

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA DINÂMICA DE
PERDA DE SOLO POR MEIO DE TÉCNICAS
DIRETAS E INDIRETAS DE ESTIMAÇÃO EM
PROPRIÉDADES RURAIS DE GETULINA E VERA
CRUZ - SP**

JÉSSICA DE SOUSA BALDASSARINI

JÉSSICA DE SOUSA BALDASSARINI

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS DINÂMICAS DE PERDA DE SOLO POR
MEIO DE TÉCNICAS DIRETAS E INDIRETAS DE ESTIMAÇÃO EM
PROPRIEDADES RURAIS DE GETULINA E VERA CRUZ - SP**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da FCT Unesp, campus de Presidente Prudente como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes

Presidente Prudente
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Baldassarini, Jéssica de Sousa.

B146c Contribuição ao estudo das dinâmicas de perda de solo por meio de técnicas diretas e indiretas de estimação em propriedades rurais de Getulina e Vera Cruz - SP / Jéssica de Sousa Baldassarini. - Presidente Prudente : [s.n.], 2016

313 f.

Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Erosão hídrica. 2. Perda de solo. 3. Sociedade e natureza. I. Nunes, João Osvaldo Rodrigues. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS DINÂMICAS DE PERDA DE SOLO POR MEIO DE TÉCNICAS DIRETAS E INDIRETAS DE DETERMINAÇÃO EM PROPRIEDADES AGRÍCOLAS DE GETULINA E VERA CRUZ - SP

AUTORA: JESSICA DE SOUSA BALDASSARINI

ORIENTADOR: JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em GEOGRAFIA, área: PRODUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - UNESP

Profa. Dra. QUESIA DUARTE DA SILVA
UEMA

Prof. Dr. JOSE TADEU GARCIA TOMMASELLI
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - FCT/UNESP

Presidente Prudente, 03 de outubro de 2016

Dedicatória

Dedico este trabalho àqueles que sempre foram minha inspiração, meus pais – Valdecir e Maria, pelo apoio incondicional em todos os momentos.

Agradecimentos

Começo a desenhar aqui os últimos passos de uma trajetória de amadurecimento acadêmico e pessoal que me resultou em uma história cheia de erros e acertos, mas ausente de arrependimentos.

Com a grande possibilidade de me esquecer de mencionar todos aqueles que fizeram parte desta história, início agradecendo a Deus, minha força, força esta da qual jamais duvidei.

A minha família por entender as minhas ausências, os voos cada vez mais distantes e desafiadores, que aprenderam a lidar com a saudade e a torcer intensamente pela minha felicidade. Em especial, dirijo meus agradecimentos a minha irmã, Thalita, por aquele carinho que se manifesta quando a gente menos espera e a minha mãe (Maria) e meu pai (Valdecir), a estes, sem dúvida nenhuma, jamais encontrarei palavras para expressar minha gratidão, jamais!

Ao meu companheiro Agnaldo por me dar o prazer de construir uma história ao seu lado, obrigado pela felicidade, inspiração, amor e carinho que trouxe a minha vida. Amo você!

Agradeço aos produtores rurais que se disponibilizaram para nos auxiliar no desenvolvimento deste trabalho, em especial o Paulo Sonehara, o Fernando e o Pedro Losasso que disponibilizaram seu tempo e atenção, obrigado!

Agradeço imensamente ao meu orientador João Osvaldo Rodrigues Nunes, pelo conhecimento, atenção e companheirismo nestes anos de parceria. Muito obrigado!

Agradeço ao Prof. Dr. João Lima Sant'Anna Neto, Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli e a Profa. Dra. Quesia Duarte da Silva (UEMA) pela atenção destinada a este trabalho e por todas as contribuições. Também agradeço ao Prof. Dr. Javier Almorox Alonso, da Universidad Politécnica de Madrid, por toda a atenção e ensinamentos durante o estágio no exterior. Aproveito para agradecer aos meus professores da Graduação e Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP por contribuírem como a minha formação, direta ou indiretamente.

Aos funcionários da FCT/UNESP, em especial, da Seção de Pós-Graduação.

Agradeço as amizades construídas durante esta trajetória. Aquelas oriundas da turma 52, muitas das quais ainda tenho o prazer de desfrutar. Aos parceiros de LabSolos e do GAIA, pelas convivências que jamais se restringiram ao debate acadêmico, destes ambientes guardo, com muito carinho, grandes amigos. Agradeço, em especial, ao Marcel, Erikinha e Caio, Melina e Robson, Nubia e Camila, Cirso e Maria, Márcio e Lê, Baiano e Fani, Lara e Roberson, Nath, Karime e Fred, Vivi e Bruno, Raphael Diniz e Borges e tantos outros pelos laços construídos durante estes anos. Agradeço também aos amigos que tive o prazer de conhecer durante o estágio na Espanha, em especial, ao Fernando, Thiago, e ao casal Thiago e Palloma.

Por fim, agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por financiar esta pesquisa: Processo nº2014/02230-6. “As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP”.

Resumo

A busca pelo entendimento das dinâmicas envolvidas na perda de solo, objetivando tanto sua mensuração como também o emprego de ações que visem sua recuperação e conservação, vem ganhando espaço no meio científico devido aos problemas socioambientais e econômicos resultantes desta degradação. Estes problemas não se restringem a produtividade agrícola, como também favorecem o empobrecimento do meio rural, a poluição e assoreamento dos cursos d'água, a dependência financeira e tecnológica dos sujeitos sociais etc. Para compreender as dinâmicas e os fatores relevantes na perda de solo foi aplicado distintos métodos de determinação, um de estimação direta, por meio das parcelas de monitoramento com pinos de erosão e um indireto, por meio da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), que permitissem a comparação dos resultados obtidos em campo com os da aplicação do modelo. O estudo foi realizado em duas propriedades agrícolas que possuem características naturais e de uso e ocupação distintas, atribuindo-lhes complexidades espaciais particulares. Uma localiza-se em Getulina e é destinada a pecuária e a outra localiza-se em Vera Cruz com a produção de café. Foi possível identificar nas propriedades agrícolas características naturais que tornam seus solos suscetíveis a perda por processos erosivos, porém, que as formas de uso e ocupação destes espaços foram fundamentais para o entendimento dos totais de perda registrados pelos métodos de determinação. Esta complexidade fundamenta a necessidade de abordar a perda de solo como fenômeno geográfico, decorrente de aspectos naturais e sociais que expressam demandas, interesses e funcionalidades socialmente construídas que fundamentam sua apropriação.

Palavras-chave: Erosão hídrica. Perda de solo. Parcelas de erosão. EUPS. Natureza.

Abstract

Looking to understanding the dynamics involving the soil loss, aiming at both its measurement as well as the actions aimed use at their conservation and recovery, is gaining space in the scientific world due to environmental and economic problems resulting from this degradation. These problems are not restricted to agricultural productivity, but also promote rural impoverishment, pollution and siltation water courses, social subjects financial and technological dependence, etc. The different methods of determination, a direct estimation, through the monitoring plots with erosion pins and an indirect, through the Universal Soil Loss Equation (USLE) was applied to understand the dynamics and relevant factors on soil loss and also to allow the results comparison obtained in the field where was applied the models. The study was conducted in two farms where we could find different use and occupation natural characteristics assigning them particular spatial complexities. One farm is located in Getulina and is intended for livestock (animals) and the other is located in Vera Cruz where they grow coffee, both in southeastern Brazil, São Paulo State. It was possible to identify the properties that make their natural features agricultural soils susceptible to loss through erosion, however, that the use and occupation forms of these spaces were fundamental for the understanding the loss totals recorded by determination methods. This complexity is motivated by the need to address the soil loss as geographical phenomenon, resulting from natural and social aspects that express demands, interests and socially constructed features that underlie your ownership.

Key words: Water erosion. Soil loss. Erosion plots. USLE. Nature.

Lista de Figuras

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE GETULINA E VERA CRUZ NO ESTADO DE SÃO PAULO/BRASIL	14
FIGURA 2: ESQUEMA DE UM PERFIL DE SOLO.....	28
FIGURA 3: IMPACTO DA ÁGUA DA CHUVA SOBRE A SUPERFÍCIE DO SOLO	30
FIGURA 4: MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE PERDA DE SOLOS	68
FIGURA 5: MAPA GEOLÓGICO COMPREENDENDO OS MUNICÍPIOS DE GETULINA E VERA CRUZ.....	95
FIGURA 6: MAPA GEOMORFOLÓGICO COM A LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE GETULINA E VERA CRUZ	97
FIGURA 7: REPRESENTAÇÃO DO RELEVO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO EM VERA CRUZ	100
FIGURA 8: REPRESENTAÇÃO DO RELEVO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO EM GETULINA.....	101
FIGURA 9: AEROFOTO DE GETULINA (1939/1940)	105
FIGURA 10: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA NA PROPRIEDADE RURAL DE GETULINA	107
FIGURA 11: ÁREA DE APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE BARRAMENTOS DE BAMBU PARA CONTENÇÃO DA EROSÃO E DE INSTALAÇÃO DA PARCELA DE MONITORAMENTO EM GETULINA	107
FIGURA 12: AEROFOTO DO NÚCLEO URBANO DE VERA CRUZ E DE UMA DAS FAZENDAS DO MUNICÍPIO, EM MEADOS DOS ANOS 1939/1940	108
FIGURA 13: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA NA PROPRIEDADE RURAL DE VERA CRUZ.....	110
FIGURA 14: ÁREA DE APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE BARRAMENTOS DE BAMBU PARA CONTENÇÃO DA EROSÃO E DA PARCELA DE MONITORAMENTO EM VERA CRUZ.....	111
FIGURA 15: ESQUEMA-SÍNTESE DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	113
FIGURA 16: ESTAÇÃO DE OBSERVAÇÃO DE PROCESSOS MORFODINÂMICOS PLUVIAIS	114
FIGURA 17: MONTAGEM DAS PARCELAS DE MONITORAMENTO PARA DETERMINAÇÃO DE PERDA DE SOLOS	116
FIGURA 18: CONFECÇÃO DOS PINOS GRADUADOS	118
FIGURA 19: DIMENSÕES DAS PARCELAS E INÍCIO DO MONITORAMENTO	119
FIGURA 20: ISOLAMENTO DA PARCELA EXPERIMENTAL DE VERA CRUZ.....	120
FIGURA 21: ESPACIALIZAÇÃO DOS PINOS DE EROSÃO.....	121
FIGURA 22: PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE DE FERTILIDADE, TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO.....	122
FIGURA 23: LOCALIZAÇÃO DA PROPRIEDADE RURAL DE GETULINA E A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UTILIZADA COMO FONTE DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO	124
FIGURA 24: LOCALIZAÇÃO DA PROPRIEDADE RURAL DE VERA CRUZ E A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UTILIZADA COMO FONTE DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO	125
FIGURA 25: LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS NO PROCEDIMENTO DE PREENCHIMENTO DE FALHAS	131
FIGURA 26: PLANILHA DE BALANÇO HÍDRICO TOMMASELLI (2001).....	135
FIGURA 27: REGISTROS DO ACUMULADO DE 24 HORAS DE CHUVA REFERENTE AO PERÍODO DE MONITORAMENTO ANALISADO DA PROPRIEDADE AGRÍCOLA DE VERA CRUZ.....	141
FIGURA 28: REGISTROS DO ACUMULADO DE 24 HORAS DE CHUVA REFERENTE AO PERÍODO DE MONITORAMENTO ANALISADO DA PROPRIEDADE AGRÍCOLA DE GETULINA	142
FIGURA 29: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ABERTURA DA TRINCHEIRA – GETULINA	144
FIGURA 30: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ABERTURA DA TRINCHEIRA – VERA CRUZ	144
FIGURA 31: PROCEDIMENTO DE ABERTURA DE TRINCHEIRA E IDENTIFICAÇÃO DE HORIZONTES E COLETA	145
FIGURA 32: DIAGRAMA DE CLASSE TEXTURAL.....	146
FIGURA 33: PROCEDIMENTO DE COLETA COM OS ANÉIS VOLUMÉTRICOS PARA OBTENÇÃO DA DENSIDADE DOS HORIZONTES DO SOLO	149
FIGURA 34: ANÉIS VOLUMÉTRICOS	149
FIGURA 35: CÁLCULO DA PERMEABILIDADE EM GETULINA E VERA CRUZ.....	152
FIGURA 36: VALORES TÍPICOS DE PERMEABILIDADE	153
FIGURA 37: DADOS DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA COLETADOS EM CAMPO.....	154

FIGURA 38: PROCEDIMENTO DE IDENTIFICAÇÃO DO PERCENTUAL DE FRAGMENTOS ROCHOSOS NAS AMOSTRAS DE SOLO	160
FIGURA 39: FATORES DE CONVERSÃO PARA DISTINTAS UNIDADES DO FATOR K	161
FIGURA 40: COLETA DE DADOS DE COMPRIMENTO DA VERTENTE E DECLIVIDADE	162
FIGURA 41: MODELO DE SEÇÕES PARA CÁLCULO DO DESNÍVEL DO TERRENO	162
FIGURA 42: PROCEDIMENTO DE ESTIMAÇÃO DO PERCENTUAL DE COBERTURA VEGETAL DAS PARCELAS DE MONITORAMENTO	167
FIGURA 43: REPRESENTAÇÃO DA ESPACIALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES MENSIS DOS PINOS DE EROÇÃO - VERA CRUZ.....	176
FIGURA 44: REPRESENTAÇÃO DA ESPACIALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES MENSIS DOS PINOS DE EROÇÃO - GETULINA	177
FIGURA 45: VARIAÇÃO TEMPORAL DAS PERDAS E GANHOS DE SOLO NAS PARCELAS DE GETULINA E VERA CRUZ.....	178
FIGURA 46: CENÁRIO 1: UTILIZAÇÃO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DA SÉRIE HISTÓRICA MAIS LONGA E COMPLETA ENCONTRADA EM ESTAÇÕES PRÓXIMAS DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	182
FIGURA 47: CENÁRIO 2: DADOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO DE ESTAÇÕES MAIS PRÓXIMAS DAS ÁREAS DE ESTUDO COM MÉDIAS MENSIS MAIS RECENTES	183
FIGURA 48: CENÁRIO 3: APLICAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO CONSIDERANDO OS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DOS ANOS DE PESQUISA 2015-2016	184
FIGURA 49: PRECIPITAÇÃO MENSAL, NÚMERO DE DIAS DE CHUVA E PERCENTUAL DE DIAS DE CHUVA PARA O PERÍODO DE MONITORAMENTO EM VERA CRUZ	194
FIGURA 50: COMPARAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DO PERÍODO DE MONITORAMENTO COM A SÉRIE HISTÓRICA E A RELAÇÃO DOS DIAS TOTAIS COM O PERCENTUAL DE DIAS DE CHUVA EM VERA CRUZ.....	195
FIGURA 51: CLASSIFICAÇÃO DOS REGISTROS DIÁRIOS DE CHUVA DO PERÍODO DE MONITORAMENTO PELAS ESTAÇÕES DO ANO – VERA CRUZ	196
FIGURA 52: TOTAIS E PERCENTUAIS DE PRECIPITAÇÃO E NÚMERO DE DIAS DE CHUVA PARA CADA ESTAÇÃO – VERA CRUZ.....	197
FIGURA 53: PRECIPITAÇÃO MENSAL, DIAS DE CHUVA E PERCENTUAL DE DIAS DE CHUVA PARA O PERÍODO DE MONITORAMENTO EM GETULINA	198
FIGURA 54: COMPARAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DO PERÍODO DE MONITORAMENTO COM A SÉRIE HISTÓRICA E A RELAÇÃO DOS DIAS TOTAIS COM O PERCENTUAL DE DIAS DE CHUVA EM GETULINA	199
FIGURA 55: CLASSIFICAÇÃO DOS REGISTROS DIÁRIOS DE CHUVA DO PERÍODO DE MONITORAMENTO PELAS ESTAÇÕES DO ANO – GETULINA	200
FIGURA 56: TOTAIS E PERCENTUAIS DE PRECIPITAÇÃO E DIAS DE CHUVA PARA CADA ESTAÇÃO – GETULINA	201
FIGURA 57: COMPARAÇÕES ENTRE AS PRECIPITAÇÕES, EROSIVIDADES E PERDA DE SOLO – GETULINA.....	204
FIGURA 58: CORRELAÇÃO ENTRE AS PRECIPITAÇÕES, EROSIVIDADES E PERDA DE SOLO – VERA CRUZ	205
FIGURA 59: IDENTIFICAÇÃO DOS HORIZONTES DO PERFIL DO SOLO DE VERA CRUZ ATRAVÉS DA ABERTURA DE TRINCHEIRA (PONTO 1).....	207
FIGURA 60: IDENTIFICAÇÃO DOS HORIZONTES DO PERFIL DO SOLO DE GETULINA ATRAVÉS DA ABERTURA DE TRINCHEIRA (PONTO 2).....	212
FIGURA 61: IDENTIFICAÇÃO DOS HORIZONTES DO PERFIL DO SOLO DE GETULINA ATRAVÉS DA ABERTURA DE TRINCHEIRA (PONTO 3).....	213
FIGURA 62: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DO pH (H ₂ O) EM GETULINA E VERA CRUZ ...	219
FIGURA 63: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE pH (H ₂ O) COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO	220
FIGURA 64: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DO pH CaCl ₂ EM GETULINA E VERA CRUZ ..	221
FIGURA 65: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE pH (CaCl ₂) COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO.....	222
FIGURA 66: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA ACIDEZ POTENCIAL EM GETULINA E VERA CRUZ.....	223
FIGURA 67: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE ACIDEZ POTENCIAL COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO	224

FIGURA 68: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA EM GETULINA E VERA CRUZ.....	225
FIGURA 69: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO	226
FIGURA 70: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA SATURAÇÃO POR BASE EM GETULINA E VERA CRUZ.....	227
FIGURA 71: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE SATURAÇÃO POR BASE COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO	228
FIGURA 72: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO EM GETULINA E VERA CRUZ	229
FIGURA 73: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO	230
FIGURA 74: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA SOMA DE BASE EM GETULINA E VERA CRUZ	231
FIGURA 75: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE SOMA DE BASE COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO ...	232
FIGURA 76: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA EM GETULINA E VERA CRUZ.....	233
FIGURA 77: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE MATÉRIA ORGÂNICA COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO	234
FIGURA 78: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DO FÓSFORO EM GETULINA E VERA CRUZ	235
FIGURA 79: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE FÓSFORO COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO	236
FIGURA 80: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DO POTÁSSIO EM GETULINA E VERA CRUZ ...	237
FIGURA 81: COS COMPARATIVOS DE POTÁSSIO COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO.....	238
FIGURA 82: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DO CÁLCIO EM GETULINA E VERA CRUZ.....	239
FIGURA 83: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE CÁLCIO COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO.....	240
FIGURA 84: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DO MAGNÉSIO EM GETULINA E VERA	241
FIGURA 85: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE MAGNÉSIO COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO.....	242
FIGURA 86: COMPARAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DO ALUMÍNIO EM GETULINA E VERA CRUZ ..	243
FIGURA 87: GRÁFICOS COMPARATIVOS DE ALUMÍNIO COM AS PRECIPITAÇÕES E PERDAS DE SOLO.....	244
FIGURA 88: REPRESENTAÇÕES DA VARIAÇÃO TEMPORAL E PERCENTUAL DA COBERTURA VEGETAL EM VERA CRUZ.....	272
FIGURA 89: RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO, COBERTURA VEGETAL E PERDA DE SOLO	273
FIGURA 90: USO DAS CURVAS DE NÍVEL COMO PRÁTICA CONSERVACIONISTA	276
FIGURA 91: CARREADORES VEGETADOS ENTRE AS RUAS DE CAFÉ.....	276
FIGURA 92: COMPARAÇÃO DAS MEDIDAS DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE OCORRÊNCIA DOS SULCOS EROSIVOS (B) COM OUTRAS ÁREAS DA PROPRIEDADE AGRÍCOLA DE VERA CRUZ (A)	277
FIGURA 93: SENTIDO DAS CURVAS DE NÍVEL.....	277
FIGURA 94: DIRECIONAMENTO DAS CURVAS DE NÍVEL	278
FIGURA 95: PRESENÇA DE SULCOS EROSIVOS	279
FIGURA 96: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE PERDA DE SOLO POR MEIO DA EUPS E DAS PARCELAS DE MONITORAMENTO	283

Lista de Gráficos

GRÁFICO 1: GRÁFICO TERMOPLUVIOMÉTRICO DE VERA CRUZ	92
GRÁFICO 2: GRÁFICO TERMOPLUVIOMÉTRICO DE GETULINA.....	92
GRÁFICO 3: COMPARATIVO DA TEMPERATURA MÉDIA MÍNIMA, MÁXIMA E MAIOR DE GETULINA E VERA CRUZ	94
GRÁFICO 4: COMPARAÇÃO DA AGRESSIVIDADE CLIMÁTICA DE GETULINA E VERA CRUZ.....	187
GRÁFICO 5: COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DA EROSIVIDADE DA CHUVA OBTIDOS POR MEIO DA EQUAÇÃO DE LOMBARDI NETO E MOLDENHAUER (1992) PARA GETULINA E VERA CRUZ.....	188
GRÁFICO 6: COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DE EROSIVIDADE DA CHUVA OBTIDOS POR MEIO DA EQUAÇÃO DE TOMMASELLI ET AL. (1997) PARA GETULINA E VERA CRUZ.....	189
GRÁFICO 7: COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS POR LOMBARDI NETO E MOLDENHAUER (1992) E TOMMASELLI ET AL. (1997) - GETULINA	189
GRÁFICO 8: COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS POR LOMBARDI NETO E MOLDENHAUER (1992) E TOMMASELLI ET AL. (1997) - VERA CRUZ.....	190
GRÁFICO 9: COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS POR LOMBARDI NETO E MOLDENHAUER (1992) E TOMMASELLI ET AL. (1997) – GETULINA E VERA CRUZ.....	190
GRÁFICO 10: PRECIPITAÇÕES MENSAS DO PERÍODO EXPERIMENTAL EM GETULINA E VERA CRUZ.....	193

Lista de Tabelas

TABELA 1: DADOS DE TEMPERATURA UTILIZADOS PARA CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	126
TABELA 2: FONTES UTILIZADAS PARA AS OBTENÇÕES DE DADOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO	127
TABELA 3: ATRIBUTOS CONSIDERADOS NA ANÁLISE QUÍMICA	156
TABELA 4: VALORES DE K PARA SOLOS COM PRESENÇA DE FRAGMENTOS ROCHOSOS	160
TABELA 5: FORMULAÇÕES DO FATOR TOPOGRÁFICO (LS) - RUSLE.....	163
TABELA 6: RELAÇÃO DE EROSIÃO EM SULCOS E ENTRESSULCOS	164
TABELA 7: VALORES DE P POR WISCHMEIER ET AL. (1978) E KANT-MITCHELL E BUDENZER (1980).....	170
TABELA 8: MEDIÇÕES MENSAS REGISTRADAS NOS PINOS DE EROSIÃO NA PARCELA DE MONITORAMENTO DE GETULINA	172
TABELA 9: MEDIÇÕES MENSAS REGISTRADAS NOS PINOS DE EROSIÃO NA PARCELA DE MONITORAMENTO DE VERA CRUZ.....	173
TABELA 10: PERDA DE SOLO MENSAL E TOTAL (CM) EM GETULINA	174
TABELA 11: PERDA DE SOLO MENSAL E TOTAL (CM) EM VERA CRUZ.....	175
TABELA 12: RESULTADOS MENSAS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS CONSIDERADOS NAS ANÁLISES PARA OS SOLOS DE GETULINA E VERA CRUZ.....	218
TABELA 13: TABELA PARA ESTIMAÇÃO DO FATOR C POR MEIO DA PORCENTAGEM DE COBERTURA SUPERFICIAL E ARBÓREA DESENVOLVIDA POR WISCHMEIER (1975).....	268
TABELA 14: VALORES DE P POR WISCHMEIER ET AL. (1978) E KANT-MITCHELL E BUDENZER (1980).....	280

Lista de Quadros

QUADRO 1: DESCRIÇÃO DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE GETULINA	104
QUADRO 2: DESCRIÇÃO DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE VERA CRUZ	109
QUADRO 3: JOGO DE PENEIRAS UTILIZADAS PARA O FRACIONAMENTO DE AREIA.....	147
QUADRO 4: PARÂMETROS DA ANÁLISE MORFOLÓGICA DO SOLO E SEUS RESPECTIVOS VALORES	157
QUADRO 5: PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS BERTONI E LOMBARDI NETO (1999).....	170
QUADRO 6: RESULTADOS OBTIDOS POR MEIO DE FOURNIER (1960) MODIFICADA POR ARNOLDUS (1980) (MFI)	187
QUADRO 7: EROSIVIDADE DA CHUVA OBTIDOS POR MEIO DA EQUAÇÃO DE LOMBARDI NETO E MOLDENHAUER (1992)	188
QUADRO 8: RESULTADOS DA EROSIVIDADE DAS CHUVAS OBTIDO POR MEIO DA EQUAÇÃO DE TOMMASELLI ET AL. (1997)	189
QUADRO 9: APRESENTAÇÃO DOS DADOS PARA CORRELAÇÃO ENTRE AS PRECIPITAÇÕES, EROSIVIDADES E PERDA DE SOLO – GETULINA E VERA CRUZ.....	203
QUADRO 10: DESCRIÇÃO GERAL, MORFOLÓGICA, TEXTURAL E FRACIONAMENTO DE AREIA DOS HORIZONTES DO PONTO 1, LOCALIZADO EM VERA CRUZ	209
QUADRO 11: DESCRIÇÃO GERAL, MORFOLÓGICA, TEXTURAL E FRACIONAMENTO DE AREIA DOS HORIZONTES DO PONTO 2, LOCALIZADO EM GETULINA.....	214
QUADRO 12: DESCRIÇÃO GERAL, MORFOLÓGICA, TEXTURAL E FRACIONAMENTO DE AREIA DOS HORIZONTES DO PONTO 3, LOCALIZADO EM GETULINA.....	215
QUADRO 13: FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS EMPREGADAS NO CÁLCULO DE T (TEXTURAL) DA ERODIBILIDADE DO MODELO EUPS.....	260
QUADRO 14: VARIAÇÃO TEMPORAL DE COBERTURA VEGETAL NAS PARCELAS DE MONITORAMENTO E ESTIMAÇÃO DO FATOR C	271
QUADRO 15: PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS BERTONI E LOMBARDI NETO (1999).....	280

Sumário

INTRODUÇÃO	12
OBJETIVO	16
1. REFERENCIAL TEÓRICO	17
1.1 OS ESTUDOS DO SOLO: A CONSTRUÇÃO DE UMA CIÊNCIA E SUAS INTERFACES COM A GEOGRAFIA	17
1.2 O ENTENDIMENTO DAS DINÂMICAS E PROCESSOS ENVOLVIDOS NA EROSÃO DO SOLO	23
1.2.1 <i>Um possível ponto de partida: seu entendimento pela dinâmica dos processos naturais</i>	23
1.2.2 <i>O que há de geográfico na perda de solos: Em prol de uma leitura a partir da perspectiva da relação sociedade e natureza</i>	44
1.3 OS DISTINTOS MÉTODOS E APLICAÇÕES DA DETERMINAÇÃO DE PERDA DE SOLOS	68
1.3.1 OS MÉTODOS DIRETOS DE DETERMINAÇÃO DA PERDA DE SOLOS	73
<i>Parcelas experimentais e de monitoramento de erosão em campo</i>	73
1.3.2 OS MÉTODOS INDIRETOS DE DETERMINAÇÃO DE PERDA DE SOLOS	79
<i>Equação Universal de Perda de Solos</i>	79
2. AS ÁREAS DE ESTUDO	91
2.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	91
2.2 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA	94
2.3 O PROCESSO DE OCUPAÇÃO DOS MUNICÍPIOS PAULISTAS DE VERA CRUZ E GETULINA E O DESENCADEAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREAS RURAIS	102
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	112
3.1 INSTALAÇÃO DAS PARCELAS DE MONITORAMENTO COM PINOS DE EROSÃO ..	114
3.2 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA O ENTENDIMENTO DA EROSIVIDADE DAS CHUVAS	124
3.3 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA O ENTENDIMENTO DA ERODIBILIDADE DOS SOLOS	143
3.4 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA A ABORDAGEM DO FATOR TOPOGRÁFICO	161
3.5 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA A ABORDAGEM DO FATOR COBERTURA VEGETAL (C)	166
3.6 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA A ABORDAGEM DAS PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS (FATOR P)	169
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	171
4.1 RESULTADOS OBTIDOS COM AS PARCELAS DE MONITORAMENTO COM PINOS DE EROSÃO	171
4.2 FATOR R - EROSIVIDADE DAS CHUVAS	180
4.3 FATOR K - ERODIBILIDADE DOS SOLOS	206
4.4 FATOR LS - FATOR TOPOGRÁFICO	263
4.5 FATOR C - COBERTURA VEGETAL	266
4.6 FATOR P – PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS	276
4.7 ESTIMAÇÃO DA PERDA DE SOLO PELA EUPS	281
CONSIDERAÇÕES FINAIS	286
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	289

INTRODUÇÃO

A degradação dos solos representa um dos principais quadros de problemas ambientais da atualidade. Estima-se que cerca de 33% dos solos do mundo estejam degradados e que 50% dos solos da América Latina apresentam algum tipo de degradação, sendo a erosão responsável pela perda de 25 a 40 bilhões de toneladas de solo por ano (FAO, 2015). Segundo Zoccal (2007), no estado de São Paulo perde-se mais de 200 milhões de toneladas de solo considerado cultivável ao ano, 70% destes atingem os cursos d'água na forma de sedimentos.

Os aspectos sociais, econômicos e ambientais envolvidos nestas estimativas de degradação revelam a importância de compreender as dinâmicas dos processos erosivos e de se pensar no aperfeiçoamento das técnicas e metodologias de recuperação e conservação de áreas em estado de degradação.

Além de promover a degradação do perfil de solo, a erosão é responsável por gerar a baixa produtividade agrícola, o empobrecimento do meio rural, a poluição e assoreamento de cursos d'água etc. Esta interdependência de elementos favorece um ciclo vicioso, no qual a ausência de práticas de conservação e manejo do solo leva, gradativamente, a sua degradação representada, principalmente, pela ocorrência de processos erosivos.

O solo será compreendido neste trabalho por duas vertentes principais que se completam e atuam concomitantemente: o solo enquanto síntese de dinâmicas e processos de ordem natural por meio da interação dos fatores de formação e suas consequentes características físicas, químicas e biológicas, como também enquanto basilar para a manutenção das atividades sociais, apreendido por meio da (re)apropriação do espaço geográfico e das relações, essencialmente contraditórias, intrínsecas a este processo. Assim, busca-se um entendimento da perda de solo e de sua degradação pelos processos erosivos por meio da incorporação da sociedade e das alterações promovidas por ela.

Esta busca pela apreensão da perda de solo como um fenômeno geográfico foi construída partindo-se do entendimento de sua abordagem na ciência e de como este foi sendo apropriado como objeto de estudo impulsionado, principalmente, pela sua relevância no atendimento de demandas da sociedade, que vão desde a produção de alimentos e a fixação das comunidades com o estabelecimento de novas relações entre a cidade e o campo, até a funcionalização e ocupação dos espaços e o fortalecimento de um modelo de agricultura, fundamentado na modernização e maximização da produção.

Estas formas de apreensão exprimem como o solo é concebido socialmente, e de como a relação entre a sociedade e o solo, enquanto elemento da natureza, é orientada por uma lógica de produção que o compreende enquanto recurso de exploração, resultando em formas de uso que intensificam o seu empobrecimento, em detrimento de um uso que considere suas singularidades e conservação.

Em prol do entendimento das dinâmicas e processos envolvidos na perda de solo a presente pesquisa se utilizou, para estimar esta perda, de distintos métodos que se colocam como relevantes na obtenção de parâmetros para o planejamento e manejo conservacionista e para o entendimento dos fatores que a potencializam ou não, já que permitem identificar variáveis controladoras dos mecanismos de erosão.

Ambos os métodos utilizados são definidos como quantitativos, buscando estimar numericamente o processo erosivo, por meio tanto da estimação direta em campo como indiretamente, por meio dos modelos, pela medição de parâmetros associados ao solo (MERRITT et al., 2003; ALMOROX et al., 2010).

O emprego destes métodos permitem comparar os resultados obtidos em campo com aqueles resultantes da aplicação dos modelos, como também, permitem identificar quais são as principais relevâncias, características e limitações de cada um na compreensão dos elementos condicionantes do desencadeamento dos processos erosivos, e enquanto subsídio para a adoção de medidas de contenção de erosão.

Faz-se relevante salientar que, para além do valor numérico atribuído com os métodos de estimação, a maior preocupação com a aplicação dos mesmos esteve direcionada com a sua adequação para situações de campo, com possíveis ausência de dados e informações detalhadas, ou mesmo que possibilitassem a sua manutenção em períodos esporádicos de tempo e em áreas que localizam-se em municípios distintos do Estado de São Paulo.

Para a estimação indireta foi empregada a Equação Universal de Perda de Solo, enquanto modelo paramétrico de formulação empírica que interpreta os mecanismos associados ao processo erosivo por meio das relações de causa e efeito, considerando os fatores da equação como variáveis dependentes (WISCHMEIER; SMITH, 1965; WISCHMEIER et al., 1971; 1978; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; ALMOROX et al., 2010).

Com relação a estimação direta foram instaladas parcelas de monitoramento com pinos de erosão com o objetivo de quantificar o volume de solo removido, por meio da medição volumétrica, bem como as variações temporais e espaciais de entradas e saídas

de sedimento na parcela, possibilitado o estabelecimento de correlações com os dados mensais de precipitação e o percentual de cobertura vegetal (LAWLER, 1993; CUNHA, 1997; DE ALBA et al., 2002; CUNHA; GUERRA, 2002).

