuem a ação antrópica: cobertura do solo e práticas conservacionistas. Este é aplicado através da equação:

$$\text{EPS ou EUPS} = R * K * L * S * C * P, \text{ especificado no início deste subcapítulo.}$$

A literatura apresenta alguns intervalos de valores de perda de solos para o parâmetro de PNE descrito por Filho (1994) e EPS descrita por Carvalho (1994). Os quadros 3 e 4 apresentam esses intervalos.

Quadro 3. Classes de interpretação para o parâmetro PNE.

Intervalo (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Classe interpretativa
< 400	Fraco
400 – 800	Moderado
800 – 1600	Moderado a forte
> 1600	Forte

Fonte: Filho (1994)

Quadro 4. Classe de interpretação para o parâmetro EPS .

Taxa de perdas de solo (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Interpretação
< 10	Nula a pequena
10 – 15	Moderada
15 – 50	Média
50 – 120	Média a forte
120 – 200	Forte
> 200	Muito forte

Fonte: Carvalho (1994)

Quanto às práticas conservacionistas existem várias formas de manejo do solo, visando à melhor utilização das terras para o uso agrícola evitando danos ambientais como erosão e assoreamentos. Para Vieira (1998) a classificação do solo quanto aos processos erosivos, para estabelecer os graus de limitações de uso por suscetibilidade a erosão, apresenta-se da seguinte forma:

Nulo: solos não suscetíveis à erosão, normalmente de relevo plano ou quase plano e de boa permeabilidade;

Ligeiro: solos com alguma suscetibilidade a erosão, que apresentam declives suaves (3% a 8%) e boas condições físicas. Se usados para agricultura por um período de 10 a 20 anos, terão aproximadamente de 25% a 75% do horizonte “A” (horizonte superficial) removido na maior parte da área. O uso de culturas selecionadas pode auxiliar satisfatoriamente no controle de erosão;

Moderado: solos moderadamente suscetíveis a erosão. Apresenta um relevo ondulado com declividade entre 8% a 20%. Inicialmente ocorre a remoção do horizonte “A”, que facilmente pode continuar com a formação de sulcos, ravinas e voçorocas. São necessárias práticas conservacionista desde o início de sua utilização agrícola;

Forte: solos fortemente suscetíveis a erosão com declividade entre 20% e 45%. Não recomendado para uso agrícola; e

Muito Forte: solos fortemente suscetíveis à erosão com declividade superior a 45%, exceto aqueles que apresentam condições físicas muito boas. Não são viáveis para uso agrícola e deve ser mantidos para fins de preservação e manutenção da vida silvestre.

Tomazoni e Guimarães (2005) avaliaram a perda de solos por erosão laminar, na Bacia Hidrográfica do Rio Jiraú, PR, através do uso da EUPS e encontrou valores superiores a 80 t ha⁻¹ ano⁻¹ em solo descoberto e para culturas anuais os valores ficaram entre 5 e 70 t ha⁻¹ ano⁻¹. Assim, em 45, 24% da bacia avaliada os valores de perda de solo estão entre 0 e 2,5 t ha⁻¹ ano⁻¹, 12,75% estão acima de 100 t ha⁻¹ ano⁻¹ e os demais 42,01% possuem valores de perda de solo entre 2,6 a 99 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Na bacia hidrográfica do Arroio Pardinho, na região sul do Brasil, Ruhoff *et al.* (2006) também utilizaram a EUPS para avaliar os processos erosivos desta bacia e constataram que 25.275,61 hectares, ou seja 72% do total da área apresenta valores de perdas de solo que variam de 2,5 a 10 toneladas por hectare. O restante da área (28%) apresenta perdas bastante

elevadas, em médias que correspondem a $36,69 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Essa erosão acelerada, segundo os autores, acarreta grande redução de fertilidade dos solos, reduzindo a sua profundidade e espessura dos horizontes superficiais.

Marcomin (2002) avaliou a qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Pinheiros, nos municípios de Orleans e São Ludgero – SC, com base na perda de solo por erosão laminar. Esta observou que 70% desta bacia possuem valores de perda de solo considerados Muito Baixo ($< 10 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de acordo com os critérios de EPS. As perdas Baixas ($10 - 20 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), Moderadas ($20 - 50 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e Altas ($50 - 100 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) totalizam 8,9% da área enquanto 21,1% da área são representadas por perda de classe Muito alta ($\geq 100 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Quanto ao PNE esta identificou que 36,1% da área apresenta um PNE muito alto (≥ 4000), 21,2% apresentam valores alto ($2000 - 4000$), 16,3% moderado ($1000 - 2000$), 9,7% baixo ($500-1000$) e 16,7% muito baixo (< 500).

3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A micro bacia do arroio Morungava - Gravataí – RS (Figura 1), com cerca de 40, 2 km², está inserida na sub-bacia do arroio Demétrio, a qual pertence à bacia hidrográfica do rio Gravataí (BHRG). O referido arroio, com 12, 35 Km de extensão, possui suas nascentes na Fazenda Fialho, no município de Taquara e sua foz no arroio Demétrio. Esta micro bacia está limitada pelo sistema de unidades métricas UTM 6698000 N, 504000 E e 6709000 N, 511500 E.

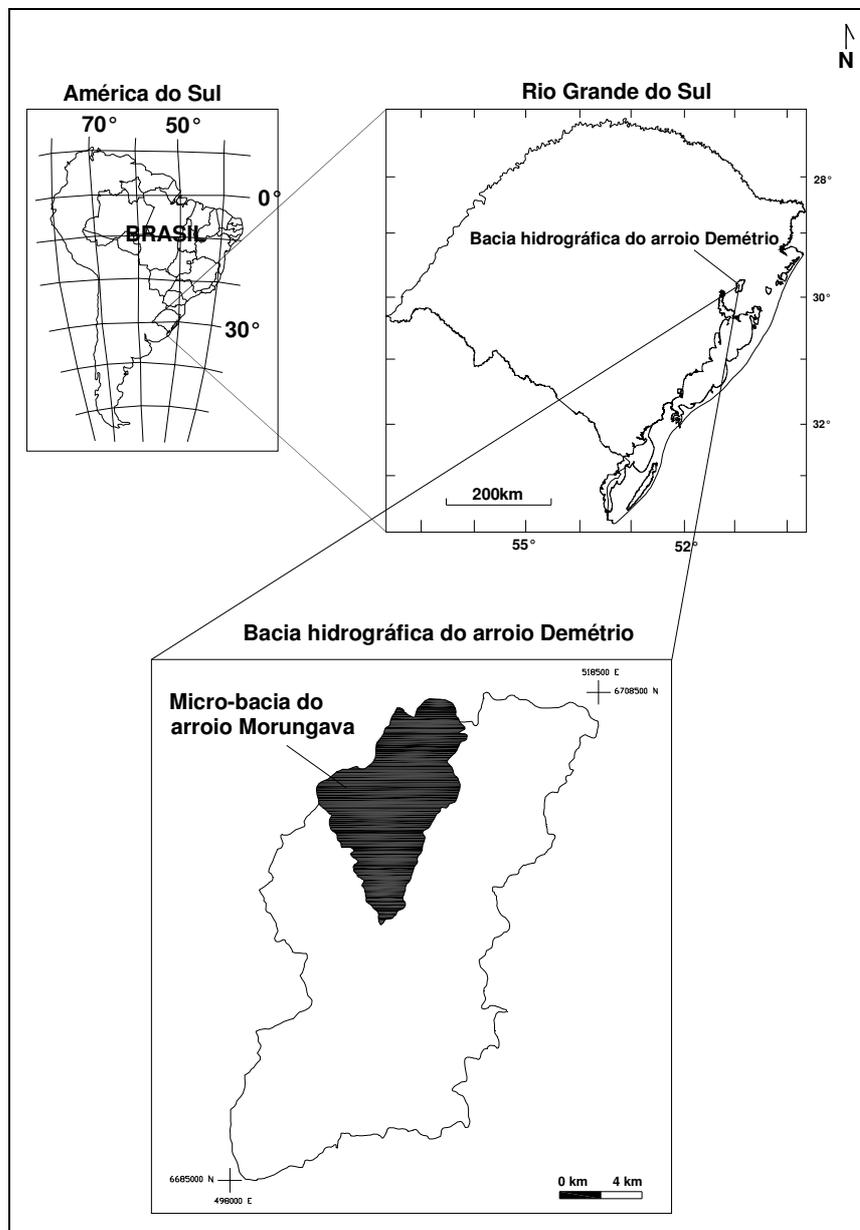


Figura 1. Localização da área.

Fonte: LASERCA – Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital da Unisinos.

3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO

A área está inserida na Bacia do Paraná, estando constituída por rochas de idade do Permiano Superior e Jurássico, respectivamente das Formações Pirambóia e Botucatu (Figura 2), além de sedimentos Quaternários. A figura 3, proposta por Faccini (2000), representa o mapa geológico simplificado da distribuição regional da sedimentação continental, correspondente ao intervalo Neopermiano-Eocretáceo no Rio Grande do Sul.

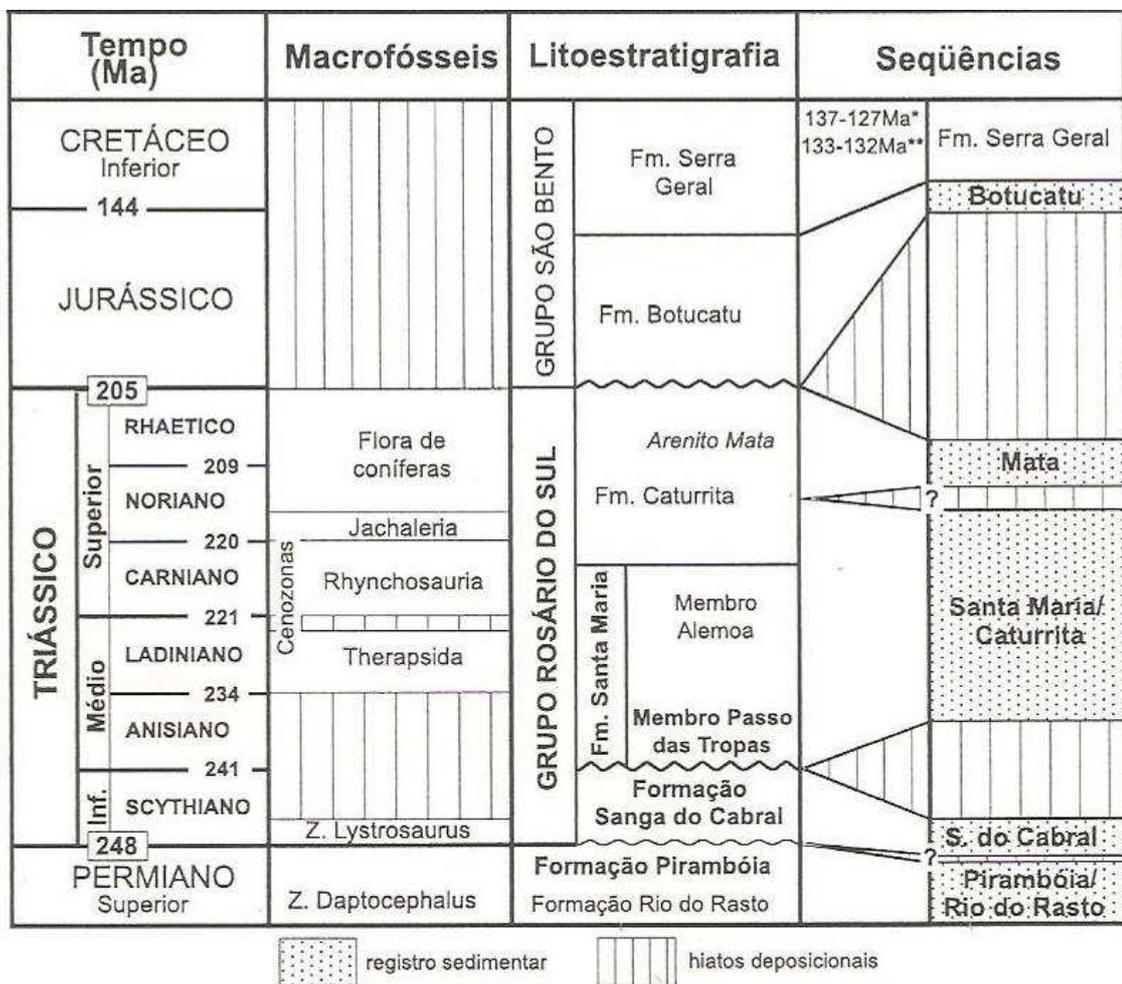


Figura 2. Coluna litoestratigráfica mostrando a Formação Botucatu no período Jurássico e Formação Pirambóia no período Permiano Superior.
Fonte: Segundo Faccini (2000).

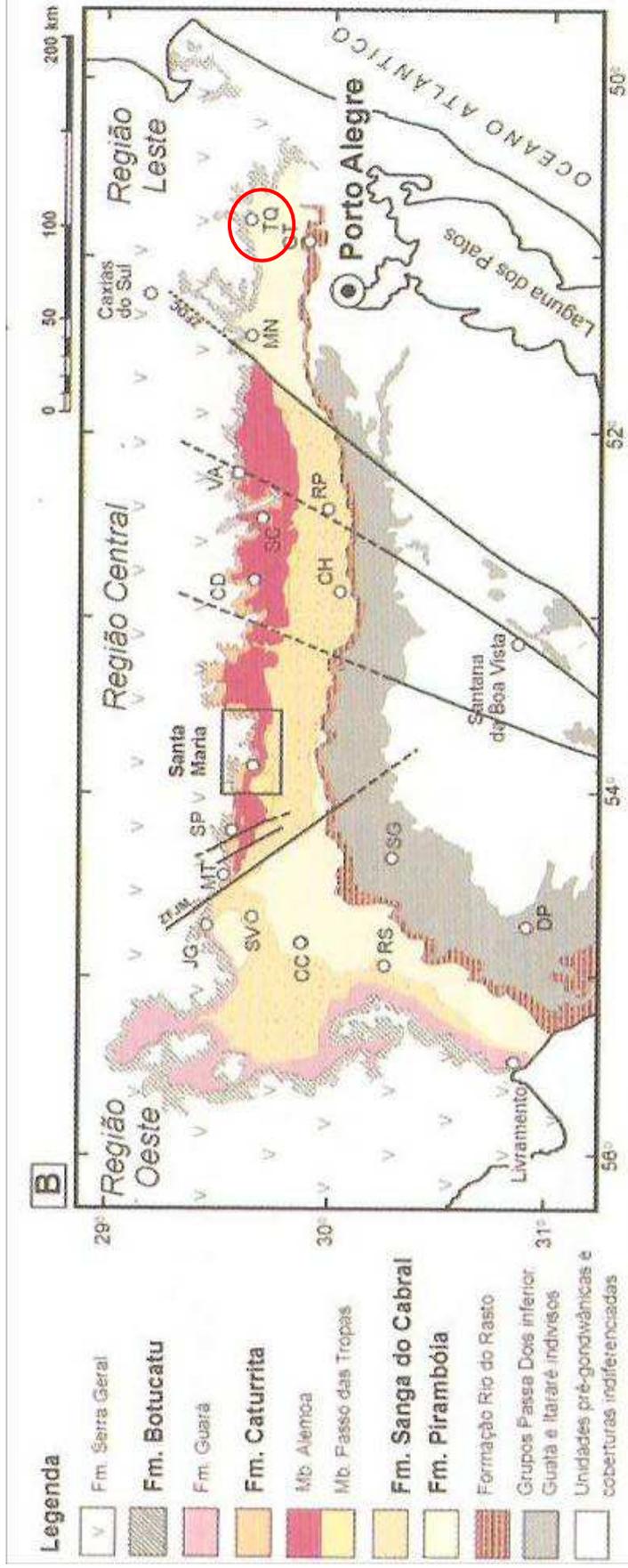


Figura 3. Localização regional da área no contexto correspondente ao intervalo Neopermiano-Eocretáceo no Rio Grande do Sul. Fonte: Segundo Faccini *et al.* (2003). O círculo em vermelho representa a área em questão.

3.1.1 Formação Botucatu

A Formação Botucatu, unidade basal do Grupo São Bento, corresponde a uma ampla área de deposição eólica que recobre mais de 1,3 milhão de km² na Bacia do Paraná. No Rio Grande do Sul apresenta espessuras que variam desde poucos metros na região oeste até cerca de 150 metros na porção leste da faixa de afloramentos (FACCINI; GIARDIN; MACHADO, 2003). A área aflorante mais reduzida ocorre ao longo de uma faixa leste-oeste, desde o município de Torres até Jaguari, onde inflete para sul, estendendo-se em território brasileiro até Santana do Livramento (SCHERER; FACCINI; LAVINA, 2000). Esta formação apresenta arenitos finos a grosseiros, bem arredondados a foscos, feldspáticos, róseo-avermelhados com bimodalidade granulométrica de gradação normal (“*grain fall*”), lentes subordinadas com gradação inversa (“*grain flow*”), estratificações cruzadas acanaladas de grande porte, características de grandes campos de dunas, tendo sido depositados por ação eólica de ambiente desértico. Inclui arenitos intertrapianos na fácies eólica, bem como arenitos finos a médios, róseos, argilosos, laminados com frequentes intercalações de *drapes* de argila e estratificações plano-paralelas ou tabular tangencial na base relacionado à fácies de interdunas (IBGE, 2003).

Para Faccini, Giardin e Machado (2003) esta unidade geológica é constituída por arenitos bimodais, finos a médios, quartzozos, sendo as estratificações cruzadas de grande porte as estruturas mais características da unidade. Esta é composta por: 1) associação de fácies de sistema eólico seco (Dunas e Interdunas) e 2) sistema deposicional. As dunas eólicas, conforme esses autores são constituídas por arenitos médios a grossos com estratificação cruzadas de grande porte. As interdunas são representadas por arenitos tabulares, dominados por ondulações eólicas, com moldes de cristais de gipsita.

3.1.2 Formação Pirambóia

Esta unidade geológica, conforme Faccini, Giardin e Machado (2003) é representada por: 1) associação de fácies de sistema eólico úmido (Dunas eólicas e Interdunas) e pelo 2) sistema deposicional. As dunas eólicas predominam na faixa de afloramentos dos depósitos

eólicos desta formação. Segundo esses autores essas são formadas exclusivamente por fácies de arenitos com estratificação cruzadas acanaladas ou tangenciais e mais raramente, planares. Em cortes transversais ao fluxo, são comuns as ocorrências de conjuntos coalescentes de estratificações acanaladas, feições indicativas de dunas eólicas de cristas curvas ou sinuosas, formas dominantes no sistema eólico Pirambóia. As interdunas ocorrem basicamente em duas formas distintas, discriminadas por sua geometria e constituição faciológica: (1) fácies de arenitos tabulares amalgamados, compostas por arenitos com laminação plana, maciços ou bioturbados e (2) fácies de pelitos lenticulares laminados ou maciços (FACCINI; GIARDIN; MACHADO, 2003).

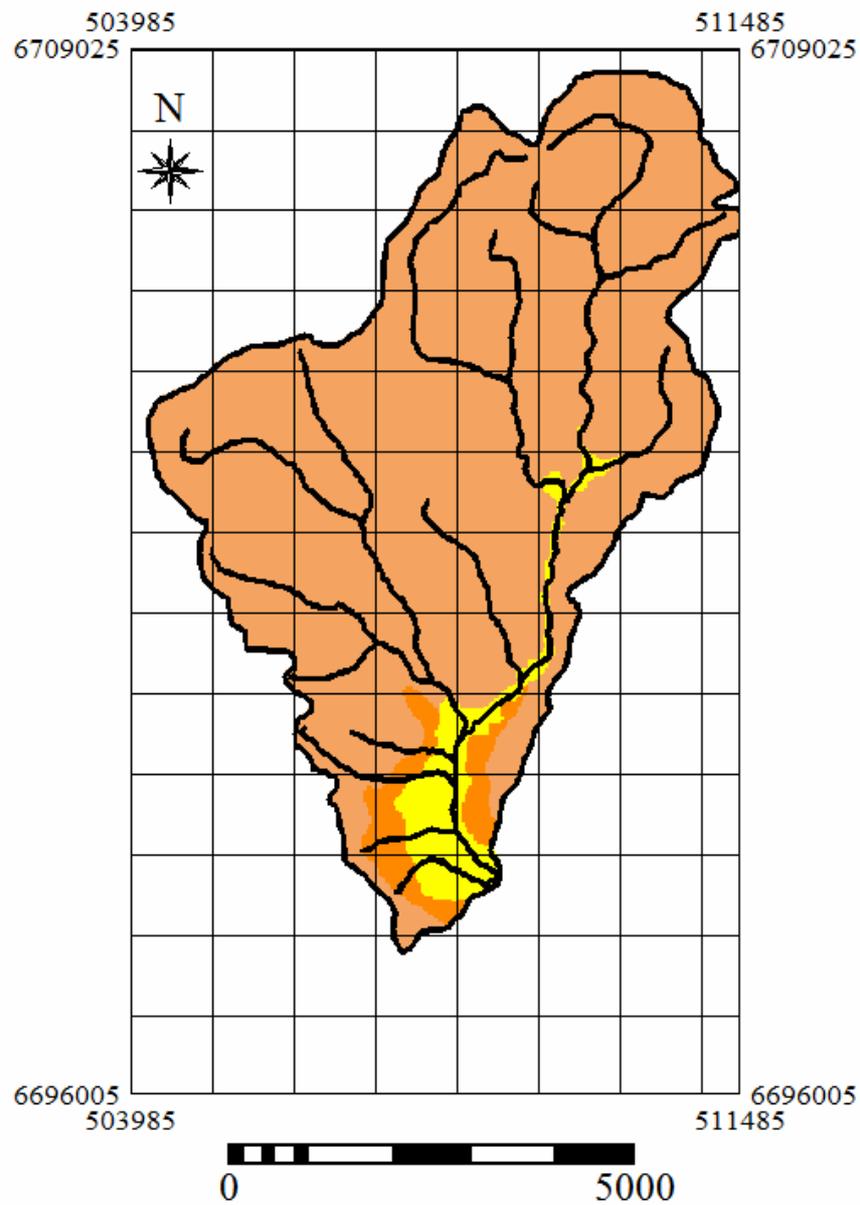
O sistema deposicional é representado pela associação de extensivos depósitos de dunas e interdunas com evidências de exposição do nível freático, representadas por arenitos bioturbados, laminações contorcidas por fluidização e pela presença de fácies pelíticas (FACCINI; GIARDIN; MACHADO, 2003).

Esta formação apresenta arenitos fluviais e principalmente eólicos, com cimentação parcial de sílica e limonita ou goethita, de cor castanha amarronzada, com pintas e manchas brancas e ocre (SOARES, SOARES E HOLZ, 2008). Com espessura inferior a 10 metros na parte inferior desta unidade, ocorrem arenitos fluviais de granulometria grossa, imaturos, feldspáticos, com clastos de lamitos vermelhos. Para esses autores a relação de contato entre o pacote eólico da Formação Pirambóia, com dunas e interdunas úmidas, e o pacote de dunas e interdunas secas da Formação Botucatu é difícil de ser identificada. O desaparecimento de depósitos de interdunas úmidas, a mudança na cor, aumento do tamanho dos *sets*, aumento da maturidade textural e mineralógica ou ainda o aumento das estruturas de *grain flow* indicam a passagem da Formação Pirambóia para a Formação Botucatu.

3.1.3 Sedimentos Quaternários

Nestes depósitos aluvionares encontram-se areias, cascalheiras e sedimentos siltítico-argilosos de planície de inundação, terraços e depósitos de calha da rede fluvial atual e subatual (IBGE, 2003).

A figura 4 apresenta as unidades geológicas na área de estudo, de acordo com Mapa Geológico – folha Gravataí e Santo Antônio da Patrulha, na escala 1:100.000.



Legenda

- Formação Botucatu
- Formação Pirambóia
- Depósitos Quaternários

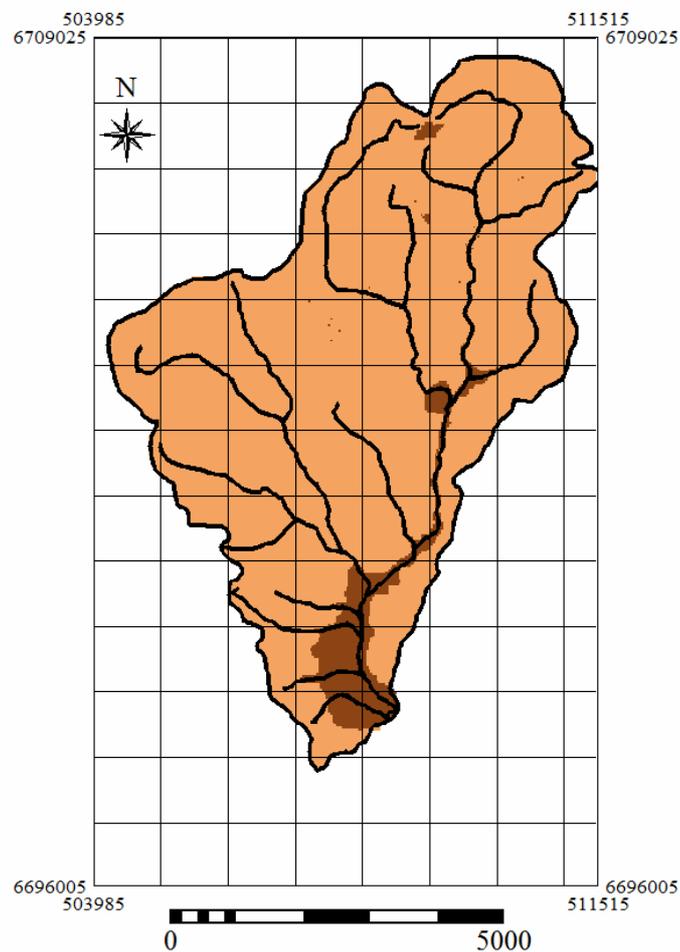
Escala original: 1:100.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

Figura 4. Geologia da microbacia.

Fonte: Adaptado do Mapa Geológico – folha Gravataí e Santo Antônio da Patrulha, UFRGS, na escala 1:100.000.

3.2 SOLOS

Na escala de 1:100.000, conforme Streck *et al.* (2008), duas unidades de solo são encontradas sendo estas Gravataí e Vacacaí. Conforme esses autores as observações de campo indicam esses tipos de solo de acordo com o relevo, depósitos de encosta, drenagens e litologia. Os solos encontrados na região da micro-bacia do arroio Morungava, de acordo com Streck *et al.* (2008), classificam-se como Argissolo Vermelho-Amarelos Distróficos Úmbricos e Hidromórficos Glei húmico (Figura 5).



Legenda

- Ar: Argissolo
- Hi: Hidromórfico

Escala original: 1:50.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

Figura 5. Tipo de solo encontrado na microbacia.

Fonte: Adaptado do Mapa Pedológico de Gravataí, do IBGE, 2003, SH22XC, na escala 1:250.000.

3.2.1 Argissolo Vermelho-Amarelos Distróficos Úmbrico

A Unidade Gravataí é caracterizada pelo Argissolo Vermelho-Amarelos Distrófico Úmbrico (STRECK *et al*, 2008), descrito como Podzólico Vermelho-Amarelo textura média até meados de até 1973. Os autores citados acima descrevem estes solos como profundos a muito profundos, variando de bem drenados a imperfeitamente drenados, com um horizonte Bt textural significativamente mais argiloso do que os horizontes A e E (Figura 6). São originados de diversos tipos de materiais como basaltos, arenitos, granitos, argilitos e siltitos. No RS esses solos ocorrem na região da Depressão Central, em relevo suave ondulado até forte ondulado. Na área de estudo esses solos estão acima do Arenito das formações Pirambóia e Botucatu.



Figura 6. Afloramento mostrando o argissolo do arenito Botucatu.

3.2.2 Hidromórfico Glei Húmico

Esses solos, de acordo com as descrições de Streck *et al.* (2008), são pouco profundos a profundos, mal drenados, de cor acinzentada ou preta (Figura 7). Os gleissolos com horizonte superficial de maior espessura e maior teor de matéria orgânica são classificados como Gleissolos Melânicos, e os demais são classificados como Gleissolos Háplicos. Podem ser eutróficos (saturação de bases \geq que 50%) ou distróficos (saturação de bases \leq que 50%). Ocorrem em depressões mal drenadas, várzeas de rios e planícies lagunares, geralmente associados aos planossolos.

O material de origem deste solo na área em questão são os depósitos Quaternários, porém também ocorre sobre o Arenito das Formações Pirambóia e Botucatu.



Figura 7. Solo hidromórfico de cor acinzentada.

3.3 RELEVO

Quanto ao relevo da área de estudo os locais onde ocorre maior declividade são representados pelo solo Argissolo Vermelho-Amarelos Distrófico Úmbrico, oriundos do Arenito das Formações Botucatu e Pirambóia. Nas porções mais baixas da bacia, ocorrem solos Hidromórficos Glei Húmico, oriundos dos depósitos Quaternários. Porém ocorrem solos hidromórficos em locais de maior altitude, sobre a Formação Botucatu, principalmente próximo a vertentes e nascentes de cursos d'água, onde o relevo é plano (declividade de 0 a 3 %).

As cotas variam entre 40,1 m a 280 m (Figura 8), predominando um relevo suave ondulado a fortemente ondulado, ocorrendo também um relevo plano nas porções mais baixas da bacia e em topos de morro (Figura 9). Observa-se ao sul da área um relevo íngreme formando o “Cerro de Morungava” (Figura 10). Abaixo segue uma classificação do relevo da área adaptado dos critérios de Lemos; Santos (1996), citado por Silva, Schultz e Camargo (2003).

Relevo plano (PL) - com declividade de 0 a 3 % e solos Hidromórficos Glei Húmico, sobre Depósitos da Formação Pirambóia.

Relevo suave ondulado (SO) – com declividade de 3 a 8 % solos Argissolo Vermelho-Amarelos Distrófico Úmbrico, sobre Arenito Botucatu.

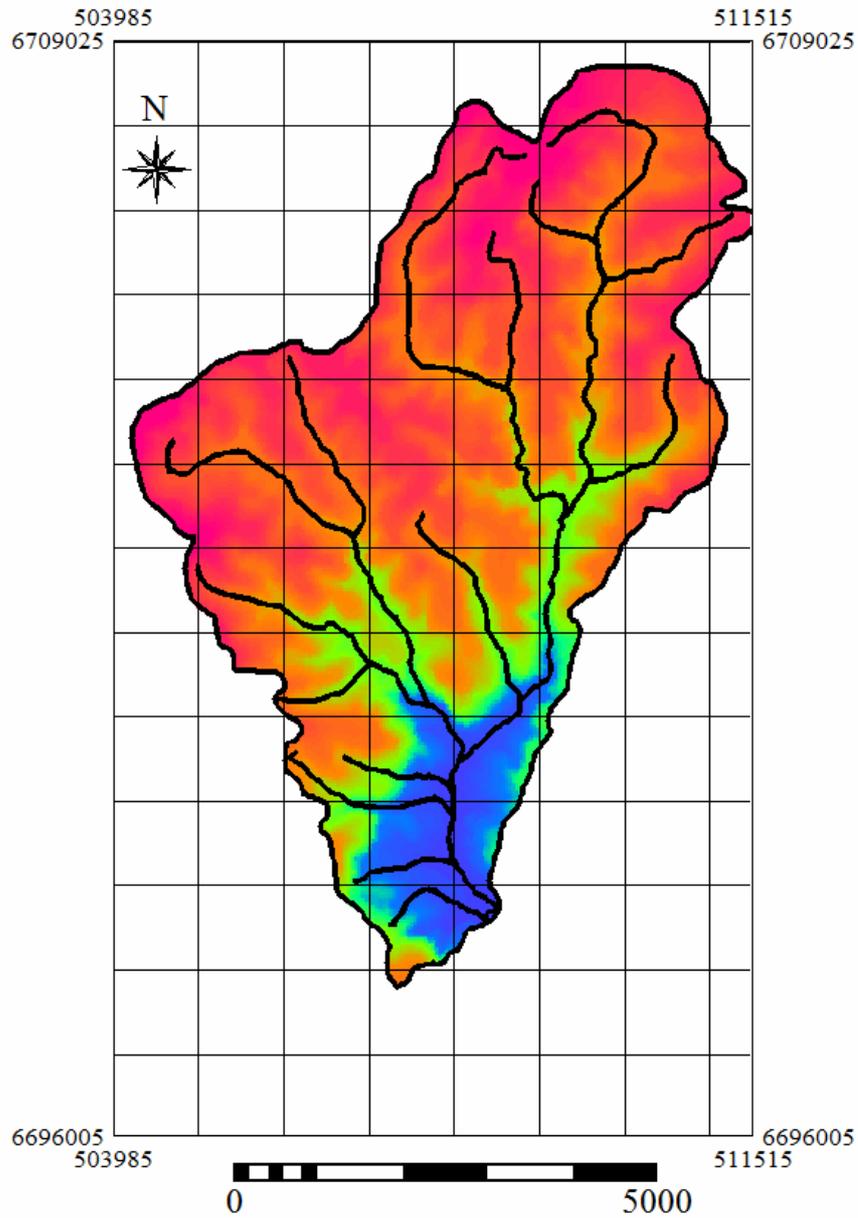
Relevo ondulado (ON) – com declividade de 8 a 20 % solos Argissolo Vermelho-Amarelos Distrófico Úmbrico, sobre Arenito Botucatu.

Relevo forte ondulado (FO) - com declividade de 20 a 45 % e solos Argissolo Vermelho-Amarelos Distrófico Úmbrico, sobre Arenito Botucatu.

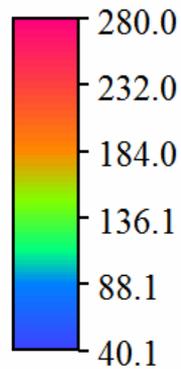
Relevo montanhoso (MO) – com declividade de 45 a 75 % e solos Argissolo Vermelho-Amarelos Distrófico Úmbrico, sobre Arenito Botucatu.

Relevo íngreme (IN) – com declividade acima de 75% e solos Argissolo Vermelho-Amarelos Distrófico Úmbrico, sobre Arenito Botucatu.

A figura 11 representa o relevo da microbacia.



Altitude em metros



Escala original: 1:50.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

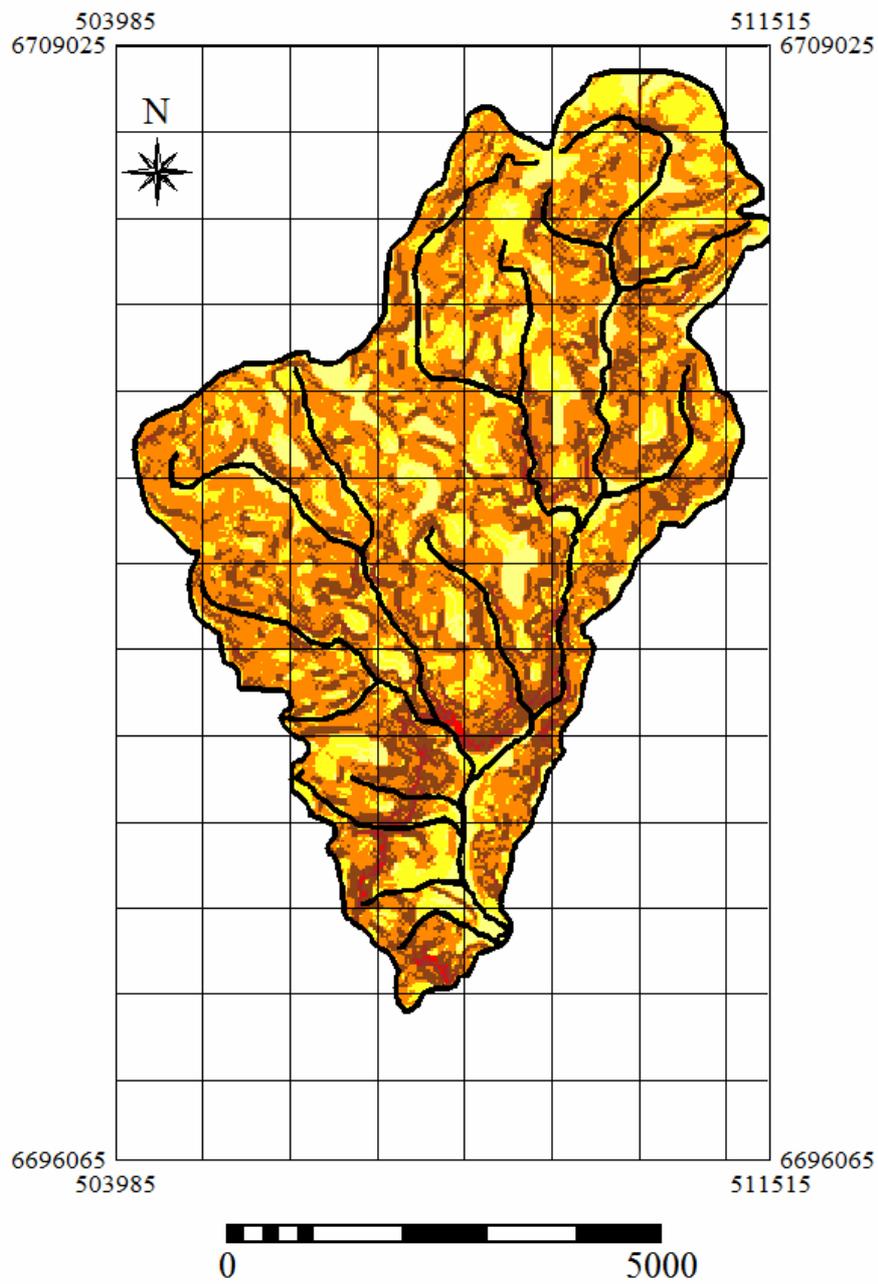
Figura 8. Modelo Numérico do Terreno (MNT) da micro-bacia.
 Fonte: Carta do Exército, 1979, da METROPLAN de Gravataí, Escala 1:50.000.



Figura 9. Em frente relevo plano, ao fundo relevo de encosta.