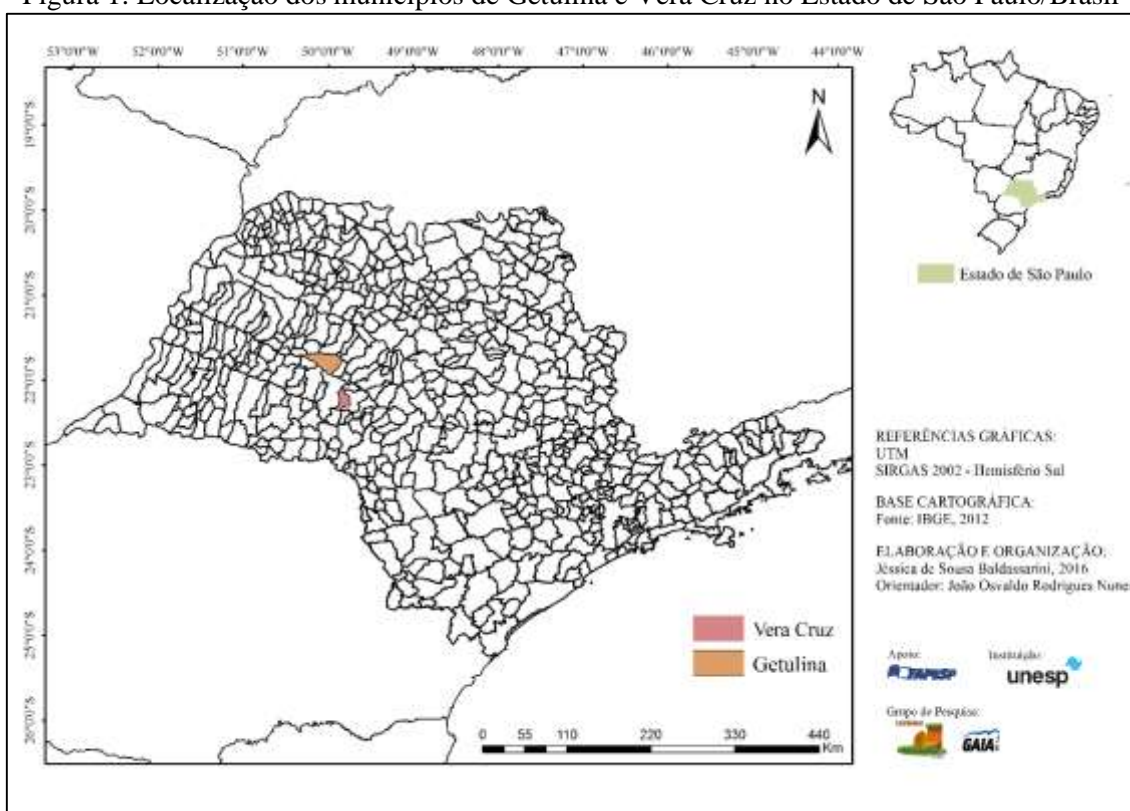
O estudo foi desenvolvido em duas propriedades agrícolas que possuem características naturais e de uso e ocupação distintas, atribuindo-lhes complexidades espaciais particulares. Estas singularidades enriquecem as análises já que permitem a identificação das diferenças entre os processos que levam ou não a uma maior perda de solo e a relevância dos distintos fatores em cada contexto socioespacial e ambiental.

Na propriedade localizada em Vera Cruz é desenvolvida a produção cafeeira, historicamente tradicional a região. Esta produção caracteriza-se por ser em larga escala e de forma mecanizada, sendo o mercado externo sua destinação final.

A propriedade localizada em Getulina apresenta uma produção agrícola diversificada, com o predomínio da criação de gado e com a intensificação da expansão das pastagens em substituição aos pés de café mais antigos e pouco produtivos.

Abaixo apresenta-se a localização dos municípios no estado de São Paulo.

Figura 1: Localização dos municípios de Getulina e Vera Cruz no Estado de São Paulo/Brasil



Organização: da autora.

Os solos de ambas as áreas apresentam naturalmente características que os tornam suscetíveis aos processos erosivos (BALDASSARINI, 2014), porém, também expressam

particularidades no uso e ocupação pela sociedade que foram de fundamental importância tanto para o entendimento dos totais de perda de solo registrados pelos métodos de determinação como para a perda de fertilidade, e que são indispensáveis para que as ações de recuperação e conservação ambiental sejam efetivamente eficientes.

Porém, este salto vai muito além do refinamento das metodologias de mensuração, em busca da incorporação das dinâmicas da perda de solos ou mesmo da valoração das atividades sociais neste contexto, passando pelo entendimento da concepção de natureza e sua apropriação, das relações socioeconômicas que regem a exploração dos recursos naturais, do que se concebe como desenvolvimento etc.

OBJETIVO

O objetivo geral desta dissertação é compreender as dinâmicas e fatores envolvidos na perda de solo por meio da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) e das parcelas de monitoramento com pinos de erosão, enquanto técnicas de estimação que subsidiam o planejamento conservacionista, em propriedades rurais de Getulina e Vera Cruz (SP).

Enquanto objetivos específicos têm-se:

- 1) Analisar de forma integrada os aspectos do meio físico (geologia, geomorfologia, pedologia e climatologia), de uso e ocupação da terra e de manejo e conservação do solo como subsídios para o entendimento dos processos erosivos nas propriedades agrícolas de Getulina e Vera Cruz;
- 2) Estimar a perda de solo nas parcelas de monitoramento com pinos de erosão através do rebaixamento da superfície;
- 3) Estimar a perda de solo por erosão hídrica mediante a Equação Universal de Perda de Solos;
- 4) Identificar as correlações entre as variações de atributos químicos relacionados com a fertilidade com as precipitações e as perdas de solo nas áreas de estudo;
- 5) Estabelecer comparativos entre os resultados obtidos com a estimação da perda de solo por método indireto (EUPS) e direto (parcelas experimentais);
- 6) Analisar as contribuições e/ou as limitações destes métodos de determinação na compreensão da complexidade dos fatores envolvidos no desencadeamento de processos erosivos.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 OS ESTUDOS DO SOLO: A CONSTRUÇÃO DE UMA CIÊNCIA E SUAS INTERFACES COM A GEOGRAFIA

O solo é considerado um recurso natural de grande relevância por ser de onde provém, direta ou indiretamente, os campos de cultivo e as pastagens, bem como por participar ativamente do ciclo hidrológico e sustentar a biodiversidade.

A Ciência do Solo tem este elemento natural como objeto de estudo e a Pedologia, uma de suas ramificações, dedica-se a origem, constituição, morfologia, classificação e mapeamento dos solos, objetivando o seu melhor uso, de acordo com princípios de proteção ambiental, destacando-se os estudos de conservação dos solos agrícolas (LEPSCH, 2010; 2011).

O solo era visto pelos homens primitivos, há cerca de trinta mil anos, como algo que permitia a sua locomoção; para o crescimento de vegetais, enquanto fonte de alimentos por meio da coleta; como matéria-prima para a elaboração de artefatos etc. considerado como fixos e imutáveis, confundidos com o restante da crosta terrestre. A forma de identificação dos tipos de solo se restringiam a constatação dos que forneciam os melhores frutos ou pela variação de características, como a cor. Estes elementos eram fundamentais para as atividades desenvolvidas naquele momento histórico, considerando que estes grupos eram de característica nômade (LEPSCH, 2010; 2011).

É com o processo de fixação destas comunidades em determinados territórios que iniciou-se o cultivo de plantas para obtenção de alimentos. Nestes ambientes identificavam-se as condições de manutenção da vegetação nativa como também de germinação e crescimento de novas espécies (LEPSCH, 2010).

Tem-se, portanto, o processo de fixação de comunidades que até o momento caracterizavam-se por serem caçadoras-catadoras, de proles pouco numerosas e de baixa perspectiva de sobrevivência. Com a identificação de um ambiente propício por suas características naturais e sem alguém que reclamasse a terra, os indivíduos se instalavam na localidade.

A oferta de alimento e água fomentou a multiplicação das comunidades, porém, com o início da escassez de alimento, vê-se a necessidade de domesticação dos animais e plantas, cultivando-as nas proximidades dos rios, onde a irrigação era facilitada. Por vezes a produção gerava o excedente necessário para a realização de trocas e o estabelecimento de formas de comercialização.

Neste momento, surge as primeiras observações sobre o solo e o entendimento de suas dinâmicas como, por exemplo, da demanda hídrica, considerando o contínuo afastamento dos campos cultivados dos cursos de água e a necessidade de intensificação da irrigação (LEPSCH, 2010; 2011).

A intensificação da relevância do solo e seu entendimento estão intimamente relacionada com o processo de estabelecimento das cidades em áreas de solos férteis, com boas reservas de água e pouco sujeitas a degradação pela erosão. O solo, portanto, constituía-se em um dos elementos cruciais para o avanço das civilizações (LEPSCH, 2010).

O surgimento das cidades se deu em decorrência de diversos fatores, em especial, a produção e/ou a captura de excedente alimentar (produzido no campo) que permitiu que uma parte da população residisse em aglomerados, dedicando-se as atividades não agrícolas. Este afastamento constitui-se elemento fundamental no aprofundamento da divisão territorial do trabalho, que vai configurar os novos papéis, tanto da cidade como do campo (SINGER, 1973; ENDLICH, 2006).

A produção de excedentes foi necessária para o estabelecimento das primeiras cidades, mas não suficiente. Também houve a necessidade, segundo Singer (1973), da criação das instituições sociais e de uma forma de organização que permitisse o gerenciamento do excedente proveniente do campo; de uma relação de dominação e de exploração que promovesse a transferência deste excedente para ela e a participação diferenciada dos homens na produção, resultando na sociedade de classes (SJOBERG, 1972; SINGER, 1973).

Com a necessidade de organizar os espaços dedicados aos cultivos agrícolas observa-se também o estabelecimento dos limites territoriais da propriedade, o que vai intensificar o processo de divisão tanto do trabalho como também do conhecimento vinculado as distintas funções e ocupações exercidas pelos sujeitos sociais (LEPSCH, 2011).

Em todas as principais civilizações o estudo dos solos era fundamental para a manutenção da produção agrícola, que significava um recurso natural de grande valia e que precisava ser conhecido, tanto para o abastecimento da população e, conseqüentemente sua multiplicação, como também para a não dependência e autonomia com relação a outros grupos sociais, em que este excedente agrícola permitia o estabelecimento de relações comerciais e significava soberania territorial e econômica.

Como expresso por Lepsch (2011) o aprendizado sobre o solo se deu primeiramente de forma empírica o que resultou no conhecimento sobre suas funções e aptidões, permitindo o estabelecimento da agricultura, enquanto processo recente da história humana. Desse modo, a espécie humana, enquanto organização social, se constituiu por meio da constante transformação da natureza, em que, a medida com que ele evolui utilizando-se do solo, direta ou indiretamente, para atendimento de suas demandas, a necessidade de avanço do conhecimento a respeito deste corpo natural também se potencializa, considerando que, como expresso pelo autor, o solo foi responsável por influenciar o destino do homem como espécie e como ser social.

As primeiras grandes civilizações se fundaram próximas a grandes rios de regiões de clima árido, como na chamada “crescente fértil” que compreendia o Tigre e Eufrates, o Nilo, entre outros. Estas áreas constituíam-se de solos férteis das planícies aluviais, com consideráveis sistemas de irrigação que garantiam a distribuição de água nos longos períodos de estiagem (LEPSCH, 2010).

No caso da América do Sul tem-se o relato das experiências de indígenas que cultivavam por anos em solos recém-fertilizados pelas cinzas das queimadas oriundas do processo de retirada da vegetação nativa (LEPSCH, 2010).

Por muito tempo o solo foi visto enquanto “reservatório de nutrientes”, por meio da identificação dos principais elementos relevantes para o crescimento das plantas. A química aplicada a agricultura se preocupava com o balanço superficial dos elementos retirados pela atividade agrícola e as quantidades de retorno para sustentação da produtividade (WHITE, 2009).

De forma geral, tem-se que os solos eram diferenciados pela sua relação com a produtividade agrícola tendo a capacidade produtiva como relevante nas primeiras classificações. Nesta perspectiva surgiam os tratados de manejo agrícola dos solos, considerando cada vez mais uma gama de fatores como a irrigação e a importância dos compostos orgânicos e, posteriormente, as práticas de manejo. Porém, o mesmo ainda era visto como corpo estático, formado pelos fragmentos de rocha misturados com húmus, capaz de armazenar água e outros nutrientes (LEPSCH, 2010).

Nesta perspectiva o solo era visto enquanto meio relativamente inerte de fornecimento de água e nutriente e enquanto suporte físico para as plantas, como um meio onde ocorrem reações químicas e bioquímicas, pouco visto enquanto parte da paisagem natural e resultante das forças naturais que agiam sobre a superfície terrestre (WHITE, 2009).

No final do século XIX contribuições relevantes para o conhecimento dos solos foram desenvolvidas por geólogos, que definiram o regolito como o manto de material solto e que já sofreu intemperismo na superfície da Terra, em que o solo é entendido como a parte superior de 50-150 cm, enriquecida com matéria orgânica. O subsolo era desprovido de matéria orgânica, porém, entendiam que a matéria mineral tanto do solo como do subsolo era derivada das rochas subjacentes, o que fomentou o estabelecimento de correlações entre o tipo de rocha e a formação dos solos (WHITE, 2009).

Contribuições relevantes também foram desenvolvidas pela ciência do solo russa, que ocupava distintas zonas climáticas e que encontra sua produção agrícola limitada não pela fertilidade mas sim pelos métodos primitivos de agricultura. A principal ênfase de Dokuchaev e da escola russa era constituída pelo estudo de solo em campo e pela relação entre suas propriedades e o ambiente, estabelecendo as características diferenciais dos solos (WHITE, 2009).

Nesta perspectiva, os estudos começaram a indicar que fatores como clima, material de origem, vegetação, topografia e tempo interagem de maneira distinta dando origem a solos de variados tipos. A combinação desses fatores de formação do solo estabelecia um meio físico, químico e biológico específico que condicionava o desenvolvimento de um corpo de solo distinto e singular (processo pedogenético). Dokuchaev identificou que os solos eram compostos por camadas horizontais diferentes, estas camadas foram interpretadas pelo pesquisador como resultantes da ação conjunta de diversos fatores e que os mesmos poderiam ser classificados justamente pela descrição detalhada das camadas que o compõe (WHITE, 2009; LEPSCH, 2010).

Tem-se, neste momento, uma relevante mudança de perspectiva, em que o solo passa a ser visto como um corpo dinâmico e organizado naturalmente, sendo possível estudá-lo por si só, isolado de suas funções agrícolas. Dokuchaev acrescenta um novo tema: a pedogênese, enquanto o estudo da formação dos solos. Para Lepsch (2011) este fator fomentou os estudos sobre diferenciação de solo e rocha, da categorização do solo em classes, de desenvolvimento do conceito de horizonte, de distribuição do solo na paisagem etc.

A correlação entre os organismos vivos e a formação dos solos foi iniciada pelos trabalhos de Charles Darwin e suas observações sobre a “bioturbação”, identificando a importância da atividade biológica na manutenção da fertilidade. Porém, seus estudos foram inicialmente negligenciados pelos agrônomos e sua ênfase pela química de solos e a manutenção da produtividade agrícola (LEPSCH, 2010).

Atualmente, considera-se a gênese dos solos como uma dinâmica muito mais complexa, em que muitos solos podem ser considerados poligenéticos, ou seja, que foram submetidos a mudanças de fatores ambientais, em especial do clima, durante o tempo. Para além desta complexidade, o reconhecimento da relação entre o solo e o ambiente foi a maior contribuição russa, fomentando a espacialização e classificação dos solos (WHITE, 2009).

Com a diversidade de fatores relacionados com a formação do solo, bem como suas aplicações e formas de conservação, observou-se um processo de fragmentação da Ciência dos Solos voltadas, principalmente, para a resolução de problemas práticos (LEPSCH, 2010; 2011).

Inicialmente, com o surgimento da Sociedade Internacional de Ciência do Solo, em 1924, havia quatro subdisciplinas então reconhecidas: Física do Solo, Química do Solo, Biologia do Solo e Pedologia, esta última entendida como gênese, classificação e cartografia dos solos (LEPSCH, 2010; 2011).

No caso da edafologia, por vezes ela foi usada como sinônimo de estudo do solo, vendo-o como um meio pelo qual se cultiva as plantas, estando intimamente relacionado com a Agronomia (LEPSCH, 2010).

Foi após a Segunda Guerra Mundial que se intensificou as excursões e congressos internacionais de Ciência dos Solos, reunindo distintos profissionais e conhecimentos desenvolvidos na área. Uma das iniciativas de maior repercussão se deu nos EUA e relacionou-se com os riscos da intensificação dos processos erosivos no país devido ao uso intensivo e inadequado do solo. Este processo gerou produções de grande relevância como o sistema de padronização de cores como característica morfológica dos solos (a *Munsell Color Chart*), além dos estudos experimentais de determinação de perda de solos, como será tratado posteriormente (LEPSCH, 2011).

No Brasil surgiram diversas ramificações, como a “Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas” que preocupa-se com a capacidade de suprir nutrientes na camada mais superficial dos solos agrícolas, enfatizando a análise química para fins de fertilidade; “Biologia do Solo”; “Física do Solo” e “Conservação do Solo”, estudando o mesmo sob o ponto de vista edafológico. Do ponto de vista pedológico tem-se a “Gênese, Morfologia e Classificação do Solo”, “Levantamento de Solos” e “Química e Mineralogia do Solo”. A engenheira civil desenvolveu mais a fundo a “Mecânica dos Solos” (LEPSCH, 2010).

No caso da Pedologia o solo é apreendido em sua essência, buscando compreender os processos envolvidos em sua pedogênese. Neste, o solo é considerado como coleção

de corpos naturais dinâmicos, tridimensional, componente relevante do ecossistema (LEPSCH, 2010; 2011).

Quando se considera o estabelecimento de interfaces entre a ciência do solo e a Geografia, observa-se a abertura de um leque de opções, potencializada pela grande diversidade de aplicações e apreensões da ciência geográfica.

A incorporação de estudos de caráter ambiental na Geografia apresenta-se como uma linha de perspectiva integradora, necessitando para sua construção enquanto totalidade, da incorporação das dinâmicas da natureza e da sociedade de forma conjuntiva, complexa e interdependente.

Portanto, parte-se da necessidade de compreender as dinâmicas naturais envolvidas nos processos, no caso da abordagem da pesquisa em questão que relacionam-se com o desencadeamento das erosões e a perda de solo, considerando as características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e climáticas.

Porém, entende-se que estas dinâmicas já não expressam a complexidade espacial em sua totalidade, necessitando da incorporação da sociedade por meio da (re)apropriação do espaço geográfico e as relações, interesses e intencionalidades que perpassam este processo ininterrupto. Entende-se que a sociedade deve ser abordada enquanto agente ativo na transformação do meio, mediado pelo desenvolvimento de todo um aparato técnico e suas funcionalidades, que também interferem nas dinâmicas naturais já que são, assim como a própria relação sociedade-natureza e a concepção de natureza, construções sociais e, portanto, carregam consigo suas contradições e interesses.

Na Geografia os estudos do solo ganham outra conotação, entendendo-o como elemento integrante de uma totalidade de complexas correlações entre as dinâmicas da natureza e da sociedade. Ele pode ser entendido como fundamental para a produção agrícola, mas sempre será considerado por meio das relações que se estabelecem no espaço geográfico no qual está inserido.

Estes processos, para além das relações entre os elementos da natureza, são de caráter socioeconômico, considerando as relações sociais, em especial as de trabalho, bem como vinculam-se as demandas globais que fomentam configurações locais e vice-versa, levando em consideração, por exemplo, as verticalidades e horizontalidades (SANTOS, 2000; 2002), a globalização e as demandas estabelecidas pelo modo capitalista de produção com a exacerbação das desigualdades.

No que se refere a questão da desigualdade tem-se que a mesma perpassa desde o estabelecimento da propriedade privada da terra, os incentivos as monoculturas de

exportação, as políticas de fomento a modernização da produção, entre outros, que também se dão de forma excludente.

Considerando que o presente trabalho aborda a estimação da perda de solos em áreas de produção agrícola, estes fatores são relevantes no entendimento dos espaços rurais e de como o uso do solo pelos sujeitos sociais se processa.

1.2 O ENTENDIMENTO DAS DINÂMICAS E PROCESSOS ENVOLVIDOS NA EROÇÃO DO SOLO

1.2.1 Um possível ponto de partida: seu entendimento pela dinâmica dos processos naturais

Segundo White (2009) o solo resulta da relação entre a litosfera, atmosfera e hidrosfera, bem como sustenta o crescimento de plantas e animais, fazendo parte da biosfera. Esta complexidade de inter-relações e de propriedades físicas, químicas e biológicas que atuam sobre o mesmo dificulta a definição rigorosa do que seria o solo. Ainda mais se considerar a diversidade de apreensões pelos distintos profissionais que se apropriam do solo enquanto objeto de estudo.

Parte-se do entendimento dos processos envolvidos na formação dos solos por meio da exposição das rochas ao ambiente, que com a ação direta do calor do sol, da umidade proveniente das chuvas e da ação dos organismos, vão sofrer os processos que resultam na modificação de seus aspectos físicos e da sua decomposição química (o intemperismo). Esta rocha alterada denomina-se regolito, constituindo-se em uma camada que recobre as outras que ainda não estão sofrendo a decomposição e a formação do solo, que se dá na parte mais superficial do regolito (LEPSCH, 2010).

Para Lepsch (2011) a melhor definição de solo foi a apresentada no *Soil Survey Manual* (1951) que expressa que o solo é uma coleção de corpos naturais que ocupam partes da superfície terrestre, e que se constituem no meio para o desenvolvimento das plantas, possuindo propriedades que resultam da ação integrada do clima e dos organismos vivos que agem sobre o material de origem, sendo condicionado pelo relevo por certo período de tempo.

Para entender as dinâmicas e processos envolvidos na erosão dos solos parte-se dos fatores de formação, que condicionam a pedogenética. Neste primeiro momento, os mesmos serão apreendidos no que tange aos seus processos considerados naturais, posteriormente, correlacionados com intervenções provenientes da ação da sociedade.

Os fatores de formação serão expressos a seguir:

- **Material de Origem ou Parental:** se refere ao material alterado por processos químicos e físicos que darão origem ao solo, são provenientes do substrato rochoso ou sedimentos, em que sua natureza mineralógica influenciará nos processos de intemperismo e meteorização. Sua natureza química e grau de resistência aos processos intempéricos determinam o grau de transformação e evolução do solo, como também sua característica química e a disponibilidade de nutrientes, considerando que este processo vai se dar em um determinado clima e em um certo período de tempo (OLIVEIRA et al., 1992; FERRAZ, 2008; WHITE, 2009).

O solo pode ser formado pelo intemperismo de rochas consolidadas, sendo um solo residual, ou de depósitos superficiais não consolidados que foram transportados. Este intemperismo ocorre, geralmente, pela ruptura física da estrutura da rocha, expondo os constituintes minerais às alterações químicas, no qual a água é o agente dominante tanto por iniciar a separação e hidrólise, como por sustentar as plantas sobre a superfície da rocha, que são responsáveis pelo aprisionamento de elementos metálicos em decomposição, aumentando a ação solvente da água da chuva, e pela desagregação física promovida pelas raízes (OLIVEIRA et al, 1992; FERRAZ, 2008; WHITE, 2009).

Esta taxa de intemperismo vai depender de alguns fatores como: temperatura, percolação da água, estado de oxidação da zona intemperizada, área de superfície da rocha que está exposta e os tipos de minerais presentes (OLIVEIRA et al, 1992; FERRAZ, 2008; WHITE, 2009).

- **Clima:** fator de suma importância, considerando a temperatura e a ação da água proveniente da chuva (umidade) sobre o processo de intemperismo da rocha e a formação dos solos, condicionando os fluxos de matéria e energia. Ambientes com temperaturas médias mais elevadas e disponibilidade de água pluvial apresentam maiores taxas de evolução pedogenética. A efetividade da umidade depende da intensidade da precipitação, sua variação sazonal, da taxa de evaporação da vegetação e do solo, da declividade do terreno e da permeabilidade do material parental (OLIVEIRA et al, 1992; FERRAZ, 2008; WHITE, 2009).

No entendimento da efetividade de umidade deve ser considerado o balanço entre taxa de precipitação e evaporação, como trabalhado por Thornthwaite (1931). Em ambientes onde as precipitações excedem a evaporação há um maior movimento descendente da água no solo, promovendo a lixiviação de materiais solúveis e da sílica coloidal que podem ser translocados para outros horizontes de subsuperfície ou removidos do solo. A penetração da água promove a hidratação dos constituintes,

favorecendo a remoção de cátions liberados dos minerais por hidrólise. Neste caso, tem-se solos profundos e intemperizados, com reação ácida e pobres quimicamente, sua mineralogia demonstra a predominância de minerais secundários como as argilas (caulinita) e os óxidos de ferro e alumínio (OLIVEIRA et al, 1992; FERRAZ, 2008; WHITE, 2009).

No caso de ambientes com escassez de umidade observa-se solos rasos, cascalhentos e/ou pedregosos, com maior concentração de minerais primários pouco alterados ou argila de elevada atividade coloidal, mais ricas quimicamente, menos ácidos ou ligeiramente alcalinos e de alta salinidade (OLIVEIRA et al, 1992; FERRAZ, 2008; WHITE, 2009).

- Organismos: O solo e os organismos nele presente formam um ecossistema, em que seus componentes ativos são a macro e microflora e a macro e microfauna. Os mesmos são responsáveis, principalmente, pela adição de compostos orgânicos, como também nas translocações seletivas internas do perfil por meio da complexação de compostos químicos. Sua atividade metabólica altera as condições químicas da solução edáfica e da composição do ar no solo, influenciando nas reações de oxirredução e carbonização, promovendo a solubilização dos compostos químicos inorgânicos derivados dos minerais, reciclam nutrientes e ainda atuam na mineralização da matéria orgânica (OLIVEIRA et al, 1992; FERRAZ, 2008).

- Relevo: é considerado um fator de controle, sua ação reflete na dinâmica da água, tanto no que tange a infiltração e percolação como no controle da erosão pelo deflúvio pluvial. Neste sentido, há o controle da partição de água que escorre superficialmente e a que penetra no perfil, além disso, considerando a orientação das encostas ele interfere na incidência diferencial de radiação solar e, no âmbito regional, no regime pluviométrico e na temperatura (FERRAZ, 2008; WHITE, 2009).

- Tempo: este fator age na formação do solo de duas formas: modificação de um fator formador com o tempo, por exemplo, uma mudança climática, e como extensão das reações pedogenéticas, considerando o grau de evolução de um determinado solo, dependendo da atuação dos demais fatores (OLIVEIRA et al, 1992; FERRAZ, 2008; WHITE, 2009).

Os solos são caracterizados como um meio poroso e são constituídos por quatro componentes principais: partículas minerais, materiais orgânicos, água e ar. Estes dois primeiros fazem parte da fase sólida, ou matriz do solo, em que os materiais orgânicos podem variar tanto entre os tipos de solo, como entre os horizontes do perfil,

concentrando-se, principalmente, nos horizontes mais próximos a superfície (horizontes O ou A) (KIEHL, 1979; FREIRE, 2006; FERRAZ, 2008; LEPSCH, 2010).

No caso dos constituintes minerais da fase sólida os mesmos são classificados de acordo com suas origens, tamanhos e composições. No que se refere a origem há dois tipos: os remanescentes da rocha de origem ou os produtos secundários, decompostos com a intemperização. Os primeiros são considerados minerais primários e os segundos são denominados de minerais secundários (KIEHL, 1979; FREIRE, 2006; FERRAZ, 2008; LEPSCH, 2010).

Os primários são os componentes da rocha mais resistentes ao intemperismo químico, permanecendo por mais tempo, já os secundários provêm da decomposição, resultando da reprecipitação (síntese) de produtos liberados neste processo. Em sua maioria são as argilas enquanto colóides de propriedades relevantes ao solo, por conta da sua elevada atividade físico-química, entre estas propriedades está a afinidade com a água e com elementos químicos nela dissolvidos, devido a elevada superfície específica e a existência de muitas cargas elétricas sobre a mesma. Os minerais que os constituem também podem ser classificados de acordo com as dimensões de suas partículas em argila, silte e areia, enquanto frações granulométricas (KIEHL, 1979; FREIRE, 2006; FERRAZ, 2008; LEPSCH, 2010). No caso da matéria orgânica ela se origina do acúmulo de resíduos dos tecidos vegetais em distintos estágios de decomposição, influenciado também pelas condições climáticas de aeração e drenagem (FERRAZ, 2008).

O arranjo tridimensional do solo gera os espaços porosos que são considerados micro e macroporos de acordo com suas dimensões, e que serão ocupados pela água ou pelo ar. No caso da água ou solução do solo, ela contém gases e sais solúveis em dissolução, cuja composição química e sua concentração no solo vai depender das estações do ano, a presença ou ausência de vegetação e organismos (FERRAZ, 2008).

Há três estados de umidade do solo: *saturado*, *úmido* e *seco*. No saturado todos os poros estão preenchidos, com ar praticamente ausente, cessando o fornecimento de água, esta é drenada e é chamada de *gravitativa*, por caminhar pelo solo sob a ação da gravidade. Depois da infiltração o solo se torna úmido sendo este estado denominado de *capacidade de campo*, representando sua capacidade máxima de retenção de água, nestas condições se tem ar nos macroporos (maiores de 0,05mm) e água nos microporos (menores que 0,05mm), estes poros menores são denominados de *capilares*, em que o líquido nele contido é considerado a *água capilar*, com força suficiente para se manter nos poros com a gravidade. Ela é chamada de *água disponível* por não ter força suficiente de impedir sua

extração pelas raízes das plantas, após esta extração da água disponível o solo vai se encontrar na condição de solo seco, apesar de contê-la na condição de finas películas ao redor das partículas coloidais (KIEHL, 1979; FREIRE, 2006; FERRAZ, 2008; LEPSCH, 2010).

A capacidade de campo de um solo vai variar dependendo de suas características como: textura, tipo de argila, estrutura e conteúdo de matéria orgânica, em que os solos arenosos e com pouca matéria orgânica tendem a reter menos água (FERRAZ, 2008).

Já o ar possui praticamente a mesma composição qualitativa do atmosférico, mas sua composição quantitativa em função da respiração dos organismos e das raízes das plantas que podem alterar a concentração relativa dos gases deve ser analisada. A grande relevância da fase gasosa do solo está na respiração das plantas pelas raízes e organismos, bem como na formação do solo, por meio dos processos de oxidação da matéria orgânica e na redução do ferro. A aeração influencia diretamente na atividade dos microrganismos do solo, em um solo com abundância de ar tem-se a mineralização da matéria orgânica, liberando nutrientes para as plantas, já nos solos encharcados tem-se a redução, solubilização e remoção dos óxidos de ferro, o que favorece a perda da coloração avermelhada dos horizontes minerais, tornando-as acinzentadas (KIEHL, 1979; FREIRE, 2006; FERRAZ, 2008; LEPSCH, 2010).

O perfil do solo (Figura 2) refere-se a sua sequência de horizontes, enquanto seção vertical, da superfície até o contato lítico ou rocha intemperizada. Ele mostra: “[...]uma série de subseções dispostas paralelamente à superfície do terreno, chamadas de horizontes pedogenéticos que possuem atributos morfológicos resultantes dos efeitos combinados dos processos de formação do solo” (FERRAZ, 2008, p.18). Já os horizontes do solo são as subseções do perfil, paralelas a superfície, relativamente homogêneas e com características físicas, químicas, mineralógicas e morfológicas que as individualizam (LEMOS; SANTOS, 1996; FERRAZ, 2008, LEPSCH, 2010).

Figura 2: Esquema de um perfil de solo



Fonte: Adaptado de Lepsch (2002).

Entendendo-se o que se considera como solo, seus fatores de formação e sua constituição parte-se agora para o entendimento das dinâmicas envolvidas no desencadeamento das erosões hídricas, considerando o que se apresenta enquanto erosão natural, relacionada com os processos de esculturação do relevo, e como erosão proveniente da ação da sociedade que interferem nos aspectos naturais, ocasionando o processo erosivo ou acelerando-o.

Neste primeiro momento, a ênfase será na correlação entre a erosão e os fatores que afetam sua relação com os atributos do solo, em seguida a sociedade é inserida no debate, demonstrando a potencialidade de interferência proveniente de suas ações, formas de manejo e usos do solo.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999) a erosão do solo constitui-se no processo de desprendimento e arraste das partículas do solo, causado tanto pela chuva como pelo vento, sendo considerada a principal causa do esgotamento acelerado das terras. No caso das enxurradas, tem-se que a água da chuva que não ficou retida na superfície ou que não infiltrou, transporta as partículas de solo em suspensão, assim como elementos nutritivos essenciais do solo em dissolução.

O processo erosivo pode ser tanto natural, relacionada com os processos de modificação da crosta terrestre, quando não há modificação do seu equilíbrio, quando se desenvolve em um ritmo em que a remoção das partículas se equilibra com a formação de solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Porém, quando a sociedade atua por meio da modificação dos anteparos naturais, favorecendo o processo erosivo e sua intensificação, a erosão deixa de ser condicionada somente por aspectos naturais, sendo influenciada por interferências provenientes da ação da sociedade (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Estas ações fazem com que a erosão adquira velocidade e intensidade. Já os processos pedogenéticos permanecem com a mesma temporalidade, gerando um descompasso entre ambos.

A erosão hídrica pode ser dar de três formas, isoladas e/ou concomitantemente, que são: laminar, em sulcos e voçorocas. Porém, inicia-se a discussão sobre os tipos de processos erosivos considerando a relevância do escoamento superficial e da erosão pelo impacto da chuva que é considerada, por Bertoni e Lombardi Neto (1999), o primeiro e mais importante estágio do processo de erosão.