Figura 10. Em frente relevo plano, ao fundo relevo íngreme (Cerro de Morungava).



Legenda

- Pl: Plano
- SO: Suave Ondulado
- On: Ondulado
- FO: Forte Ondulado
- Mo: Montanhoso
- In: Ingrime

Escala original: 1:50.000

Sistema de projeção: UTM

Elipsóide de referência: SAD 69

Meridiano central: 51 W

Zona: 22 Sul

Figura 11. Declividade da microbacia.

Fonte: Carta do Exército, 1979, da METROPLAN de Gravataí, Escala 1:50.000.

3.4 CLIMA

Segundo a classificação climática de Köppen trata-se de um clima do tipo Cfa, isto é, mesotérmico (temperatura média do mês mais quente 22°C, temperatura média anual °C e pelo menos um mês com temperaturas médias inferiores a 15°C), com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, sem nenhum mês seco.

3.5 VEGETAÇÃO

Fitoecologicamente esta área enquadra-se nas Áreas de Tensão Ecológica, com grande influência da Floresta Estacional Semi-Decidual (TEIXEIRA *et al.* 1986). Originalmente, a vegetação desta região era predominantemente arbórea nas partes mais baixas e úmidas. Atualmente a fitofisionomia da região é caracterizada pelo predomínio de campos de pastagens, roça e por pequenos fragmentos florestais, de estrutura e composição secundária, geralmente agrupada ao longo das divisas de propriedades ou acompanhando trechos dos cursos da água.

Nas nascentes ocorre uma cobertura vegetal em melhores condições de preservação, sendo que ao longo do curso dos seus afluentes, encontram-se manchas de vegetação nativa bastante alterada. O desmatamento e a ocupação desordenada provocam focos de erosão, com a consequente acumulação de sedimentos na calha do arroio aumentando a turbidez.

3.6 USO DO SOLO

Predominam na região atividades como agricultura de subsistência com culturas de hortigranjeiros, plantações de milho (Figura 12), cana, aipim, mandioca e culturas cítricas. Também ocorrem atividades de pecuária intensiva, como criação de suínos, aves e gado de leite. O reflorestamento com acácia-negra e eucalipto também fazem parte da economia da região, além de pequenas propriedades rurais e sítios de lazer.

Por tratar-se de uma região sobre a Formação Arenito Botucatu, com grande oferta da popularmente conhecida “pedra grês”, ocorre este tipo de mineração na região, porém sem uma política de manejo adequado, ocorrendo impactos ambientais como desmatamento e rejeitos sobre a encosta e nascentes de cursos d’água.

A ocupação urbana existe em pequenos núcleos, ao longo da RS 20 e RS 30, na sede do distrito de Morungava e assentamentos irregulares às margens do arroio e ao redor de lagos.

A derrubada da mata nativa (Figura 13), a exploração mineral, focos de erosão (Figura 14) e a contaminação da água se apresentam como os principais problemas ambientais da região. A água para consumo é buscada em poços, muitas vezes, com problemas de contaminação por agrotóxicos (PLANO AMBIENTAL DE GRAVATAÍ, 2005).

De acordo com a carta de uso e ocupação do solo (Figura 15) esta micro-bacia apresenta 70,9 % de área de campo/agricultura, 27,22 % de vegetação (incluindo mata nativa e exótica) e 1,89 % de área urbana.



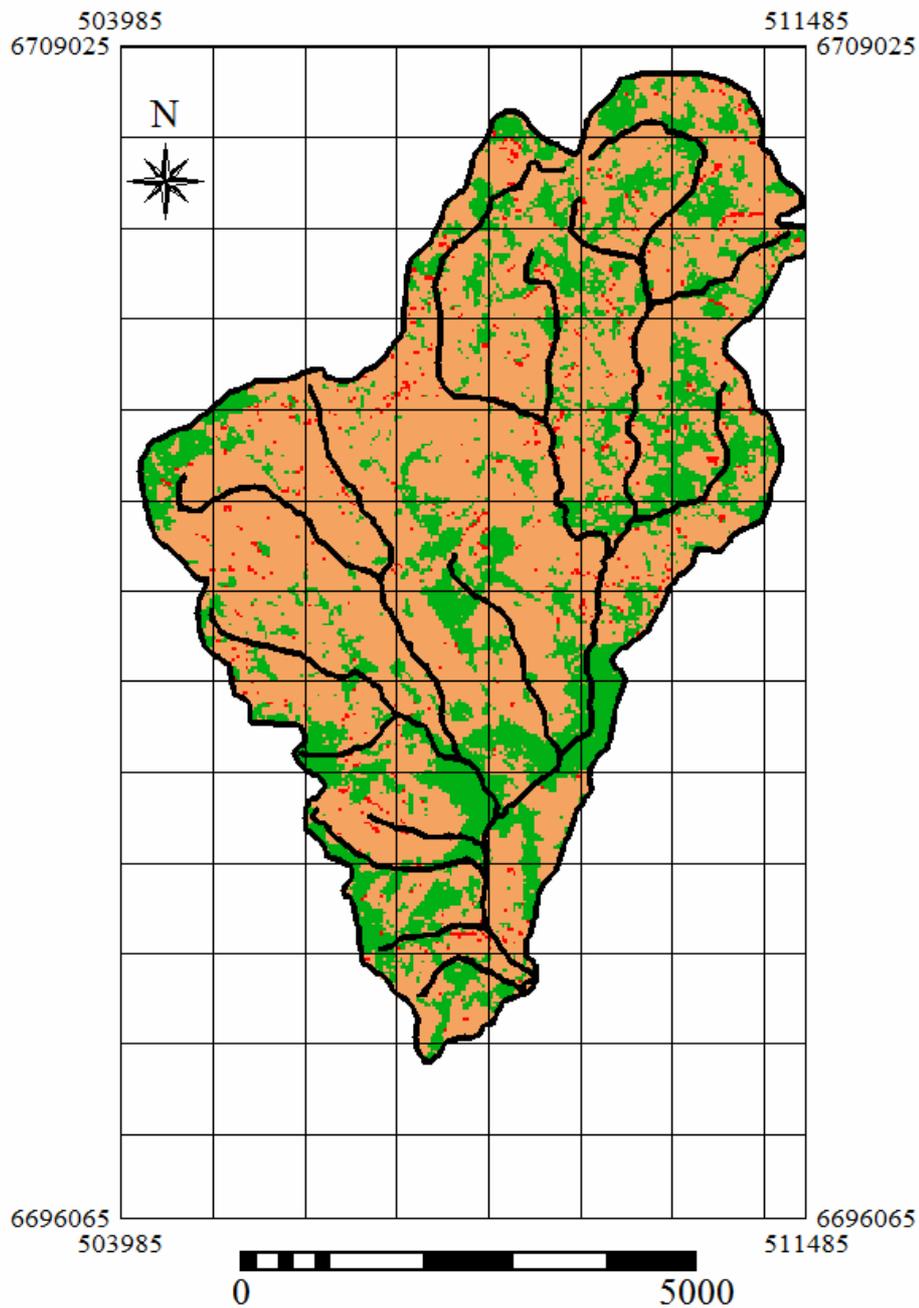
Figura 12. Cultivo de milho no argissolo em arenito da Formação Botucatu - ponto 7.



Figura 13. Desmatamento da mata nativa na nascente de um dos afluentes do arroio.



Figura 14. Sulcos de erosão em argissolo em arenito Botucatu.



Legenda

- CA: Campo/Agricultura
- Ve: Vegetação
- Au: Área urbana

Escala original: 1:50.000

Sistema de projeção: UTM

Elipsóide de referência: SAD 69

Meridiano central: 51 W

Zona: 22 Sul

Figura 15. Uso e ocupação do solo da micro-bacia.

Fonte: Carta do Exército, 1979, da METROPLAN de Gravataí, Escala 1:50.000.

4 MÉTODO E TÉCNICAS

Para avaliar a degradação do solo na micro-bacia, fez-se uma análise das variações temporais de MO no horizonte superficial, além da análise da variação de MO em um perfil de solo em condições naturais. Com o modelo de perda de solos da EUPS, fez-se uma avaliação espacial de perda de MO, onde gerou-se cenários de perda de MO. A figura 16 apresenta a abordagem metodológica desta dissertação.

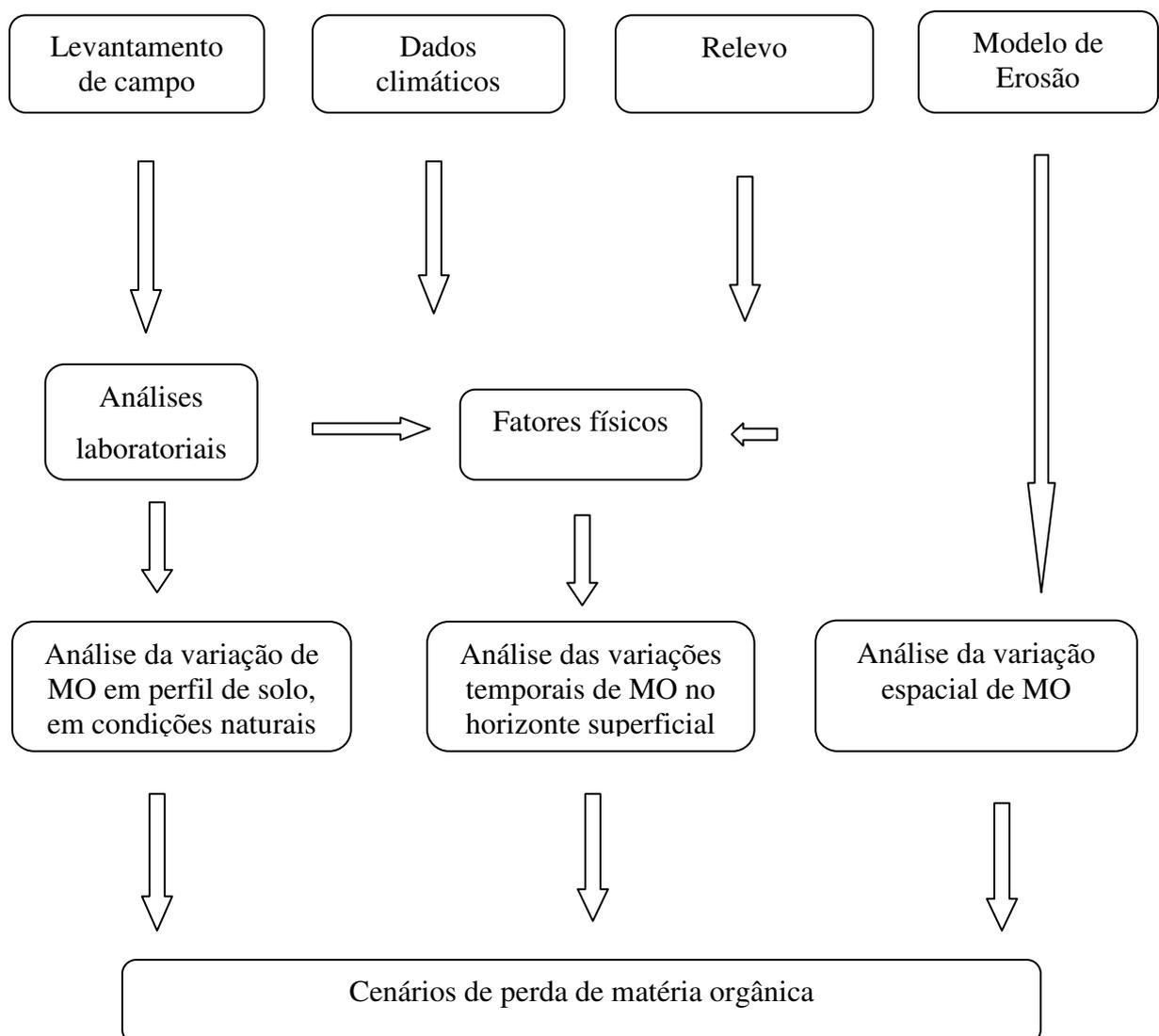


Figura 16. Abordagem metodológica.

4.1 MÉTODO

Para avaliar a dinâmica da matéria orgânica no solo coletaram-se amostras de solo para análises físicas (granulometria) e químicas (teor de MO). Além disto, análises de MO foram realizadas em um perfil no solo argissolo.

4.1.1 Critérios de coleta no solo

Para as coletas de solo utilizaram-se os seguintes critérios:

4.1.1.1 Solo/Geologia

De acordo com o levantamento de solos a campo, a avaliação do comportamento da MO foi realizada nas seguintes classes de solos:

Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Úmbrico sobre arenitos eólicos das formações Botucatu e Pirambóia.

Hidromórfico Glei Húmico sobre depósitos aluvionares Quaternários.

4.1.1.2 Tempo de uso do solo

Além do tempo “zero” de referencia, foram definidos inicialmente três períodos de uso do argissolo, os quais foram detalhados a campo através de entrevistas com os proprietários:

T0 - Mata nativa (área de referência = tempo zero)

T1 – uso até 1,5 anos

T2 – uso de 1,5 até 15 anos

T3 – uso de 15 até 30 anos

Para o solo hidromórfico, devido à inexistência de dados de campo, foram definidos dois períodos de uso além do tempo “zero” de referencia, os quais foram detalhados a campo através de entrevistas com os proprietários:

T0 - Mata nativa (área de referência = tempo zero)

T1 – uso até 10 anos

T2 – uso de 10 até 30 anos

4.1.1.3 Profundidade

Definiram-se as amostragens de solo nas seguintes profundidades: 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm (Figura 17).



Figura 17. Coleta de solo argissolo nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm.

4.1.2 Procedimentos para coleta de campo

Para realizar as amostragens de solo definiu-se 10 pontos de coleta, onde foram retiradas amostras compostas por três sub-amostras, aleatoriamente em cada ponto. Abrindo-se uma trincheira e com auxílio de uma espátula foram coletados blocos indeformados de 20 cm x 20 cm nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, totalizando 30 amostras. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos para as análises físicas (granulometria) e químicas (teor de matéria orgânica). A figura 18 mostra os pontos de coleta na microbacia do arroio Morungava. A coleta de solo no perfil argissolo foi realizada a uma profundidade de 0 a 150 cm. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos para as análises químicas (teor de matéria orgânica).

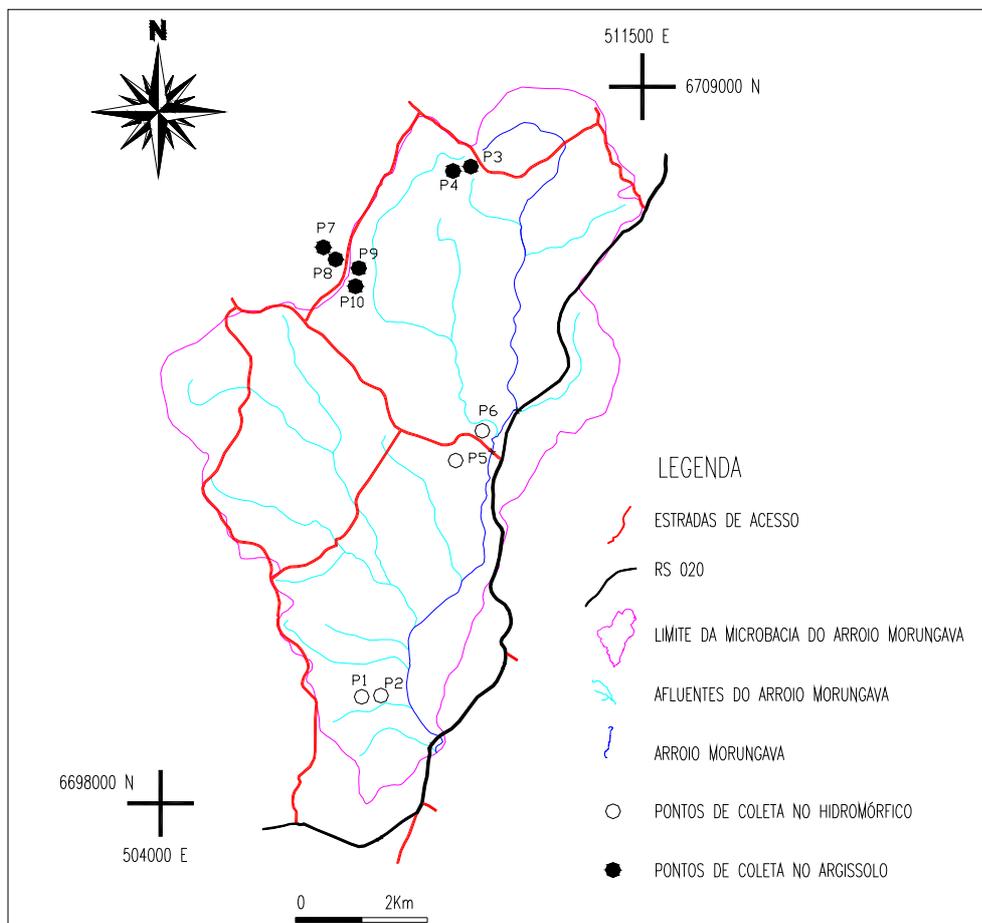


Figura 18. Pontos de coleta na microbacia do arroio Morungava.

Obs. Os pontos 7 e 8 referentes a amostragem de solo de 18 meses de plantio (T1) no argissolo encontram-se fora da microbacia do arroio Morungava, porém não havia outro local dentro desta com plantio neste período. Estes pontos foram os locais mais próximos da bacia onde havia um plantio recente.

4.1.3 Procedimentos para ensaio de granulometria e sedimentação

Para a realização dos ensaios de granulometria e sedimentação das amostras de solo seguiu-se a Norma Brasileira NBR 7181/84.

4.1.4 Procedimentos para análise do teor de MO no solo – método de calcinação

Para a análise do teor de matéria orgânica nas amostras de solo utilizou-se o método de calcinação. Para isto pesou-se 60g de amostra de solo (peso inicial), previamente seca na estufa a 35°C, em cápsula de alumínio. Em seguida passaram-se as amostras em um quarteador para sua homogeneização. Com a capela desligada, colocou-se a cápsula de alumínio com a amostra de solo no Bico de Bünsen, com a placa de amianto sobre o tripé e deixou-se queimando a uma temperatura de 550°C por cerca de 2 horas. Após este período pesou-se novamente (peso final). A diferença entre o peso inicial e o peso final corresponde ao teor de matéria orgânica.

O apêndice 1 apresenta os dados tabelados de granulometria e estoques de MO nos diferentes solos encontrados na área.

4.2 PROCESSAMENTO DE DADOS

Para a avaliação espacial da perda de MO e geração de cenários de perda de MO utilizou-se o modelo de perda de solos através da EUPS, e gerou-se uma carta de Potencial

Natural de Erosão (PNE) e carta de Expectativa de Perda de solos (EPS). Com essas duas cartas foi possível elaborar a carta de teor de MO (%) da micro bacia, a carta de perda de MO e os cenários de perda de MO.

Primeiramente utilizou-se o software AutoCad 2008 para a digitalização das informações de curvas de níveis, extraídas da Carta do Exército - 1979 - Escala 1: 50.000; Datum Horizontal - Córrego Alegre - MG; Datum Vertical - Torres, RS; Meridiano Central 51° W, da METROPLAN de Gravataí. Através do software Ilwis 3.5 importaram-se as curvas de níveis, georreferenciadas, de dwg para dxf, e elaboraram-se as cartas de modelo numérico do terreno e declividade do terreno.