A erosão do solo constitui-se em um processo de trabalho, em que o mesmo é consumo de energia e que esta energia é usada em todas as fases da erosão, desde o rompimento dos agregados do solo, o salpicamento das partículas, a turbulência da enxurrada até o escoamento e transporte destas partículas. Com relação as fontes de energia tem-se que àquela disponível da chuva se expressa como muito superior àquela da enxurrada em superfície, demonstrando a relevância do salpicamento no processo erosivo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

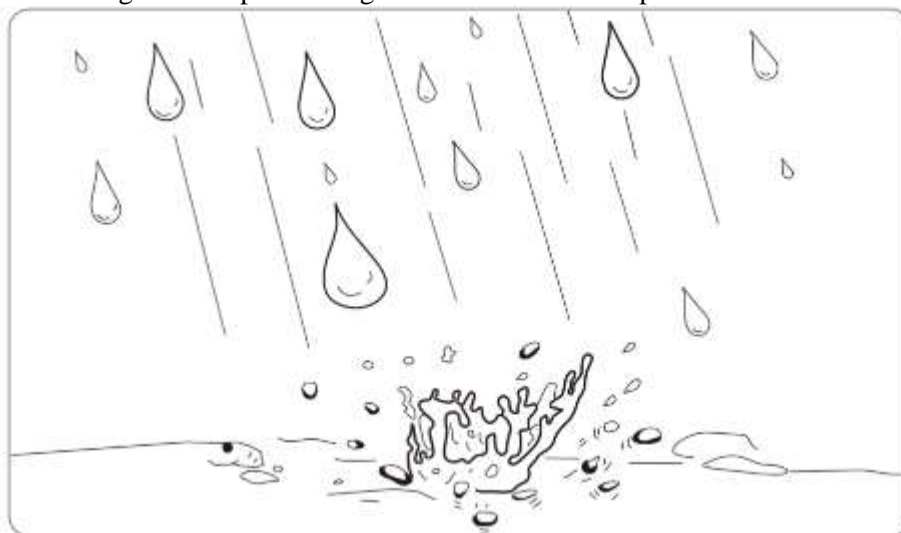
Neste contexto, deve-se considerar a relevância da água da chuva como agente condicionante no processo de escoamento superficial, ele ocorre quando a capacidade de armazenamento da água pelo solo é saturada ou quando a capacidade de infiltração é excedida. Neste processo, parte dos sedimentos é transportado por suspensão e outra parte, mais grosseira, é levado como carga de fundo (GUERRA; CUNHA, 1994).

A perda de solo por escoamento superficial vai depender da velocidade, turbulência de fluxo e sua distribuição espacial, estando associado com a intensidade da chuva ser superior a capacidade de infiltração. A cobertura vegetal também desempenha papel relevante, sendo que sua ausência promove o impacto direto das gotas de chuva, favorecendo o escoamento superficial e as taxas de erosão (GUERRA; CUNHA, 1994).

Também é relevante considerar a erosão por salpicamento ou pelo impacto da chuva (Figura 3), que é causada pelo impacto das gotas que golpeiam o solo, rompendo os grânulos e torrões e reduzindo-os em partículas menores, promovendo a diminuição da capacidade de infiltração do solo. Ao golpear um solo úmido a gota forma uma cratera, compactando a superfície desta área e movimentando as partículas para fora deste círculo.

Em áreas de declive este processo é acentuado, em que mais da metade das partículas despreendidas movimentam-se morro abaixo. Dando-se em função da declividade, quantidade de chuva, propriedades do solo, microtopografia e velocidade do vento (GUERRA; CUNHA, 1994; JACOBS, 1995).

Figura 3: Impacto da água da chuva sobre a superfície do solo



Fonte: SEA/DAEE (1990) *apud* Zoccal (2007).

Com a formação das crostas em superfície o solo é selado, levando a diminuição da infiltração e o aumento do escoamento superficial. Neste momento há uma modificação de elevada remoção/baixo transporte, anteriormente ao escoamento superficial, para baixa remoção/elevado transporte, com o aumento do *runoff* (GUERRA; CUNHA, 1994).

Quando a intensidade da chuva supera a capacidade de infiltração há o enchimento das depressões da superfície de água e inicia-se a enxurrada. Durante o evento chuvoso a enxurrada é salpicada pelas gotas, rompendo as partículas do solo que ficam menores e em suspensão na água. A energia deste impacto é tão considerável que uma chuva de 50mm em 30 minutos teria um peso de quase 560 toneladas em um hectare (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Os solos considerados mais estáveis estariam relacionados com a maior presença de argila e matéria orgânica, em que ambos promovem a maior coesão entre os agregados, diminuindo a propensão a formação de crostas. A única situação em que a formação de crostas não leva ao aumento do escoamento superficial é quando o solo está seco a ponto de formar fendas, que vão favorecer a infiltração da água no solo (GUERRA; CUNHA, 1994).

A erosão laminar se refere a lavagem da superfície do solo, por uma remoção considerada uniforme do solo de uma determinada área, sem a ocorrência de sulcos na superfície (IBGE, 2004).

Este tipo de erosão ocorre quando a capacidade de armazenamento de água no solo é saturada, cessando-se a infiltração e aumentando o escoamento superficial. É considerada uma erosão em lençol, mais erosiva quanto mais turbulento for o fluxo de água. O fator principal que vai condicionar a erosividade do fluxo é, justamente, a velocidade do mesmo. Esta velocidade aumenta com a quantidade da enxurrada e o aumento da declividade do terreno (GUERRA; CUNHA, 1994; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Além disso, a ocorrência da erosão por salpicamento agrava ainda mais o quadro erosivo, já que vai ser responsável por colocar as partículas do solo em suspensão pelo efeito *splash*, transportadas pelo lençol, além do mesmo aumentar a turbulência do fluxo, aumentando sua capacidade erosiva (GUERRA; CUNHA, 1994). A quantidade de partículas transportadas vai depender da capacidade de transporte da enxurrada, que está ligada com o tamanho, densidade e forma das partículas e pela presença ou não de cobertura vegetal (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Pela erosão laminar se constituir na remoção da camada superficial do solo ela é menos perceptível e por isso muitas vezes negligenciada. Nas áreas com este tipo de erosão é perceptível a perda de coloração do solo, bem como a diminuição da produtividade agrícola. No caso das culturas perenes esta perda pode ser identificada com a exposição das raízes com o passar dos anos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Já a erosão em sulcos relaciona-se com a ocorrência de irregularidades na declividade da área resultando na concentração da enxurrada em pontos específicos, atingindo volume e velocidade suficiente para formar riscos mais ou menos profundos. De forma geral, sua ocorrência se dá em terrenos de declividades mais consideráveis (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

O aumento do volume da enxurrada é um dos fatores que condicionam o aumento dos sulcos, este volume depende da intensidade da precipitação, da cobertura vegetal e do comprimento e inclinação do relevo: “[...] Onde o terreno apresenta encostas curtas, a maior parte da erosão se relaciona com a erosão entressulcos. À medida que as encostas se alongam, o processo de erosão em sulcos passa a ser dominante” (WEILL; PIRES NETO, 2007, p.46). A erosão vai depender da quantidade de material disponível para desagregação, bem como a capacidade dos agentes erosivos de transportar este material.

Em solos coesos, a capacidade de transporte do escoamento em sulcos é muito maior do que a capacidade de desagregação. Assim, a taxa de erosão será limitada pela taxa de desagregação. Porém, em solos não coesos ou em locais onde a capacidade de transporte diminui consideravelmente, o sedimento transportado pode se aproximar da capacidade de transporte. Quando isto ocorrer, a capacidade de desagregação do escoamento será reduzida. Se a concentração de sedimento excede a capacidade de transporte, ocorre deposição (erosão negativa) (JACOBS, 1995, p.7).

De acordo com Jacobs (1995), Meyer et al. (1975) dividiu o processo de erosão entre entressulcos e em sulcos, considerando a origem do sedimento erodido, oriundo ou da parte mais superficial do entressulco ou da parte mais profunda do sulco. A erosão entressulcos se dá pelo impacto da gota de chuva e pelo transporte da massa desagregada por meio do escoamento laminar entressulcos.

A erosão em ravinas está relacionada com o aumento da velocidade do fluxo na encosta, resultante da maior intensidade das precipitações, pelo maior gradiente da encosta e pelo fato da capacidade de armazenamento da água na superfície ter sido excedida. É a ação das gotas de chuva as responsáveis por aumentar a capacidade de transporte do fluxo de água dentro da ravina, promovendo a remoção (*detachment*) de sedimentos (GUERRA; CUNHA, 1994).

Já as voçorocas são ocasionadas pelas grandes concentrações de enxurrada, e possuem laterais íngremes com fundo chato, com a ocorrência de fluxo de água em seu interior durante os eventos de chuva, estando relacionadas com a erosão acelerada e com a instabilidade da paisagem (MARTINS, 2009).

Entre os fatores que podem levar ao surgimento das voçorocas estão o desmatamento, superpastoreio, as queimadas e o uso agrícola das terras, sendo que estes são interligados com as características da chuva e as propriedades dos solos (GUERRA, CUNHA, 1994).

As voçorocas podem estar relacionadas com o aprofundamento e alargamento das ravinas, evoluindo a partir da ação da água da chuva na base e em suas laterais, promovendo o colapso do material e seu transporte (GUERRA, CUNHA, 1994).

Com relação aos fatores naturais que interferem na erosão do solo tem-se que ela é causada por forças ativas que estão relacionadas com as características da chuva, a declividade e comprimento do terreno e a capacidade do solo de absorver a água da chuva, e por forças passivas como as características da cobertura vegetal e a resistência do solo à ação erosiva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Com relação a água da chuva ela exerce ação erosiva pelo impacto das gotas sobre o solo, dependendo da velocidade e energia com que atingem o mesmo, bem como do diâmetro e pelo escoamento da enxurrada. A enxurrada deve ser entendida considerando seu volume e velocidade, variando com a chuva, a declividade e comprimento do terreno e com a capacidade do solo de absorver água. A resistência do solo a ação da água da chuva, por sua vez, vai depender de suas características ou propriedades físicas e químicas, e do revestimento vegetal (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

A chuva deve ser considerada por meio de fatores como volume e velocidade da enxurrada, estes são condicionados pela intensidade, duração e frequência da chuva.

A perda de solo por erosão será maior quanto mais intensa for a chuva, sendo este o fator pluviométrico de maior importância para o entendimento da erosão. A unidade de observação e análise que melhor expressa a questão da intensidade é a chuva enquanto evento isolado: “[...] definida como a quantidade que cai em forma contínua em um período mais ou menos longo, individualizada através de suas características de intensidade, duração e frequência” (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999, p.46). Segundo informações de Suarez (1956) expostos pelos autores supracitados, para uma mesma chuva de 21 mm, uma intensidade de 7,9 mm produziu uma perda de solos cem vezes maior do que uma de 1 mm.

Já a duração se apresenta como complemento da intensidade, em que uma chuva de intensidade uniforme favorece a maior infiltração da água. Com relação a frequência quanto mais curto os intervalos entre elas mais alto se apresenta o teor de umidade do solo, já quando os intervalos são maiores e o solo encontra-se seco normalmente não ocorre enxurradas em eventos chuvosos de baixa intensidade. Este período de estiagem afeta a manutenção ou surgimento de vegetação, comprometendo a proteção natural do solo, que fica mais vulnerável a ação da água da chuva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Outro elemento relevante da chuva que afeta a erosão dos solos são as características da gota de chuva. Ela contribui com o processo erosivo por meio do desprendimento de partículas de solo no local que sofre o impacto, transportando as partículas desprendidas por salpicamento e imprimindo energia à água superficial por meio da turbulência. Essa energia cinética é função da massa e da velocidade, e a complexidade de sua determinação se expressa pela necessidade de considerar a aceleração da queda pela gravidade, e que elas não são corpos indeformáveis, sofrendo múltiplas mudanças de forma durante o trajeto. O impacto da gota de chuva é o primeiro

agente desagregador e transportador das partículas, ela provê uma força consolidadora, compactando o solo e, posteriormente, uma força disruptiva (JACOBS, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Nos primeiros minutos de queda as gotas grandes vibram entre achatamentos verticais e horizontais com uma frequência dependente de seu tamanho e com a velocidade determinada também pelo atrito do ar e a pressão. De forma geral, tem-se que a velocidade de queda de uma gota aumenta com o tamanho e com a altura da queda (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Segundo pesquisas desenvolvidas por Wischmeier e Smith, a perda de solo por unidade de área de um terreno desprovido de cobertura vegetal, quando os outros fatores são mantidos constantes, com exceção da chuva, é diretamente proporcional a energia cinética da chuva por sua intensidade máxima de 30 minutos, esta relação expressa o potencial erosivo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

No caso da relevância da chuva na perda de solo por meio da erosividade tem-se que a definição expressa por Sant'Anna Neto (1995, p.36) estabelece claramente esta correlação: “[...] pela sua capacidade potencial em causar erosão através do impacto das gotas das águas pluviais na camada superficial do solo. A energia cinética [...] é resultante, não apenas da intensidade, como também duração e frequência dos episódios pluviais”. O autor ressalva que não necessariamente quanto maior a erosividade maior será a perda de solo, já que este fator é dependente de outros elementos como tipo de solo, manejo e as práticas agrícolas que são desenvolvidas naquela conjuntura local.

Como expresso por Bertoni e Lombardi Neto (1999) o desmatamento e a substituição de culturas, as técnicas agrícolas e as características pedológicas são relevantes para a maior ou menor perda de solo e, conseqüentemente, no que a erosividade representa em uma determinada localidade.

[...] uma região florestada em área acidentada da Serra do Mar onde os totais pluviais podem ultrapassar os 3000 mm, e a torrencialidade das chuvas é infinitamente maior, quando comparadas ao oeste paulista, apresenta índices erosivos proporcionalmente muito maiores do que as pastagens tradicionais desta região, caracterizada por colinas suaves e pluviosidade anual inferior a 1500mm (SANT'ANNA NETO, 1995, p.36).

Esta questão será melhor discutida posteriormente, quando se trabalhar exclusivamente com a erosividade da chuva e sua aplicação na Equação Universal de Perda de Solos.

Outro fator relevante no desencadeamento dos processos erosivos é a infiltração, em que sua maior velocidade expressa a menor intensidade da enxurrada em superfície e, conseqüentemente, menor a erosão. Durante o evento chuvoso a velocidade máxima de infiltração é identificada no início da precipitação, decrescendo rapidamente, considerando as características da estrutura superficial do solo. No caso de uma chuva contínua a velocidade de infiltração vai se aproximando gradualmente de um valor mínimo, determinado pela velocidade de penetração da água na capa superficial e de penetração através do perfil.

Alguns fatores influenciam na infiltração entre eles estão (BERTONI, LOMBARDI NETO, 1999):

- o tamanho e disposição dos espaços porosos. Solos mais arenosos e de grandes poros apresentam maior velocidade de infiltração;

- variação na textura do perfil do solo, neste caso em solos com horizontes subsuperficiais com material pouco permeável (argila) se espera alta velocidade de infiltração até que a camada arenosa fique saturada, com posterior diminuição na camada argilosa. No caso de solos com camada superficial argilosa a velocidade de infiltração no começo da chuva será menor, bem como a sua variação durante o evento;

- Presença de material coloidal que afeta a umidade do solo, já que o mesmo tende a se dilatar quando molhado, reduzindo o tamanho dos poros e a capacidade de infiltração: “[...] a natureza coloidal da argila a torna suscetível de mobilidade com a água no solo se a percolação é relevante (EMBRAPA, 2006, p.49)”. Solos com esta característica tendem a se romper quando secos, favorecendo a infiltração. Considerando que a umidade do solo é maior na primavera do que no verão, as práticas que buscam aumentar a possibilidade de infiltração que sejam eficientes na redução da enxurrada devem ser adotadas no verão.

- agregação das partículas finas do solo: partículas finas bem agregadas promovem o aumento dos espaços porosos entre elas, favorecendo a infiltração. As práticas de manejo do solo que melhorem as condições físicas e de granulação do solo são eficientes na redução da enxurrada e da erosão.

- cobertura vegetal: a ausência da cobertura vegetal promove a compressão da camada superficial do solo já que o mesmo fica exposto ao impacto das gotas de água da chuva, promovendo o selamento do solo e a redução da infiltração. Um solo com cobertura de gramínea ou palha apresenta uma velocidade de infiltração várias vezes maior que um solo desnudo.

Estudos desenvolvidos por Sharp e Holtan (1942 apud BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999) buscaram analisar separadamente os efeitos de retenção no solo superficial, a interceptação da cobertura vegetal, o armazenamento das depressões do terreno e da infiltração. Observaram que a retenção na superfície do solo está correlacionada com a intensidade de enxurrada, e o armazenamento das depressões do terreno e a interceptação da cobertura vegetal não devem ser separados para análise. Próximo ao fim da chuva estes fatores não sofrem alteração, não tendo efeito na velocidade de infiltração.

Outro fator que influencia a erosão é a topografia do terreno, representada pela declividade e comprimento de rampa. O tamanho e a quantidade de material em suspensão que foi arrastado pela água vai depender da velocidade de escoamento do mesmo, esta velocidade é resultado do comprimento e declividade do terreno (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Baseando-se em Ayres (1936), Bertoni e Lombardi Neto (1999) explicam a correlação entre velocidade da água e seu potencial erosivo considerando que: se há um aumento da declividade do terreno quatro vezes, a velocidade de escoamento aumenta duas vezes e a sua capacidade erosiva vai ser quadruplicada; a quantidade de material arrastado varia com a quinta potência da velocidade de escoamento; a duplicação da velocidade de escoamento promove o aumento da quantidade de material que pode ser transportado em 32 vezes, já o tamanho das partículas propensas ao transporte aumenta 64 vezes.

O comprimento de rampa não é menos importante que a declividade, considerando que a medida que há o aumento do caminho percorrido pela água, há o aumento de volume, bem como o aumento da velocidade de escoamento: “[...] em princípio, quanto maior o comprimento de rampa, mais enxurrada se acumula, e a maior energia resultante zsse traduz por uma erosão maior” (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999, p.57).

Outro fator relevante quando se trata da topografia do relevo é a forma do declive, podendo ser côncavo ou convexo, homogêneo ou deformado. De forma geral áreas com topografias mais elevadas favorecem a concentração do escoamento superficial, resultando em sulcos que podem evoluir para voçorocas (CAPECHE et al., 2008).

Já a cobertura vegetal é considerada uma defesa natural do solo contra a erosão. Sua importância se refere a (GUERRA; CUNHA, 1994; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999): proteção contra o impacto das gotas de chuva; dispersão da água, interceptando-a e promovendo sua evaporação antes de atingir o solo; decomposição das raízes formando

canalículos que aumentam a infiltração da água no solo; aumento do atrito na superfície do solo, diminuindo a velocidade de escoamento da enxurrada; aumento do conteúdo de matéria orgânica e húmus pela decomposição da vegetação, melhorando a porosidade e favorecendo a capacidade de retenção de água, diminuindo o escoamento superficial e a potencialidade de erosões.

Quando a chuva se dá em uma área com densa vegetação há uma diminuição das gotas de chuva em dimensões menores, diminuindo sua força de impacto, já em um terreno descoberto há um maior desprendimento e salpicamento das partículas do solo que serão mais facilmente transportadas pela água (CAPECHE et al., 2008).

A erosão dos solos se expressa dependendo de diversos fatores físicos, morfológicos, químicos e biológicos dos solos. A seguir apresenta-se alguns dos principais elementos que devem ser considerados quando se trata da erosão dos solos.

• **Textura:** este fator relaciona-se com o tamanho das partículas constituintes do solo. O mesmo é constituído desde partículas minerais de dimensões coloidais como as argilas, extremamente finas, pelas areias até os cascalhos e calhaus com dimensões centimétricas (FERRAZ et al, 2008).

O seu entendimento é relevante considerando que algumas frações granulométricas são mais facilmente erodidas (GUERRA; CUNHA, 1994), além disso apresenta-se como um dos atributos físicos de maior importância por poder influenciar a maioria dos outros atributos e propriedades físicas e químicas do solo, estando associada com os teores de matéria orgânica e com a composição mineralógica das argilas. A textura do solo influencia as relações volumétricas de macro e microporosidade, superfície específica, densidade do solo e das partículas, conseqüentemente condicionando as propriedades de aeração, infiltração, drenagem, retenção de água, consistência etc. (CHAVES; GUERRA, 2006; FERRAZ et al, 2008; WHITE, 2009). No caso da relação porosidade-densidade do solo, ela também sofre influência da estrutura do solo, como será exposto posteriormente

Por determinar o conteúdo de plasma coloidal, a textura também influencia em processos químicos como a capacidade de troca catiônica, fixação de fósforo, absorção de água e nutrientes etc.

No que tange a interpretação da vulnerabilidade dos solos a erosão os principais fatores que devem ser considerados são a aeração, retenção e disponibilidade de nutrientes (fertilidade), infiltração, capacidade de retenção de água, consistência e drenagem profunda (FERRAZ et al, 2008). Uma especial atenção deve ser dada aos solos que

apresentam variação de textura entre os horizontes de forma contrastante, já que os mesmos vão apresentar diferenças de infiltração e permeabilidade muito marcantes, solos com esta característica, denominada de mudança textural abrupta, em especial em solos com B textural sobposto ao A ou E, são mais vulneráveis a erosão.

No caso de solos arenosos, de grandes poros tem-se uma maior infiltração da água, por outro lado a menor coesão dos grãos favorece o desprendimento e arraste das partículas pela enxurrada. Já os argilosos possuem poros pequenos, com menor infiltração e maior coesão entre as partículas aumentando a resistência à erosão (OLIVEIRA et al, 1992; GUERRA; CUNHA, 1994; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

No que tange ao silte tem-se que a presença do mesmo indica uma maior suscetibilidade a erosão, já que o mesmo está ligado com o processo de formação de encrostamento superficial, que refere-se ao arranjo das partículas do solo após submetidas ao impacto direto das gotas de chuva, formando-se as lâminas. O encrostamento reduz a infiltração do solo (FERRAZ et al, 2008).

• **Estrutura:** esta refere-se ao arranjo das partículas, na organização tridimensional destas partículas sólidas, primárias ou secundárias do solo (agregados), influenciada pela presença de matéria orgânica e de argila que promovem a estabilidade dos agregados na presença de água. Os solos são compostos por partículas minerais primárias de tamanhos diversos (areia, silte, argila) e por material orgânico em distintos estágios de estabilidade, que dão origem a partículas secundárias resultantes da aglutinação das partículas primárias, formando os agregados. Portanto, estes são compostos por partículas de areia e silte que permanecem unidas pela ação das argilas e da matéria orgânica, estas atuam como agentes cimentantes (FERRAZ et al, 2008).

De forma geral, há dois processos básicos de formação da estrutura do solo, os que promovem a aproximação entre as partículas e os de estabilização dos agregados enquanto agentes cimentantes. No caso da aproximação das partículas ela ocorre pela agregação por floculação de colóides e por processo de expansão-contração, já a estabilização dos agregados se dá em função de processos da química coloidal de constituintes orgânicos e minerais (CHAVES; GUERRA, 2006; FERRAZ et al, 2008; WHITE, 2009).

Solos argilosos com matéria orgânica apresentam melhores condições de arejamento e retenção de água, já no caso de solos arenosos ela auxilia na aglutinação das partículas firmando sua estrutura e diminuindo o tamanho dos poros. Sua relevância no que tange ao manejo do solo está na avaliação do comportamento físico-hídrico do perfil

de solo, correlacionando-se com fatores como aeração, densidade do solo, resistência mecânica à penetração, infiltração, drenagem etc.

Um solo bem estruturado é aquele que apresenta macroporosidade e aeração adequadas, com uma boa drenagem a favor do desenvolvimento radicular. A relevância de observação também se dá pelo fato da estrutura e da porosidade do solo serem atributos físicos facilmente alterados pelo manejo e uso incorreto.

• **Consistência:** relacionada com o comportamento do material constituinte em função da variação de umidade, influenciada pela textura e atividade da fração de argila, ocorrendo em função das forças de adesão e coesão entre as partículas do solo. A consistência em solo seco, úmido e molhado determinam suas propriedades de dureza ou tenacidade, da friabilidade e plasticidade e da pegajosidade. Pegajosidade e plasticidade estão relacionadas com a aderência e a capacidade do material de ser moldado sob compressão em condições de saturação, no caso da tenacidade é com relação a resistência do material seco à ruptura, já a friabilidade é o comportamento em condições intermediárias de umidade (OLIVEIRA et al., 1992; FERRAZ et al., 2008).

A consistência úmida é uma relevante informação sobre a condição do solo para ser preparado por máquinas e implementos agrícolas ou para a vulnerabilidade à erosão. De forma geral, a condição ideal para preparo são solos com consistência friável, por diminuir o risco a compactação do mesmo. Essa condição vai ser influenciada pela umidade, textura e tipo de argila, no caso dos arenosos há uma faixa de umidade ótima para trabalho, já os argilosos uma faixa ótima menor (FERRAZ et al., 2008).

• **Densidade:** quando se considera a estrutura das partículas do solo, que está relacionada com a maior ou menor compactação.

Considerando que o solo é formado por compostos de diversos minerais e matéria orgânica os mesmos vão apresentar densidades distintas. A densidade das partículas do solo (D_p) é entendida como a relação entre a massa e o volume que ocupam as partículas, sem considerar o volume dos poros, já a **densidade do solo** é entendida como o volume real e a massa, considerando os volumes da matriz sólida e da porosidade total (FERRAZ et al, 2008). De forma geral, a densidade dos solos aumenta em profundidade devido o adensamento provocado pela pressão das camadas superiores sobre as subjacentes e pela eluviação de argila, havendo a diminuição da porosidade.

A densidade se relaciona com o uso da terra, em especial, com o emprego de equipamentos e máquinas agrícolas que promovem a compactação da camada superficial do solo, aumentando a sua densidade e, conseqüentemente, diminuindo a infiltração.

Valores elevados de densidade do solo indicam impedimento mecânico para a penetração de raízes e o consequente desenvolvimento de plantas.

A densidade e a porosidade do solo são atributos correlacionados, a densidade se constitui na medida quantitativa mais direta do processo de compactação do solo. Ambas são parâmetros das relações volumétricas entre as fases água e ar e indicam condições para a penetração das raízes e desenvolvimento de plantas. Juntamente com o dado de densidade faz-se relevante considerar a macro e microporosidade, o teor de matéria orgânica e a agregação. Ela também é relevante para a determinação da textura do solo em laboratório, considerada na velocidade de sedimentação das partículas, para calcular o tempo de sedimentação da argila pelo método da pipeta (FERRAZ et al, 2008).

A densidade também está relacionada com o teor de matéria orgânica. Quanto menor a presença de matéria orgânica maior a ruptura dos agregados, favorecendo a formação de crostas nas superfícies do solo e a compactação do solo (GUERRA; CUNHA, 1994). Também pode ocorrer o adensamento do solo por pedogênese com redução do volume, neste caso solos como o Latossolo Amarelo e o Argissolo Amarelo apresentam adensamento nos horizontes de transição.

• **Porosidade:** é inversa a densidade. Com o aumento da densidade, a porosidade diminui, assim como a infiltração no solo. Ela é entendida como uma grandeza física dada pelo volume do espaço poroso, constituído pelo arranjo dos componentes da parte sólida do solo ocupado por água e ar em condições naturais. Neste contexto, a macroporosidade e a microporosidade se colocam como subdivisões da porosidade total, de forma geral, a microporosidade se associa com a retenção de água, enquanto a macroporosidade com a movimentação da água e do ar. Ou seja, é determinada pelo tamanho, forma e arranjo das partículas e agregados do solo (FERRAZ et al, 2008; WHITE, 2009).

No que tange as fases líquida e gasosa do solo a porosidade se apresenta como importante no entendimento da quantidade, entrada e movimentação da fase fluída, enquanto comportamento físico-hídrico do solo e de suas condições edáficas.

De acordo com diversos estudos, tem-se estimulado que a composição volumétrica ideal estaria em torno de 50% de porosidade total, com 1/3 e 2/3 do volume dos poros divididos em macro e microporosidade ocupados, respectivamente, por ar e água. Porém, neste processo, tem-se que considerar que o ar e a água são fisicamente excludentes, em condições de saturação de água o ar será expulso, e esta água poderá ocupar inclusive a macroporosidade, no caso de deficiência hídrica é o ar que ocupará o maior volume (FERRAZ et al., 2008).

A porosidade se correlaciona com distintos atributos físicos do solo, em especial, com a textura e a estrutura do solo, estes auxiliarão no entendimento da capacidade de drenagem interna, retenção de água do perfil, aeração do solo etc. graças a sua correlação com a infiltração, permeabilidade, condutividade hidráulica dos solos e a capacidade de armazenamento de água (capacidade de campo) (FERRAZ et al., 2008).

De forma geral, solos arenosos retém menos água por conta da drenagem livre permitida pela macroporosidade, já os solos argilosos adsorvem mais água, retendo-as (água capilar) graças a maior microporosidade. Porém, nem toda umidade retida está disponível para as plantas, já que solos com argila de alta atividade podem reter a água fortemente que excede a capacidade das raízes de a extraírem (FERRAZ et al, 2008; WHITE, 2009).

Apesar de solos com textura mais fina terem maior porosidade, os mesmos precisam de cuidados com a manutenção da aeração, solos cultivados tem menor porcentagem de porosidade, sua perda se dá pela diminuição do teor de matéria orgânica, pela compactação ou pelo impacto das gotas de chuva, já que estes fatores promovem a quebra de agregados maiores reduzindo o tamanho dos poros (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). A manutenção dos restos culturais enquanto matéria orgânica, a rotação de culturas e a aração, quando o solo se encontra com as melhores condições de umidade podem melhorar as condições de porosidade.

Mesmo em solos com alto teor de areia e, conseqüentemente, com maior porosidade e infiltração, o menor teor de matéria orgânica pode favorecer a formação de crostas em superfície, aumentando as taxas de *runoff* e a ocorrência de processos erosivos.

• **Permeabilidade:** relaciona-se com a capacidade do solo de deixar penetrar a água e o ar através do seu perfil. Em termo de movimento de água é a condutividade hidráulica do solo saturado medida, usualmente, em termos de infiltração, em milímetros por hora (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

A permeabilidade vai depender principalmente do tamanho médio dos poros que, por sua vez, está relacionado com a distribuição do tamanho das partículas, sua forma e a estrutura do solo, variando nos diferentes horizontes. De forma geral, quanto menor as partículas, menor também o tamanho médio dos poros e o coeficiente de permeabilidade. Solos arenosos apresentam maior permeabilidade e, em geral, ela é maior no horizonta A e mais lenta no B, em decorrência do aumento da fração argila (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; CRAIG, 2012).

A mesma se apresenta para um determinado solo como o coeficiente de permeabilidade em função do índice de vazios, no caso de solos argilosos com presença de fissuras a sua permeabilidade será maior comparado com um material sem fissuras. Ela também sofre alteração com a temperatura, correlacionada com a viscosidade da água, a permeabilidade decresce quanto menor a temperatura (CRAIG, 2012). Com relação ao desencadeamento de processos erosivos, a permeabilidade favorece a infiltração, diminuindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão.

• **Teor de Matéria Orgânica:** A matéria orgânica do solo (MOS) é oriundo dos restos de plantas e resíduos de animais depositadas sobre a superfície, que se misturam com os componentes minerais. No caso da matéria orgânica morta ela é colonizada por diversos microrganismos, sendo os de maior importância aqueles que derivam energia para a decomposição oxidativa de moléculas orgânicas complexas. Durante este processo de decomposição os elementos essenciais são convertidos de combinações orgânicas para formas orgânicas simples como, por exemplo, pela mineralização, processo este vital para o crescimento das plantas (WHITE, 2009).

A presença de matéria orgânica no solo promove a estabilidade e a formação da sua estrutura, bem como se comporta como agente de ligação entre as partículas minerais. Este fator também está estritamente relacionado com o uso do solo, considerando que atividades como a agricultura altera a quantidade de matéria orgânica presente no solo.

O conteúdo de matéria orgânica do solo é influenciada pela umidade, suprimento de O₂, pH e temperatura. Os primeiros dois fatores se relacionam da seguinte forma: quando o solo está molhado a deficiência de O₂ pode restringir a decomposição, já quando o solo está seco a umidade se apresenta como limitante, mas o O₂ não. O pH tem efeito quando abaixo de 4 diminuindo a taxa de decomposição (WHITE, 2009).

Já a temperatura é a que apresenta maior efeito tanto no crescimento da vegetação e, conseqüentemente, no retorno da cobertura vegetal como também na sua decomposição. Além disso, as argilas apresentam um efeito protetor retardando a decomposição de compostos orgânicos, graças a sua superfície de contato, já a matéria orgânica retida em poros menores dentro de agregados é menos acessível ao ataque microbiano, no caso de agregados grandes a falta de O₂ no centro pode retardar a taxa de decomposição. Neste caso, o cultivo do solo pode quebrar os agregados e expor a matéria orgânica do seu interior aos micro-organismos (WHITE, 2009).

De forma geral, há um aumento das taxas de infiltração conforme o solo apresente maior teor de matéria orgânica, já que tem afinidade com a água e pode absorver e reter uma quantidade até várias vezes o seu peso seco (WHITE, 2009).

Há uma correlação inversa entre erodibilidade e matéria orgânica, sendo a função desta ainda mais relevante em solos com alto teor de silte e areia por promover uma maior estabilidade dos agregados. Esta estabilidade reduz a erodibilidade do solo por elevar a porosidade, aumentando a infiltração e diminuindo o *runoff* (GUERRA; CUNHA, 1994).

• **pH do solo:** parte-se do processo de acidificação do solo que consiste na remoção das bases cálcio, magnésio, potássio e sódio dos solos pela percolação da água. Estas bases são oriundas da solubilização das rochas e são mais fracamente retidas nos sítios de troca das argilas e da matéria orgânica formando compostos mais solúveis no processo de formação dos solos e que percolam facilmente pelo perfil. Já o alumínio e o ferro são mais fortemente retidos nos sítios de troca por terem maior valência que as referidas bases, formando compostos de baixa solubilidade e que acabam se concentrando nos mesmos. Além desses fatores as reações bioquímicas dos microrganismos, as reações de hidrólise com liberação de H^+ , a absorção de cátions pelas raízes liberando íons hidrogênio, a mineralização da matéria orgânica pelos microrganismos liberando NO_3^- , SO_4^{2-} e Cl^- e a aplicação no solo de fertilizantes acidificantes como o nitrato e o sulfato de amônio, também contribuem com a acidificação dos solos (GUERRA; CHAVES, 2006).

O pH do solo é influenciado por vários fatores como o aumento da relação solo: água no qual observa-se uma tendência de aumento do pH; o pH em suspensão diminui com o aumento da concentração de sais no solo; o aumento da pressão de CO_2 diminui o pH do solo; os valores de pH podem variar com a estação do ano, graças a mudança do regime de chuvas que relaciona-se com os efeitos de diluição e as variações do conteúdo de sais e das atividades biológicas do solo, neste sentido, em época de seca o pH diminui; variação de pH em áreas limitadas de solo por conta da atividade biológica e as reações químicas específicas; entre outros (GUERRA; CHAVES, 2006).

A grande relevância do pH está o desenvolvimento das plantas, sendo que em solos com pH baixo este desenvolvimento é prejudicado devido aos níveis tóxicos de íons solúveis na solução do solo. Os mesmos podem naturalmente serem ácidos devido à falta de bases nos minerais do material de origem ou por processos pedogenéticos que vai favorecer a remoção dos elementos básicos. No caso dos solos tropicais, sob ação do

clima quente e úmido, os mecanismos de remoção atual de forma acentuada, com tendência a reação ácida (GUERRA; CHAVES, 2006; FERRAZ et al, 2008).

Estes e outros elementos relacionados com a química de solos permite estabelecer parâmetros tanto sobre o comportamento do solo frente ao processo erosivo como também enquanto elemento fundamental para identificar suas condições de fertilidade.

Na presente pesquisa os aspectos relacionados com a química de solos serão abordados em sua relação com as perdas de nutrientes e de fertilidade por meio da ação erosiva, resultando em solos agrícolas mais empobrecidos e menos resistente a erosão.

De forma geral, é possível identificar a complexidade de elementos e correlações que envolvem o processo erosivo, e este se torna ainda mais complexo quando se insere no debate as possíveis interferências pela ação da sociedade na potencialização quantitativa e qualitativa da perda de solos pela erosão.

As abordagens que foram estabelecidas até o presente momento, referem-se a explanação da erosão dos solos e sua perda considerando-o enquanto resultante de processos naturais. Porém, busca-se a seguir a incorporação destes aspectos em sua intrínseca articulação com a apropriação da natureza pela sociedade, com o uso do que se considera como recursos naturais, em prol de demandas e interesses oriundos das relações sociais e que são responsáveis por alterações nas dinâmicas e processos da natureza que não podem ser negligenciadas nas análises de cunho ambiental.

1.2.2 O que há de geográfico na perda de solos: Em prol de uma leitura a partir da perspectiva da relação sociedade e natureza

Inicia-se esta discussão considerando no que se constitui a ciência geográfica. Este aspecto gera inúmeros debates e perspectivas dentro da própria Geografia, graças a heterogeneidade de estudos que são desenvolvidos a partir de uma leitura geográfica. Esta diversidade de formas de apreensão, que resultam em análises e resultados também diversos, justifica a necessidade de direcionar os posicionamentos, apreensões e debates da Geografia, exercício este que se considera, nesta análise, de grande relevância para a construção da lógica de pensamento que está sendo desenvolvida, ou seja, de que Geografia está se falando.

Suertegaray (2001) expressa a Geografia como área do conhecimento que preocupa-se com a busca pela compreensão da relação do homem com o meio, entendido enquanto entorno natural. Assim, ela difere-se das demais ciências que se individualizam em Ciências Naturais e Sociais. Esta característica que, segundo a autora, hoje possa ser

seu privilégio, ainda é acompanhada por este paradoxo, em especial quando se considera o processo de racionalização e constituição da ciência moderna, que caminhou no sentido da disjunção e da compartimentação do conhecimento. Este processo dificultou a construção de um método, considerando que, opondo-se a unidade natureza-sociedade, estas dimensões perseguiram métodos diferentes.

Para Moreira (1994) tudo na Geografia se inicia e se resolve nas práticas sociais, que se processam no âmbito da relação do homem com o meio, em que toda relação homem-meio é uma prática espacial e esta prática é motivada inicialmente pelas necessidades de vida. Para ele o objeto da Geografia é o espaço, enquanto o conhecimento da natureza e as leis dos movimentos da formação econômico-social é o seu objetivo (MOREIRA, 1982).

Para Nunes et al. (2006) na análise geográfica parte-se da relação sociedade-natureza considerando conceitos e categorias importantes para a construção do pensamento geográfico como espaço, tempo, paisagem e ambiente. Sendo inerente ao geógrafo trabalhar a dinâmica da sociedade e/ou da natureza com o intuito de compreender, explicar e discutir os processos de construção e modificação do espaço geográfico.

Portanto, independentemente do método utilizado na compreensão da realidade faz-se relevante o entendimento dos conceitos e categorias fundamentais.

Segundo Nunes (2014) a concepção de método deve ser compreendida de acordo com Sposito (2004), em que este não pode ser abordado do ponto de vista disciplinar, mas como instrumento intelectual e racional que possibilite a apreensão da realidade pelo investigador. A relevância de se considerar a escolha do método estaria no fato de o mesmo servir como um instrumento teórico e racional que auxilia na compreensão da realidade, sendo que na Geografia o método científico teria a função de conduzir o pensamento para o entendimento da produção do espaço geográfico e a geograficidade dos fenômenos e processos socioambientais que os constituem (NUNES, 2014).

Como exposto por Nunes (2014), Leff (2002) considera o conhecimento científico como um processo de construção/produção dos conceitos, enquanto concretude do pensamento, que permitam a apreensão da realidade. A concretude do pensamento e a busca pela totalidade unificadora entre as ciências se daria pela articulação mais ampla dos conceitos, tendo como base o método. Isto seria relevante na Geografia para a possibilidade de articulação entre as áreas física e humana.

Duas categorias basilares na ciência geográfica são o espaço e o tempo, entendidos, como expresso por Sposito (2004) enquanto relação direta, considerados de forma conjuntiva.

Além do espaço e tempo considerado por Sposito (2004), Suertegaray (2001) adiciona a sociedade e a natureza como categorias da Geografia, que são concebidas na construção do conceito de espaço geográfico.

Algumas considerações sobre tempo, espaço geográfico, sociedade e natureza serão expostas com o intuito de fundamentar, de maneira ainda preliminar, a leitura das dinâmicas socioespaciais e ambientais envolvidas na degradação do solo representada, principalmente, pelos processos erosivos. Considera-se este exercício fundamental para o desenvolvimento de uma pesquisa de caráter socioambiental que busca apreender o solo enquanto objeto de estudo por meio da ciência geográfica.

Um estudo considerado socioambiental, já que como expresso por Mendonça (2014) nem tudo que é geográfico é ambiental, se caracterizaria pela abordagem de problemáticas de situações conflituosas, decorrentes da relação entre a sociedade e a natureza, que explicitem a degradação de uma ou das duas.

Esta apreensão da realidade por meio da perspectiva ambiental busca uma abordagem geográfica do ambiente, que como expresso por MENDONÇA (2014), transcende o discurso dicotômico da geografia física e humana, concebendo a unidade do conhecimento geográfico pela interação entre os diferentes elementos e fatores que compõem o objeto de estudo.

Frente a este contexto surge o termo socioambiental, como uma forma de pensar a problemática interação sociedade-natureza, no qual o termo sócio, enfatiza a necessidade de envolvimento da sociedade como sujeito, elemento e parte fundamental dos processos relacionados com a problemática ambiental (MENDONÇA, 2014). Esta relevância da problemática ambiental que deixa de ser da geografia física para ser geográfica, é expressa por Monteiro (1984, p.24-25), um dos precursores da corrente socioambiental da geografia:

Que os geógrafos dedicados aos processos naturais não deixem de considerar o homem no centro deste jogo de relações, e que aqueles dedicados às desigualdades sociais não as vissem fora dos lugares seriam meros pontos superficiais de uma convergência que pode ser, como tem sido, desatada a qualquer momento.

Uma geografia integradora coloca questionamentos frente aos métodos de investigação científica. Esta problemática também é expressa por Leff (2001) ao

considerar que no momento em que a natureza se transforma em objeto de uma ciência, os processos biológicos devem incluir as relações sociais de produção que os afetam, e estes efeitos também devem ser considerados em suas determinações sócio-históricas específicas, no qual o social e a história não devem ser reduzidas a processos naturais ou ecológicos. Ao mesmo tempo, a natureza ao ser transformada em objeto dos processos de trabalho, absorve-se no materialismo histórico, porém, isso não nega as leis naturais que participam do processo (LEFF, 2001; MENDONÇA, 2014).

Uma abordagem sistêmica deve ser cautelosa para não tornar-se acrítica, acreditando ser suficiente a identificação das estruturas do sistema e suas variáveis. Já a leitura marxista da questão ambiental também não deve resumir-la a uma manifestação dos processos sociais e a recurso, no qual a sociedade organiza o acesso e uso destes, já que antes de serem transformados eles se constituem enquanto elementos naturais de dinâmicas próprias, independentes da apropriação social e de fundamental importância para a estruturação do espaço geográfico. Mesmo sendo integrantes de espaços apropriados pela sociedade, são controlados por fluxos de matéria e energia (LEFF, 2001; MENDONÇA, 2014).

Um elemento que deve ser considerado nas análises é o tempo concebido por Kant, assim como o espaço, como categoria filosófica fundamental, sem a qual não seria possível a compreensão da realidade, já que nada se dá antes, depois ou sem o tempo e o espaço (SPOSITO, 2004).

Inicialmente a Geografia assumiu uma concepção de tempo, a partir da perspectiva Kantiana, como sequencial e linear, no sentido da sucessão de fatos no espaço. Neste caso as explicações das relações das comunidades e o meio se davam por uma visão de tempo enquanto seta-evolução (SUERTEGARAY, 2001).

Posteriormente, o tempo passou a ser incorporado enquanto ciclo, em que os fatos sucessivos voltam ao ponto inicial, neste momento, se apresenta a ideia de dinâmica estável e de movimento que se repete.

Para Einstein, no século XX, o tempo também vai ser concebido como existente na medida em que há movimento, tendo como princípio básico da relação tempo e espaço a possibilidade de o tempo ser referência das velocidades do movimento que são relativas (SPOSITO, 2004).

Com a visão crítica na Geografia e o rompimento da ideia de estabilidade, o tempo passa a ser concebido como espiral. Neste momento, ele vai ser entendido como seta e ciclo, em que o espaço geográfico se forma e organiza, enquanto funcionalidade, se

projetando como determinação ou possibilidade, que se dá por meio de avanços, que seriam as setas, e por retornos, que seria os ciclos. Nesta percepção expressa por Suertegaray (2001) o espaço seria entendido como coexistência de formas herdadas, com uma outra funcionalidade, que se reconstrói com uma nova organização sendo, portanto, a coexistência do passado e do presente, ou um passado que foi reconstruído no presente. Este fator promove a integração do tempo-espaço como feito por Milton Santos.

Portanto, Santos (1997) vai expor que o tempo não é absoluto mas relativo, já que não é resultado de uma percepção individual, no qual as relações entre os períodos históricos e a organização espacial devem ser consideradas.

Para ele a noção de espaço é inseparável da ideia de sistema temporal, já que em cada momento da história seja ela local, regional ou global tem suas variáveis dependente de condições de um sistema temporal correspondente. Assim, o tempo é entendido como processo, e o espaço geográfico se expressa como acumulação desigual de tempo, concebendo-o como herança (SANTOS, 1997; SUERTEGARAY, 2001).

Mais recentemente Santos (2002) vai entender o espaço geográfico e as conjunturas atuais de um determinado lugar por meio do eixo de sucessões e de coexistências. Tem-se que as temporalidades não são as mesmas para os diversos agentes sociais, mas elas se dão de modo simultâneo, em um dado momento. O mesmo é apreendido a partir da ideia de evento, fruto do Mundo e do Lugar ao mesmo tempo.

Moreira (1982) afirma que todo objeto tem duas dimensões: a temporal e a espacial. Nesta perspectiva, o espaço geográfico não pode ser entendido como congelado, ou com um tempo de caráter mecanicista e evolucionista, mas com o tempo enquanto movimento dialético, que contem, ao mesmo tempo, continuidade e descontinuidade.

Somente com a dialética espaço-tempo podemos acompanhar os processos e os estágios de desenvolvimento das formações espaciais, no interior dos quais encontraremos diferentes estágios de relação homem-meio. Dar aos objetos do arranjo espacial e ao arranjo como um todo o significado social e temporal necessário (MOREIRA, 1982, p.24).

Suertegaray e Nunes (2001) utilizam as diferentes temporalidades para a abordagem das dinâmicas da sociedade e da natureza. A externalidade se relaciona com o ritmo das temporalidades da natureza enquanto a dinâmica da sociedade se conecta aos ritmos dos processos históricos, vinculadas a noção de tempo histórico.

A relação da sociedade com a natureza se configura como constituída por diferentes temporalidades, resultando em um descompasso, entre o tempo das demandas

socialmente produzidas, legitimada pela velocidade de criação de novos aparatos técnicos de intervenção na natureza, considerando a lógica de valorização dos recursos naturais como mercadoria, e as temporalidades da natureza, entendido como o tempo profundo e distante (SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

Em suas análises Santos (1985) busca incorporar a totalidade considerando que o espaço geográfico não é constituído apenas pelas coisas, objetos geográficos, naturais e artificiais que em conjunto nos dá a natureza, ele é tudo isso mais a sociedade: cada fração da natureza abriga uma fração da sociedade, tendo paralelamente um conjunto de objetos geográficos sobre um território, sua configuração geográfica ou sua configuração espacial e a sua continuidade visível, a paisagem, e de outro lado a vida que os anima, todos os processos sociais de uma sociedade em um dado momento, sendo esses processos, resolvidos em funções, se realizam através da forma.

Para o autor são elementos do espaço as firmas, homens, instituições, as infraestruturas e o meio ecológico que constitui a base física do trabalho humano. O meio ecológico não teria a mesma significação da natureza selvagem ou natureza cósmica, o meio ecológico já é o meio modificado e cada vez mais é meio técnico. O que se chama “natureza primeira” para contrapor à “natureza segunda” já é natureza segunda. A natureza primeira, como sinônimo de “natureza natural”, só existiu, para Milton Santos, até o momento imediatamente anterior aqueles em que o homem se transformou em homem social, através da produção social. A partir daí, tudo o que se considera como natureza primeira já foi transformado (SANTOS, 1985).

Para a compreensão do espaço geográfico Nunes et al. (2006) considera os agente sociais e suas edificações materiais e simbólicas enquanto rugosidades têmpro-espaciais, baseando-se em Santos (1996). Os elementos da natureza são transformados pelo jogo de interesses públicos e privados que constroem, destroem e reconstroem os espaços sociais. Este espaço geográfico é formado por pelo menos dois elementos: materialidade e relações sociais (simbólicas). As técnicas desenvolvidas e empregadas pela sociedade que formam/transformam a paisagem são compreendidas como tempo (duração) representando um momento histórico, uma temporalidade.

Nunes (2014) considera a técnica como as alterações que ao longo da história a ação humana causa à natureza, considerando os interesses do capital, gerando inovações e criando o que Santos (1996) chama de meio técnico, científico e informacional. Estas relações são fundamentais para o entendimento das diferentes temporalidades entre o tempo da lógica de produção capitalista e da lógica da sustentabilidade dos ambientes,

este entendido como resultado das relações sociais que mantemos com os bens da natureza.

Com relação as técnicas Porto-Gonçalves (2006) faz uma ressalva com relação ao perigo de considerá-las de forma acrítica, enquanto solução técnica para os problemas, sem a incorporação das contradições no sistema técnico inventado e desenvolvido pela sociedade, carregadas de intencionalidades e mergulhadas nas relações sociais e de poder. Este mesmo autor parte do entendimento da natureza da globalização e de como ela implica na globalização da natureza e na sua apropriação e exploração. Neste processo, o conceito de território, por exemplo, torna-se relevante na compreensão das relações de poder imbricadas nas relações das sociedades com a natureza.

Para Porto-Gonçalves (2011) a técnica deve ser apreendida considerando que ela é concebida por meio de intencionalidades, trazendo consigo suas contradições sociais e políticas, já que a sociedade que a concebe também é construída por relações contraditórias, não podendo permitir que a relação de dominação nela intrínseca tome um caráter impessoal ou que se condene a técnica e seu uso, já que uma técnica sem uso seria um absurdo lógico. Esta correlação entre técnica e as contradições e intencionalidades da sociedade que a gera, leva o autor a afirmar que mais que revoluções tecnológicas, tem-se revoluções nas relações de poder por meio da tecnologia.

Um exemplo da funcionalidade das técnicas é a necessidade da legitimação da propriedade privada da natureza, por meio de técnicas jurídicas e políticas que naturalizem este processo de dominação. A ideia de desenvolvimento também vai seguir esta lógica, que pressupõe a dominação da natureza por meio de condições que permitam que as técnicas necessárias para isso sejam instituídas. Tem-se, portanto, um processo de “des-envolvimento”, de tirar o envolvimento, a autonomia, que as culturas e povos mantem com o espaço no qual se relacionam (PORTO-GONÇALVES, 2011).

Moreira (1994) expõe a relevância do espaço geográfico enquanto espaço interdisciplinar da geografia, como a categoria por meio da qual se apreende os movimentos do todo, a formação econômico-social, considerando que este espaço geográfico é espaço produzido, uma formação espacial, e que a “primeira natureza” não é somente parte integrante desta formação espacial, mas condição de sua existência social. Neste sentido, embora a “primeira natureza” não seja espaço geográfico, o mesmo não existe sem ela (MOREIRA, 1982; 1994). Mesmo havendo a transformação em segunda

natureza, a primeira não desaparece, sendo que a segunda contém a primeira em si, sob outra forma. Para ele o espaço geográfico vai ser entendido como a aparência do processo historicamente concreto do trabalho, a relação homem-meio em sua expressão historicamente concreta.

Suertegaray (2005) também expressa o espaço geográfico como conceito basilar da geografia, apresentando até hoje variadas concepções. Para a autora o que se apresenta como relevante na construção da geografia é a análise de conjunção do natural como o humano, fazendo com que o conceito de espaço geográfico expresse esta articulação entre a Natureza e a Sociedade, enquanto objeto de interface entre as ciências naturais e sociais.

Para Suertegaray (2005) a compreensão do espaço geográfico se dá pela expressão uno e múltiplo, passível de ser entendido por múltiplas conexões expressas por meio dos conceitos geográficos. Para a autora estes conceitos são operacionais já que permitem focar o espaço geográfico sob uma perspectiva, estes conceitos seriam paisagem, região, território, lugar, ambiente e redes.

No que se refere a um estudo de caráter ambiental, Suertegaray (2014) expressa sua relação com a compreensão da relação homem x meio, inicialmente meio era tomado como sinônimo de natural, no qual o homem era entendido como externo à natureza. Com o tempo a geografia passa a incorporá-lo como homem/sociedade e seu entorno, não estando envolvido pelos objetos e ações, mas envolvendo-se com eles, em uma integração conflituosa. As tendências mais atuais tendem a retornar um pensamento mais conjuntivo, no qual o meio ambiente é pensado como o ambiente por inteiro, compreendido em suas análises práticas sociais, ideologias, culturas etc.

Neste contexto de fortalecimento do espaço geográfico e suas diversas formas de entender a questão ambiental, o ambiente se coloca como conceito chave. O espaço geográfico no enfoque ambiental implicaria compreender o homem concretamente como ser natural e, ao mesmo tempo, como alguém que promove profundas transformações na natureza em si mesma e na sua própria natureza. Como resultado tem-se uma transfiguração desta natureza, que passa a ser outra coisa, que poderá conter a figura de origem, mas não será a mesma (SUERTEGARAY, 2014).

No caso do conceito de ambiente percebe-se a transfiguração da natureza em sua relação com a sociedade. Por vezes o emprego deste conceito apresenta uma naturalização do homem. Segundo Porto-Gonçalves (1989) o ambiente deve ser visto por inteiro, considerando múltiplas facetas, não sendo possível vê-lo enquanto equivalente a natural, mas privilegiando o homem como sujeito das transformações, sem negar tensões das

diferentes dimensões. Segundo Suertegaray (2005; 2014) a geografia tem procurado pensar o ambiente considerando o homem não como ser naturalizado, mas como ser social produto e produtor de várias tensões ambientais.

Suertegaray (2005) expressa a definição de Santos (1997) sobre o conceito de espaço geográfico para compreender como o mesmo incorpora a natureza, o autor o define como:

Formado por um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como um quadro único na qual a história se dá. No começo era a natureza selvagem, formada por objetos naturais que ao longo da história vão sendo substituídos por objetos fabricados, objetos técnicos, mecanizados e, depois cibernéticos fazendo com que a natureza artificial tenda a funcionar como uma máquina

Para a autora este conceito de espaço geográfico expressa a articulação natureza e sociedade, mas ela expõe a necessidade de compreender a que natureza o autor se refere. Para Milton Santos a concepção de natureza relaciona-se a natureza artificial ou tecnificada, em que o período Técnico Científico Informacional não permite considerar uma natureza decorrente de processos exclusivamente de sua auto-organização. Este processo é relacionado, por ele, com o atual estágio da técnica, que permite a intervenção não somente na forma como também nos processos naturais. Portanto, a natureza não é mais uma dimensão de interface com a sociedade, mas como dimensão de transmutação/transfiguração. Assim, a natureza possuída pelo homem transfigura-se, adquirindo outra dimensão (SUERTEGARAY, 2005; 2014).

A diversidade de formas de apreensão dos conceitos, como o de natureza, expressa a necessidade de compreender no que ele se constitui.

O ponto de partida é considerar que o conceito de natureza não é natural. Como expresso por Porto-Gonçalves (2006, p.23): “toda sociedade, toda cultura cria, inventa, institui uma determinada ideia do que seja natureza. Portanto, o conceito de natureza não é natural, sendo na verdade criado e instituído pelos homens”.

Considerando que a forma com a qual a natureza é concebida resulta de uma construção social, esta construção não pode ser entendida desvinculada do contexto histórico de constituição da ciência.

Os avanços científicos e o Renascimento, resultaram no entendimento de uma natureza-matemático-mecânica, em contraposição a natureza-divina. Neste momento, com o método experimental, os objetos passam a ser entendidos mediante a investigação

metódica, com rigor e objetividade, por meio de uma linguagem uniforme da concepção físico-matemática do mundo (MOREIRA, 2006).

Estas transformações de concepção e leitura de mundo resultam na dessacralização da natureza, que passa a ser entendida enquanto regida por leis naturais intrínsecas a ela. Portanto, os fenômenos da natureza são entendidos como tudo que se repete com certa constância e regularidade de seus movimentos (MOREIRA, 2006).

Tem-se, neste momento, uma natureza que pode ser mensurável e quantitativa, conhecida e controlada, escrito em uma linguagem matemática que fundamenta uma filosofia de separação do homem e a natureza. Natureza esta campo de forças racionais e lógicas, com a separação rigorosa do natural e não natural, com a naturalização total da natureza, que se apresenta como sinônimo de desumanização. Esta desumanização expressa uma concepção do homem como externo a ela (MOREIRA, 2006; MENDONÇA; KOZEL, 2009).

Este processo também leva a uma desintegração física do mundo, ou seja, a fragmentação infinita da natureza, formada por objetos que são diferenciados e distanciados pelo lugar que ocupam no espaço (MOREIRA, 2006).

Esta natureza como coleção de corpos de movimentos apreensíveis, previsível e controlável, graças ao seu comportamento repetitivo e regido por leis preditivas, favorece seu controle, transformação em técnica e exploração para fins econômicos. Segundo Moreira (2006), esta concepção na ciência moderna não pode ser entendida sem considerá-la como parte de um projeto histórico de construção técnica do capitalismo e da revolução industrial em curso nas economias das sociedades europeias.

Como expresso por Mendonça e Kozel (2009) a ideologização do conceito de natureza se coloca como uma forma de legitimar a apropriação privada da natureza e dos meios de produção, em prol da necessidade do sistema de produção capitalista. Também se faz necessário um novo homem destituído de seus instintos selvagens e, portanto, enquanto oposição do que é natureza, para pensar racionalmente em prol do modelo produtivista.

Esta externalização da natureza em relação ao homem naturaliza a externalização da força de trabalho com relação aos meios de produção ou mesmo a externalização do homem como ser social, promovendo sua diluição enquanto classe, legitimando a propriedade privada dos meios de produção, o antagonismo de classes sociais e a continuidade da alienação. Estes fatores denotam o caráter intencional e socialmente

construído e difundido das formas de apreensão e conceituação de natureza (MENDONÇA; KOZEL, 2009).

Esta natureza se coloca como um inesgotável arsenal de recursos com a potencialidade de ser transformada em produtos de valor econômico. Neste contexto, o homem se apresenta como um corpo detentor de capacidade física e mental de realizar esta transformação da matéria-prima da natureza em produto.

Novas transformações vão ser incorporadas pela crise na concepção mecânica de movimento da natureza, com a descoberta da multiplicidade das formas de movimento, com a dialética, considerando que a vida se define pela sua relação com a história, não podendo o homem ter uma relação de externalidade com o seu mundo, por exemplo. Neste momento, o paradigma físico, em que a experiência seria uma prática realizada pelos objetos, vai ser questionada por Kant, como uma prática de relação dos homens, por meio de sua sensibilidade e entendimento com o mundo interno e externo, rompendo com a dicotomia da relação sujeito-objeto. Por esta lógica, Kant vai entender a natureza como aquilo que nos vem a percepção por meio da experiência sensível, como uma coleção de corpos organizados por leis físico-matemáticas, porém, que são explicados pelos conceitos a priori da razão (MOREIRA, 2006).

Conti (2001) valida o naturalismo mecanicista como um paradigma de conhecimento que teve sua evolução histórica em três etapas, a última a positiva (ciência). Se antes o cartesianismo-newtoniano via a natureza como reduzida às leis da física e da matemática, com o positivismo inclui-se o homem por meio da física social, porém, mantendo referência àquele paradigma. Como exemplo tem-se a incorporação no positivismo da concepção de natureza por meio da incorporação de novas noções, como a de evolucionismo, combinada, porém, com a mecânica. Este sistema complexo de ciências que varia da matemática a economia caracteriza o positivismo.

Neste momento, intensifica-se a especialização das ciências, que se unem pelo sistema econômico e suas demandas: “[...] É quando, então, ganha sua expressão máxima a relação utilitária e dessacralizada da natureza física do período do Renascimento, o arsenal da natureza virando o fator-terra da moderna economia” (MOREIRA, 2006, p.69).

Como exemplo deste processo tem-se o emprego do termo terra, antes visto como o solo agrícola, que com o advento da indústria passa a ser o arsenal dos recursos naturais de um determinado lugar. Em que a natureza e o homem são transformados em fatores de produção, por meio do uso econômico da forma mais racional possível.

Para o entendimento da natureza na geografia física, Moreira (2006) diferencia a geografia holística do século XVIII e a atual, considerada pelo autor como coletivo de ciências especializadas e da fragmentação da natureza para fins práticos da sociedade. Esta geografia física e sua concepção de natureza relacionada com o paradigma da física, também vê-se confrontada pela possibilidade de novos caminhos, representados, por exemplo, pelo paradigma ecológico, que refere-se a uma explicação holística do mundo, em que a unificação e a diversificação da natureza se dá por meio do movimento da vida.

Os processos da natureza se dão no movimento de seguidas novas sínteses, cada movimento gera uma produção/reprodução da vida, sem que uma elimine a outra, seguindo no sentido das ressintetizações. Estas ressintetizações se dão tanto pelo inorgânico, o orgânico como também o aspecto social que participam da composição espiral do movimento (MOREIRA, 2006).

Neste novo paradigma a natureza é entendida a partir de novos aspectos, como a integralidade do círculo da sua diferenciação: “A natureza é ao mesmo tempo o inorgânico e o orgânico, o fragmentário e o unitário, o mecânico e o vivo. É a unidade da diversidade e a diversidade da unidade, numa relação cíclica de reprodução em espiral” (MOREIRA, 2006, p.73). Além disso, a síntese não é mais entendida como a soma das partes, mas como recombinação, transfiguração, ressintetização etc. e nesta síntese o real seria o movimento e transformação da forma. A conceituação da natureza também vai exigir a superação da dicotomia da geografia física e humana, já que o homem se encontra nas duas e a natureza se coloca como síntese das múltiplas formas e movimentos (MOREIRA, 2006).

Porto-Gonçalves (2006) expõe a necessidade de um novo conceito de natureza, que não a considere como algo não civilizado, o que se opõe a cultura, com uma ideia de domínio da natureza como o domínio da inconstância, do imprevisível, tendo o Estado, a lei e a ordem em oposição a uma natureza enquanto caos.

Nesta lógica a legitimação da dominação se expressa de diversas formas, por um lado a natureza seria dominada pelo homem, porém, nem todos são proprietários de uma natureza privatizada, também expressando uma relação de dominação pela exclusão e pela desigualdade, de uma natureza subordinada as relações mercantis que elimina a sua gratuidade aos homens. Este processo se intensifica com a Revolução Industrial e da técnica enquanto processo civilizatório em concomitância com a percepção do homem como não natureza, sem que o mesmo perceba que esta história também é uma história de dominação do homem pelo homem (PORTO-GONÇALVES, 2006).

Para Moreira (1994) o centro da Geografia é a relação homem-meio e sua forma espacial, esta relação no capitalismo apresenta-se como uma contradição capital-trabalho, sendo que no plano abstrato os homens se relacionam com a natureza para transformá-la em produtos, já no plano real o trabalho se apresenta como um processo de (re)produção de mercadorias, por estas conterem a reprodução ampliada do capital. Neste modo de produção é condição necessária a reprodução da existência humana subordinada a relações mercantis, fazendo com que o trabalhador não tenha acesso aos meios materiais de reprodução de sua existência, neste processo sua força de trabalho também se transforma em mercadoria (MOREIRA, 1994).

Mas como esta diversidade de formas de apreensão da realidade, de conceber a natureza, de relacioná-la com o espaço geográfico, de buscar compreender a totalidade do real, se fazem relevantes para uma leitura geográfica da perda de solos?

Alguns apontamentos e questionamentos serão expressos a seguir e servirão de base para a busca pelo entendimento das dinâmicas relacionadas com a perda de solo por meio de uma leitura geográfica, que ainda está em construção.

Quando se considera o solo como objeto de estudo e/ou análise, tem-se que grande parte das vezes ele será incorporado enquanto entendimento de suas dinâmicas e processos, sejam eles naturais, ou mesmo provenientes da ação da sociedade sobre o mesmo. Esta “ação” encontra-se vinculada com a ideia de intervenção e, principalmente, apropriação do solo enquanto recurso natural em prol do atendimento das demandas socialmente construídas.

O solo pode ser entendido como base física onde se dá todas as relações sociais, como intrínseco a propriedade privada da terra que o mercantiliza e torna seu acesso restritivo e excludente, como suporte da biodiversidade e dos ecossistemas e como fundamental para a produção de alimentos, ou melhor, como recurso natural basilar para a exploração agrícola.

Nos espaços urbanos o solo pode ser apreendido de diversas formas: como relevante no entendimento do processo de urbanização, tendo se constituído como fator fundamental para o surgimento das primeiras cidades com a fixação espacial por meio da geração de alimentos; ou mesmo no entendimento de como o espaço urbano é construído e ocupado de forma seletiva e desigual; nas funcionalidades a ele atribuídas; e até mesmo na construção da cidade enquanto materialidade, considerando as características do solo em prol das edificações e seus usos. Estes elementos influenciam na organização e na seletividade socioespacial, fatores estes considerados nos estudos geográficos.

Nos espaços rurais sua grande relevância está vinculada com a exploração agrícola. Este aspecto fica evidente pela quantidade de investimentos financeiros, tecnológicos e científicos que procuram a maximização do potencial agrícola e a diminuição de sua degradação, em especial, representada pela práticas de recuperação e diminuição da perda de solos.

Considerando a busca pela apreensão do solo do ponto de vista da geografia, expressa-se a necessidade de abordar a diversidade de fatores envolvidos em sua degradação.

Estes fatores podem ser entendidos como provenientes das dinâmicas naturais representadas, principalmente, pela correlação estabelecida entre os elementos da natureza. Neste momento, os fatores de formação, vinculados com os processos de morfogênese e pedogênese e dos fluxos de matéria e energia, são de grande relevância e auxiliam no entendimento de possíveis alterações ou desequilíbrios que resultam, por exemplo, na potencialização dos processos erosivos e na perda de solo.

Para além das dinâmicas naturais, a degradação dos solos deve ser entendida enquanto resultante desta apropriação da sociedade e de como pode promover sua degradação. Como já exposto esta relação entre a sociedade e a natureza tornou-se tão intensa possibilitada, por exemplo, pela técnica, que não somente as formas, mas os processos são alterados.

Estas intervenções podem se dar de maneiras muito diversas e que se correlacionam entre si, como as alterações imprimidas sobre o relevo, enquanto agente condicionante da maior ou menor infiltração ou escoamento da água no solo; pela retirada da cobertura vegetal que promove o impacto direto das gotas de chuva, favorecendo o escoamento superficial e a erosão (GUERRA; CUNHA, 1994); pelo emprego de maquinários agrícolas que promovem a diminuição da espessura do solo e o seu empobrecimento, processo este que afeta tanto a fertilidade como também a resistência às gotas de chuva, aumentando o escoamento superficial (GUERRA; CUNHA, 1994).

A diversidade de correlações estabelecidas entre as dinâmicas naturais e da sociedade fazem com que todos os fatores considerados no entendimento da degradação dos solos articulem os processos naturais em concomitância com as formas de uso e apropriação.

Os estudos do solo não podem ser desvinculados da concepção de natureza e do método utilizado em sua apreensão. Sem este esclarecimento não se faz possível

compreender o fato do mesmo ser abordado tanto como recurso natural como enquanto recurso em estado de perda.

Ou seja, considerando a transfiguração da natureza ou mesmo o solo enquanto matéria, este não está sendo simplesmente perdido, mas transformado em outra forma, que não mais aquela entendida como solo. Nesta lógica, o que é o solo que se considera em perda? O que significa esta perda? Quem o perde?

De forma geral, o que se perde não seria matéria em si, já que esta se transfigura, permanecendo no sistema, o que se perde é o uso desta matéria, ou seja, sua funcionalidade enquanto solo, enquanto solo entendido como produtivo.