Através do Atlas Agroclimático do RS extraiu-se os mapas de chuvas mensais do período de 1931 a 1960, que foram digitalizados no AutoCad 2008 e importados para o Ilwis 3.5 para elaboração do fator R (erosividade da chuva) da equação. Utilizaram-se dados de chuva históricos para a equação porque estes estão disponíveis na forma de mapas de isoietas espacializados, facilitando assim a elaboração do fator R. Para adequar este fator às condições climatológicas locais da área utilizou-se o ajuste de Neto e Moldenhauer (1992), adaptado para a região de Campinas, SP. Abaixo segue a equação de ajuste:

$$R = 68,71 \left\{ \frac{M^2}{A} \right\}^{0,841}$$

Onde:

R = Erosividade da chuva (tm mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹)

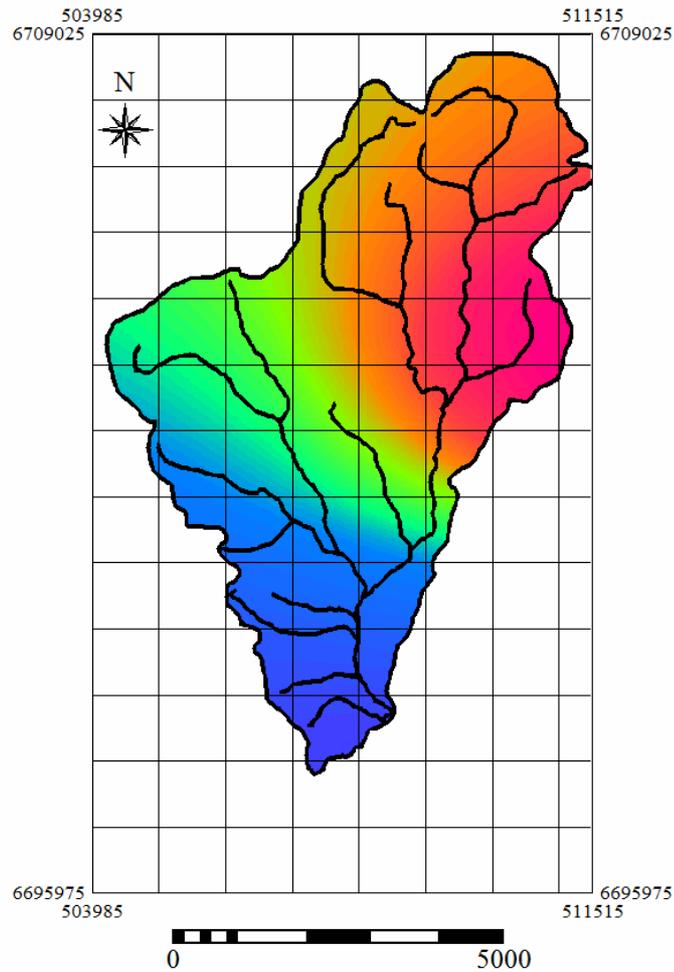
M = Precipitação média mensal, em milímetros

A = Precipitação média anual, em milímetros

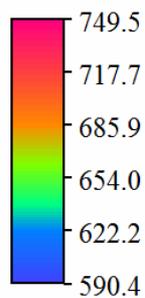
Utilizou-se o ajuste da região de Campinas, SP por ser o local com características climáticas mais semelhantes à área de estudo. Os demais ajustes apresentados por Silva et al (2003) foram realizados nas regiões de Manaus (AM), Barranquinho (MT), Flechas (MT) e Lavras (MG).

Com a soma dos valores de R de cada mês determinou-se o R anual para a área, no “sistema internacional de unidades” (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹) (Figura 19). Para converter para o sistema métrico de unidades (tm mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹), dividiram-se os valores por 9,81.

Para a região da micro-bacia encontrou-se o valor médio anual de erosividade da chuva, neste período (1931 a 1960) de 670,5 ($\text{tm mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e verificou-se que a época de maior agressividade das chuvas ocorreu nos meses de setembro e outubro. Já o mês de novembro foi o de menor agressividade de chuvas neste período.



Legenda



Escala original: 1:50.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

Figura 19. Fator R – Erosividade anual da chuva em $\text{tm mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$.
 Fonte: Carta do Exército, 1979, da METROPLAN de Gravataí, Escala 1:50.000.

Com o auxílio do Mapa Pedológico de Gravataí do IBGE, 2003, SH22XC, na escala 1:250.000, elaborou-se uma carta de solos na escala 1:50.000, que foi digitalizada no AutoCad 2008 e importada para o Ilwis 3.5, onde foi editada para a realidade da área. Esta carta foi utilizada para elaborar o fator K (erodibilidade do solo) da equação, no sistema métrico de unidades ($t \text{ ha ano } tm^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$). Para isto utilizaram-se os dados de granulometria e teor de matéria orgânica e aplicou-se no Nomógrafo de erodibilidade do solo, proposto por Wischmeier; Smith (1978), citado por Silva, Schultz e Camargo (2003). Para o solo argissolo encontrou-se o valor de $K = 3,5$ e para o solo hidromórfico o valor encontrado foi de $K = 3,3$. Para chegar a esses valores de K utilizaram-se os valores texturais e teor de MO no nomógrafo de cada amostragem dos solos argissolos e hidromórficos coletados em pontos de mata nativa e fez-se uma média para cada solo. Os quadros 5 e 6 apresentam os dados de K por amostragem.

Quadro 5. Valor de K para as amostragens de mata nativa no solo argissolo.

Ponto	Profundidade (cm)	Teor de MO (%)	Valor de K
4	0 – 5	2,50	0,37
4	5 – 10	1,50	0,39
4	10 – 20	1,50	0,38
8	0 – 5	2,80	0,32
8	5 – 10	1,80	0,37
8	10 – 20	1,80	0,36
10	0 – 5	2,70	0,30
10	5 – 10	1,90	0,32
10	10 – 20	1,60	0,37
Média	-	2,00	0,35

Quadro 6. Valor de K para as amostragens de mata nativa no solo hidromórfico.

Ponto	Profundidade	Teor de MO (%)	Valor de K
2	0 – 5	2,80	0,35
2	5 – 10	2,35	0,40
2	10 – 20	2,08	0,36
6	0 – 5	6,00	0,24
6	5 – 10	2,80	0,32
6	10 – 20	2,90	0,32
Média	-	2,80	0,33

As figuras 20 e 21 apresentam o nomógrafo para chegar ao fator K do argissolo (ponto 8 - profundidade 10-20 cm) e do hidromórfico (ponto 6 - profundidade 10-20 cm). A figura 22 representa o fator K (erodibilidade do solo) da área.

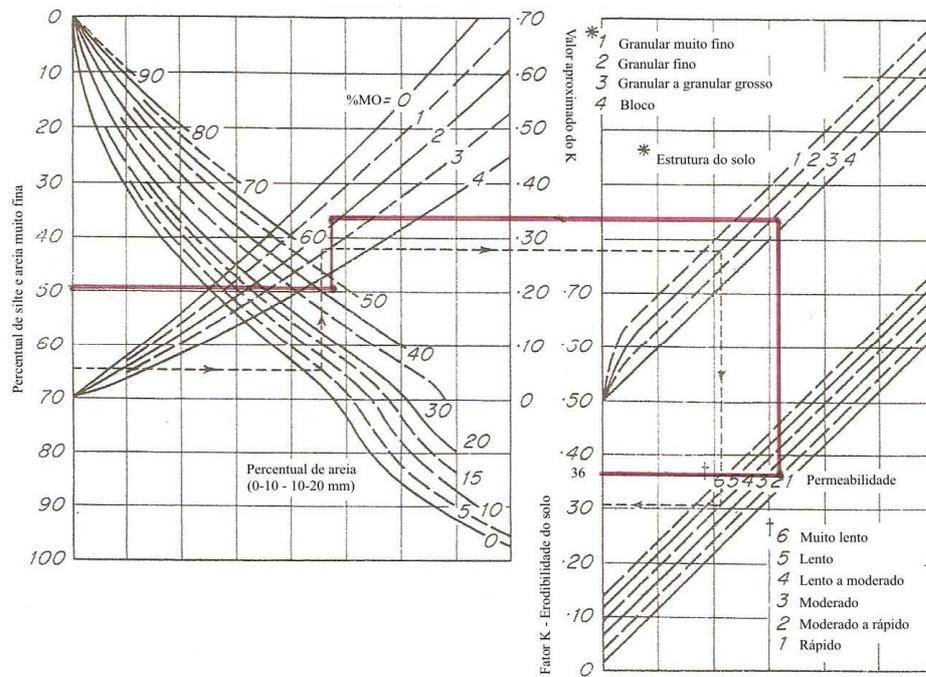


Figura 20. Nomógrafo para fator K do solo argissolo. Valores do ponto 8 (profundidade 10-20 cm).

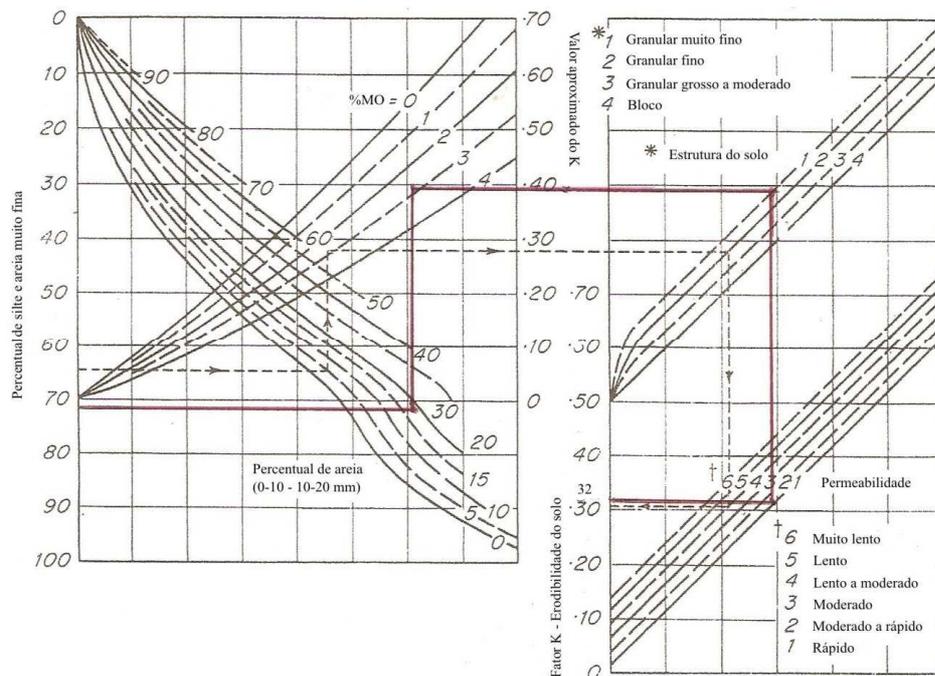


Figura 21. Nomógrafo para fator K do solo hidromórfico. Valores do ponto 6 (profundidade 10-20 cm).

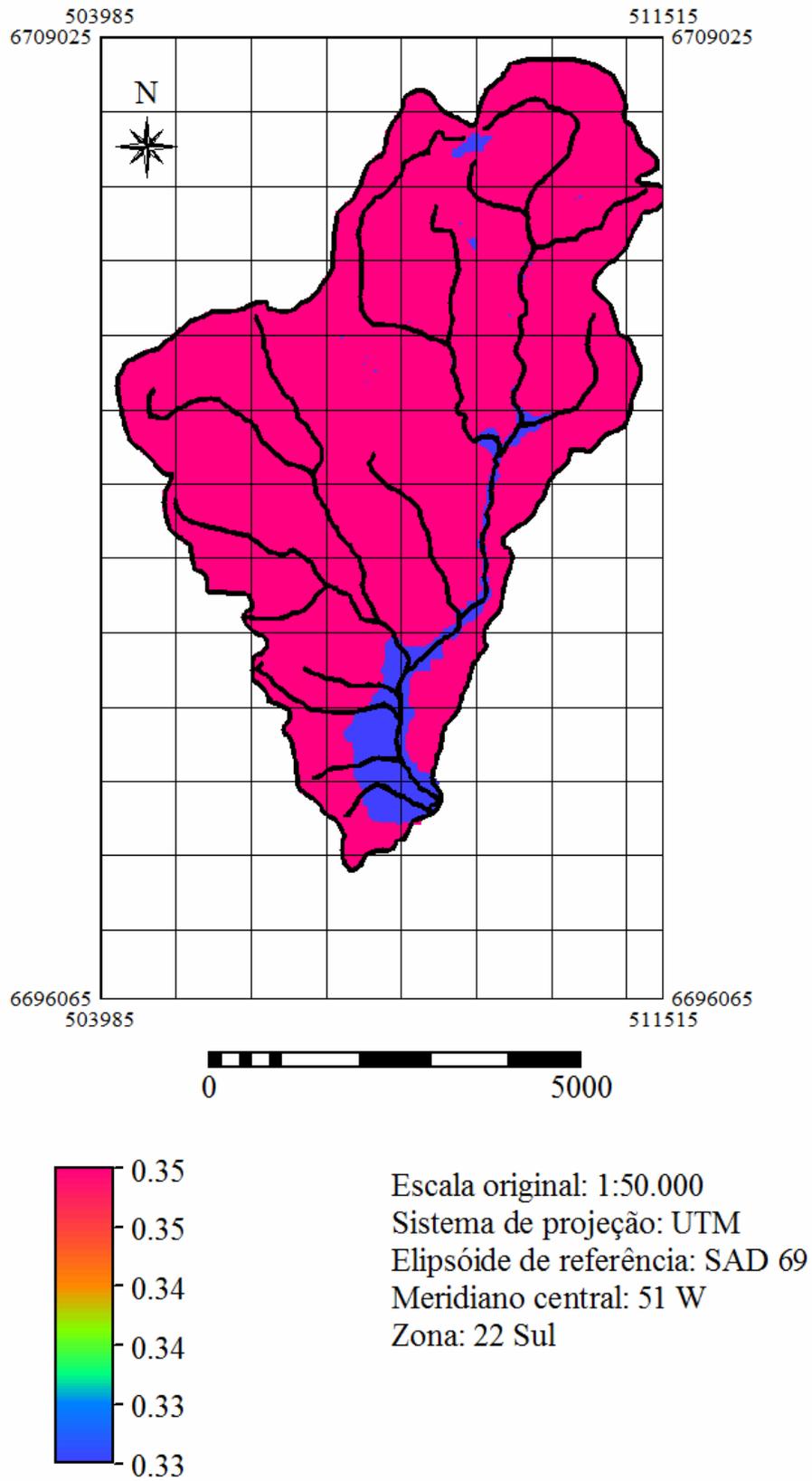


Figura 22. Fator K – Erodibilidade do solo em $\text{tm mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

Através da carta de declividade da área elaborou-se uma carta de Azimute e extraiu-se o dado de comprimento do declive (fator L da equação) e grau de declive (fator S da equação). Como a micro-bacia do arroio Morungava não possui os valores experimentais (25 m de comprimento de rampa e 9% de declividade) da EUPS, ajustou-se o fator LS (Figura 23) através da equação:

$$LS = \left(\sqrt{\frac{X}{100}} \right) \times (1,36 + 0,97S + 0,1385S^2) \quad \dots(5)$$

Com os dados de entrada descritos acima foi possível elaborar o Potencial Natural de Erosão (Figura 24) através da equação $PNE = R * K * L * S$. Com o fator cobertura vegetal (fator C) (Figura 25) foi possível elaborar a carta de Expectativa de Perda de Solo (EPS) (Figura 26) com aplicação da equação EPS ou EUPS = $R * K * L * S * C * P$. O fator C foi gerado a partir da carta de uso e ocupação do solo (Figura 15), a qual foi elaborada na escala 1: 50.000, através das Imagens de satélite LANDSAT 2008, órbita 221, pontos 80 e 81, extraídas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Para este Fator C utilizaram-se valores de médias anuais, para situações de área coberta por vegetação, áreas com campo/agricultura e solo exposto (área urbana), proposto por Mitchel e Bubenzer (1980), apresentados no quadro 7, abaixo.

Quadro 7. Valor médio anual proposto por Mitchel; Bubenzer (1980).

Prática/cobertura do solo	Valor médio anual do fator C
Vegetação (nativa ou exótica)	0,001
Campo/agricultura	0,100
Solo exposto (área urbana)	1,000

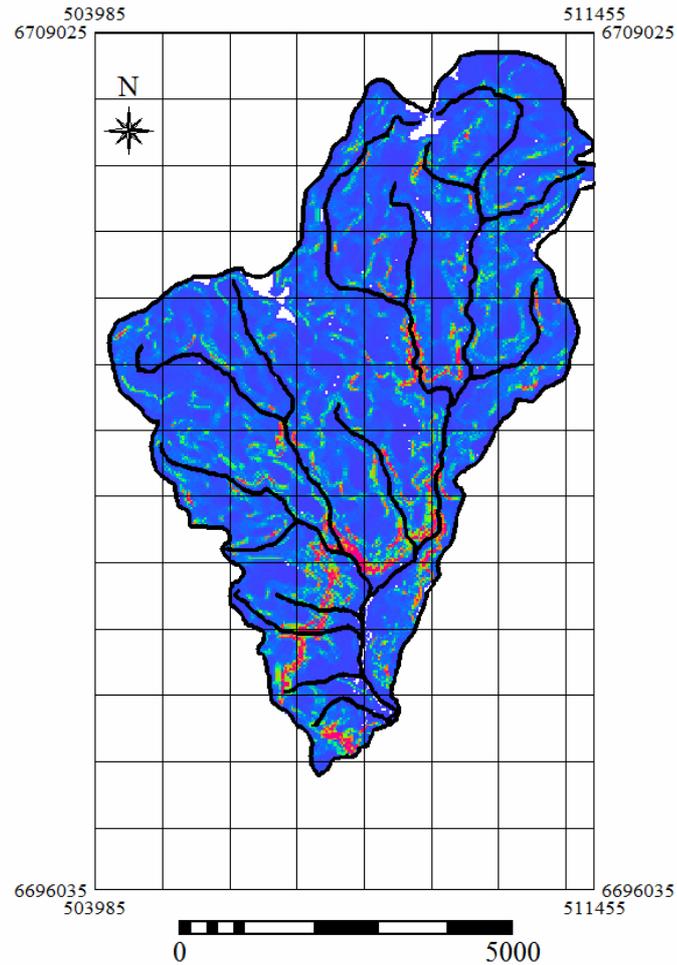
Para o fator práticas antrópicas (fator P) utilizou-se o valor 1,0 apresentado por Mitchel e Bubenzer (1980), por tratar-se de área com plantio “morro abaixo”. Tanto o fator C como o fator P são adimensionais.

Para avaliar a perda de matéria orgânica na área criou-se uma carta de perda de matéria orgânica, através da carta de EPS. Para isto fez-se uma média dos teores de MO (%) encontrados nos pontos de amostragens e elaborou-se uma carta de teor de MO (%). Assim, multiplicou-se esta com a carta de EPS, gerando uma carta de perda de matéria orgânica em $\text{tm mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$. O quadro 8 apresenta os teores para cada tipo e uso do solo na área.