Este “recurso”, por vezes não apreendido enquanto elemento natural que possui suas dinâmicas e processos independentes da intervenção social, é apropriado pela sociedade que lhe concebe um uso, uma funcionalidade. Funcionalidade esta voltada para o atendimento de suas demandas, interesses e intencionalidades diversas. É quando o solo é apropriado como recurso que a sua “perda” ganha ênfase ou mesmo as iniciativas de sua preservação são potencializadas.

Para Porto-Gonçalves (2006) a transformação de um ecossistema em agrossistema sempre representa uma perda, seja de biodiversidade, de fertilidade ou de solos. Porém, estas “perdas” perpassam por fatores macroeconômicos, geopolíticos e sociais, quando se considera que o processo de produção agrícola, principalmente nos moldes a monocultura de exportação, favorece: as demandas externas em detrimento da segurança alimentar dos países que concentram esta produção, a desapropriação do acesso à terra pelos sujeitos sociais resultante da elevada concentração fundiária, a vulnerabilidade destas economias às oscilações do mercado, o aumento da dependência agrícola e tecnológica etc.

No que se refere ao entendimento do solo nos espaços agrícolas faz-se relevante considerar que o processo de apropriação do mesmo correlaciona-se com demandas e interesses que extrapolam as relações que se processam em escala local. Dinâmicas globais agregam conteúdo a um modelo de agricultura que atenda às suas intencionalidades.

A seguir apresenta-se algumas das conjunturas globais que influenciam nas atuais dinâmicas locais de apropriação e uso dos solos agrícolas, em concomitância com os resultantes deste processo que perpassam tanto o âmbito socioeconômico e espacial como também ambiental, este último ganha destaque considerando o desencadeamento dos processos erosivos nos espaços rurais e a relevância da determinação da perda de solo

enquanto subsídio para a incorporação de medidas de conservação e manejo em prol da recuperação de áreas degradadas.

De acordo com Moreira (2007) a Revolução Verde constitui-se em um modelo de produção agrícola, exportado pelos EUA, que objetivava a modernização da agricultura.

No que se refere a este novo modelo agrícola deve ser considerado o amplo processo de incorporação mundial, a partir da década de 1950, de um ciclo de inovações tecnológicas que objetivavam a alta produtividade para intensificação da oferta de alimentos.

Este processo iniciou-se com os avanços técnico-científico do pós-guerra, objetivando a produtividade agrícola por intermédio de aparatos que permitissem o maior “controle” sobre a natureza com uma base científico-industrial, o que fundamentava estas transformações era a busca por solucionar o problema da fome (ROSA, 1998; PEREIRA, 2012), que era vista mais como um problema de produção do que socioeconômico, alimentado pelas contradições do modo capitalista de produção.

Antes mesmo do fim da Segunda Guerra instituições privadas já investiam em técnicas para o melhoramento de sementes, denominadas de Variedade de Alta Produtividade, como a Rockfeller e a Ford, objetivando a reprodução do capital (ROSA, 1998; ANDRADES; GANIMI, 2007). Além disso, muitas indústrias químicas, responsáveis pelo abastecimento da indústria bélica norte-americana, iniciaram a produção e o incentivo de defensivos agrícola e fertilizantes. Este ciclo de inovação é intensificado pelo processo de mecanização das etapas de produção agrícola, com o emprego de equipamento cada vez mais modernos.

Para Mazoyer e Roudart (2010) tem-se após a Segunda Guerra Mundial inúmeras preocupações por parte dos governos dos países industrializados que não se restringe ao fomento da revolução agrícola para a contribuição na melhoria da alimentação e do bem-estar social, mas também para que houvesse a liberação de força de trabalho, da qual a indústria e os serviços que estavam em plena expansão tinham interesse, e que esta revolução também possibilitasse o rápido desenvolvimento industrial por meio da oferta, a montante e a jusante, de mercado e matérias-primas agrícolas.

Segundo Andrades e Ganimi (2007) a Revolução Verde apresenta-se como uma estratégia do capitalismo em utilizar-se do espaço agrário para ampliar sua dominação e reprodução, por meio, em especial, da maximização do lucro através da monopolização de nichos estratégicos de mercado e da aquisição dos *royaltys* dos pacotes tecnológicos.

Estes fatores favorecem a dependência dos sujeitos sociais do campo, em adquirir estes pacotes somente por intermédio das transnacionais.

O pacote tecnológico da Revolução Verde era constituído por insumos químicos, sementes elaboradas/modificadas em laboratório, mecanização, irrigação e grandes extensões de terra. Para além da ideia de difundir o emprego da tecnologia, este processo vem carregado de ideologias de valorização do progresso (PEREIRA, 2012).

As implicações do emprego da Revolução Verde vão muito além de uma alternativa altamente produtiva e lucrativa de incentivo da oferta de alimentos que, em nenhum momento, foi eficiente na resolução do problema da fome no mundo.

Suas modificações estruturais foram relevantes na intensificação das desigualdades sociais, em especial no campo, representado pelo acesso desigual a esta nova base técnica, tornando muitos sujeitos do campo subordinados não só aos fenômenos naturais e suas sazonalidades como ao capital, ou seja, estes se tornaram dependentes de empresas globais responsáveis pela produção dos pacotes tecnológicos (BALSAN, 2006; PEREIRA, 2012). Segundo Conte (2003) se observa a introdução de uma tecnologia estrangeira, desconhecida por grande parte daqueles que vão dela usufruir, este processo reverbera em uma dependência tecnológica externa, relacionada com as grandes corporações.

A dependência não se restringe somente a técnica, mas de muitos outros fatores externos como as demandas de um mercado longínquo, a concorrência invisível, os preços internacionais e nacionais sobre o qual não se tem controle local, o valor externo da moeda (câmbio), o peso ao produtor de todos os lucros auferidos pelas intermediações envolvidas no decorrer da produção etc. (SANTOS, 2000).

Além deste aspecto tem-se as políticas de desenvolvimento que favorecem este viés técnico, como exposto por Pereira (2012), que acabaram por negligenciar mudanças sociais e estruturais. Como exemplo disso tem-se o aumento da composição orgânica do capital pelo processo de substituição do capital variável, representado pelo emprego da mão-de-obra e dos consequentes salários, pelo capital constante referente, principalmente, ao processo de incorporação da mecanização (GORENDER, 1987).

O desenvolvimento do capitalismo no campo vai se dar pelo auxílio do Estado enquanto detentor de capital, de coerção política e, principalmente, de poder de decisão. Houve historicamente um processo de políticas voltadas, discriminatóriamente, para o benefício dos grandes proprietários de terra e grandes produtores, em especial das *commodities* de exportação (GORENDER, 1987).

No que tange a este poder de articulação e decisão política do Estado, vê-se que o mesmo é influenciado, nesse processo de incentivo ao grande capitalista do campo, pelas grandes multinacionais de produção/comercialização de insumos agrícolas e equipamentos como também pelas empresas vinculadas com o processo de transformação da matéria-prima agrícola. Neste sentido: “[...] Com o avanço do capitalismo, a propriedade da terra e a produção agrícola tornam-se negócios dos capitalistas urbanos, e passam a ser comandadas por eles” (ENDLICH, 2006, p.21).

Como exemplo desta interferência do Estado no estabelecimento e fortalecimento da Revolução Verde no Brasil tem-se, segundo Zamberlam e Froncheti (2001) a atração de empresas transnacionais para fim de produção de insumos e maquinários, disseminação dos pacotes tecnológicos e fomento de linhas de financiamento para obtenção dos mesmos, manutenção das bases estruturais agrárias baseando-se na monocultura de exportação, estímulo a cooperação agrícola com a intenção de introdução as novas práticas etc. Neste contexto, o Estado se apresenta enquanto agente relevante no processo de globalização da agricultura (SANTOS; SILVEIRA, 2001).

[...] há uma redefinição das relações entre a agricultura e a indústria a partir do desenvolvimento do complexo agroindustrial. A agricultura passa a se reestruturar a partir de sua inclusão imediata no circuito de produção industrial, seja como consumidora de insumos e maquinarias, seja como produtora de matéria-prima para a sua transformação industrial. Embora se mantenha a transferência de excedentes do setor agrícola, essa transferência é realizada principalmente pela ação do complexo agroindustrial, que passa a comandar os processos de produção na agricultura (SORJ, 1980 *apud* LIMA, 2004, p.43).

Todos estes processos promovem uma interdependência entre estes espaços, já que se por um lado, o campo se torna dependente de elementos externos a ele, inclusive pelo fato de muitas das decisões com relação as atividades desenvolvidas no campo serem tomadas na cidade, por outro, a eficiência econômica destas empresas se tornam dependente de uma agricultura também eficiente, de elevada produtividade, que compense o investimento realizado por estas empresas.

Em decorrência observa-se uma busca cada vez maior pela: “[...] diminuição inclusive dos assalariados temporários, gradualmente substituídos por meios de produção tecnicamente adiantados [...] temos a *subsunção real da produção ao capital*” (GORENDER, 1987, p.50).

E é este capital que vai possibilitar tanto o investimento em novas pesquisas de melhoramento de produtividade, resistência das culturas, etc. como também o

desenvolvimento e emprego de novas tecnologias no campo. A agropecuária deixa de ser tão dependente dos processos naturais, passando a ser mais dependente dos elementos artificializados, processo este que permite, ao mesmo tempo, uma maximização da produção, e a exclusão daqueles que não possuem capital para se inserir nestas novas dinâmicas. Ou seja, além da dependência destes elementos artificiais (transformação da base técnica), tem-se a dependência crescente do capital (SILVA, 1996).

[...] o território brasileiro conheceu uma utilização fundada na exploração dos seus recursos naturais pelo trabalho direto e concreto do homem, mais do que pela incorporação de capital à natureza [...] recentemente (no último quartel de século, aproximadamente), uma grande rotura se impõe. Ela é definida pela soma considerável de capital fixo que é adicionado ao território, na dissociação com o meio ambiente, na condução da produção cada vez mais pelo capital, enquanto o trabalho, tornado abstrato, passa a representar um papel indireto (SANTOS, 1996, p.45).

Há, portanto, com a imposição do modelo agrícola baseado nas novas técnicas, e a questão da desigualdade de acesso, que vai ser seletivo por depender da capacidade ou não de dispêndio de capital, gerando uma heterogeneidade estrutural.

Ora, esse sistema agrícola e alimentar mundial, composto por subsistemas regionais relativamente especializados, concorrentes e muito desiguais na eficiência, se desenvolve de maneira contraditória e divergente. Por um lado um número reduzido de propriedades e de regiões do mundo sempre acumula mais capitais, concentra os cultivos e as criações mais produtivas e conquista, sem cessar, novas partes de mercado. Por outro lado, regiões muito extensas e a maioria dos camponeses do mundo mergulham na crise e na indigência até serem excluídas. De um lado, uma agricultura que pode pecar por excesso de meios; de outro, uma agricultura que, na falta de meios, não renova a fertilidade dos ambientes que explora (MAZOYER; ROUDART, 2010, p.551).

Esta desigualdade não se restringe ao acesso ou não as técnicas e/ou ao conhecimento, mas também ao que se refere ao manejo, conservação e recuperação dos impactos que o uso intensivo do solo podem ocasionar.

Um exemplo dessa desigualdade é expressa por Guerra (1994) com relação a ocorrência de processos erosivos. Para ele a questão da erosão é somente parte de um complexo de degradação ambiental que pode ser visto como resultado de um processo que ele denomina como subdesenvolvimento, como também como causa, contribuindo, neste caso, para o fracasso da produção agrícola e pela diminuição da produtividade:

[...] mesmo não sendo a única responsável pela deficiência crônica de alimentos nos países em desenvolvimento, a degradação dos solos tem nesses lugares um papel relevante. Juntas, a erosão e a degradação dos solos concorrem para a diminuição de sua fertilidade (GUERRA, 1994, p.20).

A degradação ambiental representada em especial pela erosão dos solos, toma proporções de grande magnitude e de muitas implicações socioeconômicas nestes países em desenvolvimento (GUERRA, 1994).

Pereira (2012) considera a Revolução Verde como um novo paradigma, expondo algumas das transformações estruturais incentivadas por ela, como a substituição da fertilidade do solo pela matéria orgânica pela incorporação de substâncias químicas, resultando na adubação química industrial, a seleção de variedades vegetais controlada em laboratórios, a transformação da matriz energética etc. Estas alterações promoveram o predomínio do conhecimento científico em detrimento do conhecimento prático do produtor rural, a substituição dos ciclos ecológicos locais de recursos endógenos por insumos exógenos industriais, fragmentação do trabalho potencializando um distanciamento e desconhecimento do processo de produção como um todo, bem como de articulação entre o sujeito social e a natureza.

A modernização da agricultura promove dois processos principais no que se refere as relações de trabalho no campo, o primeiro está relacionado com a redução dos postos de trabalho, este se dá justamente pela incorporação de novas tecnologias poupadoras de mão de obra, resultando em um outro processo, o de alteração nos padrões de sazonalidade da demanda de força de trabalho (BALSADI, 1995).

Estas novas dinâmicas no campo que potencializaram as desigualdades socioeconômicas e espaciais vão promover o êxodo rural, a dependência da agricultura à indústria e as grandes corporações, dependência do produtor rural do conhecimento técnico-científico, a desterritorialização de muitos sujeitos sociais levando-os a sua marginalização etc.

Esta conjuntura, de acordo com Graziano da Silva (1996), caracteriza a industrialização da agricultura, formando os complexos agroindustriais, que fundamentam a conversão da produção agropecuária não mais aos aspectos naturais, mas ao comando do capital, bem como a sua subordinação as demandas e potencialidades do capital industrial, enquanto lógica de produção e de exploração implementada desde a Revolução Verde.

O que interessa realçar aqui é que a agricultura se industrializa nesse processo, isto é, torna-se um setor subordinado ao capital, integrado à grande produção industrial. Dito de outra forma, a agricultura se transforma num ramo de aplicação de capital em geral e, de modo particular, do capital industrial que lhe vende insumos e compra as mercadorias aí produzidas (SILVA, 1981 apud GRAZIANO DA SILVA, 1996, p.4).

Como exposto por Andrades e Ganimi (2007), a industrialização da agricultura promove a territorialização do capital monopolista, já que o capital sujeita a renda da terra a sua lógica de apropriação e reprodução. A agricultura se submete a atender as demandas da indústria, sendo que por vezes o dono da terra também é o industrial, monopolizando o processo produtivo, um exemplo disso são as usinas de açúcar e álcool e a intensificação do arrendamento das terras para atendimento de suas demandas particulares de mercado.

Tanto o processo de dependência da atividade agrícola de demandas e interesses impostos pela cidade, em especial por intermédio da ação das grandes corporações de produção de fertilizantes, defensivos agrícolas, maquinários, assistência técnica, beneficiamento e comercialização etc. como também pela busca pelo domínio das dinâmicas da natureza tem-se, segundo Santos (1996; 2000; 2002) o processo de transformações das relações entre o Homem, entendido enquanto organização social, com a Natureza, por intermédio do aparato técnico cada vez mais sofisticado, tornando-a mais metamorfizada e socializada.

O longo processo de transformação da base técnica - chamado de modernização - culmina, pois, na própria industrialização da agricultura. Esse processo representa na verdade a subordinação da Natureza ao capital que, gradativamente, liberta o processo de produção agropecuária das condições naturais dadas, passando a fabricá-las sempre que se fizerem necessárias. Assim, se faltar chuva, irriga-se; se não houver solos suficientemente férteis, aduba-se; se ocorrerem pragas e doenças, responde-se com defensivos químicos ou biológicos; e se houver ameaças de inundações, estarão previstas formas de drenagem (GRAZIANO DA SILVA, 1996, p.3).

Neste contexto tem-se uma agricultura propriamente científica, que promove profundas mudanças tanto na produção como na vida de relações (SANTOS, 2000). Para o autor supracitado, pode-se falar de uma agricultura científica globalizada, que recebe influência daquelas mesmas leis que regem outros aspectos da produção econômica, representada, por exemplo, pela intensificação da competitividade, sendo que para a sua efetivação há uma demanda da técnica, da ciência e da informação, em que o dinheiro passa a ser uma destas informações indispensáveis.

Políticas de desenvolvimento rural baseadas neste processo de modernização agrícola por vezes foram tomadas sem considerar características relevantes no que tange a aptidão agrícola e as limitações do solo, levando ao uso inadequado dos mesmos e a degradação da sua capacidade produtiva (BALSAN, 2006).

Um dos maiores problemas ambientais decorrente deste processo de tecnificação do processo de produção agrícola tem-se a perda de solos, associados com os processos erosivos, a compactação da camada superficial etc.

Observa-se, que a Revolução Verde apresentou diversas repercussões, que se concentram em dois eixos de maior relevância: o socioeconômico e o ambiental. O primeiro baseado, principalmente na concentração da terra e da renda, na complexificação das relações de trabalho no campo, em especial considerando a precarização da mão de obra, a sazonalidade da demanda da força de trabalho e a intensificação do desemprego estrutural pelo processo de mecanização agrícola, e o êxodo rural, representando muitas vezes a marginalização destes sujeitos também no espaço urbano (ZANBERLAM; FRONCHETI, 2001; NAVARRO, 2003; ANDRADES; GANIMI, 2007).

No caso das implicações ambientais tem-se, por exemplo, a contaminação, principalmente do solo e da água pelo uso intensivo de agrotóxicos para o combate de pragas cada vez mais resistentes; diminuição da diversidade dos ecossistemas; proliferação de pragas como resultante da eliminação de predadores naturais; degradação física, química e biológica dos solos; a salinização de algumas áreas pelo emprego intensivo e/ou errôneo da irrigação, entre outros (NAVARRO, 2003; ANDRADES; GANIMI, 2007).

[...] foi com a Revolução Verde, ocorrida após a Segunda Guerra Mundial, que se generalizaram os impactos da Agricultura, pois foi a partir desse momento que se intensificou o uso de adubos solúveis. Isto, se por um lado aumentou a produtividade agrícola, por outro levou os solos a perderem rapidamente a sua fertilidade, devido aos problemas ligados às modificações em sua estrutura física, à destruição da matéria orgânica do solo, à acidificação, à mobilização de substâncias tóxicas, à imobilização de nutrientes e à exterminação de macro e microorganismos úteis, resultando em lixiviação/ erosão (OLIVEIRA, 2004, p.13-14).

Buscou-se incorporar na análise aqui proposta que o entendimento do quadro atual de degradação ambiental no Brasil, em espacial, com relação ao solo, não se explica por processos e dinâmicas de nível local, mas que o seu entendimento perpassa por demandas globais, resultante de intencionalidades de agentes relevantes na manutenção do sistema econômico estabelecido, ou seja, que estas novas relações que se estabelecem no campo

com relação ao perfil de produtividade e uso do solo responde as conjunturas estabelecidas pelo novo modelo agrícola, pelo novo paradigma das relações do campo. Entender a intensificação da perda de solo na atividade agrícola sem sua inserção neste contexto global e de reprodução do capital, é ignorar o estabelecimento de articulações relevantes para sua compreensão.

As demandas atuais de produção, juntamente com a intensificação da degradação ambiental, fortalecem a necessidade de incorporação de medidas que considerem o manejo, conservação e recuperação dos recursos naturais.

Esta demanda corrobora com a tendência atual dos estudos de cunho local, bem como com o emprego das transformações socioeconômicas e do desenvolvimento técnico-científico no entendimento dos processos morfodinâmicos, ou seja, dos processos do tempo presente, do tempo do diagnóstico para a atuação e intervenção imediata. Tem-se, portanto, uma imposição da escala temporal histórica sobre a escala geológica. Além destas novas tendências de estudo tem-se o crescente esforço da reflexão teórico e epistemológica na Geografia Física buscando uma integração da ciência geográfica por meio, por exemplo, da problemática ambiental (SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

Como expresso por Suertegaray e Nunes (2001) esta concepção privilegia o tempo que faz, não o tempo das regularidades e da uniformidade dos processos, mas o tempo das irregularidades, dos episódios catastróficos, ritmos e variabilidades, um tempo que introduz a dimensão antropogênica, não considerada no tempo que escoia. O tempo que faz é percebido como um período curto. Um tempo que exige compreender o desenvolvimento social e da relação ciência e tecnologia, relevante na produção dos objetos técnicos capazes de acelerar o tempo de fazer e modificando os processos qualitativa e quantitativamente.

Para Porto-Gonçalves (2006) os moldes da sociedade capitalista correlacionam-se com uma insustentabilidade ambiental, o autor questiona a forma de desenvolvimento atual baseada na visão do mesmo enquanto dependente da dominação da natureza e da degradação. Ele defende uma alternativa **ao** desenvolvimento e não **do** desenvolvimento, bem como a justiça social e a sustentabilidade ecológica enquanto relevantes para a afirmação das diferenças.

Moreira (2007) também expõe que para a compreensão da crise ambiental deve-se considerar que o homem se relaciona com o meio físico pelas relações sociais, em meio a um acelerado processo de consumo e esgotamento dos recursos face ao progresso e as necessidades humanas crescentes. Estes fatores se relacionam com uma visão da relação

homem-meio pelo trabalho em que a transformação da natureza se dá pelo valor de uso em mercadoria, uma natureza apreendida como externa ao homem para o favorecimento de sua apropriação privada.

Como discutido por Nunes (2014), Leff (2002) também expõe a necessidade de um novo paradigma produtivo que integre natureza, cultura e técnica, que apresenta o conceito de sustentabilidade em correlação com o de ambiente, com a valorização do tempo geológico e não o tempo econômico, com uma nova visão de reapropriação da natureza. O mesmo ressalta a relevância de se considerar um ambientalismo que gere novas teorias e valores questionadores da atual racionalidade econômica e que oriente para uma ação social de construção de outra racionalidade produtiva que potencialize a natureza e a cultura.

Como exposto, as novas dinâmicas do espaço rural em sua correlação com as dinâmicas e demandas do espaço urbano e do âmbito global sofreram profundas transformações, que corroboram com as formas atuais de apropriação do solo, sua submissão as dinâmicas do mercado e do capital e, conseqüentemente, os resultantes sociais e ambientais deste processo.

O entendimento que aqui se propõe é de considerar o desencadeamento de processos erosivos sem desconsiderar as dinâmicas internas e externas que influenciam, direta ou indiretamente, sobre a ocorrência do mesmo.

1.3 OS DISTINTOS MÉTODOS E APLICAÇÕES DA DETERMINAÇÃO DE PERDA DE SOLOS

Neste momento serão apresentados os principais métodos de determinação de perda de solos. A construção desta parte do trabalho se deu após o levantamento bibliográfico de dezenas de trabalhos (livros, artigos, monografias, dissertações e teses) que contemplam a EUPS e/ou as parcelas experimentais.

De acordo com Pereira (2006) a relevância da determinação da perda de solos está na obtenção de parâmetros para tomada de decisão sobre os tipos de proteção que serão empregadas em determinada área, visando o controle da erosão e do transporte de sedimentos. A ausência deste tipo de ação leva a escolha de técnicas empiricamente, resultando tanto na elevação dos custos de proteção e/ou recuperação como na diminuição de sua eficiência.

A estimação da perda de solos se baseia na consideração dos fatores que regulam os mecanismos de erosão e o uso das técnicas de análise, das medições e experimentos permite o estabelecimento de relações significativas entre os fatores e as perdas de solo.

Cada análise aplicada inclui uma variação espacial e temporal dos parâmetros de sua formulação e o nível de estimação irá definir seu caráter qualitativo ou quantitativo (ALMOROX et al., 2010). A seguir apresenta-se uma síntese dos tipos de métodos de determinação de perda de solos.

Figura 4: Métodos de determinação de perda de solos



Fonte: Almorox et al. (2010).

A classificação aqui considerada foi empregada por sua ampla aceitação e consiste na distinção dos métodos qualitativos, quantitativos de estimação direta, quantitativos de estimação indireta ou modelos. Este último aborda os modelos estatísticos ou de

regressão, parâmetros ou empíricos e os modelos conceituais e de base física. Considerando que os distintos tipos de determinação não apresentam limites nítidos, sobretudo no que tange aos modelos, em muitas formulações se combinam distintas opções (MERRITT et al., 2003; ALMOROX et al., 2010).

Na estimação qualitativa se destaca a cartografia de unidades homogêneas em função dos parâmetros de controle do processo erosivo, atribuindo valores subjetivos de quantificação e definindo formas ou graus de erosão, de acordo com o objetivo da pesquisa. São aplicados nestes estudos sensores remotos e contrastes de campo, fotografias aéreas, imagens digitais com o uso de sistemas de informação geográfica (SIG) etc. objetivando, por exemplo, estimar os fatores Cobertura Vegetal (C) e Práticas Conservacionistas (P) da EUPS, quantificar as perdas de solo e elaborar mapas de erosão (ALMOROX et al., 2010).

Os modelos quantitativos possibilitam a estimação numérica da erosão, o valor de perda de solos como também estabelecendo graus erosivos.

A estimação direta se realiza no terreno com o uso, por exemplo, de medidas de volume de água e sedimentos, de agulhas de erosão, perfiladores microtopográficos, etc., ou a partir de ensaios (parcelas de erosão).

Os métodos quantitativos de estimação indireta foram classificados como exposto por Almorox et al. (2010), que considera os critérios mais aceitos pela bibliografia, como sendo todos os métodos de estimação não direta utilizada para a quantificação da taxa de erosão por meio de estimações indiretas.

Quando não é possível ou não interessa obter as taxas de erosão de forma direta, se recorre as modelizações do processo erosivo com a estimação por meio dos modelos, que são representações simplificadas da realidade (ALMOROX et al., 2010).

Segundo Merritt et al. (2003) os métodos diferem em termo de complexidade, de processos considerados, de dados requeridos para sua calibração e de sua utilização. Também são relevantes os requisitos de dados do modelo incluindo a variação espacial e temporal de entradas e saídas, a validação e precisão do modelo, seus componentes, a possibilidade de aplicação considerando os dados disponíveis, os requisitos de hardware etc.

Os modelos conceituais consideram os processos de transferência e deposição de sedimentos, se baseando na integração de modelos hidrológicos e de erosão. Eles apresentam os resultados de forma agregada com nível de detalhe sobre os processos

internos do sistema, descrevendo aqueles que são fundamentais para a erosão (ALATORRE; BEGUERÍA, 2009).

Sua maior limitação é a determinação de seus parâmetros e a necessidade de dados para sua calibração. Estes modelos são mais adequados para descrever o comportamento dinâmico do sistema de erosão, com indicações sobre os efeitos quantitativos e qualitativos de mudanças de solo, sem a necessidade de uma grande base de dados temporais e espaciais (MERRITT et al., 2003; ALMOROX et al., 2010).

Os modelos de base física objetivam a explicação dos processos mediante equações que consideram as leis físicas que governam a geração e o transporte de sedimentos. Sua importância está na representação consolidada dos componentes individuais relevantes para o processo erosivo, com a interação de diversos fatores. Por isso são aplicados para compreender que elementos constituintes do processo erosivo são mais relevantes para o conjunto do sistema. Por basear-se em equações de validade universal e com parâmetros de base física podem, em teoria, ser aplicados por medidas diretas dos valores dos parâmetros, sem a necessidade de calibração por meio de registros empíricos, porém, se limitam por sua grande exigência de dados. Como exemplo tem-se a EUROSEM (The European Soil Erosion Model) (MORGAN et al., 1998), WEPP (Water Erosion Prediction Project) (LAFLEN et al., 1991) etc. (MERRITT et al., 2003; ALMOROX et al., 2010).

Os paramétricos ou empíricos de formulação empírica se utilizam de procedimentos de inferência estatística (em especial de regressão) e buscam interpretar os mecanismos da erosão por meio de suas causas e efeitos. São métodos mais simples que os conceituais e de base física, com a necessidade de uma menor quantidade de dados (MERRITT et al., 2003; ALMOROX et al., 2010).

Os parâmetros dos modelos são obtidos por calibração em campos experimentais e monitoramento de campo, por vezes extrapolando os dados obtidos empiricamente. São de lógica indutiva, com orientação fundamentalmente preditiva, de tipo métrico-estático, confiando em suas relações observadas entre as distintas variáveis e não com uma descrição dinâmica dos processos como os métodos conceituais. São matematicamente simples, adquirindo geralmente a forma de equações paramétricas (soma ou multiplicação de fatores). Por essa simplicidade e por ser útil em situações com ausência de dados, estes métodos são usados com frequência sendo os mais empregados para o planejamento. Como exemplo tem-se a EUPS/USLE (WISCHMEIER; SMITH, 1978), MUSLE

(WILLIAMS, 1975; FOSTER; MEYER, 1975), RUSLE (RENARD et al., 1997) etc. (ALATORRE; BEGUERÍA, 2009; ALMOROX et al., 2010).

Suas limitações estão em basear-se exclusivamente em relações estatísticas por meio de uma base de dados e suas aplicações, em geral, se limitando as condições em que foram calibradas, dificultando sua extrapolação para outras áreas, que requerem uma revisão de dados empíricos, exercício este realizado por grande parte da literatura especializada nestes modelos, para sua adaptação em diferentes áreas geográficas. São modelos que empregam suposições sobre o meio físico, geralmente ignorando a heterogeneidade espacial e temporal dentro da unidade de estudo, como tipos de solo e distribuição da precipitação, se limitando a uma estimativa bruta, não contemplando os processos de transporte e sedimentação, o que dificulta seu uso em topografias complexas, não podendo modelar processos de precipitação-escoamento (MERRITT et al., 2003; ALATORRE; BEGUERÍA, 2009).

Os modelos estatísticos se baseiam em análises de regressão de medições de degradação específica com parâmetros do processo erosivo. São modelos de relação entre medições de degradação específica com os parâmetros de clima e relevo. Como exemplo está o método desenvolvido por Fournier (1960) (MERRITT et al., 2003; ALMOROX et al., 2010).

Com o uso de modelos de estimativa de erosão, segundo García Ruiz e López Bermúdez (2009), é possível conhecer os complexos mecanismos dos processos erosivos, identificar as variáveis que os controlam, estimar suas consequências e as taxas de erosão, determinar os limites de perdas permitidas, identificar áreas de maior risco, adotar ações de conservação de solos, ordenar os usos do solo etc.

Para estes autores é imprescindível conhecer as limitações dos modelos que serão aplicados e para que finalidade foram criados, se ajustando os dados disponíveis e buscando alcançar a resposta de um determinado objetivo, bem como a necessidade do pesquisador. Estes cuidados se tornam necessários já que as taxas de erosão resultantes estão muito ligadas com a variabilidade dos métodos aplicados ou mesmo com a forma de proceder com os experimentos, como por exemplo, o tamanho das parcelas experimentais adotado. Ou seja, a escala se apresenta como fator fundamental na aplicação dos modelos de estimativa (GARCÍA RUIZ; LÓPEZ BERMÚDEZ, 2009).

Considerando a escala de detalhe, como a da presente pesquisa, o uso de piquetas, perfiladores microtopográficos, parcelas experimentais, entre outros, devem ser aplicados para processos mais concretos, estudando os processos hidrológicos e erosivos e são

fundamentais para ordenar e selecionar os usos e cultivos adequados, estabelecer as medidas de conservação do solo etc. (GARCÍA RUIZ; LÓPEZ BERMÚDEZ, 2009).

De forma geral, para a identificação das zonas de origem da produção de sedimentos e delimitação de zonas com maiores taxas de erosão, para aplicação de medidas de conservação, os modelos qualitativos e paramétricos podem ser mais adequados por sua simplicidade e uso em grandes escalas temporais e espaciais. Já o modelo qualitativo seria direcionado, especialmente, para grandes zonas com variabilidade de dados, e os modelos empíricos ou paramétricos para as zonas pequenas (MERRITT et al., 2003; ALMOROX et al., 2010).

Considerando que os processos erosivos ocorrem em um contexto temporal e espacial, os modelos se distinguem pelas representações espaciais e temporais dos processos, referida por muitos como *escala* ou *resolução*. O uso do termo escala geográfica, segundo Alatorre e Beguería (2009), se refere a um aspecto quantitativo, relacionado com a escala cartográfica, ou como aspecto qualitativo, relacionado com as escalas de processos como as parcelas, ladeiras, bacias etc. O uso de *escala temporal* corresponde a escala diária, mensal, anual etc., ou como a maneira que se aplica a dimensão temporal como escala de eventos, por médio ou longo prazo etc.

Por isso estes autores se utilizam do termo escala para referenciar-se as dimensões de análise: tamanho da área de estudo ou escala espacial, duração do período de simulação ou escala temporal.

Os modelos apresentam resoluções ou níveis de detalhe de representação espacial e temporal. Os mais simples, como a EUPS, tem uma representação unitária ou agregada, considerando que se prediz a taxa de erosão anual média para uma parcela toda, os mais complexos trabalham com a subdivisão das áreas (em malha regular ou polígono irregular), neste contexto, delimitações espacialmente distribuídas são mais adequadas, por incorporarem um número de variáveis relacionadas com o incremento de dados de entrada por requerer continuas informações do espaço (ALATORRE; BEGUERÍA, 2009; FU et al., 2010).

Os modelos operam em escalas e resoluções determinadas que por vezes não se enquadram nas dos processos ou observações, com a necessidade de operações de escalonamento, adequando a resolução de análise para as simulações. Com o aumento da escala de análise (tamanho das áreas de estudo) se incrementam a resolução (área em unidades individuais) (ALATORRE; BEGUERÍA, 2009).

A questão espacial e temporal também é relevante quando se considera que a erosão apresenta elevada variabilidade entre os eventos, com uma grande irregularidade espacial e temporal dos fatores que a controlam, como a intensidade de precipitação e infiltração, características dos solos e do escoamento, irregularidade da rugosidade da superfície do solo etc. (ALATORRE; BEGUERÍA, 2009).

Para o problema da irregularidade temporal Alatorre e Beguería (2009) expõem que os modelos apresentam duas estratégias: realizar o exercício de agregação para predições globais a longo prazo, ou elevar a resolução temporal para modelizar o evento.

Um grande desafio para a modelização da erosão seria a não coincidência entre as pequenas escalas espaciais e temporais de base de dados com a conceptualização do modelo, que se aplicam sobre grandes escalas espaciais e temporais (ALATORRE; BEGUERÍA, 2009).