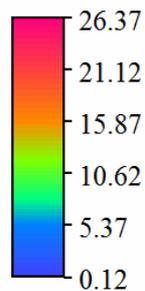
Quadro 8. Valor médio anual proposto por Mitchel e Bubenzer (1980).

Uso do solo	Tipo de solo	Média de MO (%)
Mata nativa	Argissolo	2,0
Campo/agricultura	Argissolo	1,7
Mata nativa	Hidromórfico	3,0
Campo/agricultura	Hidromórfico	1,2

Obs. Os locais onde ocorre área urbana aplicou-se os mesmos teores encontrados nas áreas de campo/agricultura.

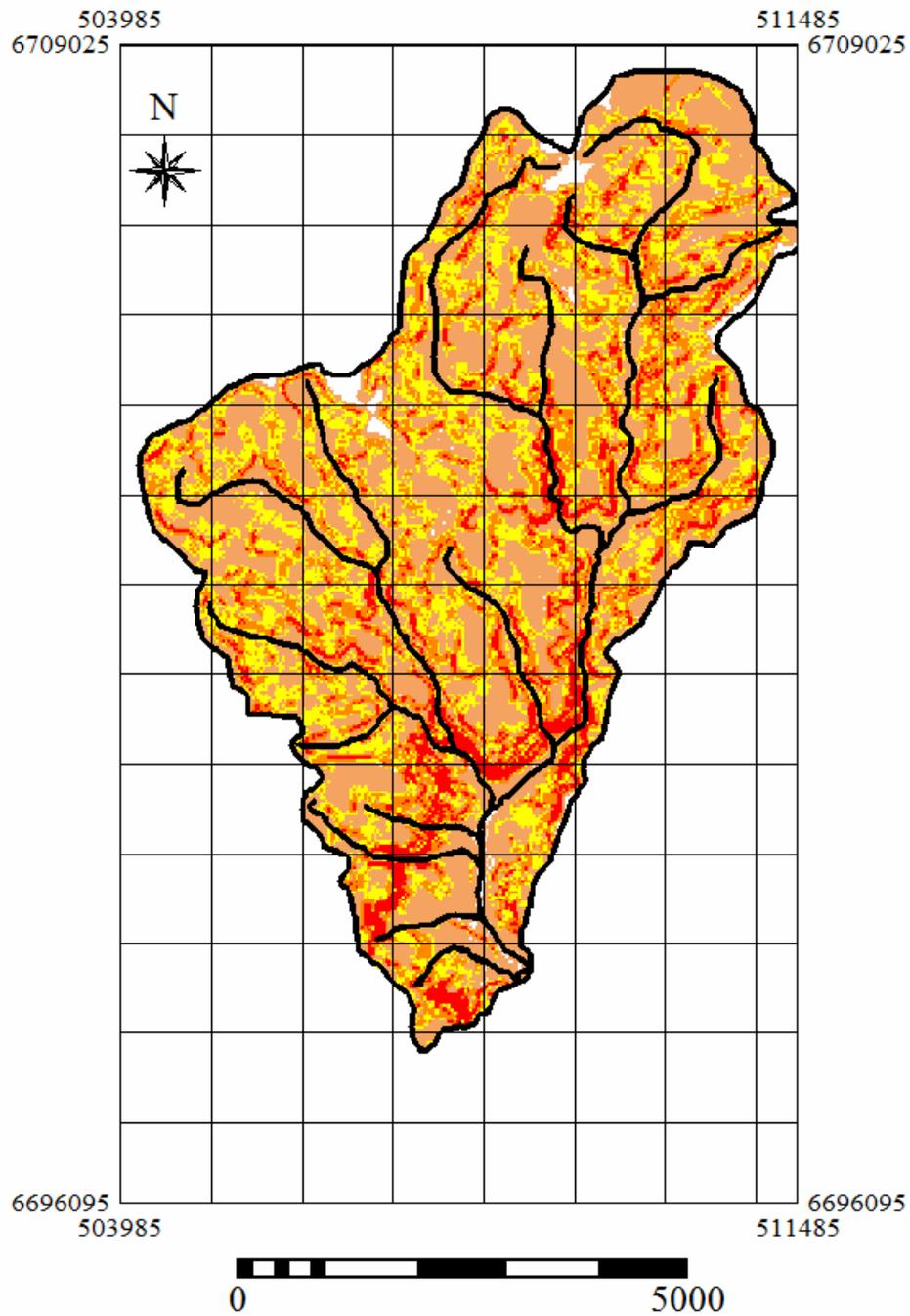


Legenda



Escala original: 1:50.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

Figura 23. Fator LS – Comprimento do declive (m) e declividade (%).

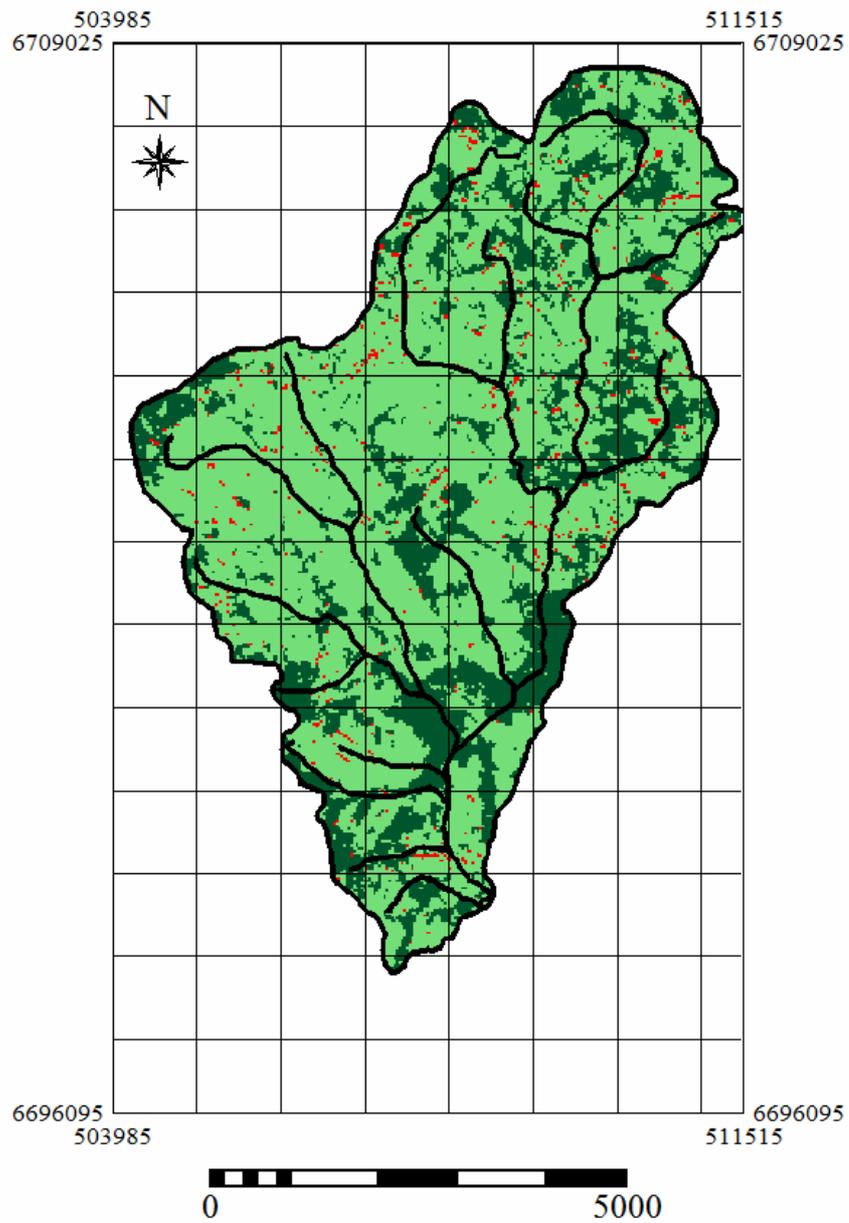


Legenda

- Fraco
- Moderado
- Moderado a forte
- Forte

Escala original: 1:50.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

Figura 24. Potencial Natural de Erosão (PNE) da microbacia.

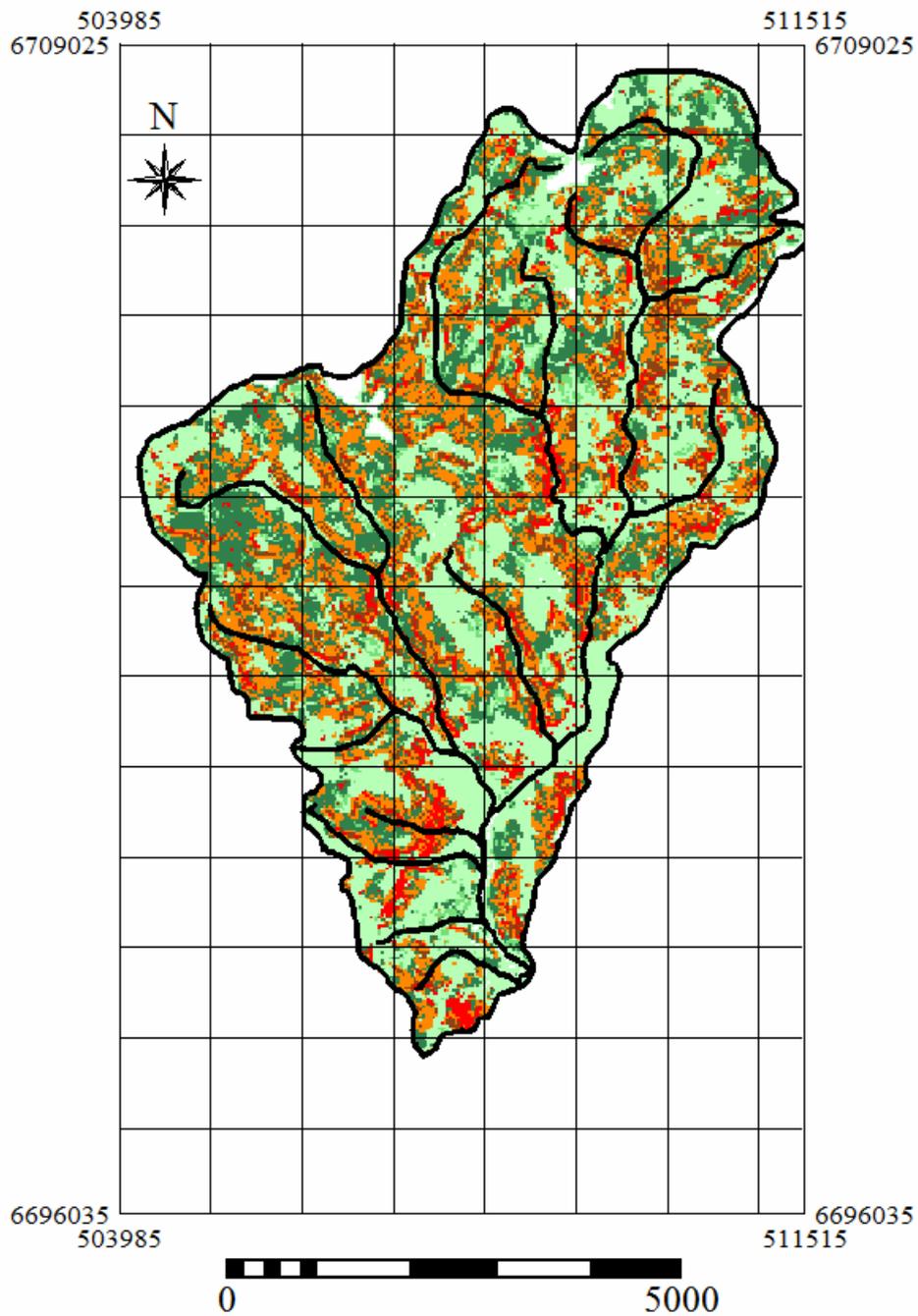


Legenda

- Vegetação
- Campo/agricultura
- Área urbana

Escala original: 1:50.000
Sistema de projeção: UTM
Elipsóide de referência: SAD 69
Meridiano central: 51 W
Zona: 22 Sul

Figura 25. Fator C – Cobertura vegetal (adimensional) da microbacia.



Legenda

	Nula a pequena	Escala original: 1:50.000
	Moderada	Sistema de projeção: UTM
	Média	Elipsóide de referência: SAD 69
	Média a forte	Meridiano central: 51 W
	Forte	Zona: 22 Sul
	Muito forte	

Figura 26. Expectativa de Perda de Solo (EPS) da microbacia.

A carta geológica da área em questão foi elaborada com o auxílio dos Mapas Geológicos: 1) Folhas de Gravataí e Santo Antônio da Patrulha, na escala 1:100.000, 2) Mapa Geológico de Gravataí, do IBGE, 2003, SH22XC, na escala 1:250.000 e informações de campo. Esta foi primeiramente digitalizada em AutoCad 2008, na escala 1:50.000, e importada para o Ilwis 3.5, onde foi editada para a realidade da área.

4.3 PROGRAMAS, MAPAS E IMAGENS UTILIZADAS.

Para a realização desta dissertação utilizaram-se os seguintes programas, mapas e imagens:

- *Software* Autocad 2008;
- *Software* ILWIS 3.5;
- Carta do Exército - 1979 - Escala 1: 50.000; Datum Horizontal - Córrego Alegre - MG; Datum Vertical - Torres, RS; Meridiano Central 51° W, da METROPLAN de Gravataí;
- Mapa Geológico – folha Gravataí e Santo Antônio da Patrulha, UFRGS, na escala 1:100.000;
- Mapa Geológico de Gravataí do IBGE, 2003, SH22XC, na escala 1:250.000;
- Mapa Pedológico de Gravataí do IBGE, 2003, SH22XC, na escala 1:250.000;
- Imagens LANDSAT 2008, órbita 221, pontos 80 e 81, fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE;
- Dados hidroclimáticos históricos (1931 a 1960) do Atlas Agroclimático do RS;

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM PERFIL DE SOLO EM CONDIÇÕES NATURAIS

As perdas e acumulações de matéria orgânica nos solos ocorrem através dos seguintes processos:

Remoção superficial por erosão;

Translocação vertical para horizontes inferiores (eluviação/iluviação);

Oxidação da matéria orgânica e liberação de CO² para a atmosfera, contribuindo para o efeito estufa;

Analisando a translocação vertical de matéria orgânica, verifica-se que os argissolos (Figura 27 e 28) mostram um aumento da MO com a profundidade, em condições naturais (Quadro 9).

Quadro 9. Teor de MO (%) em perfil de argissolo em condições naturais (mata nativa).

Horizonte	MO (%)	Profundidade (cm)
Horizonte A1	1,2	0 - 14
Horizonte A2	3,8	14 - 36
Horizonte B textural	6,3	36 - 150 +

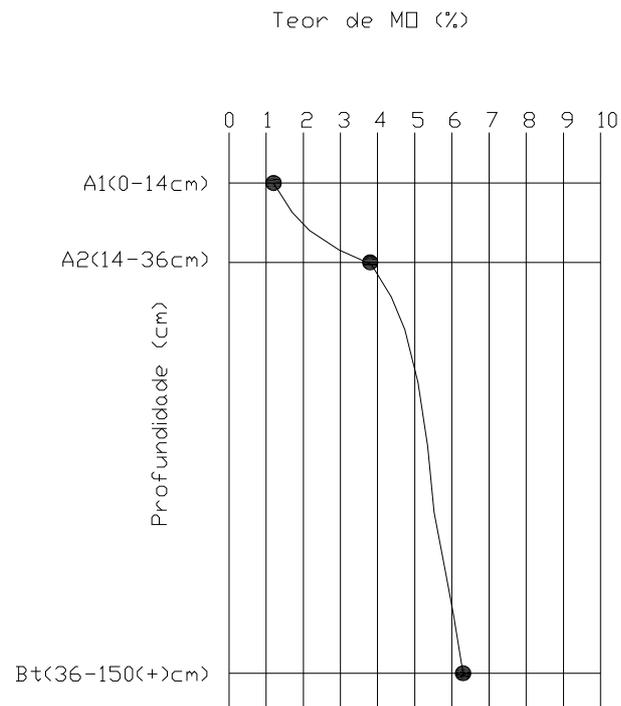


Figura 27. Variação da matéria orgânica em relação à profundidade no argissolo.

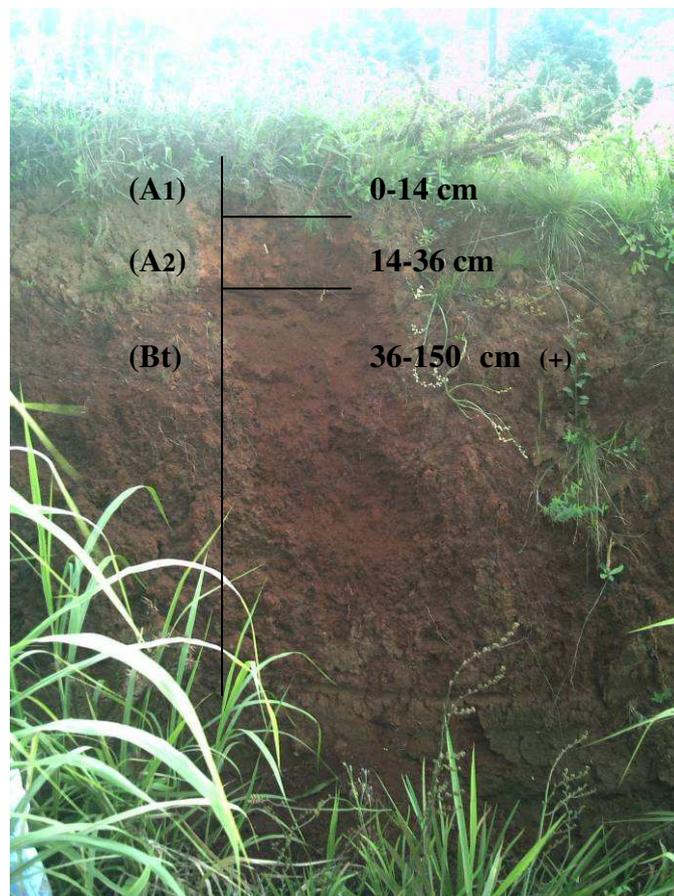


Figura 28. Argissolo com horizonte B textural.

5.2 ANÁLISE DAS VARIAÇÕES TEMPORAIS DE MATÉRIA ORGÂNICA NO HORIZONTE SUPERFICIAL DOS SOLOS

Os teores de MO nos argissolos mostram ao longo do tempo um decréscimo na profundidade de 0-5 cm (Figura 29) e um concomitante acréscimo na profundidade de 10-20 cm (Figura 30), enquanto na profundidade de 5-10 cm, há uma relativa estabilidade (Figura 31). O Quadro 10 apresenta os dados de MO do argissolo.

Quadro 10. Teor de MO (%) nos pontos de coleta do argissolo.