Os modelos de base física, em geral, foram desenvolvidos para o trabalho com a escala temporal de evento, permitindo a modelização, por exemplo, de chuvas erosivas individuais. Outros recorrem a resoluções maiores, como a diária, na qual não é possível capturar a variabilidade da precipitação durante o evento, mas explora sua estacionalidade e as variações da erosão a longo prazo (ALATORRE; BEGUERÍA, 2009).

O modelo mais adequado para determinado estudo e sua escala espacial e temporal requer a adoção de uma coerência entre a complexidade do mesmo e a qualidade das informações disponíveis. Sendo suficientemente eficiente para a incorporação da totalidade dos processos estudados. Com o aumento da complexidade do modelo se eleva o número de parâmetros e a incerteza da qualidade da informação e das resoluções espaciais e temporais. O melhor modelo permite a inclusão do maior número de processos sem comprometer a incerteza final (ALATORRE; BEGUERÍA, 2009).

A seguir se apresenta os dois métodos aplicados na presente pesquisa.

1.3.1 OS MÉTODOS DIRETOS DE DETERMINAÇÃO DA PERDA DE SOLOS

Estes se apresentam como fundamentais no processo de aprimoramento das predições das equações empíricas de perdas de solo, já que os dados experimentais confiam maior segurança as predições.

Parcelas experimentais e de monitoramento de erosão em campo

No caso das parcelas experimentais, como exposto por Cunha e Guerra (2002), a grande relevância de sua aplicação é a de se procurar entender a dinâmica do processo

erosivo com situações comuns de campo, com o intuito principal possibilitar considerar as contribuições e /ou limitações das formas de obtenção de dados entre o método indireto de determinação de perda de solo e o método direto, enriquecendo as análises e atribuindo a cada uma destas determinações características mais refinadas e de validação, considerando que:

[...] com relação à quantificação dos processos erosivos laminares, constata-se que a partir da abordagem indutiva, representada pela utilização de experimentos que se constituem em medições dos fatos desordenados da realidade, é que se torna possível estabelecer leis gerais que dão origem aos modelos. (CUNHA, 1997, p. 57).

Com o seu emprego é possível medir a produção de escoamento e sedimentos em uma superfície de terreno de delimitação conhecida, com o conhecimento de suas características pedológicas, morfológicas, topográficas, de práticas de manejo, uso do solo etc. Elas permitem registrar as dinâmicas de produção de escoamento e sedimento em relação com a precipitação caída sobre a superfície da parcela, de dimensões conhecidas, gerando as taxas de erosão por unidade de área e tempo (DE ALBA et al., 2002).

Na presente pesquisa foram instaladas parcelas de monitoramento de processos erosivos, no qual a estimativa da perda anual de solo se dá por meio de medições volumétricas, neste caso com o emprego dos pinos de erosão.

De forma geral, o monitoramento dos pinos de erosão, consistem em medir a exposição dos pinos em relação ao solo em intervalos considerados de tempo. Após o período de monitoramento, identifica-se a taxa de rebaixamento. Na grande maioria dos estudos, os pinos são empregados para o monitoramento dos processos erosivos, porém, quando se conhece a densidade do solo é possível estimar a perda de solo, em toneladas por hectare (GUERRA, 2005; ANTONELI, 2011; MARTINS, 2011). No caso da presente pesquisa o emprego dos pinos de erosão permite e objetiva identificar tanto as alterações observadas na superfície do interior das parcelas, como também a estimativa anual da perda de solo.

Esta técnica também foi empregada para quantificar as taxas erosivas em trabalhos como FERNANDEZ (1990), ROCHA (1995; 1996), DESTEFANI (2002), TEIXEIRA (2003) e CORRÊA (2004) apresentando, como exposto por Borges (2004), bons resultados para avaliação destas taxas, para comparar distintos períodos e analisar a distribuição espacial dos sítios erosivos.

Os pinos de erosão se enquadram na categoria de técnicas de investigação de curto período, cuja a ênfase está sobre os processos e não somente a taxa de erosão, com um maior detalhamento das variações espaciais. Sua maior facilidade de monitoramento e sua capacidade de detectar pequenas alterações na superfície apresentam-se como vantagens de aplicação (LAWLER, 1993).

Por meio dos pinos e estacas graduadas, agulhas de erosão, perfilhadores topográficos etc. são consideradas formas de medições volumétricas que objetivam a quantificação do volume do solo erodido.

Com estas medições é possível quantificar não somente o volume de perda de solo, mas também as taxas de erosão, estimada pelo rebaixamento das microformas, por um determinado período de tempo. As agulhas e os pinos são inseridos no solo e as medições de rebaixamento da superfície se realiza em intervalos regulares de tempo ou depois de eventos de chuva (GUERRA, 2005; LAWLER, 1993).

Como expresso por Guerra (2005) é relevante a diferenciação entre as parcelas de experimentação e as de monitoramento. Enquanto a primeira se refere a ensaios, que podem ser ou não laboratoriais, não havendo a obrigatoriedade de coletas e análises em intervalos de tempo determinados, as de monitoramento refere-se à mensurações sistemáticas de um processo erosivo, com a necessidade de coletas de dados em intervalos de tempo mais ou menos fixos, dependendo do objetivo da investigação.

As parcelas seguem, na grande maioria dos estudos sobre o tema, o modelo aplicado na parcela definida como padrão nas pesquisas de Wischmeier, apresentando medições variáveis, de acordo com os objetivos (LÓPEZ BERMÚDEZ et al., 1993).

Torralba (2013) realizou estudos com parcelas de distintas dimensões com o intuito de identificar possíveis influências de seu tamanho nos resultados finais. Segundo a autora diferentes estudos têm identificado que os processos hidrológicos e geomorfológicos que controlam as erosões são dependentes da escala como Lal (1990), Poesen e Hooke (1997), Boix-Fayos et al. (2006), entre outros, influenciando diretamente na quantificação da produção de escoamento e sedimentos como apontado por Boix-Fayos et al. (2006) e Cerdà (2006).

Em seu estudo, Torralba (2013) identificou que a produção de escoamento é maior nas microparcels, com um escoamento médio registrado que ascende o dobro daquelas registradas nas parcelas da EUPS (padrão). Este fator relaciona-se com as variações de infiltração ao longo da vertente, identificadas nas parcelas de maiores superfícies. Além disso, identificou que o escoamento apresenta maior capacidade erosiva e de transporte

de sedimentos nas parcelas de maior dimensão, concluindo que os fenômenos erosivos são limitados nas microparcels, por sua escassa superfície coletora, impedindo, por exemplo, a concentração de escoamento superficial.

De forma geral, são estabelecidos três grandes grupos de tamanhos de parcela em relação a sua finalidade de pesquisa:

Microparcels com superfície inferior a 10 m²: estas são mais indicadas para estudos detalhados dos aspectos básicos dos processos erosivos (MORGAN, 1986) como a erosão por impacto das gotas de chuva, transporte de partículas de solo por salpicamento, mecanismos de erosão difusa, formação de crostas e compactação superficial etc. De forma geral, sua instalação e manutenção são mais simples, porém, sua maior limitação está na reduzida superfície, na qual observa-se a escassez de escoamento e de fluxos superficiais de água, além de aumentar a proporção de área afetada pelo chamado efeito de borda da parcela. Estes fatores impedem a extrapolação das taxas de erosão e escoamento para o resto da área (DE ALBA, 1997; TORRALBA, 2013).

Parcelas de tamanho médio: considerados aquelas com superfície menor de 200m² e corresponde aquelas de mais ampla aplicação e utilizadas para calibrar distintos fatores da Equação Universal de Perda de Solo. Esta parcela considerada padrão apresenta 40,5m², com um comprimento de 22,1 m e largura de 1,8 m, localizada em uma declividade de 9% (DE ALBA, 1997; TORRALBA, 2013).

Este tamanho de parcela possibilita o registro da perda de solo resultante da ação de processos de erosão difusa e de entressulcos. Segundo De Alba (1997) esta dimensão de parcela permite estudar a erodibilidade dos solos, relevância dos fatores topográficos e da cobertura vegetal, bem como dos sistemas de manejo e práticas de conservação, além das taxas de perda de solo e escoamento.

Parcelas de grande dimensão: são aquelas com superfície superior a 200 m² no qual é possível considerar processos erosivos difusos, entressulcos e em condições de ravinamento, bem como de trabalhar com dinâmicas na escala da vertente como, o emprego de curvas de nível e terraços, cobertura vegetal de porte arbóreo, reproduzindo condições mais realistas do funcionamento hidrológico natural das vertentes etc. (DE ALBA, 1997; TORRALBA, 2013).

De forma geral, as microparcels, com menos de 10m² aportam valores subestimados de perda de solo, já nas parcelas de 20 a 30 m² apresentam-se as taxas mais elevadas, por fim nas parcelas com dimensões maiores se observa uma diminuição, em

que os valores são menores em bacias de maior tamanho (GARCÍA RUIZ; LÓPEZ BERMÚDEZ, 2009).

As parcelas podem ser abertas ou fechadas, nas abertas os coletores “Gerlach” são muito utilizados para a canalização de escoamentos e sedimentos. Elas são delimitadas com barreiras naturais e supõe um modelo mais real, mas sua limitação está na delimitação espacial e temporal da rede de drenagem e na comparação dos resultados por ser tão variáveis as formas e tamanhos (ALMOROX et al., 2010).

As formas de aplicação, construção e resultados dos distintos tipos de parcelas experimentais estão expostos em López Bermúdez et al. (1993).

As parcelas fechadas seguem Wischmeier, também apresentando distintos tamanhos. Sua delimitação é artificial, o que supõe uma limitação por meio do efeito de borda, corte de fluxos superficiais e subsuperficiais de água, limitando muito o funcionamento do escoamento e introduzindo distorções no fluxo natural do escoamento (GARCÍA RUIZ; LÓPEZ BERMÚDEZ, 2009).

Para os estudos de perda de solos pelo método direto também é muito empregado a fragmentação do volume de escoamento por meio da calha Geib, preconizada por Cogo (1978) (LIMA; 1988; ALBUQUERQUE et al., 1998; SILVA et al, 1999; SILVA et al, 2001; SILVA et al, 2009; AMORIM et al, 2010). Ele consiste em uma calha coletora para recebimento da enxurrada e sua condução para um sistema coletor, o primeiro tanque tem o intuito de decantação, no qual a maior parte do solo arrastado é depositado (JACOBS, 1995; SILVA et al, 2009).

Neste sistema, considera-se as perdas de erosão por meio da medição da terra arrastada que se deposita no tanque e o volume da enxurrada se dá pela leitura da altura da água no tanque com uma régua após calibração prévia (JACOBS, 1995; SILVA et al, 2009).

São diversas as possibilidades e conjunturas que podem ser avaliadas com as parcelas experimentais, em especial no que se refere as condições de precipitação, de manejo, de culturas, de declividade e comprimento da vertente, de cobertura do solo, de propriedades pedológicas etc. De forma geral, todos os parâmetros e fatores considerados relevantes na perda de solo e no desencadeamento de processos erosivos podem ser incorporados nas parcelas experimentais, seja de forma intencional, por meio da modificação e manipulação da área de estudo, seja para entendimento das condições reais de campo mantendo-se as características naturais, como é o caso da presente pesquisa.

Para além da construção das parcelas experimentais, bem como para coleta do solo e da água, distintas metodologias de análise são conduzidas com este material com o intuito, no caso da determinação por método direto, de caracterizar o solo no que tange aos atributos químicos, físicos e mineralógicos e que possa auxiliar na compreensão do seu comportamento em relação a perda de solo identificada.

Neste caso, pode ser considerado além das perdas de solo e água, também a de nutrientes, como trabalhado por Lima (1988), que considerou o balanço entre as entradas de NO_3 , Ca, K e Mg pelas chuvas e a perda pelo escoamento superficial nas parcelas experimentais, sendo relevante neste estudo a consideração das características de subsuperfície, em especial, a drenagem.

Silva et al. (2009), por exemplo, trabalhou com os teores de carbono total, óxidos extraídos por ataque sulfúrico, granulometria, micro e macroporosidade, bem como permeabilidade por meio de permeâmetro de carga constante. Lima (1988) considerou os valores de turbidez, cor, condutividade, pH e alcalinidade entre as amostras de água da chuva e do escoamento superficial. Estas diversidades evidenciam o grande leque de possibilidades de análise de distintos fatores nas parcelas experimentais, neste caso, com relação aos atributos do solo que serão considerados.

Na presente pesquisa, como será detalhado na metodologia, as parcelas de monitoramento com pinos de erosão foram construídas com a preocupação maior de possibilitar a identificação dos fatores que ao longo do tempo de monitoramento foram relevantes para a maior ou menor perda de sedimentos, sendo estes medidos pelo volume obtido com o rebaixamento dos pinos de erosão, e que, portanto, fossem relevantes para as medidas de recuperação e conservação de áreas degradadas pela erosão hídrica.

Por este motivo buscou-se adequá-las para situações de campo nas quais não haviam fácil acesso a dados e informações detalhados ou mesmo a possibilidade de monitoramento diário das mesmas.

Portanto, com o intuito de identificar as correlações entre elementos de relevância para o entendimento das erosões hídricas estabeleceu-se, para além da medição do volume de sedimentos de entrada e saída das parcelas de campo, as precipitações diárias ocorridas nas áreas de estudo, bem como a variação da cobertura vegetal dentro das parcelas.

1.3.2 OS MÉTODOS INDIRETOS DE DETERMINAÇÃO DE PERDA DE SOLOS

Apresenta-se a seguir o método indireto aplicado na pesquisa, de grande relevância por possibilitar a aplicação para a determinação da perda de solo de forma não direta, por meio da modelização do processo erosivo.

A escolha deste método de estimação esteve vinculado com a sua ampla aplicação nos trabalhos que tratam da temática. Mesmo considerando as discussões, reformulações e questionamentos referentes a aplicação dos parâmetros estabelecidos pela EUPS, ela ainda continua sendo um instrumento de estimação amplamente aplicado e que, por conseguinte, exerce influência nas medidas ou mesmo nos planejamentos conservacionistas ou de recuperação de áreas degradadas implementados no território.

Equação Universal de Perda de Solos

O estabelecimento das relações matemáticas da erosão do solo foram iniciadas por trabalhos como o de H. L. Cook (1936) que identificou as principais variáveis envolvidas, que são: a suscetibilidade dos solos à erosão, considerando testes para avaliar os índices de erodibilidade; o potencial erosivo da chuva e do escoamento, incluindo a influência exercida pelo grau do declive e do comprimento do mesmo; e o grau de proteção ao solo exercida pela cobertura vegetal (JACOBS, 1995; OLIVEIRA, 2004).

As primeiras experiências de desenvolvimento de equações para avaliação da perda de solos datam de 1940 e ocorreram na região de Corn Belt nos Estados Unidos. Até 1956 o processo empregado era conhecido como o plantio em declives, com o passar do tempo houve, progressivamente, a incorporação de novas variáveis as equações de determinação como Zingg (1940) que incorporou a intensidade de perda de solo em correlação com o comprimento e o grau do declive do terreno, que incorporam um dos fatores da Equação Universal de Perda de Solos (Fator LS). Em 1941 Smith acrescentou as práticas mecânicas conservacionistas e os tipos de cultura, criando o conceito de limite específico de perda de solos, com o intuito de estabelecer as práticas conservacionistas para determinada região específica. Já Browning et al. (1947), foi responsável pela incorporação dos fatores de erodibilidade do solo e de manejo (JACOBS, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Foi em 1946, com a criação de uma comissão nacional para predição da perda de solos, em Ohio, que tinha por objetivo a adaptação da equação desenvolvida para a região de Corn Belt para outras regiões cultivadas que apresentavam problemas com a erosão hídrica, que os fatores relevantes para o entendimento e predição da perda de solos foram

considerados de forma separada, com a incorporação do fator chuva, em especial, com o estabelecimento de relação entre a máxima quantidade de chuva em um período de 30 minutos e o total da erosão durante este evento chuvoso (JACOBS, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Esta nova equação ficou conhecida como equação de Musgrave e foi amplamente difundida e empregada para estimativas globais de erosão em bacias hidrográficas, principalmente (JACOBS, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Sua necessidade de aplicação em outras áreas com características naturais e socioespaciais distintas demandaram a adaptação de outras variáveis como diferenças nos padrões e distribuição das chuvas, práticas agrícolas locais e características da cobertura vegetal da área de estudo, como por exemplo, o seu período de desenvolvimento (JACOBS, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Em 1954, no Runoff and Soil-Loss Data Center, do Agricultural Research Service, da Universidade de Purdue, foi desenvolvida a equação atual de perda de solos, com a incorporação do índice de erosividade das chuvas; método de avaliação dos efeitos do manejo sobre uma cultura, considerando as condições climáticas locais; fator quantitativo de erodibilidade dos solos; método que considera certas variáveis como nível de produtividade, manejo de resíduos, sequência de culturas etc. e a superação das restrições climáticas e geográficas fez com que ela fosse denominada de Equação Universal de Perda de Solo (JACOBS, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Porém, suas revisões e a incorporação de novas variáveis dependendo das características de cada configuração geográfica e suas necessidades nunca foram cessadas, em que um dos trabalhos de revisão da equação mais relevante foi realizado por meio dos estudos de Wischmeier e Smith, considerando dados de 49 locais dos EUA com mais de 10.000 parcelas de perdas de solo que foram analisadas estatisticamente (WISCHMEIER; SMITH, 1965; JACOBS, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; PEREIRA, 2006).

Como exposto por Alatorre e Beguería (2009) grande parte dos modelos de erosão se baseiam, ao menos em parte, na Equação Universal de Perda de Solos EUPS (WISCHMEIER et al., 1958; WISCHMEIER, 1959; 1962; WISCHMEIER; SMITH, 1965; WISCHMEIER; MANNERING, 1969; WISCHMEIER et al., 1971; WISCHMEIER, 1975; 1976; WISCHMEIER; SMITH, 1978). Este modelo consiste no mais utilizado e foi desenvolvido para a erosão laminar e em sulcos, com o uso de um

amplo registro de dados experimentais em parcelas agrícolas (ALATORRE; BEGUERÍA, 2009; FU et al., 2010).

A EUPS foi modificada e adaptada resultando, por exemplo, na RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation, Renard et al., 1991 y 1994), RUSLE-3D (Mitasova et al., 1996; Mitas y Mitasova, 1998), MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation, Williams, 1975) e ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulator, Beasley et al, 1989).

A principal vantagem da RUSLE sobre a EUPS é a sua capacidade de estimar o fator C para usos mais variados com informações mais específicas e por apresentar atualizações na estimação de seus parâmetros (RENARD et al., 1997).

A predição da perda média anual de solo da EUPS é obtida por meio de seis fatores:

$$A = R K L S C P \quad (1)$$

Onde A é a perda de solo média ($t \text{ ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$); R é o fator de erosividade da precipitação ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); K é a erodibilidade do solo ou a perda de solo por unidade de erosividade da chuva e do escoamento de uma parcela padrão ($t \cdot \text{ha} \cdot \text{h} / \text{ha} \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm}$); LS é o fator topográfico considerando o comprimento da rampa (L) e o grau do declive (S), representando uma razão de perda de solo da parcela padrão; C é o manejo do solo e cobertura vegetal, representando uma razão de perda de solo a respeito de uma parcela mantida continuamente descoberta; P são as medidas de conservação do solo, representando a razão da perda de solo a respeito de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas de um plantio morro abaixo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; ALMOROX et al., 2010).

A EUPS é um modelo paramétrico totalmente empírico, em que sua aplicação eficiente depende do rigor dos cinco fatores multiplicandos da equação que reproduzem as condições de campo. Sua finalidade é a interpretação dos mecanismos de erosão por suas causas e efeitos, limitando sua extrapolação para áreas com condições ambientais distintas, responsável pela estimação da perda de solo produzida pela erosão hídrica por escoamento superficial, em sulcos ou entressulcos, não considerando a erosão em ravinas ou voçorocas (MERRITT et al., 2003; ALMOROX et al., 2010).

O modelo não aborda os depósitos de materiais removidos e não é indicado para grandes áreas e sim para parcelas ou subacias agrícolas bem definidas para a determinação do fator topográfico (ALMOROX et al., 2010).

Merritt et al. (2003) expõe que a EUPS desconsidera a ocorrência de um único evento impossibilitando sua aplicação para aqueles de grande intensidade. Também não considera os movimentos de massa, as heterogeneidades dos insumos de cobertura vegetal e tipos de solos.

Um dos questionamentos que se coloca com relação a aplicação da EUPS é que ela determina a perda de solos por meio da consideração da erosão laminar, enquanto escoamento difuso das águas da chuva que removem progressivamente e de forma relativamente uniforme os horizontes superficiais do solo, mas a grande dificuldade que se coloca é a necessidade de incorporação dos processos envolvidos na erosão linear que, em muitos casos, ocorrem de forma concomitante com a laminar e que acabam negligenciadas do contexto (ALMOROX et al., 2010).

Algumas das limitações da EUPS expressas por Borges (2009) são a não consideração simultânea dos processos de erosão e deposição ao longo da vertente, bem como a erosão linear, podendo levar a subestimação da perda de solo. Apesar disso, as modificações e atualizações fazem com que a EUPS se apresente como instrumento de grande relevância para a conservação do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; BORGES, 2009).

De acordo com Bloise et al. (2001) o elevado grau de empirismo da EUPS e a necessidade de medições de campo para sua validação objetiva seu comprometimento para fins quantitativos. Porém, a grande relevância do método é a análise qualitativa, para localização geográfica das áreas com maior suscetibilidade natural à erosão laminar. Esta informação fornece os subsídios relevantes para a realização do planejamento agrícola e ambiental.

Outro fator que deve ser considerado sobre os estudos atuais relacionados a EUPS é o ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) que se tornou marcante nos estudos de determinação de perda de solos, tanto no processo de obtenção dos valores de cada um dos fatores, como também para integração dos dados da equação por meio, por exemplo, de linguagens de programação como o LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) do SPRING, a partir da combinação de planos de informações (PRADO; NÓBREGA, 2005; TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005; FARINASSO et al., 2006, VALLADARES et al., 2012).

Fator R

Neste cenário, de novas práticas agrícolas, de modificações na ocupação e manejo do solo e, conseqüentemente, de alterações nos índices de erodibilidade dos solos, a grande relevância de considerar o clima se dá pelo mesmo ser considerado o principal insumo de energia ao sistema agrícola (MONTEIRO, 1976). O primeiro mecanismo de estabelecimento de correlações entre as chuvas e a perda de solos foi expressa por Laws (1940; 1941), pela medição do tamanho e da velocidade de queda das gotas de chuva, por meio da relação entre o diâmetro da gota e sua energia cinética. Esta energia cinética é determinada pela massa e velocidade de queda das gotas, sendo que a forma da gota determina a área de solo que será atingida pela energia de impacto. Portanto, a mesma massa de água apresenta distintas capacidades erosivas, considerando a alteração dos fatores massa, velocidade e seção horizontal da gota de chuva (JACOBS, 1995).

A erosividade das chuvas é entendida como a sua capacidade potencial erosiva (BOIN, 2000). Sua estimativa numérica na Equação Universal de Perda de Solos busca quantificar o impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo, bem como do escoamento. Ela deve ser entendida por meio da consideração de sua energia cinética enquanto resultante não apenas da intensidade, como também da duração e frequência dos episódios de chuva (WISCHMEIER; SMITH, 1958; SANT'ANNA NETO, 1995; BOIN, 2000).

O índice de chuva mais utilizado para a estimativa da erosividade é o EI₃₀ proposto por Wischmeier e Smith (1958), que relaciona a energia cinética do impacto das gotas (E_c) com a intensidade máxima em 30 minutos (I₃₀). Foi com a necessidade de buscar um parâmetro capaz de prever o potencial erosivo de um episódio de chuva que os autores supracitados combinaram distintas características da precipitação pluviométrica, índices de umidade e compactação, umidade antecedente, entre outros, observando que o produto da energia cinética (E) com intensidade máxima de 30 minutos (I₃₀), se apresenta como uma das melhores combinações para a explicação da perda de solos (WISCHMEIER, 1959; WISCHMEIER, 1962; ALMOROX et al., 2010).

Para o cálculo da erosividade da precipitação é necessário a análise dos dados gerados pelo pluviógrafo, abordando um total de anos suficiente para a eliminação da variabilidade temporal da chuva, fator este que dificulta sua aplicação em áreas sem estes dados (WISCHMEIER, 1959; WISCHMEIER, 1962; ALMOROX et al., 2010).

O fator R se refere a média dos fatores R anuais calculados para uma série longa de anos, e não para eventos únicos, como expresso por Martínez-Casasnovas et al. (2002),

que estudaram o efeito da precipitação de grande intensidade sobre a perda de solos. Este aspecto evidencia a necessidade de considerar a importância dos episódios extremos nas taxas de erosão e da abordagem de múltiplas escalas, por meio da resolução de evento de precipitação de escala temporal contínua, exercício este possível somente com os dados conceituais e físicos, de representação detalhada do processo erosivo (ALMOROX et al., 2010).

Para os casos em que não é possível obter a estimativa direta com dados de pluviógrafos, se indica a aplicação de equações que permitam a estimativa do fator R por meio de dados médios da rede pluviométrica. Como exemplo de ampla aplicação tem-se o índice de Fournier modificado por Arnoldus (ARNOLDUS, 1977). Como referencial das aplicações deste índice no Brasil indica-se o trabalho desenvolvido por Marco da Silva (2004), com o levantamento das equações aplicadas no país para o cálculo da erosividade das chuvas. No interior do Estado de São Paulo, é apresentada a equação desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992).

Tanto o índice de Fournier Modificado por Arnoldus (1977) como a equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) foram aplicados na presente pesquisa.

Fator K

Representa a resposta do solo ao mecanismo erosivo, ou seja, a suscetibilidade do solo a ser erodido. Ele pode ser expresso em função das propriedades do solo por meio de equações de regressão múltipla (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; ALMOROX et al., 2010).

Bennett (1926) foi um dos pioneiros no reconhecimento da propriedade e variabilidade dos solos a resistência à erosão, posteriormente denominada erodibilidade dos solos. Na EUPS (WISCHMEIER; SMITH, 1978) ela é considerada como os feitos integradores da chuva, escoamento e infiltração nas perdas de solo não protegidas por cobertura e resíduos vegetais. Estes aspectos exercem influência na capacidade de infiltração da água da chuva pelos solos, auxiliam na determinação da taxa de escoamento e na capacidade de resistência a desagregação e transporte, fundamentais para a determinação do conteúdo de solo no escoamento (WISCHMEIER; SMITH, 1965; 1978; JACOBS, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Wischmeier e Mannering (1969) estudaram 55 solos considerando suas propriedades físicas e químicas, resultando em uma equação de 24 termos. Wischmeier et al. (1971) simplificou os cálculos utilizando os simuladores de chuva, considerando

que o fator é um valor médio que inclui a variabilidade de tormentas e antecedentes de umidade do solo, resultando em uma equação de regressão de cinco parâmetros físicos (WISCHMEIER et al., 1971; NSSH, 1996).

De forma geral, há três maneiras de determinar a erodibilidade dos solos. A primeira se baseia em condições de campo com chuva natural, favorecendo o trabalho com dados temporais condizentes com os eventos climáticos e suas implicações reais, porém, a dificuldade de aplicação se dá pelo custo oneroso e pelo longo tempo de observação. A segunda maneira seria também com condições de campo, mas sob chuva simulada, sendo que esta metodologia possibilita a diminuição do tempo de obtenção dos dados de erodibilidade, porém, é dificultada pela necessidade dos aparatos técnicos para simulação das precipitações. Por fim, as determinações também podem ser realizadas pela regressões múltiplas, com atributos do solo relacionados com o fator K, como variáveis independentes, obtidas através das determinações anteriores (CARVALHO, 1987; LAL, 1988; CAVALIERI, 1994; JACOBS, 1995; SILVA et al, 2000).

A grande dificuldade de determinação da erodibilidade está na variação espacial e temporal do mesmo, considerando que propriedades como a umidade, textura, estrutura do solo, pH, teor de matéria orgânica, entre outros, podem variar muito em uma mesma área de estudo, atribuindo resistências diferenciadas (JACOBS, 1995).

Variações sazonais e temporais em várias propriedades do solo (conteúdo de carbono orgânico, resistência do solo, estabilidade de agregados, etc.) são largamente reconhecidas (COOTE et al., 1988; KOK & McCOOL, 1990) e, sendo a erodibilidade claramente relacionada a estas propriedades dinâmicas do solo (YOUNG, RÖMKENS & McCOOL, 1990; BAJRACHARYA & LAL, 1992), era de se esperar que a erodibilidade do solo também variasse durante as estações do ano (BAJRACHARYA & LAL, 1992). Inclusive, com alguns autores (MUTCHLER & CÁRTER, 1983; ZANCHI, 1983; LAL, 1988) sugerindo que a erodibilidade também pode apresentar variação no transcorrer de um evento (JACOBS, 1995, p.58).

No Estado de São Paulo, Bertoni e Lombardi Neto (1999) relacionaram valores médios de erodibilidade de 0,0356 e 0,0235 t.ha.h/ha.MJ.mm, para os horizontes A e B, respectivamente, do grupo dos Podzólicos, bem como ao valores 0,0149 e 0,0088 t.ha.h/ha.MJ.mm para os Latossolos. Os autores se basearam no método de Middelton (1930) com modificações e concluíram que os solos com B textural se comportam diferente do B latossólico, em que o primeiro é mais suscetível à erosão (SILVA et al, 1994; LIMA et al, 1990; CAVALIERI, 1994).

Denardin (1990) realizou a determinação da erodibilidade de 31 solos brasileiros por meio de parâmetros físicos e químicos, em condições de campo sob chuva natural e/ou simulada, que foram tomados como variáveis dependentes e analisados por meio de análises de correlação e regressão.

Os métodos desenvolvidos por Denardin (1990) tanto para solos brasileiros como para solos brasileiros e dos EUA (expresso acima), foram difundidos por estudos recentes, aplicado, por exemplo, por Silva et al. (1994); Marques et al. (1997); Tommaselli e Freire (1999); Lima et al. (2007); Weill e Sparovek (2008); Bueno et al. (2010), Miqueloni et al. (2012), entre outros.

Lombardi Neto e Bertoni (1975; 1999) determinaram a perda de solo para 75 perfis pedológicos considerando alguns de seus atributos. De forma geral, os valores médios da tolerância de perda de solos com B textural variaram entre 4,5 a 13,4 t/ha·ano, já para os com B latossólico tais valores ficaram entre 9,6 a 15,0 t/ha·ano. Os solos com B textural possuem menor tolerância pela menor profundidade para o desenvolvimento radicular graças ao acúmulo de argila no horizonte B, gerando um gradiente de drenagem, deixando as camadas superficiais mais suscetíveis a erosão.

Os mapas de levantamento e reconhecimento de solos também são procedimentos que tem sido utilizados para classificação das associações dominantes. Este fator tem possibilitado a incorporação de áreas cada vez maiores no âmbito da aplicação da equação mas, por outro lado, tem substituído as avaliações e coletas de campo, com o nível de detalhe do local devendo ser tomado com cautela e coerência metodológica, ainda mais se considerando as escalas de elaboração destes mapas que, em geral, generalizam as informações.

Fator LS

Determina o volume de solo erodido, considerando que quanto maior a declividade e comprimento da rampa maior a capacidade de arraste e transporte do fluxo de escoamento. Wischmeier e Smith (1978) desenvolveram uma formulação para este fator, que permite a obtenção de LS até declividades de 50%. Mas, há diversos autores que questionam esta formulação para declividades severas. Na RUSLE as formulações e os valores do fator LS dependem do grau do declive e do comprimento de rampa, como também do valor do expoente “m”, que adota distintos valores em função da porcentagem do declive e da relação entre erosão em sulcos e entressulcos (RENARD et al., 1997).

Foster e Wischmeier (1974) modificam o cálculo objetivando a aplicação da EUPS para declives irregulares, em que K e S ou ambos varia ao longo da vertente. McCool et al. (1982; 1989) modificaram a expressão inicial de Wischmeier para declives de 9% ou mais. Muitos autores recomendam a aplicação da EUPS expressa por Wischmeier e Smith (1978) para declives de 9% ou menores e a de McCool et al. (1982) para superiores a 9% (ALMOROX et al., 2010).

Comparativamente os modelos são similares com o obtido por Wischmeier e Smith (1978) para valores de LS considerados baixos (<2). A partir de 2 os outros métodos subestimam os efeitos do comprimento de rampa e da declividade quando comparados com este. O modelo da RUSLE assume o modelo de McCool et al. (1982; 1989), representando uma modificação em sua aplicação (ALMOROX et al., 2010).

No Brasil, o método desenvolvido por Bertoni (1959) e expresso em Bertoni e Lombardi Neto (1999) que considera conjuntamente os fatores L e S, já que o comprimento de rampa e a declividade se relacionam com a topografia, apresenta-se como um dos mais aplicados nas pesquisas desenvolvidas por Prado e Nóbrega (2005), Tomazoni e Guimarães (2005), Ferreira (2006), Bueno et al. (2010), Miqueloni et al. (2012).

Estes métodos serão apresentados posteriormente, já que foram aplicados na presente pesquisa.

Na grande maioria dos trabalhos, em especial naqueles que possuem como área de estudo as bacias hidrográficas, o comprimento de rampa, bem como a declividade do terreno, também são obtidos por meio de ambiente SIG, considerando, por exemplo, o Modelo Digital do Terreno (MDT), Modelo Numérico do Terreno para obtenção das curvas de nível, o comando Mapa de Distância do SPRING com geração de mapas triangulares e classes de declividade do terreno (PRADO; NÓBREGA, 2005; TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005; FERREIRA, 2006; BORGES, 2009; PEREIRA, 2009).

Fator C

Este fator considera a eficácia dos cultivos para a proteção do solo, expressando a perda de solo em uma parcela com determinada vegetação com a perda de uma parcela mantida descoberta, com a igualdade dos outros fatores. A relevância deste fator está em considerar o papel da cobertura vegetal para a interceptação da energia da chuva ao atingir o solo e na redução da velocidade do fluxo de escoamento (ALMOROX et al., 2010).