Pontos	Tempo (anos)	Prof 0-5cm	Prof 5-10cm	Prof 10-20cm
4, 8 e 10	0	2,60	1,70	1,63
7	1,5	1,90	1,90	1,50
9	15	1,10	1,60	1,90
3	30	1,34	1,70	2,90

Obs. Para o teor de MO (%) no T0 (mata nativa) fez-se uma média dos valores dos pontos 4, 8 e 10.

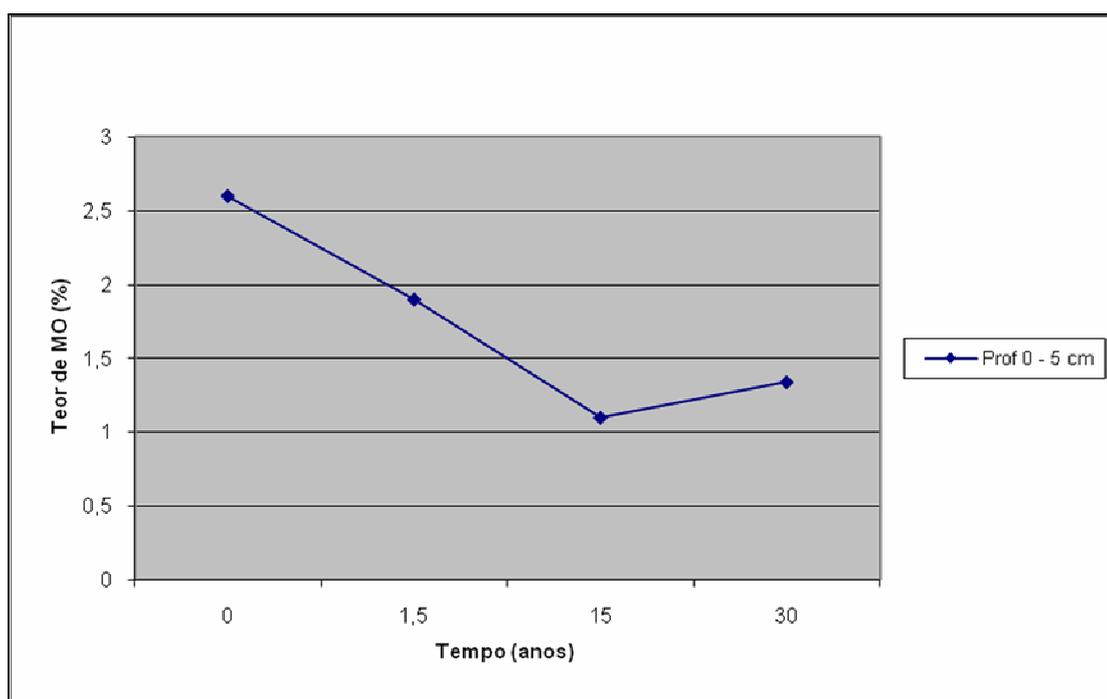


Figura 29. Variação de MO (%) no argissolo, em relação ao tempo, profundidade 0-5 cm.

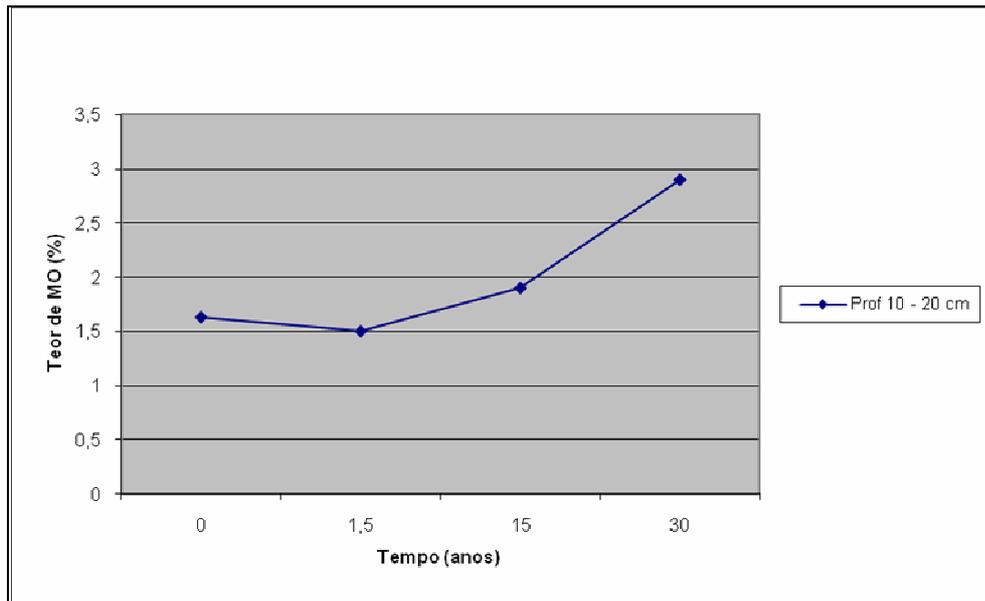


Figura 30. Variação de MO (%) no argissolo, em relação ao tempo, profundidade 10-20 cm.

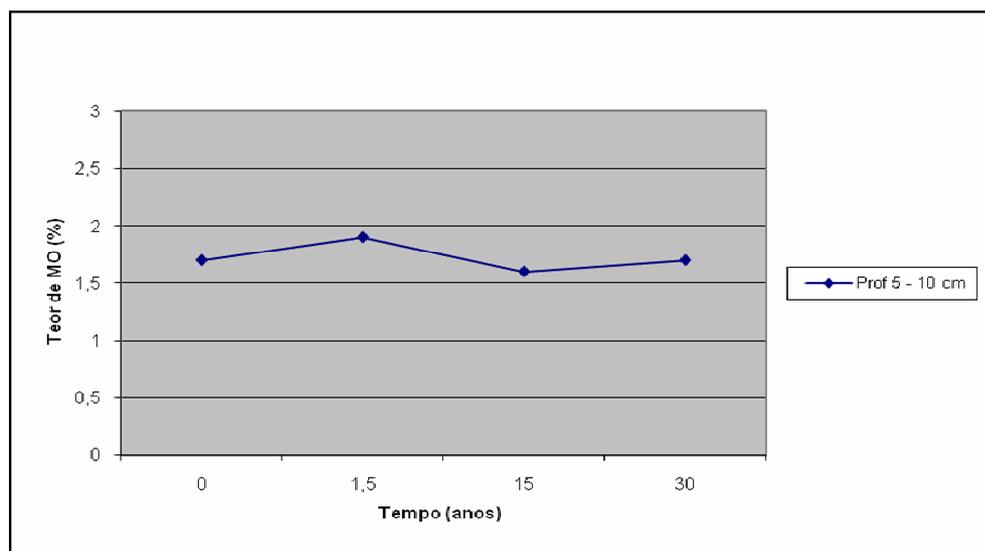


Figura 31. Variação de MO (%) no argissolo, em relação ao tempo, profundidade 5-10 cm.

Uma das hipóteses para este comportamento (figuras 29, 30 e 31) é a perda superficial de MO predominantemente por erosão e oxidação, com pouca translocação vertical. Neste caso, a erosão superficial acelerada antropicamente, faz com que o Horizonte B dos argissolos fique próximo a superfície, eventualmente exposto. O comportamento expresso nas figuras 32 e 33 mostram que os teores de argila estão aumentando ao longo do tempo confirmando a exposição do horizonte B na superfície dos argissolos.

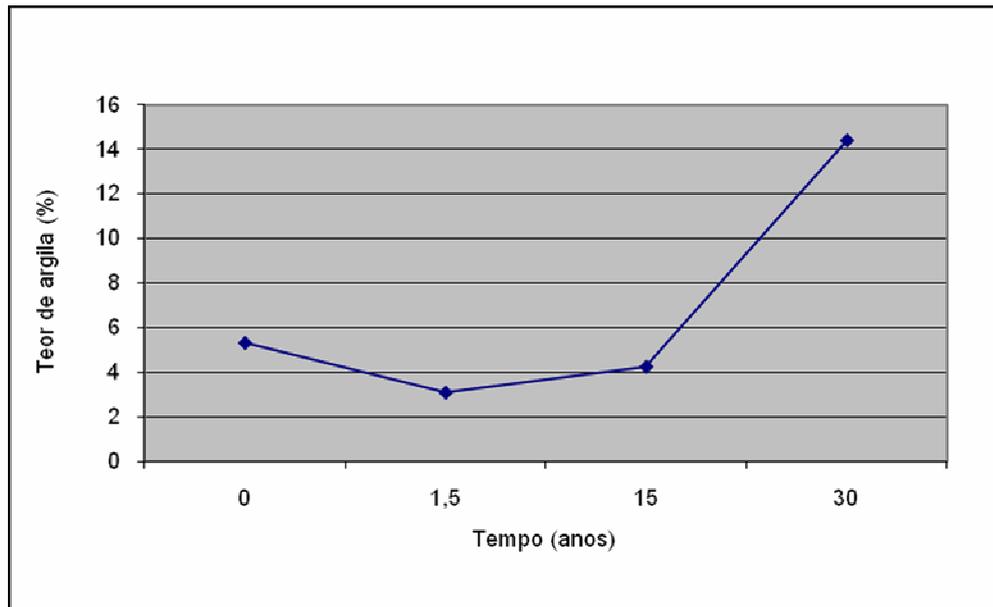


Figura 32. Variação de argila no argissolo, em relação ao tempo, - profundidade 0-5 cm.

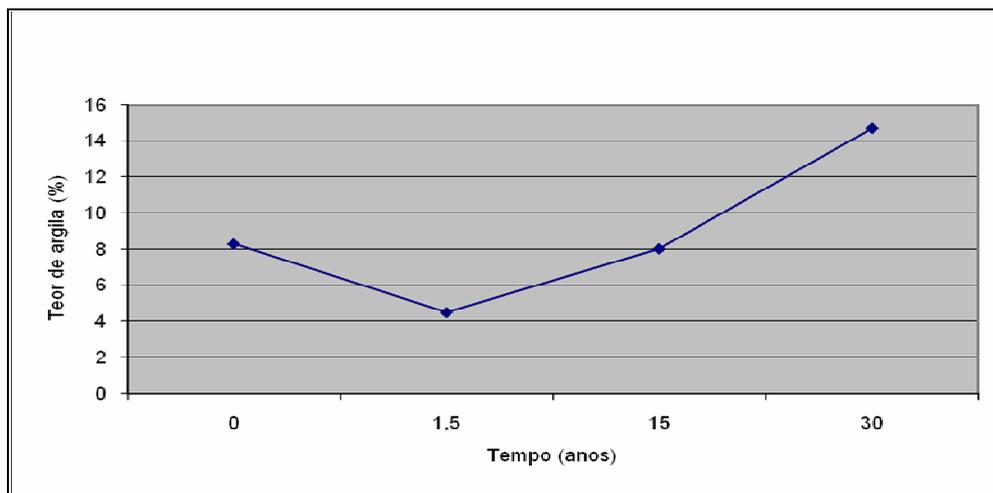


Figura 33. Variação de argila no argissolo, em relação ao tempo - profundidade 10-20 cm.

Analisando-se o fenômeno em profundidade, verifica-se que há uma ampla variação dos teores de MO em superfície (0 – 5 cm), conforme o tempo de uso do solo (Figura 34). Para maiores profundidades (5 a 20 cm), os teores de MO tendem a estabilizar-se com o tempo de uso, atingindo valores entre 1,6% a 1,9%. Este comportamento não se verifica para amostras com mais de 30 anos de uso, o que pode ser atribuído à erosão acelerada e eventual exposição do horizonte B. Dentre os processos de remoção e acumulação de MO, verifica-se que predomina para o argissolo o processo de erosão superficial. Os sedimentos gerados pela erosão das encostas nesses argissolos devem acumular-se nas zonas fisiográficas mais baixa e com pouca declividade.

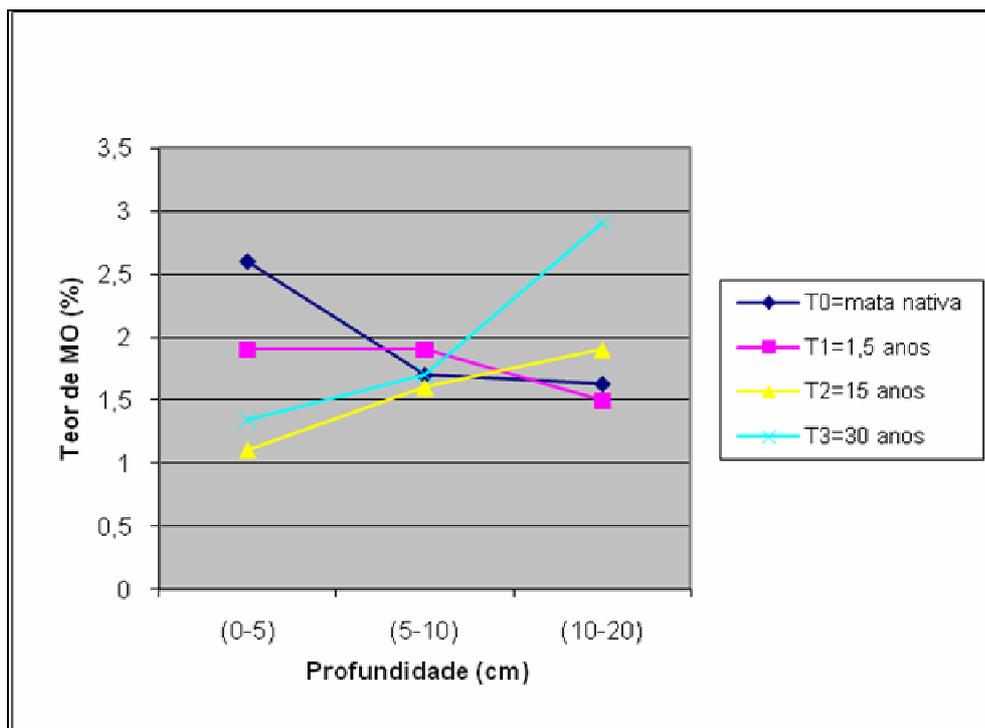


Figura 34. Variação do teor de matéria orgânica em argissolos com o tempo e a profundidade.

Analisando os solos hidromórficos nas planícies aluvionares, observam-se grandes perdas iniciais com a retirada de matas nativas, o que pode ser em parte atribuído à oxidação acelerada da MO devido às mudanças ambientais. Assim, as planícies aluvionares, para tempos de uso superiores há 15 anos, devem provavelmente atuar como zonas de acumulação de MO na bacia hidrográfica. Há um provável processo menos enérgico de translocação vertical, o qual é observado nos primeiros 10 anos de uso. Para um período de 15 anos ou mais, após a retirada da mata nativa, verifica-se um significativo aumento superficial de MO, o que pode ser devido ao aporte a partir dos argissolos adjacentes (Figura 35). O quadro 11 apresenta os dados de MO nas profundidades do hidromórfico.

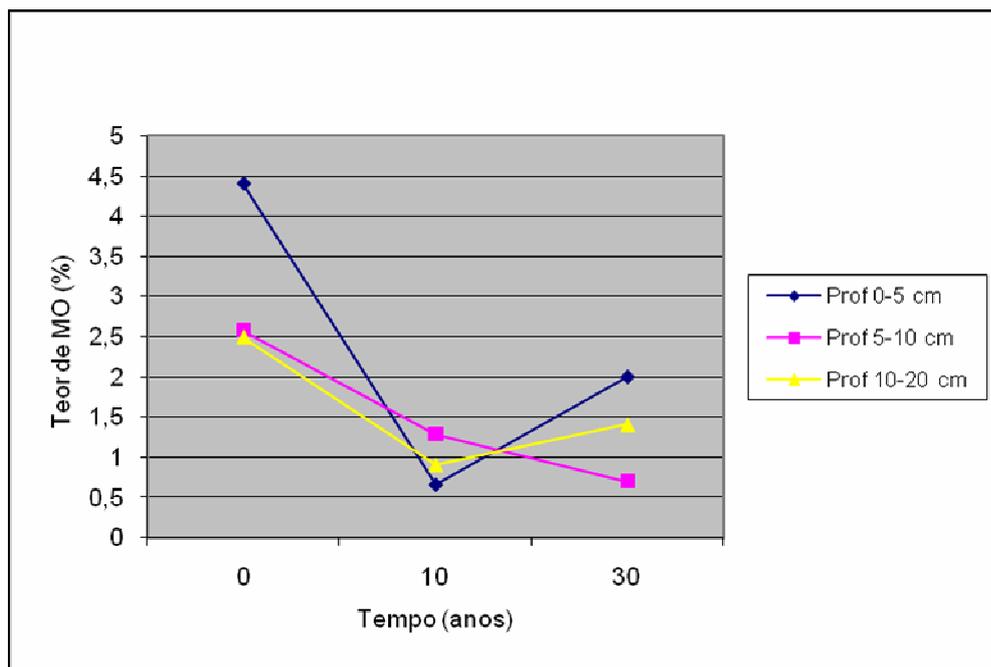


Figura 35. Teor de matéria orgânica em relação ao tempo de uso do solo hidromórfico.

Quadro 11. Teor de MO (%) nos pontos de coleta do hidromórfico.

Pontos	Tempo (anos)	Prof 0-5cm	Prof 5-10cm	Prof 10-20cm
2 e 6	0	4,40	2,58	2,49
1	10	0,66	1,29	0,90
5	30	2,00	0,70	1,40

Obs. O teor de MO (%) no T0 (mata nativa) representa a média dos pontos 2 e 6.

Os teores de argila no hidromórfico em condições naturais, mostram valores equivalentes a 9% (Figuras 36 e 37). Em 10 anos de uso deste solo ocorre um decréscimo, porém ao longo dos próximos anos, esses teores se estabilizam. Estes fenômenos ocorrem, provavelmente, pela baixa erosão existente nestas áreas.

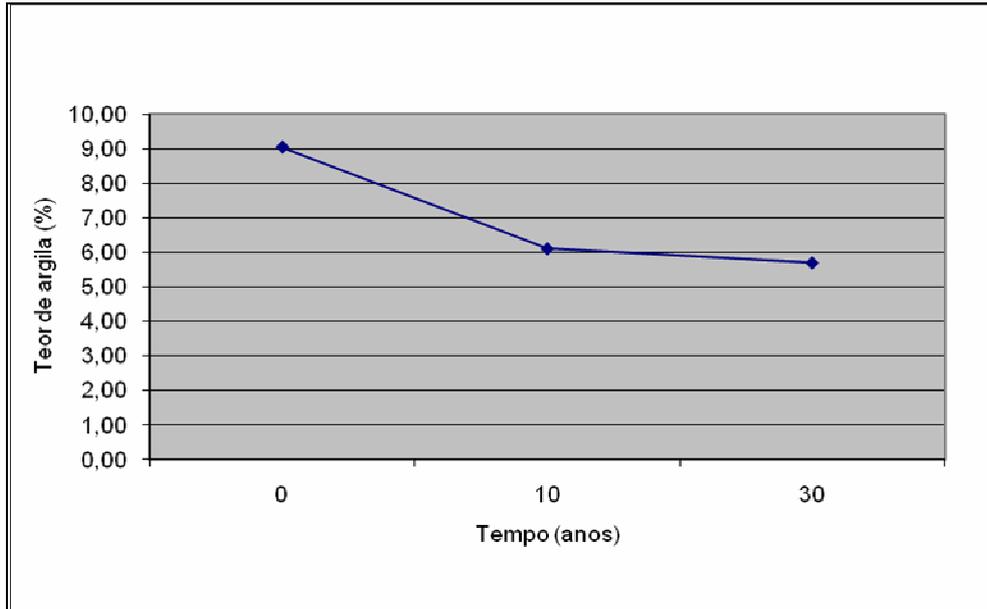


Figura 36. Variação de argila no hidromórfico, em relação ao tempo, profundidade 0-5 cm.

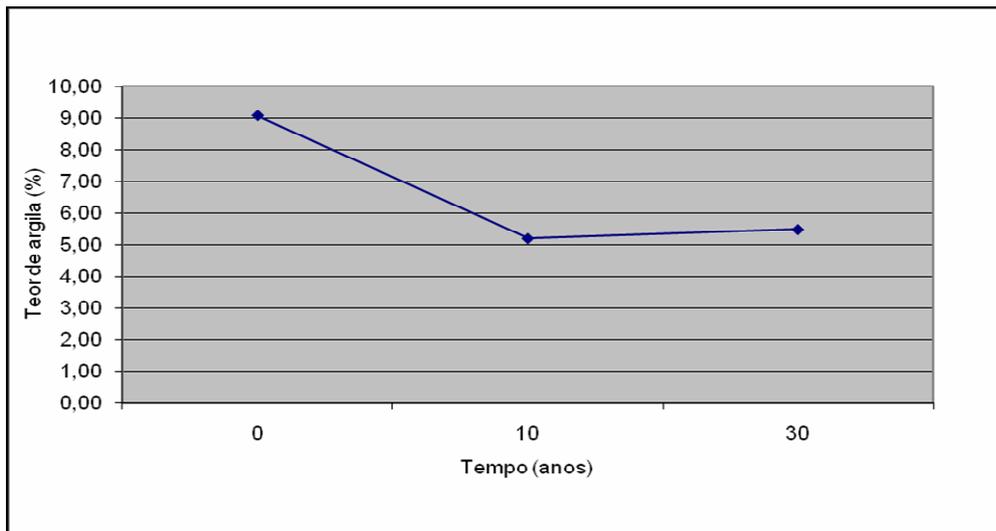


Figura 37. Variação de argila no hidromórfico, em relação ao tempo, na profundidade 10-20 cm.

5.3 ANÁLISE DA VARIAÇÃO ESPACIAL DA MATÉRIA ORGÂNICA

A variação espacial de MO foi analisada a partir do uso atual do solo e das simulações dos seguintes cenários:

- **Cenário I** - Recuperação das encostas acima de 45° de declividade e das matas ciliares em faixas de 30 metros de cada lado, ao longo dos cursos d'água.
- **Cenário II** - Recuperação das matas ciliares em faixas de 5 metros de cada lado, ao longo dos cursos d'água.
- **Cenário III** - Desmatamento das matas ciliares em faixas de 30 metros de cada lado, ao longo dos cursos d'água.

O uso atual do solo (Figura 38) apresenta taxas de perda de MO entre 0 até 239,15 t.ha⁻¹.ano⁻¹ (Figura 39). O gráfico da figura 40, mostra que 54,12 % da área apresenta taxas entre 0 a 0,5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, 42,21 % possuem valores de 0,5 a 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e os demais 3,67 % da área apresentam taxas acima de 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, chegando a atingir 239,15 t.ha⁻¹.ano⁻¹ em alguns pontos. As taxas mais elevadas encontram-se nas áreas de maior declividade onde predominam os argissolos, diminuindo nas planícies aluvionares onde se observam os hidromórficos. Assim, esta equação de perda de MO confirma o fenômeno de erosão acelerada que ocorre com o passar dos anos nos argissolos, e as planícies aluvionares de baixa declividade atuando como zonas de acumulação de MO.

Comparando o cenário atual com a simulação apresentada no cenário I (Figura 41), onde a legislação ambiental (Código Florestal Federal - Lei 4.771 de 1965 e Código Florestal Estadual - Lei 9.519 de 1992) é cumprida, com reflorestamento nas encostas com declividade acima de 45° e nas faixas de 30 metros de cada lado, ao longo dos cursos d'água, verifica-se que as taxas de perda de MO diminuem (Figura 42). O gráfico da figura 43 apresenta 62,17 % da área com taxas de perda de MO entre 0 a 0,5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, 36,86 % variam de 0,5 a 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e os demais 0,97 % de área apresentam perdas acima de 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo que as taxas máximas de perda baixam para 37,28 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Neste caso a equação confirma que o cumprimento da legislação ambiental, com reflorestamento nas Áreas de Preservação Permanentes (APP), diminui os processos erosivos.

No cenário II (Figura 44) onde a faixa de preservação é de apenas 5 metros de cada lado, ao longo dos cursos d'água, de acordo com a legislação ambiental (Art. 114 da Lei Estadual 14.675 de 13 abril de 2009) do Estado de Santa Catarina, verifica-se um aumento nas taxas mais altas de perda, em relação ao cenário I (Figura 45). O gráfico da figura 46 apresenta 58,33 % da área com taxas de perda de MO entre 0 a 0,5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, 40,64 % variam de 0,5 a 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e os demais 1,03 % de área apresentam perdas acima de 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹ até 37,28 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Apesar de ser uma diferença pequena entre essas taxas dos dois cenários em questão, esta equação comprova que a diminuição das faixas de preservação de 30 metros para 5 metros, acarretará em prejuízos ao meio ambiente.

Comparando o cenário III (Figura 47), onde toda a faixa de preservação de 30 metros de cada lado, ao longo dos cursos d'água é retirada, com o cenário atual verifica-se que as taxas de perda são muito semelhantes (Figuras 48). O gráfico da figura 49 mostra que 53,16 % da área apresenta taxas de perda de MO entre 0 a 0,5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, 43,02 % variam de 0,5 a 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e 3,82 % de área apresentam perdas de MO acima de 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, voltando a atingir taxas máximas de 239,15 t.ha⁻¹.ano⁻¹ em alguns pontos, como no cenário de uso do solo atual. Isto ocorre pelo fato da micro-bacia do arroio Morungava apresentar grandes extensões de faixa de preservação ao longo desses cursos d'água, totalmente desmatadas. Assim, conclui-se que a situação atual da área já é a mesma da simulação apresentada no cenário III.

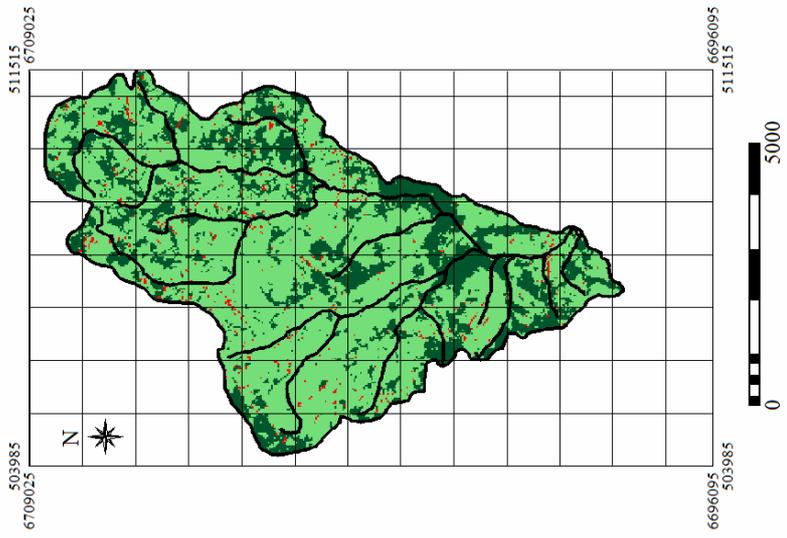


Figura 38. Cenário com uso do solo atual da microbacia

Legenda

- Vegetação
- Campo/agricultura
- Área urbana

Escala original: 1:50.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

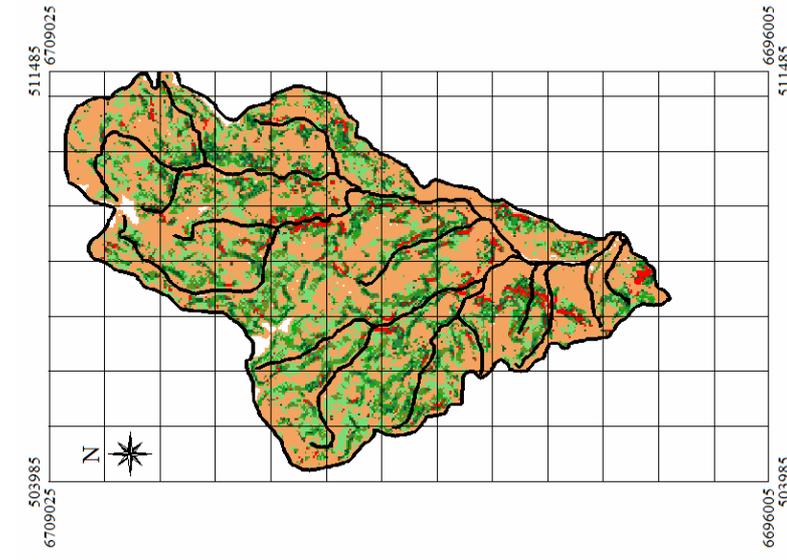


Figura 39. Taxas de perda de MO (t ha⁻¹ ano⁻¹) no cenário com uso do solo atual da microbacia

Perda de MO

- 0 - 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 1,5
- 1,5 - 2
- 2 - 2,5
- 2,5 - 5
- De 5 até 239,15

Escala original: 1:50.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

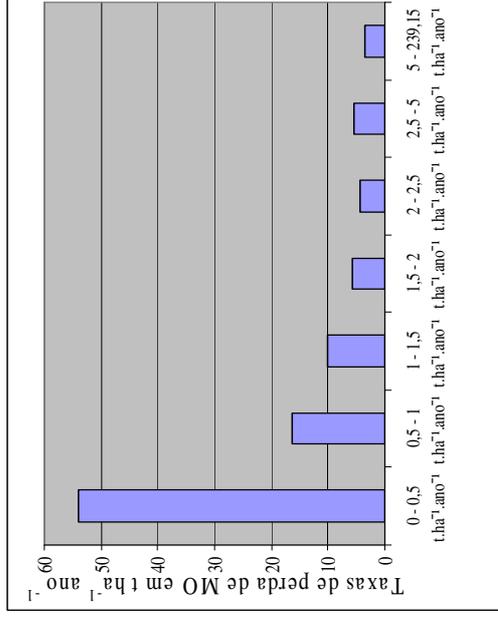
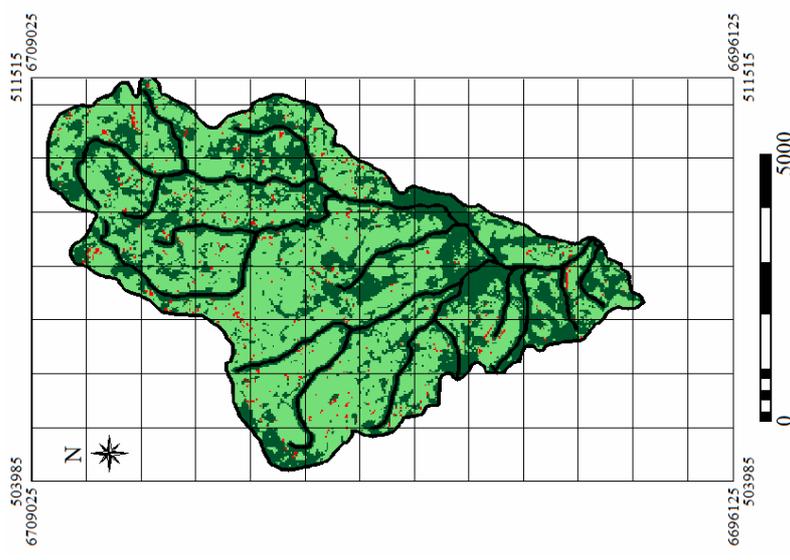


Figura 40. Perda de MO com uso do solo atual da microbacia

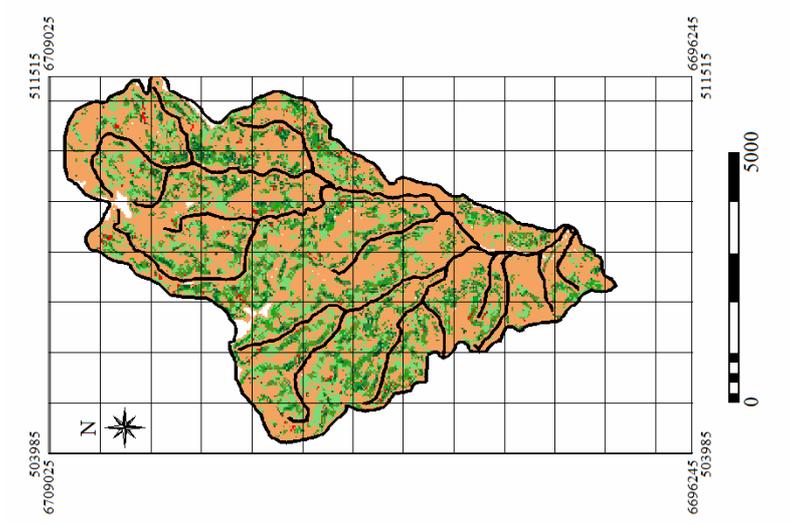


Legenda

- Vegetação
- Campo/agricultura
- Área urbana

Escala original: 1:50.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

Figura 41. Cenário I – reflorestamento de 30 metros



Perda de MO

- 0 - 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 1,5
- 1,5 - 2
- 2 - 2,5
- 2,5 - 5
- De 5 até 37,28

Escala original: 1:50.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

Figura 42. Taxas de perda de MO ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) no cenário I – reflorestamento de 30 metros

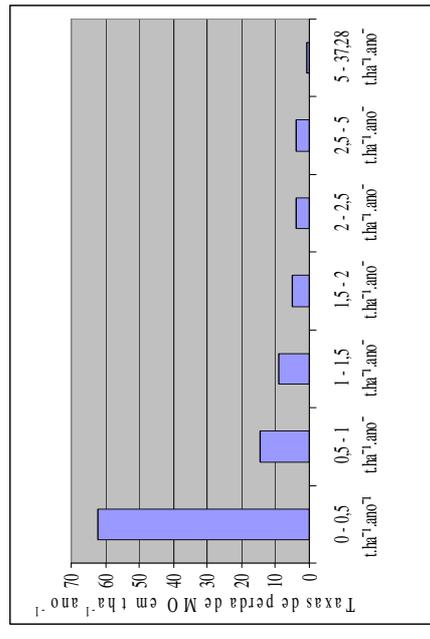
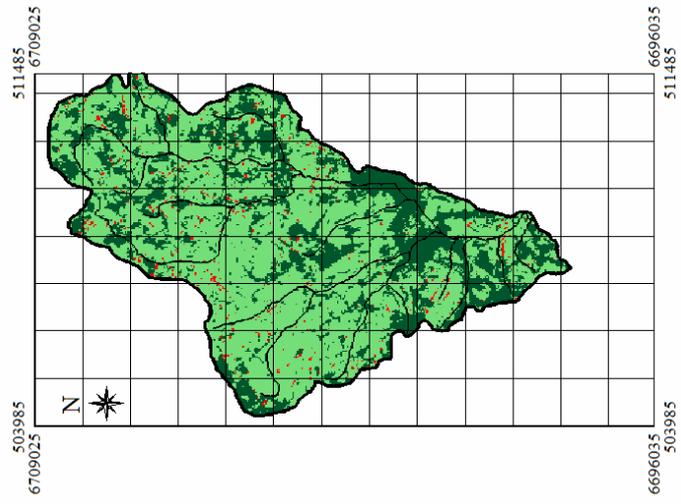


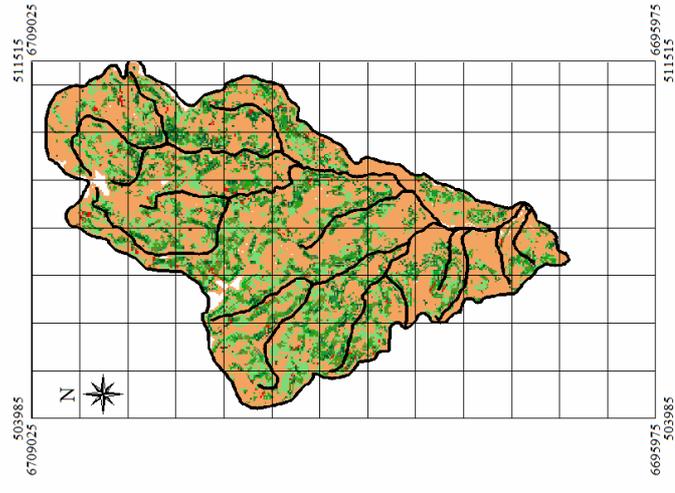
Figura 43. Perda de MO no cenário I – reflorestamento de 30 metros



Legenda

- Vegetação
 - Campo/agricultura
 - Área urbana
- Escala original: 1:50.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

Figura 44. Cenário II – reforestamento de 5 metros



Perda de MO

- 0 - 0,5
 - 0,5 - 1
 - 1 - 1,5
 - 1,5 - 2
 - 2 - 2,5
 - 2,5 - 5
 - De 5 até 37,28
- Escala original: 1:50.000
 Sistema de projeção: UTM
 Elipsóide de referência: SAD 69
 Meridiano central: 51 W
 Zona: 22 Sul

Figura 45. Taxas de perda de MO ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) no cenário II – reforestamento de 5 metros