Muitos métodos para estimar o fator C têm sido desenvolvidos considerando as características de cobertura vegetal e dos cultivos das áreas estudadas, sendo estes fatores muito diversos.

Wischmeier e Smith (1965) estudaram os efeitos dos cultivos e do manejo estabelecendo valores médios do fator C para cada estação ou período vegetativo e agrícola. Também é considerado a curva cumulativa de distribuição da erosividade, fator R, para a obtenção da porcentagem de R esperado para cada período vegetativo.

A determinação dos valores da razão de perda de terra (RPT) possibilita a correlação posterior com o fator C da EUPS, também por meio do estabelecimento dos períodos do ano agrícola da cultura em questão, considerando os valores de porcentagem de cobertura vegetal para cada período e a fração do índice de erosividade.

Este procedimento é um dos mais utilizados para a determinação do fator C, com aplicação, por exemplo, nos trabalhos de Wischmeier e Smith (1978), De Maria e Lombardi Neto (1997), Bertoni e Lombardi Neto (1999), De Maria (1995), Prochnow (2003), entre outros.

Wischmeier (1975) estimou o fator C para terrenos baldios, pastos e bosques, considerando três subfatores: cobertura vegetal aérea; os resíduos vegetais e a cobertura vegetal em contato com a superfície e os resíduos de vegetação. A estimação do fator C considerando estes fatores resultam numa tabela síntese de aplicação. Tabela esta que será aplicada para a determinação do fator C da presente pesquisa, considerando que não foi possível a aplicação da RUSLE¹ (RENARD et al., 1997) pela ausência de dados disponíveis para isso, considerando a maior complexidade de fatores envolvidos na sua estimação.

Na RUSLE se considera fatores como resíduos existentes antes do cultivo e os efeitos das práticas de cultivo prévias sobre a consolidação do solo, quantidade de resíduos e raízes na parte superior do solo, biomassa superficial, cobertura vegetal aérea e a altura de caída das gotas, pedregosidade, rugosidade, umidade etc. (ALMOROX et al., 2010).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999) as perdas de solo de uma área mantida continuamente descoberta se dá em função dos produtos dos termos R, K, L e S da EUPS,

¹ O modelo pode ser consultado nas páginas a seguir (ALMOROX et al., 2010):
<http://www.techtransfer.osmre.gov/NTTMainSite/Library/hbmanual/rusle.shtm>
<http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=5971>
<http://www.iwr.msu.edu/rusle/resources.htm>

porém, quando a área estiver cultivada as perdas vão sofrendo redução em função da proteção que a respectiva cobertura oferece ao solo, essa redução vai ser dependente das combinações de cobertura vegetal, sequência de culturas e práticas de manejo, e estágio de crescimento e desenvolvimento da cobertura vegetal durante o período das chuvas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; PRADO; NÓBREGA, 2005). Desta forma, uso e manejo não podem ser analisadas de forma dissociada, por conta da diversidade de interações que ocorrem entre eles.

Assim, uma cultura pode ser plantada continuamente em um mesmo local ou então em rotação com outras. Seus restos podem ser removidos, deixados na superfície, incorporados próximos à superfície ou totalmente enterrados com o preparo do solo. Quando deixados na superfície, podem ser cortados ou mantidos como colhidos [...] o preparo do solo pode deixar a superfície do terreno bastante irregular ou lisa (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999, p.262).

No que se refere as culturas agrícolas elas devem estar associadas com técnicas de conservação do solo, como terraços, curvas de nível etc. considerando que a sua maioria são plantadas em épocas de maior precipitação e que os processos de terraplanagem, decapeamento do solo, limpeza das áreas, entre outros, que resultam em um solo desnudo devem ser seguidas de medidas de proteção imediata, evitando a exposição do mesmo e a intensificação dos processos erosivos e carreamento de sedimentos.

Desta forma, o fator cobertura vegetal e recobrimento do solo é determinado em razão do tipo de cobertura e do percentual de recobrimento, em que a eficiência da cobertura vegetal se inicia a partir de 70% (PEREIRA, 2006). Esta proteção da cobertura vegetal, vai além do tipo de vegetação e do seu desenvolvimento, mas varia com os meses e as estações do ano, neste caso, a eficiência de medidas de controle de erosão vai depender da quantidade de chuvas erosivas durante o período em que a cultura e as práticas de manejo apresentam proteção mínima (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Fator P

Expressa pela relação entre a quantidade de solo perdido com a prática de conservação adotada e o que se perderia plantando no sentido do declive. Por meio de experimentos Wischmeier et al. (1978) e Kent-Mitchell e Bubenzer (1980) estabeleceram

os valores de P para distintas práticas de conservação. Estes valores foram considerados para a determinação do fator P da presente pesquisa.

Bertoni e Lombardi Neto (1999) apresentam valores de P para as principais práticas conservacionistas no Brasil. No caso das culturas anuais as práticas mais comuns são o plantio em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas.

No caso das áreas com terraceamento, os autores supracitados adotam o comprimento do declive (usado para determinar o valor de LS na equação) como sendo o intervalo entre os terraços. Neste caso o fator P de uma área com terraceamento deverá ser o mesmo que o do plantio em contorno, já que com a redução do comprimento do declive tem-se também a redução da perda de solo pela raiz quadrada do comprimento. Este aspecto também é considerado no uso dos valores do fator P de Wischmeier et al. (1978) e Kent-Mitchell y Bubenzer (1980).

2. AS ÁREAS DE ESTUDO

A seguir apresenta-se uma caracterização dos aspectos físicos e da constituição socioespacial dos municípios de Getulina e Vera Cruz. Diversos aspectos aqui considerados também foram discutidos em Baldassarini (2014), ao propor a recuperação de áreas degradadas por processos erosivos nas duas propriedades rurais estudadas neste presente trabalho.

2.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Com relação a caracterização climática das áreas abrangidas na pesquisa, tem-se que as mesmas estão inseridas em um clima tropical, de quente à subquente e úmido. Com pluviosidade média em torno de 1.200 a 1.500 mm anuais, consideradas uma das menores do Estado de São Paulo, concentradas, principalmente, nos meses de novembro a março, já os períodos secos correspondem aos meses de maio a agosto (SANT'ANNA NETO, 1995; BEZERRA et al, 2009).

De acordo com a classificação climática de Koppen, baseada nos dados mensais pluviométricos e termométricos, o município de Getulina é definido como Aw, característico da região Noroeste do Estado de São Paulo e considerado mais quente, do tipo tropical chuvoso com inverno seco, com o mês mais frio com temperatura média superior a 18°C e com o mês mais seco com precipitação inferior a 60mm.

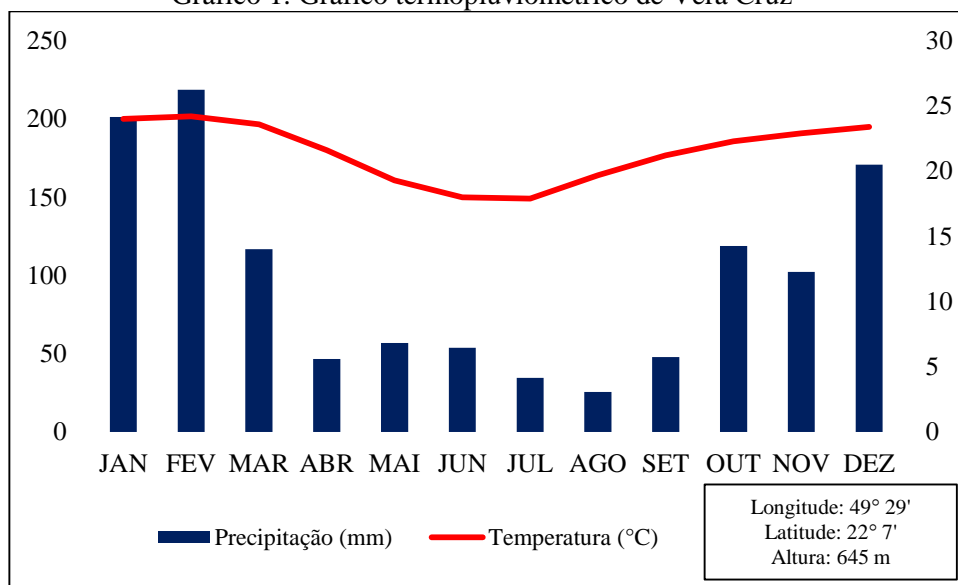
No caso de Vera Cruz o mesmo é classificado como Cwa, considerado o tipo dominante na maior parte do Estado, caracterizado por um clima tropical de altitude, com verão chuvoso e inverno seco, com a temperatura média do mês mais quente superando os 22°C.

Segundo a classificação de Thornthwaite, Getulina classifica-se como C2rA'a', ou seja, do tipo megatérmico subúmido com pequena deficiência hídrica. E Vera Cruz seria classificado como B2rB'4a', do tipo mesotérmico úmido com pequena deficiência hídrica (ROLIM et al, 2007).

Considerando suas características climáticas, tanto Getulina como Vera Cruz localizam-se na unidade pluvial denominada Oeste (referindo-se a sua localização no Oeste do Estado de São Paulo). Esta unidade apresenta considerável uniformidade no que se refere ao regime de chuvas e sua distribuição sazonal e anual. As variações ocorrentes em seu interior estão relacionadas mais com fatores locais, em especial a altimetria, do que com as dinâmicas atmosféricas (MONTEIRO, 1973; SANT'ANNA NETO, 1995).

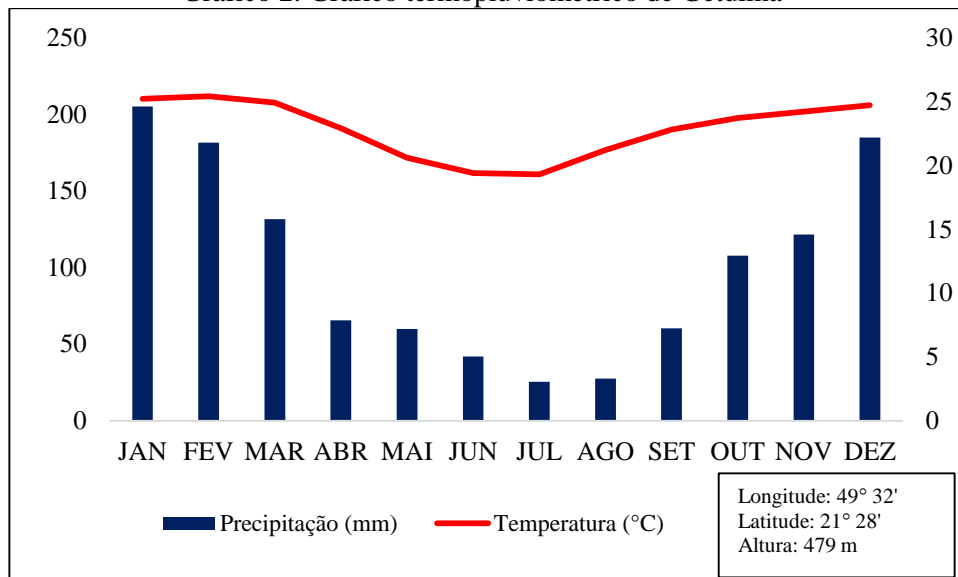
Para a caracterização pluviométrica dos municípios foi utilizado a série de dados mais longa disponível no banco de dados hidrológico do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), apresentados pelo Centro de Pesquisa Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Estes dados estão sistematizados nos gráficos apresentados a seguir.

Gráfico 1: Gráfico termopluiométrico de Vera Cruz



Fonte: Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Organização da autora.

Gráfico 2: Gráfico termopluiométrico de Getulina



Fonte: Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Organização da autora.

De forma geral, é possível identificar um período de maiores precipitações e outro de menores mais definidos em Getulina, quando comparado com Vera Cruz.

No caso de Getulina o regime pluviométrico apresenta uma média de 1200mm, com as maiores precipitações se concentrando nos meses de dezembro e janeiro e as menores em julho e agosto. Já a região de Vera Cruz, apresentou uma precipitação média anual de 1400mm, as maiores precipitações ocorrem de dezembro a março e as menores em julho e agosto.

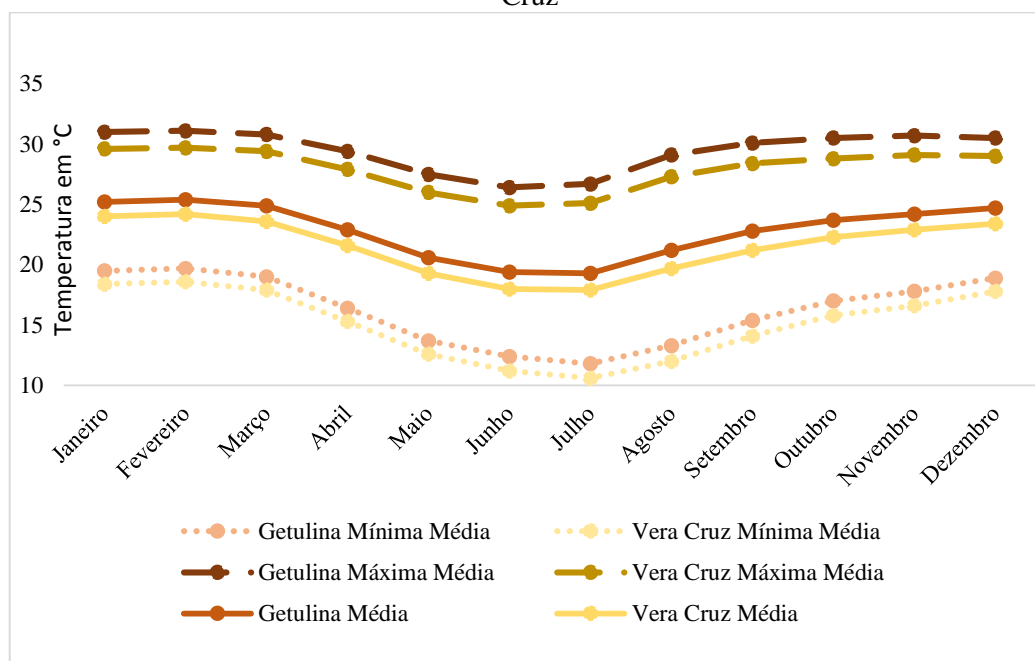
De acordo com estudos de pluviosidade desenvolvidos no Oeste Paulista, a área que compreende o Planalto Residual de Marília caracteriza-se por uma pluviosidade média com ligeiro aumento, considerando o relevo mais elevado da região, em torno de 500 a 700 metros, em contraposição aos 300 a 500 metros das proximidades de Getulina (MONTEIRO, 1973; SANT'ANNA NETO, 1995; BOIN, 2000).

O município de Getulina apresenta temperaturas médias mínimas anuais em torno de 16,2°C e as médias máximas anuais em torno de 29,5°C, apresentando uma temperatura média de 22,9°C, em que os meses mais quentes são de janeiro a março e os mais frios de junho a julho.

Já o município de Vera Cruz apresenta temperaturas médias mínimas anuais de 15,1°C e as médias máximas de 27.9°C. Os meses mais quentes do ano compreendem o período de novembro a fevereiro e os mais frios de junho e julho.

De forma geral, observa-se uma temperatura média mínima, média máxima e média maior no município de Getulina do que Vera Cruz da ordem de 1 a 2 graus acima, este fator também relaciona-se, principalmente, ao fato de Vera Cruz localizar-se no Planalto Residual de Marília.

Gráfico 3: Comparativo da temperatura média mínima, máxima e maior de Getulina e Vera Cruz



Fonte: Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Organização da autora.

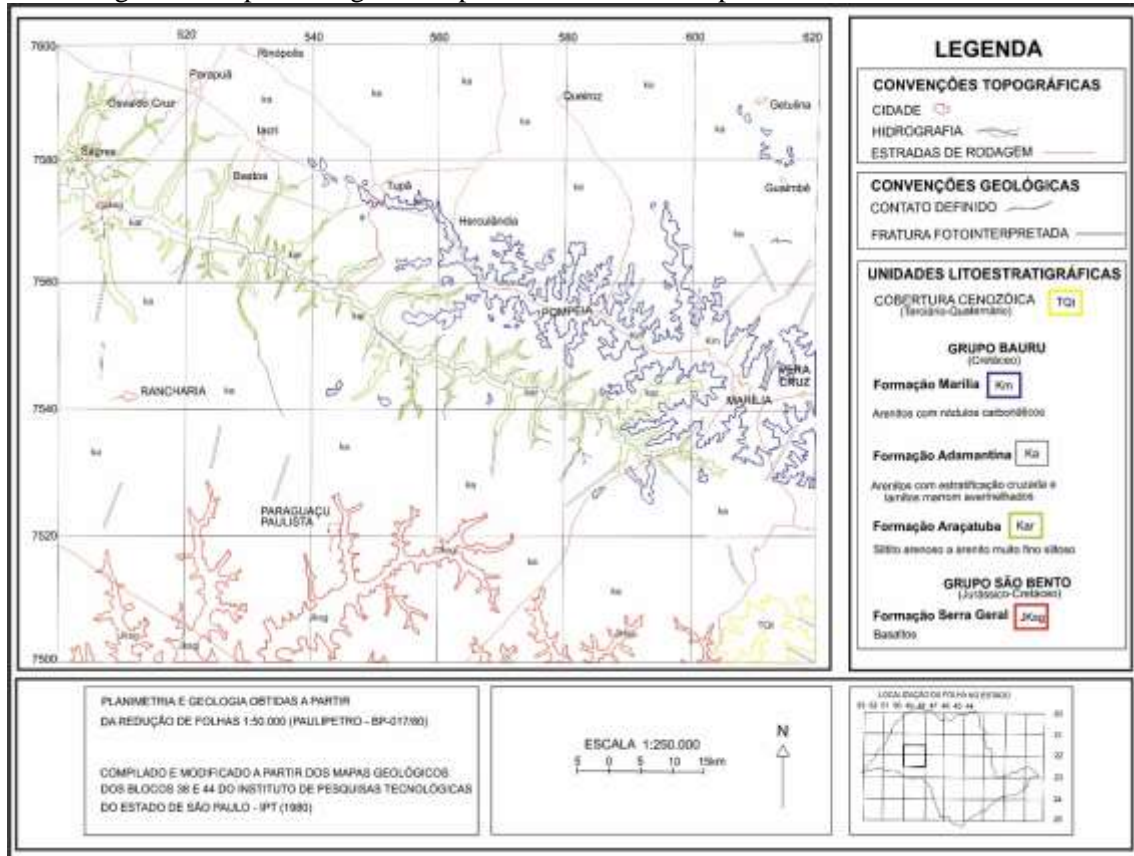
A grande relevância de se considerar as características climáticas das áreas de estudo se deve as dinâmicas que interferem nos processos erosivos, em especial, por meio das concentrações temporais de precipitação, dada pela intensidade, duração e frequência, bem como sua erosividade. Este último fator foi identificado por Boin (2000), ao estudar a erosividade das chuvas no Oeste Paulista, como tendo as maiores intensidades de chuva com potencialidade erosiva justamente no Planalto de Marília.

Estes fatores serão discutidos posteriormente, em prol do entendimento da importância das chuvas no quadro erosivo das propriedades rurais abrangidas na presente pesquisa.

2.2 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA

Os municípios de Getulina e Vera Cruz estão localizados na Bacia Sedimentar do Paraná, no Planalto Ocidental Paulista, com o afloramento das formações geológicas da Formação Serra Geral, bem como das Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília pertencentes ao Grupo Bauru, além dos depósitos Cenozóicos (IPT, 1981).

Figura 5: Mapa Geológico compreendendo os municípios de Getulina e Vera Cruz



Fonte: Adaptado de Batezelli (1998).

Observa-se na região que compreende o município de Vera Cruz a presença das rochas do Grupo Bauru recobrindo as lavas basálticas do Planalto Ocidental, sendo que a Formação Marília encontra-se depositada em um embasamento localizado, do término da deposição Bauru, sobre a Formação Adamantina, e mais diretamente sobre os basaltos Serra Geral, mais para leste (IPT, 1981). Segundo Almeida et al. (1980), a Formação Marília, com suposto contato erosivo com litofácies da Formação Adamantina, data da deposição final do Senoniano.

Segundo Sallun e Suguio (2006) a sedimentação desta formação, que é considerada um dos membros mais recentes do Grupo Bauru, se deu em embaciamento restrito, com regimes torrenciais que são característicos de leques aluviais, bem como com o processo de deposição de pavimentos detríticos durante a instalação do clima semiárido. Este processo resultou na cimentação destes detritos por carbonatos. Ela se caracteriza pela presença de:

[...] arenitos de granulação fina a grossa, compreendendo bancos maciços com tênues estratificações cruzadas de médio porte. Subordinadamente ocorrem lentes de siltitos, argilitos, e arenitos muito finos. Presença comum de nódulos carbonáticos” (IPT, 1981, p.48).

Os depositos sedimentares com baixa coesão e de alta permeabilidade (regolitos arenosos, alúvios e colúvios), característicos dos solos residuais do Planalto de Marília, são consideradas as unidades com maior erodibilidade (BEZERRA et al., 2009).

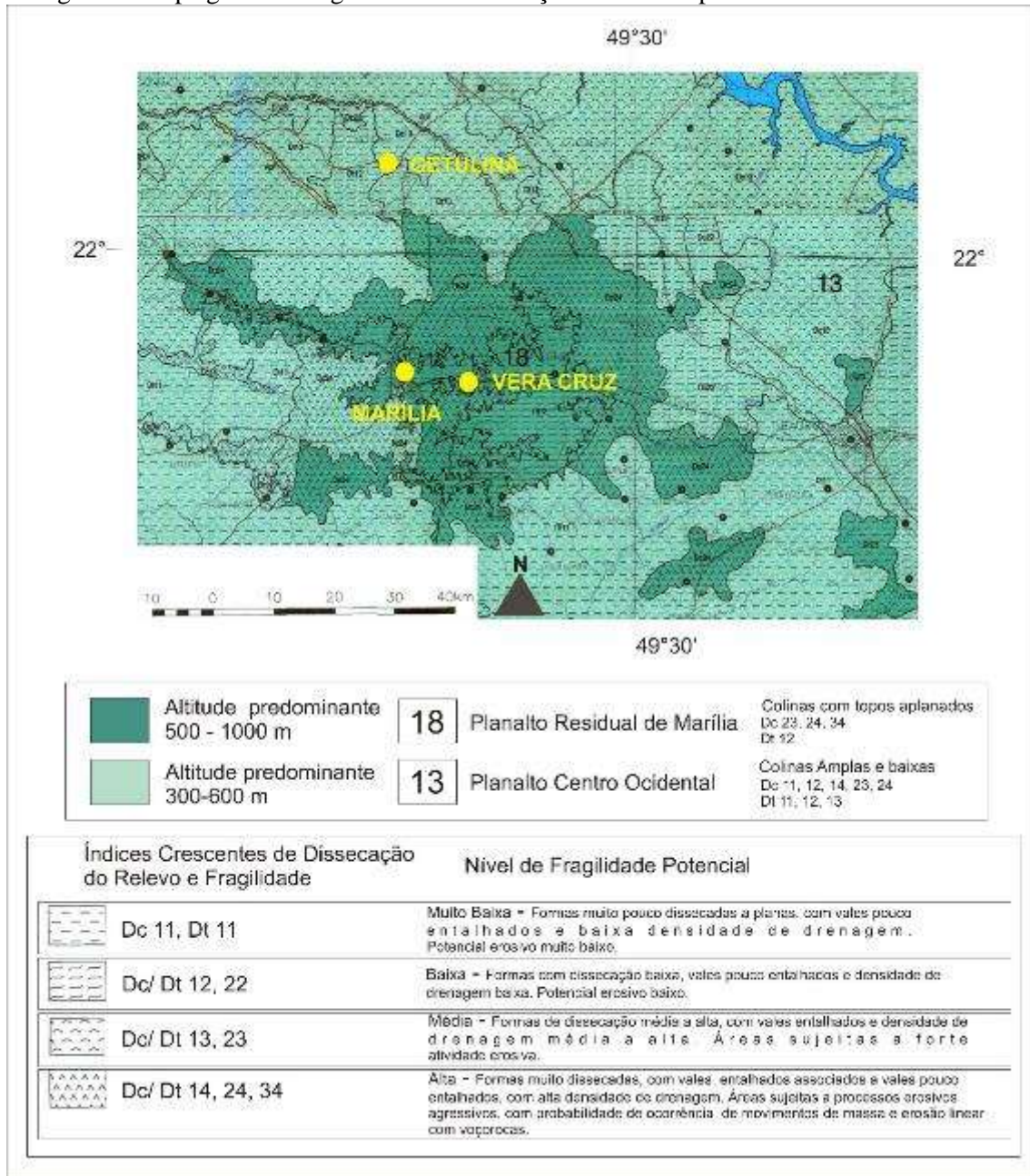
No caso da Formação Adamantina ela se caracteriza por:

“arenitos finos e muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos com lentes de siltitos arenosos e argilosos ocorrendo em bancos maciços, estratificação plano – paralela e cruzada de pequeno a médio porte” (IPT, 1981, p.48).

Em sua formação observa-se a presença de leitos de conglomerados basal, bem como a presença de seixos de arenito, basalto, argilito, ágata e quartzo nas faces inferiores da Formação Adamantina, recoberta pela Formação Marília e pelos depósitos cenozóicos (IPT, 1981).

Morfoestruturalmente os municípios de Vera Cruz e Getulina localizam-se na Bacia Sedimentar do Paraná. Morfoesculturalmente, Vera Cruz está no Planalto Ocidental Paulista, que recobre 50% do estado de São Paulo, mais precisamente no Planalto Residual de Marília, e Getulina no Planalto Centro Ocidental (ROSS; MOROZ, 1997) (figura 6).

Figura 6: Mapa geomorfológico com a localização dos municípios de Getulina e Vera Cruz



Fonte: Adaptado de Ross e Moroz (1997).

O Planalto Ocidental Paulista caracteriza-se por um nível de fragilidade potencial médio, com suscetibilidade aos processos erosivos (em especial nas vertentes com grande inclinação) por apresentar dissecação média, vales entalhados e uma densidade de drenagem que varia de média a alta. Os planaltos interiores de Marília, Monte Alto e de Catanduva, caracterizam-se pela erosão diferencial, responsável pelo destaque dos maciços rochosos de cimentação carbonática. São platôs residuais de formas escarpadas nas vertentes superiores e altamente erodidos (IPT, 1981; ROSS; MOROZ, 1997).

O Planalto Residual de Marília está localizado em área de exposição das rochas da Formação Marília, estando intensamente erodido e sustentado pelos platôs e espigões, estes platôs são limitados pelas escarpas festonadas com a presença de morros testemunhos. Seu relevo se caracteriza-se por ser levemente ondulado de morrotes e colinas, sendo estas amplas e médias, cercadas por escarpas festonadas e encostas sulcadas (IPT, 1981).

Este planalto residual apresenta uma segunda superfície planáltica entalhada em rochas da Formação Adamantina, que também se caracteriza pelos relevos de colinas baixas e médias, e por solos residuais espessos, permeáveis, friáveis e muito suscetíveis às ações erosivas (BEZERRA et al., 2009). Sua dissecação é média, com uma drenagem que varia de média para alta, com uma declividade de 10 a 20% e altimetrias que variam dos 500 aos 600 metros (ROSS; MOROZ, 1997).

O uso do solo no município de Marília, nas proximidades de Vera Cruz e no qual as mesmas condições se aplicam, apresenta dois compartimentos geotécnicos do terreno, de acordo com o IPT (1994), que são os terrenos de alta suscetibilidade e com movimentos de massa e os terrenos com alta suscetibilidade aos processos erosivos (sulcos, ravinas e voçorocas) (BEZERRA et al., 2009).

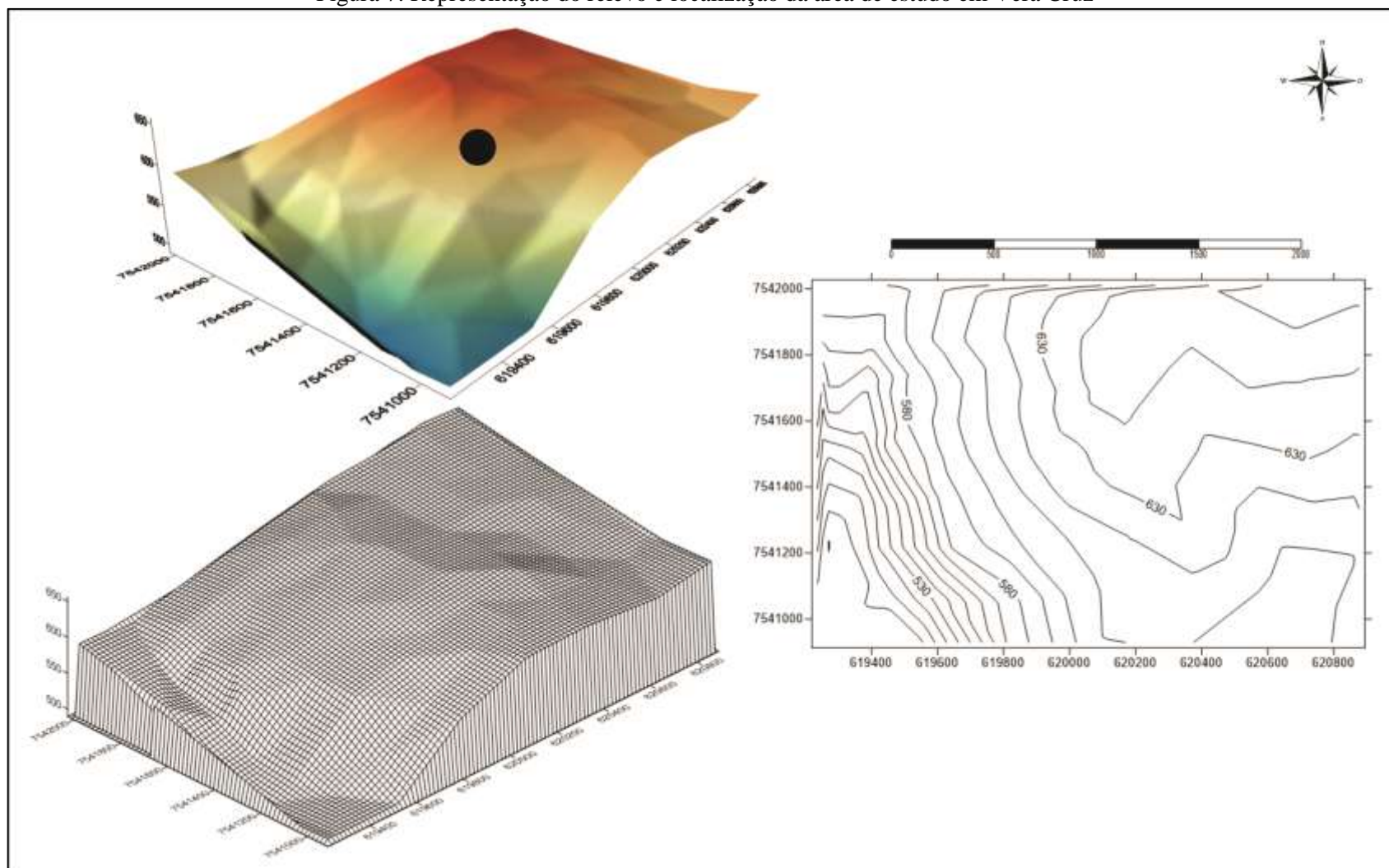
Este primeiro tipo de terreno está enquadrado nos relevos de escarpas sustentadas pelas rochas sedimentares da Formação Marília, caracterizados pelas declividades altas, pelos escorregamentos, tanto de solo como de rochas e blocos, e pelos rastejamentos de depósitos de tálus instáveis e induzidos. Já o segundo grupo de terreno se enquadram nas formações Araçatuba e Adamantina e nos solos “podzólicos”, em especial os depósitos neokuaternários, com grande suscetibilidade aos processos erosivos (BEZERRA et al., 2009).

No caso do Planalto Centro Ocidental, este apresenta o predomínio dos relevos denudacionais, de colinas amplas e baixas, de topos convexos e aplanados ou tubulares. Os vales se caracterizam por entalhamentos médios inferiores aos 20 metros e com altimetrias que variam de 400 a 700 metros. Já as declividades das vertentes variam entre 2 e 10% (ROSS; MOROZ, 1997). Os setores aplainados dos topos das colinas apresentam baixo nível de fragilidade potencial, por outro lado, as características texturais dos solos e as vertentes mais inclinadas atribuem uma maior suscetibilidade aos processos erosivos, em especial pelos escoamentos concentrados.

A seguir apresenta-se uma representação da característica do relevo no entorno das áreas de estudo. A área em que os experimentos estão instalados, assim como os processos erosivos estão sinalizadas com o círculo preto.