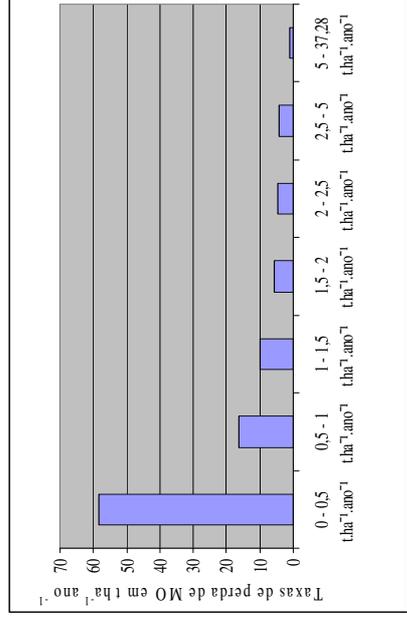


Figura 46. Perda de MO no cenário II – reforestamento de 5 metros

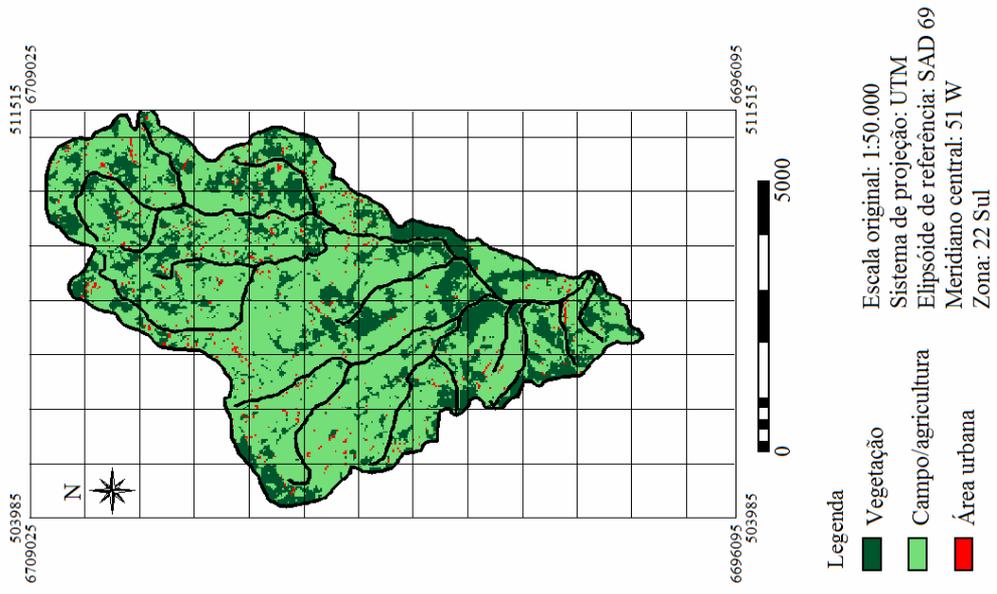


Figura 47. Cenário III – desmatamento de 30 metros

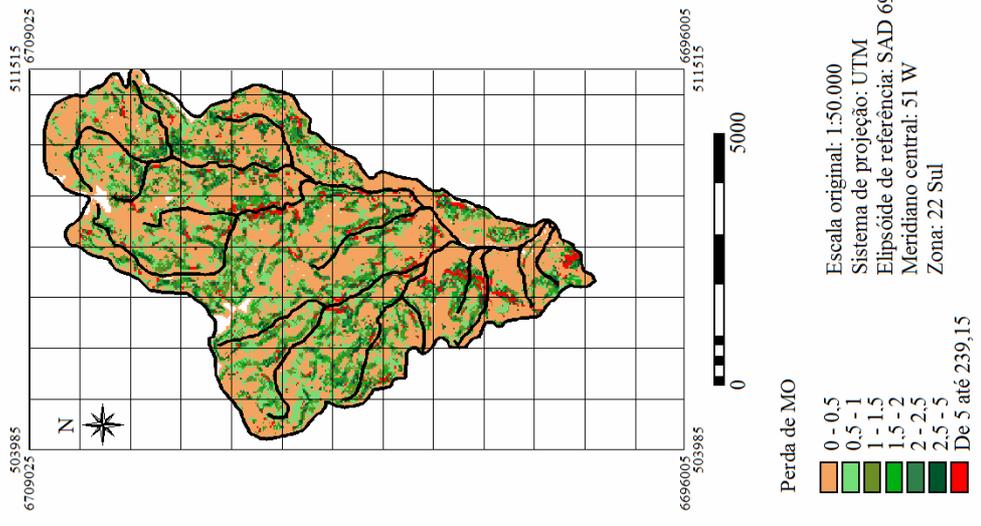


Figura 48. Taxas de perda de MO (t ha⁻¹ ano⁻¹) no cenário III – desmatamento de 30 metros

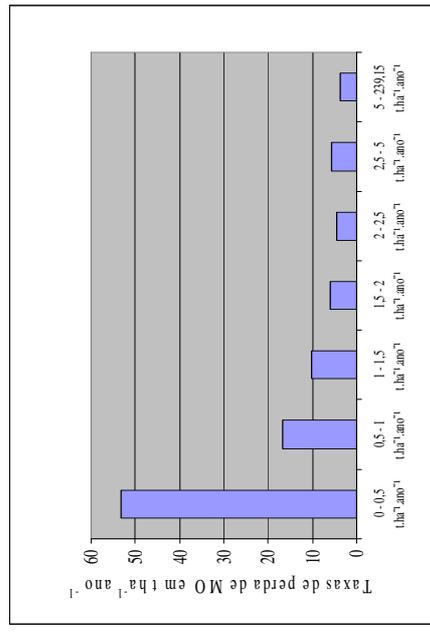


Figura 49. Perda de MO no cenário III – desmatamento de 30 metros

6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos das coletas de campo e dados gerados em laboratório, conclui-se que a micro-bacia do arroio Morungava está sofrendo processo erosivo acelerado com o decorrer dos anos em função do uso e ocupação do solo. Estes fenômenos são mais acentuados nas zonas de maior declividade, onde predominam os argissolos, sendo que os solos em posição fisiográficas com baixa erosão potencial superficial, como os hidromórficos, atuam como zonas de acumulação de sedimentos e matéria orgânica na micro-bacia. Existe uma variação ampla nas taxas de perda de MO com o uso do solo atual, com teores elevados nas áreas com maior declividade. Estes teores, de acordo com cenários gerados de reflorestamento, podem diminuir com o cumprimento da legislação ambiental. Assim pode-se afirmar que a EUPS foi fundamental para avaliar a perda de matéria orgânica na micro-bacia.

7 RECOMENDAÇÕES

A microbacia do arroio Morungava, assim como muitas outras regiões hidrográficas no Brasil, está sendo ocupada de uma forma desorganizada, causando sérios impactos ao meio ambiente. Locais de alta declividade (acima de 45°) com grande suscetibilidade a erosão, margens de curso d'água, vertentes e áreas úmidas (banhados), que são locais protegidos tanto pelo Código Florestal Federal (Lei 4.771 de 1965) como pelo Código Florestal Estadual do RS (Lei 9.519 de 1992) e diversas outras leis ambientais, devem ser mantidos somente para fins de preservação e manutenção da vida silvestre. Áreas com declividade baixa, que apresentam um relevo plano (0 a 3%) são ideais para uso agrícola, desde que respeitadas às legislações ambientais. As áreas com relevo suave ondulado (3 a 8%) e que apresentem condições físicas ideais também podem ser utilizadas para agricultura, porém deve haver o uso de culturas selecionadas para auxiliar no controle de erosão. É necessário que a legislação ambiental seja cumprida através da recuperação florestal em Áreas de Preservação Permanente, pois o cumprimento destas ajudará na diminuição dos processos erosivos na região, contribuindo para a conservação do solo e dos recursos hídricos, promovendo uma melhor qualidade de vida para a população. O uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica devem ser feito através de um zoneamento ambiental adequado e elaborado por equipes técnicas e multidisciplinares, junto aos órgãos públicos e comunidade.

REFERÊNCIAS

ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.P.; BODDEY, R. M. **Dinâmica do carbono em solos sob pastagens**. In: Santos, G.A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O. (Org.). (Org.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais. Porto Alegre, RS. v.1 , p. 561-569, 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: Santos, G.A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O. (Org.). Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo - Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, RS. Genesis, v. 1, p. 7-17, 2008.

BAYER, C.; SCHENEIDER, N. G. **Plantio direto e o aumento no conteúdo de matéria orgânica do solo em pequenas propriedades rurais no município de Teutônia, RS**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 165-166, 1999.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Livraria Freitas Bastos S.A. Rio de Janeiro, RJ. 5ª edição. 1979. 647 p.

BAVER, L.D.;GARDNER, W.H.; GARDNER, W. R. **Física de suelos**. Centro Regional de Ayuda Tecnica. México/Buenos Aires, 1973. 529 p.

BOENI, M. **Proteção física da matéria orgânica em latossolos sob sistemas com pastagens na região do cerrado brasileiro**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em ciência do solo. Porto Alegre, RS, 2007.

BONA, F. D. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em ciência do solo. Porto Alegre, RS, 2005.

CARVALHO, J. C.; SALES, M.M.; SOUZA, N.M.; MELO, M.T.S. **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. Editora Finatec Universidade de Brasília, 2006. 464 p.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. CPRM. Campanha de Pesquisa em Recursos Minerais, Rio de Janeiro, RJ, 1994.

CERRI, C. E. P. ; FEIGL, B. J. ; CERRI, C. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo na Amazônia.** In: Santos G A; Silva L S; Canellas L P; Camargo F A O. (Org.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Porto Alegre: Metropole, v. 1, p. 325-358, 2008.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. **Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto.** Ciência Rural. Vol. 34, n 002, p. 587-589. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2004.

COSTA, J.V.B. **Caracterização e constituição do solo.** 7º edição. Fundação Calouste Gulbenkian, A. de Berna, Lisboa. 2004. 527 p.

DIAS, J. C.; LIMA, W. N. **Comparação de métodos para a determinação de matéria orgânica em amostras ambientais.** Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas e Naturais, UFPA. Revista Científica da UFPA. Vol 4, 2004.

FACCINI, U. F. **Estratigrafia do Permtriássico do Rio Grande do Sul: estilos deposicionais versus espaços de acomodação.** Porto Alegre. Tese de Doutorado, PPGeo-UFRGS, 2 v, 2000. 322 p.

FACCINI, U. F.; GIARDIN, A; MACHADO, J.L.F. **Heterogeneidades litofaciológicas e hidroestratigrafia do sistema aquífero Guarani na região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** In: Paim, P.S.G; Faccini, U. F; Netto, R.G.; F.A.O. (Org.). Geometria, arquitetura e heterogeneidades de corpos sedimentares. Estudo de casos. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Unisinos, São Leopoldo, RS, 2003. 239 p.

FERNANDES, F. A.; CERRI, C. C.; FERNANDES, A. H. B. M; **Dinâmica do Carbono Orgânico do Solo em Pastagem Cultivada no Pantanal Sul-mato-grossense.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 74. EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007.

FILHO, V. M. **Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de bacias hidrográficas.** In: Ferreira, M. E.; CRUZ, M. C. P. Solos altamente suscetíveis a erosão. FCAV/UNESP. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Jaboticabal, SP. Pág. 223 – 242, 1994.

GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S.; BOTELLO, R. G. MACHADO. **Erosão e conservação dos solos.** Conceitos, temas e aplicações. BCD União de editoras S.A. Rio de Janeiro, RJ. 1999. 340 p.

IBGE. **Mapa Geológico de Gravataí**. SH22XC. Escala 1:250.000. 2003.

JORGE, J. A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas, SP. 1985. 328 p.

LOVATO, T.; MIELNICZUC, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. **Carbono e nitrogênio adicionados e sua relação com o rendimento do milho e estoques destes elementos no solo em sistemas de manejo**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.28p. 175-187, 2004.

MARCOMIN, F. E. **Análise ambiental da bacia hidrográfica do Rio Pinheiros, SC, com base na caracterização e diagnóstico dos elementos da paisagem e da perda de solo por erosão laminar**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, SP. 2002. 155p.

MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. In: Santos, G.A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O. (Org.). Fundamentos da matéria orgânica do solo - ecossistemas tropicais e subtropicais. 1ª ed. Porto Alegre, RS. Gênese. v. p. 1-8. 1999.

MITCHEL, J. K.; BUBENZER, G. D. **Soil loss estimation**. Chapter 2, p. 17-62. In: Kirkby, M. J.; Morgan, R. P. C. Soil erosion. John Wiley, Sons Ltd, 1980.

NETO, L. F.; MOLDENHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP**. Bragantia, Campinas, 51(2):189-196, 1992.

PLANO AMBIENTAL DE GRAVATAÍ. Mario Buede Teixeira, (Org.). – Porto Alegre: PUCRS - MCT, v. : il., 2005.

PONTELLI, C.B; T. J.C. AMADO; CONCEIÇÃO, P.C.; JÚNIOR, G.G.; ROSSATO, R.R.; PEDROSO, M. T. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de cultura do milho em argissolo vermelho distrófico**. Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900 Santa Maria, RS, Brasil, 2006.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G. F.; **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. NEPUT. 4ª edição. Viçosa, MG, 2002.

RUHOFF, A. L.; SOUZA, B. S. P.; GIOTTO, E.; PEREIRA, R. S. **Avaliação dos processos erosivos através da EUPS, implementada com algoritmos em legal**. v.1, n.1 – PÁGS. 9 – 17, Santa Maria, RS, 2006.

SCHERER, C.M; FACCINI, U.F; LAVINA, E.L. **Arcabouço Estratigráfico de Mesozóico da Bacia do Paraná.** In: Holz, M., Ros. L. F. Geologia do Rio Grande do sul. CIGO/UFRGS. Porto Alegre, RS., 2000. 444p. il.

SILVA, A.M.; SCHULTZ, H. E.; CAMARGO, P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** Editora Rima. São Carlos, SP. 2003. 140 p.

SOARES, A. P.; SOARES, P. C.; HOLZ, M. **Correlações estratigráficas conflitantes no limite Permo-triássico no sul da Bacia do Paraná: O contato entre duas seqüências e implicações na configuração Espacial do Aquífero Guarani.** Revista Pesquisas de Geociências, (35) 2: 115-133, ISSN 1807-9906. Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2008.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul.** Emater/RS. 2 edição, 2008. 222p.

TEIXEIRA, M.B.; COURA NETO, A.B.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, L.R. **Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos/Estudo fitogeográfico.** In: Levantamento de Recursos Naturais. Vol. 33. IBGE, Rio de Janeiro, 1986.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. **A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do Rio Jirau.** RBC - Revista Brasileira de Cartografia Nº 57/03, págs. 235 – 244, 2005.

UFRGS. **Mapa Geológico** – folha Gravataí e Santo Antônio da Patrulha, escala 1:100.000. 1984.

VEZZANI, F.; CONCEICAO, P.C.; MELLO, N.A.; DIECKOW, J. **Matéria orgânica e a qualidade do solo.** In: Santos, G.A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O. (Org.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Porto Alegre, RS. v. , p. 483-493, 2008.

VIEIRA, F. C. BEBER. **Estoques e labilidade da matéria orgânica e acidificação de um argissolo sob plantio direto afetados por sistemas de cultura e adubação nitrogenada.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Faculdade de Agronomia - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Porto Alegre, RS, 2007.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo: com ênfase nos solos tropicais.** Editora Agronômica Ceres. 2 ed. São Paulo, SP, 1998.

APÊNDICE A - DADOS DE GRANULOMETRIA E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DOS PONTOS DE AMOSTRAGENS.

Granulometria	Ponto 1 (0-5)	Ponto 1 (5-10)	Ponto 1 (10-20)	Uso do solo	Tipo de solo	Relevo	Coordenadas UTM
Areia grossa (%)	8,11	2,13	1,90	Cultivo de 10 anos.	Hidromórfico (T1)	Plano	507379
Areia média (%)	20,77	16,67	17,89	Horta caseira. Esta sem uso há 6 anos.			6699299
Areia fina (%)	49,00	56,00	57,00				
Silte (%)	16,00	23,00	18,00				
Argila (%)	6,12	2,20	5,21				
Matéria orgânica (%)	0,66	1,29	0,90				
Granulometria	Ponto 2 (0-5)	Ponto 2 (5-10)	Ponto 2 (10-20)	Uso do solo	Tipo de solo	Relevo	Coordenadas UTM
Areia grossa (%)	0,94	1,70	2,50	Mata nativa secundária em estágio de regeneração.	Hidromórfico (T0)	Plano	507483
Areia média (%)	5,97	8,04	14,21				6699274
Areia fina (%)	63,00	52,00	48,00				
Silte (%)	21,00	34,00	28,00				
Argila (%)	9,08	4,26	7,29				
Matéria orgânica (%)	2,80	2,35	2,08				
Granulometria	Ponto 3 (0-5)	Ponto 3 (5-10)	Ponto 3 (10-20)	Uso do solo	Tipo de solo	Relevo	Coordenadas UTM
Areia grossa (%)	3,34	2,87	3,69	Cultivo de mais de 30 anos. Plantio de aipim.	Argissolo - substrato arenito. (T3)	Plano - topo de coxilha	508673
Areia média (%)	24,28	29,01	27,11				6707415
Areia fina (%)	36,00	38,00	38,00				
Silte (%)	23,00	20,00	16,50				
Argila (%)	14,37	10,11	14,70				
Matéria orgânica (%)	1,30	1,70	2,90				
Granulometria	Ponto 4 (0-5)	Ponto 4 (5-10)	Ponto 4 (10-20)	Uso do solo	Tipo de solo	Relevo	Coordenadas UTM
Areia grossa (%)	6,77	10,13	4,33	Mata nativa preservada	Argissolo - substrato arenito. (T0)	Plano - topo de coxilha (declive de 5°).	508634
Areia média (%)	33,14	23,80	24,56				6707369
Areia fina (%)	37,00	30,00	34,50				
Silte (%)	18,50	23,00	24,00				
Argila (%)	4,59	13,07	12,61				
Matéria orgânica (%)	2,50	1,50	1,50				

Granulometria	Ponto 5 (0-5)	Ponto 5 (5-10)	Ponto 5 (10-20)	Uso do solo	Tipo de solo	Relevo	Coordenadas UTM
Areia grossa (%)	16,04	10,91	19,19	Cultivo de mais de 30 anos.	Hidromórfico (T2)	Plano	509013
Areia média (%)	34,24	35,26	39,83	Plantio de milho.			6703302
Areia fina (%)	35,00	43,50	20,00	Antigamente plantava-se cana, aveia.			
Silte (%)	9,00	4,00	15,50				
Argila (%)	5,71	6,33	5,49				
Matéria orgânica (%)	2,00	0,70	1,40				
Granulometria	Ponto 6 (0-5)	Ponto 6 (5-10)	Ponto 6 (10-20)	Uso do solo	Tipo de solo	Relevo	Coordenadas UTM
Areia grossa (%)	4,97	1,84	6,67	Mata ciliar nativa com eucalipto introduzido.	Hidromórfico (T0)	Plano	509163
Areia média (%)	5,00	7,04	10,96	Margens do arroio			6703596
Areia fina (%)	38,00	47,00	47,50	Morungava.			
Silte (%)	43,00	33,00	24,00				
Argila (%)	9,03	11,11	10,87				
Matéria orgânica (%)	6,00	2,80	2,90				
Granulometria	Ponto 7 (0-5)	Ponto 7 (5-10)	Ponto 7 (10-20)	Uso do solo	Tipo de solo	Relevo	Coordenadas UTM
Areia grossa (%)	3,79	4,87	5,07	Cultivo de 18 meses. Plantio de milho c/ feijão.	Argissolo - arenito. (T1)	Encosta	506571
Areia média (%)	43,10	49,04	40,91	Plantio direto.			6706088
Areia fina (%)	41,00	38,00	40,50	Ficou 10 anos sem uso, antigamente se plantava mandioca.			
Silte (%)	9,00	5,00	9,00				
Argila (%)	3,11	3,09	4,51				
Matéria orgânica (%)	1,90	1,90	1,50				
Granulometria	Ponto 8 (0-5)	Ponto 8 (5-10)	Ponto 8 (10-20)	Uso do solo	Tipo de solo	Relevo	Coordenadas UTM
Areia grossa (%)	5,59	4,36	3,97	Mata ciliar nativa de um aflente do arroio	Argissolo - arenito. (T0)	Encosta	506578
Areia média (%)	43,84	40,59	41,97	Morungava.			6706130
Areia fina (%)	35,50	40,00	44,00				
Silte (%)	11,00	10,00	7,00				

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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