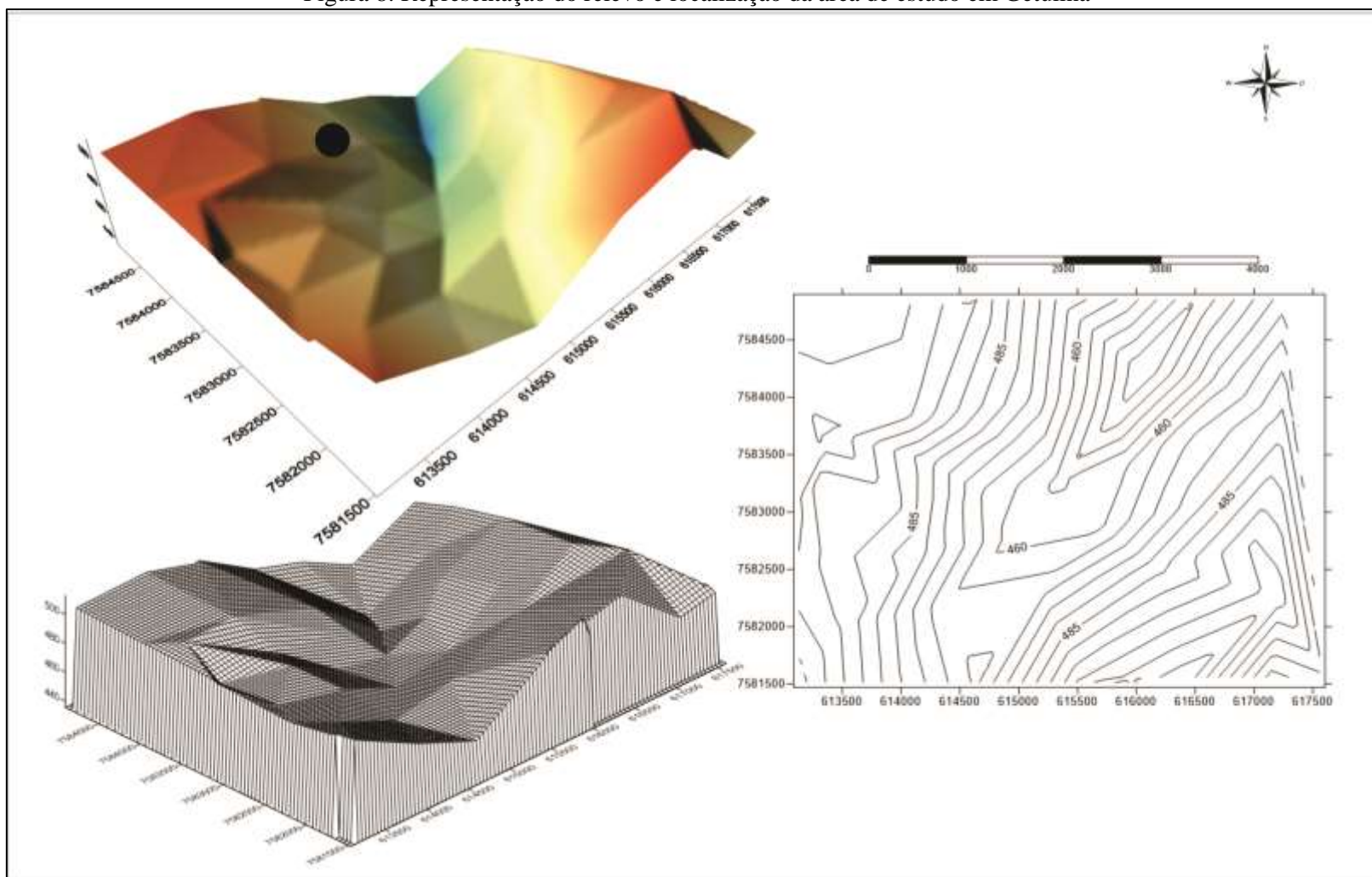
De forma geral, a área de estudo de Vera Cruz localiza-se no topo do Planalto Residual de Marília, mais especificamente próxima ao topo de uma vertente de declividade considerável. Já a área de estudo de Getulina se caracteriza por um grande comprimento de rampa, porém, de declividade menos considerável, quando comparado com Vera Cruz.

Figura 7: Representação do relevo e localização da área de estudo em Vera Cruz



Fonte: Organização da autora.

Figura 8: Representação do relevo e localização da área de estudo em Getulina



Fonte: Organização da autora.

2.3 O PROCESSO DE OCUPAÇÃO DOS MUNICÍPIOS PAULISTAS DE VERA CRUZ E GETULINA E O DESENCADEAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREAS RURAIS

Neste momento apresenta-se uma aproximação sobre o conjuntura histórica e socioespacial de formação dos municípios no qual se localizam as áreas de estudo incorporadas na presente pesquisa, bem como os processos envolvidos no desencadeamento das erosões nas áreas rurais onde os experimentos de determinação de perda de solos e de contenção de erosões se localizam.

A ocupação do Oeste Paulista se deu frente ao processo de expansão do café no interior do Estado de São Paulo, em resposta a necessidade econômica da incorporação de novas terras férteis à dinâmica internacional da produção cafeeira. Este processo foi estabelecido nos moldes das grandes propriedades monocultoras, para as quais a vegetação original deu lugar (PRADO JÚNIOR, 1970; BEZERRA et al., 2009).

Este processo de estabelecimento da monocultura cafeeira se deu primeiramente, no Estado de São Paulo, no litoral paulista, com destaque posterior para o Vale do Paraíba, que no século XIX já era considerada a maior região produtora do Brasil. Fator este favorecido pelo relevo mais acidentado que protegia os cafezais contra a ação dos ventos e da proximidade dos centros de exportação, como o porto de Santos (PRADO JÚNIOR, 1970).

Os cultivos se deram sobre o molde da exploração em potencial do solo, com a maximização da produção, por meio do emprego de técnicas agrícolas rudimentares e o manejo praticamente ineficiente, levando ao esgotamento do solo, ao rápido decaimento da produção e a necessidade de incorporação de novos espaços ao processo produtivo com a expansão da fronteira agrícola.

O interior paulista, caracterizado pelo planalto que favorecia a disseminação dos meios de comunicação e de transporte (ferrovias) para o escoamento da produção agrícola, vai ser ocupado por contínuos cafezais e pelo desenvolvimento de núcleos urbanos fomentados por esta atividade econômica (PRADO JÚNIOR, 1970; MATOS, 1981). Esta correlação entre a possibilidade de deslocamento da produção cafeeira para o interior e a disseminação dos meios de transporte vai ser denominada de binômio café/ferrovias (PRADO JÚNIOR, 1970; MATOS, 1981).

À atividade cafeeira estão vinculados dois importantes elementos da História de São Paulo: a colonização, por meio de trabalhadores europeus, e a estrada de ferro. Esta nasceu intimamente ligada ao café, pois seus promotores, quer no Rio de Janeiro, quer em São Paulo e mesmo em outras regiões, foram fazendeiros, e toda rede ferroviária, com raras exceções, foi construída em função da cultura cafeeira [...] parece fora de dúvida que a nossa Ferrovia surgiu e se desenvolveu “à cata” do café, isto é, a Estrada de Ferros seguiu de perto o caminho feito pelo cafezal. Sem o deslocamento do café não haveria a extensão da rede ferroviária [...] as nossas estradas de ferro, em especial as paulistas, não abriram novas fronteiras, mas, pelo contrário, acompanharam aquelas que iam sendo desbravadas e se constituíram em “frentes pioneiras”, na expansão colonizadora desencadeada pelo café (MATOS, 1981, p.10-11).

O próprio estabelecimento de muitas cidades vai ser dar com a abertura de novas estações ferroviárias que atribuíam dinamismo à região. Neste sentido, a ocupação do interior paulista deve ser entendido em uma conjuntura que incorpora diversos elementos como: deslocamento do café para o interior (fomentado por características como topografia e pluviosidade), a ferrovia e sua relevância para este deslocamento, bem como para o escoamento da produção e o surgimento das atividades complementares associadas aos núcleos de produção cafeeira (SILVA, 1943; MATOS, 1981; MILLIET, 1982; HOLLOWEY, 1984; PRADO JÚNIOR, 1970).

O município de Getulina surgiu por meio de investidas dos chamados desbravadores que constituíam-se em sujeitos sociais (jagunços, empreiteiros, colonos ou posseiros) que apesar de abrir as novas trincheiras ou mesmo cultivar nas novas terras, tinham sua força de trabalho explorada pelos grandes fazendeiros em prol da incorporação destes novos espaços à atividade cafeeira. Estes foram ocupando o noroeste paulista, os mesmos já haviam chegado, por volta de 1890, a Bauru e alguns deles ao ribeirão Batalha e ao rio Feio².

Por meio do projeto de construção de uma nova ferrovia denominada Caminho de Ferro que ligaria a capital do país ao Estado do Mato Grosso, foram trazidos para Bauru, no fim de 1904, homens de Pederneiras, Agudos e Dois Córregos com o intuito de dar início às obras da estrada que, posteriormente, foi denominada Noroeste do Brasil.

Em 1917 um grupo de engenheiros chegou às margens do rio Feio para a divisão de terras do Dr. Bernardino de Campos e foi nestas terras que se instalou o patrimônio de Getulina, localizado as margens do córrego Gavanhery e Lambary. Foi por meio da

² As informações referentes ao surgimento e municipalização de Getulina foram extraídos do site da prefeitura municipal. Disponível em: <http://www.getulina.sp.gov.br/>. Acesso em: junho de 2016.

derrubada da mata que iniciou-se a construção da estrada de ferro até Lins e, posteriormente, até Garça.

Após 1930 foi iniciado o processo de emancipação de Getulina que até então pertencia a Lins, sendo que sua oficialização se deu em 1935.

Atualmente a atividade agrícola do município apresenta uma tendência a diversificação, com destaque para a pastagem, cana-de-açúcar e laranja. O café se encontra em sétima colocação com relação a área ocupada e em quarta no número de UPAs (Unidades de Produção Agropecuária), caracterizando-se por ser uma atividade presente em parcela considerável das propriedades, porém, ocupando pequenas áreas nestas (CATI/IEA, 2008).

Como pode ser observado no quadro 1, as pastagens e as culturas temporárias representam mais de 85% da área em hectares das UPAs do município, seguido das culturas perenes como o café. Já a vegetação natural é ínfima, relacionada com o processo de desmatamento da cobertura vegetal para incorporar as atividades agrícolas.

Quadro 1: Descrição de uso do solo no município de Getulina

Descrição de uso do solo	Nº de UPAs	Area (ha)	%
Cultura Perene	150	3.626,7	5,4522
Reflorestamento	72	416,1	0,6255
Vegetação Natural	139	2.912,8	4,379
Area Complementar	440	642,8	0,9663
Cultura Temporária	263	25.425,4	38,2237
Pastagens	450	32.143,5	48,3235
Area em descanso	29	308,9	0,4645
Vegetação de brejo e várzea	154	1.041,1	1,5651

Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA, Projeto LUPA, (2008). Organização: Baldassarini (2014).

Segundo o Plano de Desenvolvimento Rural Sustentável do Município (2010) o processo de derrubada da cobertura vegetal nativa e a exploração intensiva do solo para fins agrícolas, com o emprego de técnicas inadequadas de manejo, se colocam como os problemas ambientais de maior predominância no município. Resultando na acidificação dos solos, no desencadeamento de processos erosivos e no assoreamento de cursos d'água.

Ribeirões, córregos e nascentes encontram-se desprotegidos devido à precariedade ou falta de conservação do solo, muitas vezes sofrendo processos de assoreamento intenso devido às pastagens degradadas, ausência de matas ciliares, falta de conservação do solo. São comuns processos erosivos de diversas naturezas, como erosão laminar, por sulco e até mesmo voçoroca, causando perdas e empobrecimento do solo, desvalorização da propriedade e desequilíbrio ambiental, o que repercute direta e indiretamente na produtividade do setor rural (PREFEITURA MUNICIPAL DE GETULINA - PMDRS, 2010, p.12).

A propriedade agrícola abrangida na presente pesquisa está localizada em um bairro rural tradicional do município chamado “Primeira Aliança”.

A seguir observa-se uma aerofoto da Fazenda Aliança que, posteriormente dará origem aos bairros rurais de Getulina, do fim da década de 1930 (Figura 9), no qual é possível observar o processo de desmatamento para a instalação das plantações de café ao redor do núcleo urbano.

Figura 9: Aerofoto de Getulina (1939/1940)



Fonte: Acervo do IGC (Instituto Geográfico e Geológico). Disponível em: <http://www.igc.sp.gov.br/produtos/galeria_aerofotos.aspx>. Acesso em: 15 de outubro de 2013.

Em entrevista realizada com o produtor rural ele nos contou que a propriedade foi adquirida por herança, dos avós que vieram do Japão e se instalaram, inicialmente na região da Mogiana e, posteriormente, em Getulina na década de 1940, onde iniciaram a produção de café. O atual produtor, formado em Administração de Empresas, auxiliou o pai nas atividades agrícolas até tomar posse da propriedade. Apesar de não ser um grande produtor rural, o mesmo tem como diferencial a busca pela incorporação de novas técnicas no processo produtivo e no manejo do solo, com parcerias com pesquisadores do

Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Esta característica foi relevante para que aceitasse colaborar de forma ativa com a pesquisa científica.

Antigamente, a propriedade trabalhava com o cultivo de duas variedades de café: Bourbon e Mundo Novo, que se caracterizam por ser mais tradicionais, com um sistema de produção também tradicional de plantio em covas e em quadrado de 3,5 m por 3,5 m. Paralelamente, também era produzido feijão, milho e amendoim.

Atualmente, houve a incorporação de novas variedades que permitissem a maior resistência aos nematoides, a maior produtividade, que facilitasse a colheita e que produzisse café de melhor qualidade.

O café apresenta algumas limitações de manutenção nas propriedades rurais do município, como a altitude (em média 487 metros) que é menos favorável ao café de qualidade, a escassez de mão de obra especialmente para a colheita, a dificuldade de comercialização e os preços desestimuladores.

Neste contexto, a pecuária ganha destaque nos últimos anos, havendo um considerável processo de substituição das antigas lavouras de café, pouco produtivas, pelas pastagens, fator este que tem contribuído com o aumento da ocorrência de processos erosivos pelo predomínio de solos e pastos degradados (PREFEITURA MUNICIPAL DE GETULINA - PMDRS, 2010).

Este processo também ocorreu na propriedade rural de Getulina abrangida na pesquisa. Segundo o produtor rural, para que o café seja lucrativo é preciso que a produção seja mecanizada, para que não haja a dependência da mão de obra. Além disso, tem-se os custos com variedades, tratamentos culturais, na colheita e na qualidade dos grãos, o que encarecem a produção.

Esta substituição dos cafezais pela pastagem agravou a situação de um solo já empobrecido por décadas de exploração. No início dos trabalhos na área (ano de 2013) o pasto encontrava-se degradado e o pisoteio do gado favorecia o surgimento de sulcos erosivos (BALDASSARINI, 2014).

A área de instalação da parcela experimental está representada abaixo, ao lado dos barramentos de bambu instalados para a contenção dos processos erosivos, enquanto medida de recuperação de áreas degradadas desenvolvido por Baldassarini (2014).

Figura 10: Localização da área estudada na propriedade rural de Getulina



Fonte: Google Earth. Data da imagem: 2015.

Na figura 11 é possível observar a situação inicial da área com a ocorrência de processos erosivos na pastagem degradada, no momento de construção dos barramentos de bambu (BALDASSARINI, 2014).

Figura 11: Área de aplicação da técnica de barramentos de bambu para contenção da erosão e de instalação da parcela de monitoramento em Getulina



Fonte: Baldassarini (2014).

A segunda área abrangida na pesquisa refere-se a uma propriedade rural localizada no município de Vera Cruz.

O surgimento deste município se deu em meados de 1923, no qual foi construído, em terras da família Souza Queiroz, uma casa de madeira, as margens da estrada que

ligava Marília a Garça, com o intuito de constituir-se no ponto de parada das jardineiras³. Ao seu redor foi instalado diversos estabelecimentos comerciais que deram origem a um pequeno povoado, denominado Vera Cruz.

No fim dos anos 1920 a Companhia Paulista de Estrada de Ferro inaugurou uma estação na localidade (PREFEITURA MUNICIPAL DE VERA CRUZ - PMDRS, 2010). Foi com a instalação da estrada de ferro e com a vinda de muitas pessoas destinadas ao desenvolvimento da atividade cafeeira que Vera Cruz tornou-se município em 1933.

A seguir apresenta-se uma aerofoto do núcleo urbano e de seu entorno com o predomínio dos cafezais, no fim da década da 1930.

Figura 12: Aerofoto do núcleo urbano de Vera Cruz e de uma das fazendas do município, em meados dos anos 1939/1940



Fonte: Acervo do IGC (Instituto Geográfico e Geológico). Disponível em: <http://www.igc.sp.gov.br/produtos/galeria_aerofotos.aspx>. Acesso em: 15 de outubro de 2013.

O histórico de ocupação e exploração do solo no município também foi marcado pela retirada da vegetação nativa para a instalação dos cafezais, caracterizada pela ausência de técnicas de manejo, como as curvas de nível, o que favoreceu o esgotamento dos solos e o desencadeamento de processos erosivos (BALDASSARINI, 2014).

Atualmente, os principais fatores envolvidos com a erosão dos solos são a construção de estradas rurais, nas quais as águas pluviais são direcionadas e acumulam-se no traçado, sendo direcionadas de forma inadequada para as propriedades adjacentes, bem como a presença de extensões de terra sem cobertura vegetal ou com pastagens degradadas (PREFEITURA MUNICIPAL DE VERA CRUZ - PMDRS, 2010).

Ainda hoje o café é a principal atividade no município, ocupando a segunda maior extensão em área, como também gerando a maior receita do setor, seguida pela pecuária

³ Jardineiras era um meio de transporte, por vezes utilizado para o transporte de pessoas entre as cidades vizinhas que constituía-se de um ônibus aberto com assentos paralelos. Disponível em: <<http://www.dicio.com.br/jardineira/>>. Acesso em: julho de 2016.

de corte e leiteira (PREFEITURA MUNICIPAL DE VERA CRUZ - PMDRS, 2010). Com relação a ocupação do solo, o município apresenta a seguinte conjuntura.

Quadro 2: Descrição de uso do solo no município de Vera Cruz

Descrição de uso do solo	Nº de UPAs	Área (ha)	%
Cultura Perene	156	3266,5	13,78
Reflorestamento	68	173,9	0,73
Vegetação Natural	152	1.638,3	6,91
Área Complementar	276	527,1	2,22
Cultura Temporária	57	417,9	1,76
Pastagens	251	17.271,4	72,9
Área em descanso	20	232,6	0,98
Vegetação de brejo e várzea	74	160,5	0,67

Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA, Projeto LUPA, (2008). Organização: Baldassarini (2014).

Observa-se a relevância das culturas perenes, como o café. De forma geral, as pastagens representam a maior área em hectares, sendo a atividade agrícola que ocupa o maior número de UPAs. Com relação a vegetação natural ela se apresenta como mais considerável quando comparada com Getulina, em função da manutenção desta vegetação nas áreas de maior declive, considerando que o relevo deste município, localizado no Planalto Residual de Marília, apresenta-se como muito mais acidentado do que o de Getulina.

O município de Vera Cruz apresenta uma maior relevância das médias e grandes propriedades rurais, no que tange a estrutura fundiária (CATI/IEA, 2008), quando comparado com Getulina. Este fator favorece a maior diversificação das atividades agrícolas desenvolvidas pelos produtores rurais de Getulina, enquanto estratégia de reprodução socioeconômica e da não dependência das oscilações do mercado externo envolvidas com a comercialização do café.

A propriedade agrícola de Vera Cruz na qual a pesquisa foi desenvolvida refere-se a uma das maiores e mais tradicionais do município, dedicando-se exclusivamente a atividade cafeeira. O proprietário rural investiu na especialização da produção, detendo o conhecimento de todas as etapas de produção, desde a confecção das mudas em tubetes até o beneficiamento dos grãos para exportação.

A propriedade rural apresenta problemas de erosão como voçorocas originárias do redirecionamento das águas pluviais da rodovia que a margeia, bem como de sulcos e ravinas decorrentes do processo de renovação dos pés de café que datavam de 1940. Este processo, em especial, promoveu a exposição do solo de característica arenosa a ação da

água da chuva, este fator se agrava com a manutenção dos carregadores novos sem vegetação e a declividade acentuada do relevo, potencializando o escoamento superficial.

Na figura a seguir é possível identificar a área no qual se localizava os sulcos erosivos recuperados durante o trabalho desenvolvido por Baldassarini (2014) e onde foi instalada a parcela experimental para estimação da perda de solo anual.

Figura 13: Localização da área estudada na propriedade rural de Vera Cruz



Fonte: Google Earth. Data da imagem: 2016.

A área trabalhada na presente pesquisa, apresenta processos erosivos originados da renovação do cafezal, com a limpeza do terreno para estabelecimento dos novos pés, que são plantados com mais ou menos 20 cm de altura. O tamanho das mudas faz com que o roçado da área tenha que ser constante para impedir a competição das mesmas com ervas daninhas representadas, principalmente, pela gramínea. As mudas distribuídas em ruas, separadas pelos carregadores e em um relevo de declive considerável promove a concentração dos fluxos de água pluvial em canais de convergência.

Foi nesta área que se instalou os barramentos de bambu, objetivando a contenção dos sulcos erosivos nas ruas de café (BALDASSARINI, 2014). Abaixo apresenta-se a área de implementação dos barramentos e da parcela de monitoramento com pinos de erosão.

Figura 14: Área de aplicação da técnica de barramentos de bambu para contenção da erosão e da parcela de monitoramento em Vera Cruz



Fonte: Trabalho de campo. Arquivo Pessoal.

O monitoramento espaço-temporal dos barramentos, que permanece até o presente momento, com a manutenção das barreiras, será apresentado posteriormente, quando exposto no que tange os barramentos de bambu enquanto técnica de contenção de processos erosivos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

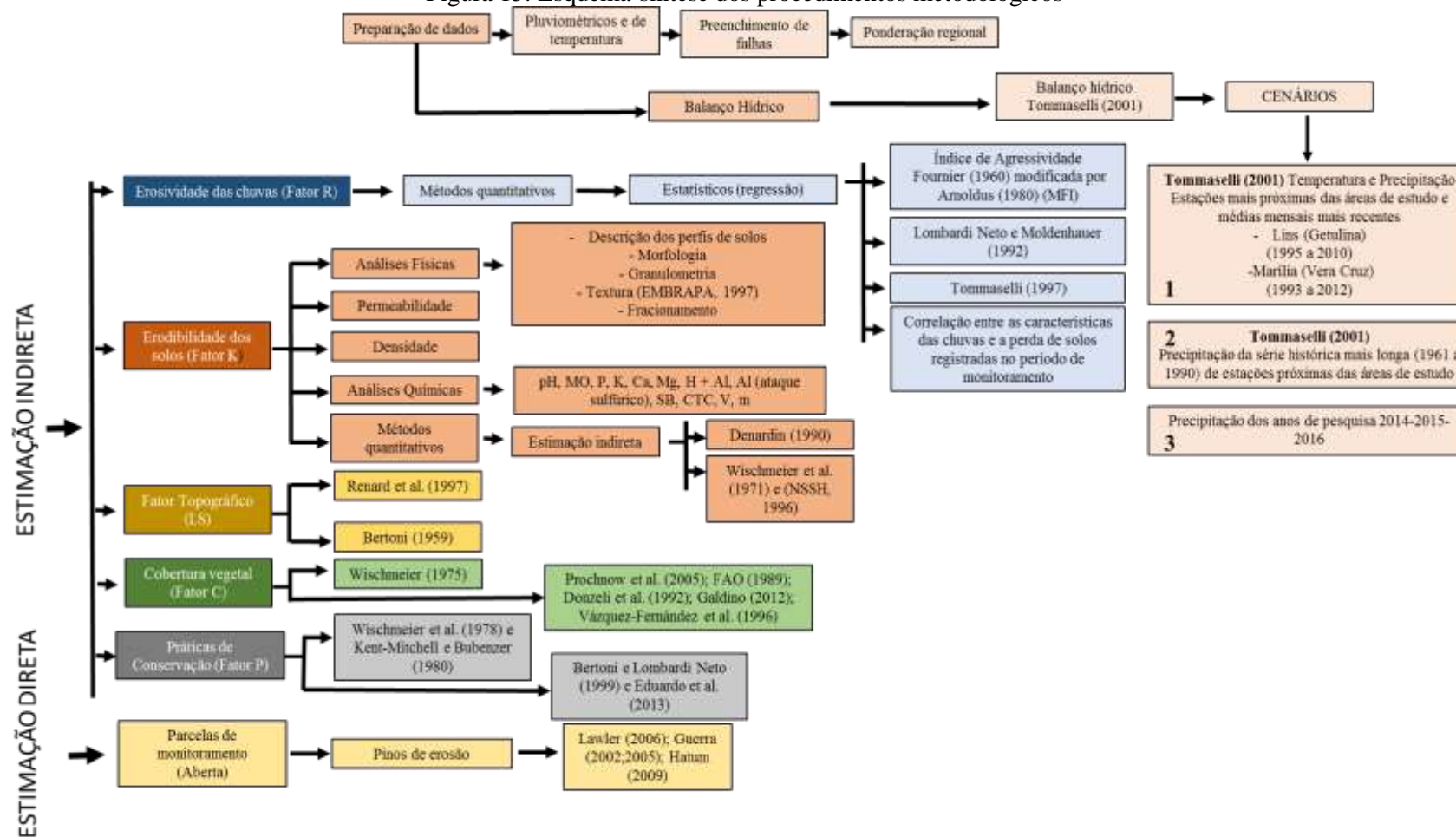
Será apresentado todo o arcabouço de metodologias e técnicas aplicadas para alcançar os objetivos da pesquisa. Estas foram selecionadas considerando duas vertentes principais: 1° a possibilidade de aplicação, considerando a existência dos dados e análises necessárias e 2° a relevante adoção das metodologias no meio acadêmico, através da sua aplicabilidade em trabalhos científicos.

De forma geral, todas as metodologias colocam-se como instrumentos que permitem o entendimento das dinâmicas envolvidas na perda de solos e no desencadeamento de processos erosivos.

A perda de solos será estimada por meio de dois métodos principais, que caracterizam-se por serem quantitativos, um de estimação direta em campo por meio dos pinos de erosão em parcelas de monitoramento e o outro de estimação indireta, por meio de modelos provenientes da Equação Universal de Perda de Solos.

A seguir tem-se o esquema-síntese dos procedimentos metodológicos.

Figura 15: Esquema-síntese dos procedimentos metodológicos

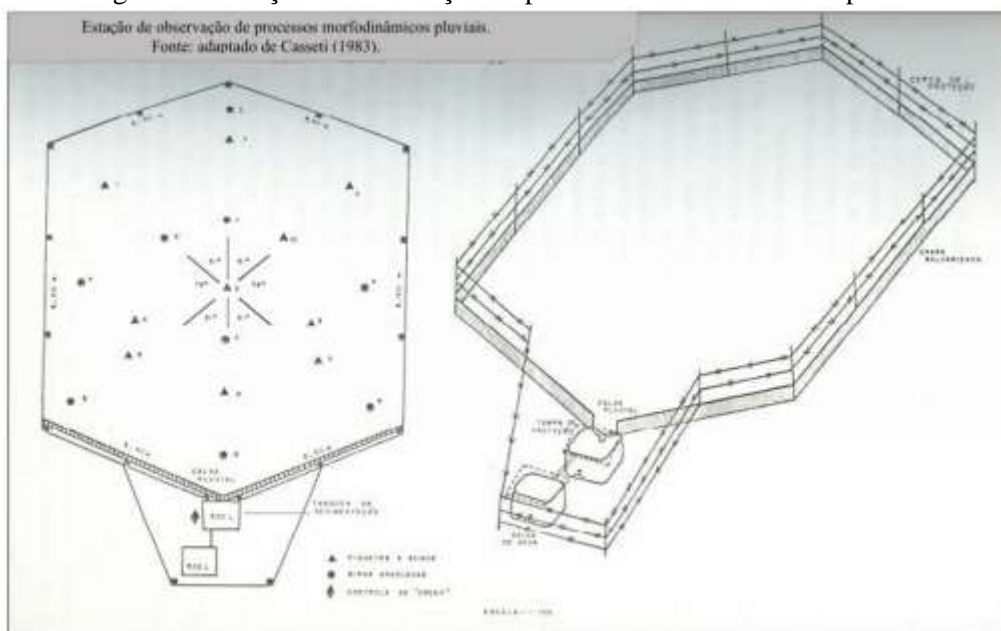


Fonte: Organização da autora.

3.1 INSTALAÇÃO DAS PARCELAS DE MONITORAMENTO COM PINOS DE EROSÃO

Inicialmente, objetivava-se a construção das estações de observação de processos morfodinâmicos pluviais baseando-se na metodologia desenvolvida e aplicada por Casseti (1983).

Figura 16: Estação de observação de processos morfodinâmicos pluviais



Fonte: Adaptado de Casseti (1983).

Porém, no caso das parcelas utilizadas na presente pesquisa estas foram denominadas de parcelas de monitoramento em campo, no qual a estimativa da perda anual de solos se dá por meio de medições volumétricas, neste caso, com o emprego dos pinos de erosão.

As parcelas foram instaladas no ano de 2014, sendo que em julho ambas já estavam devidamente instaladas.

A primeira a ser construída foi a de Getulina, em meio a uma área de pastagem, ao lado dos barramentos de bambu para contenção de sulcos erosivos implementados em projetos anteriores e que continuam sendo monitorados (BALDASSARINI, 2014). Posteriormente, construiu-se a parcela de monitoramento de Vera Cruz, também ao lado dos barramentos de bambu.

Como mencionado anteriormente o objetivo principal da construção das parcelas de monitoramento em ambas as propriedades rurais esteve vinculado com a possibilidade de indicar quais os fatores foram mais relevantes, durante o período de monitoramento, para as maiores ou menores perdas de sedimentos identificadas. Por este aspecto, para

além do valor numérico obtido com as mensurações mensais dos pinos de erosão por meio do rebaixamento de superfície, buscou-se a correlação destas medições com as precipitações diárias das áreas de estudo, bem como com a variação percentual mensal da cobertura vegetal dentro das parcelas.

Estes elementos se colocam como fundamentais para a identificação do processo de desencadeamento de processos erosivos, bem como subsidiam as tomadas de decisão com relação as ações de recuperação e conservação de áreas degradadas por erosão hídrica.

O processo de construção das parcelas pode ser observado na figura a seguir.

Figura 17: Montagem das parcelas de monitoramento para determinação de perda de solos

Montagem das parcelas experimentais para determinação de perda de solos



Fonte: Trabalho de campo.

As parcelas foram isoladas com chapas galvanizadas, com uma altura de aproximadamente 30 cm, com o intuito de impedir a entrada e saída de material, principalmente por *splash*, preferencialmente, elas devem ser instaladas em áreas no qual a rugosidade do relevo não seja muito considerável, por dificultar sua manutenção (CUNHA; GUERRA, 2002; GUERRA, 2005; BORGES, 2009).

No interior das parcelas foram instaladas estacas graduadas (pinos de erosão), com marcações de 5 em 5 cm, com o intuito de auxiliar no cálculo do potencial de escoamento em relação à intensidade da chuva, introduzido ao solo 20 cm dos pinos e ficando exposto para monitoramento também 20 cm.

A instalação dos pinos deve considerar o tempo de monitoramento e a taxa de erosão esperada. Pinos muito longos não são recomendados por aumentar a instabilidade e requerer grandes perfurações que podem promover perturbações no local de instalação, já os pinos muito pequenos e superficiais correm o risco de serem perdidos.

Desta forma, a medida que o solo vai sendo erodido os pinos ficam mais expostos ou, quando há deposição, os mesmos são cobertos por solo, indicando a variação espacial da erosão ou deposição ao longo das parcelas, fator este que também auxilia no entendimento das dinâmicas envolvidas no processo erosivo laminar e/ou linear.

Esta técnica dos pinos permite estimar a perda de solo por espessura e volume (CUNHA; GUERRA, 2002; GUERRA, 2002; 2005; LAWLER, 1978; 2006; HATUM, 2009).

Esses pinos devem estar enterrados no solo a 10 centímetros ou mais, de preferência em encostas onde não haja passagem de animais e pessoas, ou então, a área deve ser cercada para que não haja nenhum tipo de perturbação. Após um tempo determinado (um ou dois anos, por exemplo), é possível verificar a taxa de rebaixamento do solo pelos pinos instalados e monitorados (pelo menos uns 50 pinos numa porção da encosta é aconselhável). Além do rebaixamento, se a densidade aparente do solo for determinada, é possível estimar com um razoável grau de precisão a perda de solo, em toneladas por hectare. (GUERRA,2005, p.34).

Inicialmente, foram instalados pinos metálicos com as marcações, muito comuns nos trabalhos que se utilizam desta técnica (PLOEY; GABRIEL, 1980; ARRUDA et al., 2004; PESSOA, 2007; BORGES, 2009). Porém, observou-se que eles apresentaram sinais de oxidação, o que poderia comprometer as medições. Por isso, os mesmos foram substituídos por pinos de madeira, marcados com tinta específica para este material e a prova d'água.

Considerando que o período de monitoramento foi de 12 meses adotou-se os pinos de madeira, porém, para períodos mais longos não se recomenda este tipo de material, que podem apodrecer em contato com a água da chuva e o solo úmido. De qualquer forma, faz-se indispensável o monitoramento e manutenção constante das condições dos pinos, para que estes não sejam perdidos ou danificados (LAWLER, 1978; 1993).

Figura 18: Confeção dos pinos graduados



Fonte: Arquivo pessoal.

A figura a seguir ilustra o início do monitoramento da área de instalação bem como suas dimensões.

Figura 19: Dimensões das parcelas e início do monitoramento



Fonte: Arquivo Pessoal.

No que se refere ao tempo de início do monitoramento das parcelas experimentais, o mesmo se diverge muito. Na presente pesquisa o monitoramento foi iniciado em janeiro de 2015, seis meses após o período de instalação da última parcela, tempo este que corresponde ao início dos monitoramentos de Bertoni e Lombardi Neto (1999).

Este período de pousio da área após instalação do experimento, objetiva a não contagem de sedimentos que possam ter sido desagregados mecanicamente e expostos a ação da água da chuva e do escoamento superficial com o procedimento de construção das parcelas, ou seja, indica-se um período de estabilização da área para o início das leituras.

Inicialmente, considerando que somente na propriedade rural de Getulina havia a circulação do gado em algumas épocas do ano, a parcela experimental foi cercada para impedir a violação do local (GUERRA, 1996; GUERRA, 2005; BORGES, 2009). No caso de Vera Cruz, a área de instalação é de difícil acesso de animais e pessoas, por isso o cercamento não foi realizado em um primeiro momento. Porém, identificou-se em um dos trabalhos de campo para monitoramento que ela apresentava sinais de violação.

Este fator levou a algumas consequências. Apesar da participação do produtor rural em todas as etapas da pesquisa e, inclusive na instalação dos experimentos, a grande quantidade de trabalhadores na propriedade fez com que nem todos fossem avisados sobre a necessidade de manutenção da área sem intervenção. Por isso, no mês de fevereiro, quando o monitoramento já havia sido iniciado, alguns pinos encontravam-se danificados. Por este motivo foi novamente informado para o proprietário rural e seus funcionários sobre a necessidade da não intervenção no local, procedendo-se com o seu isolamento.

Figura 20: Isolamento da parcela experimental de Vera Cruz

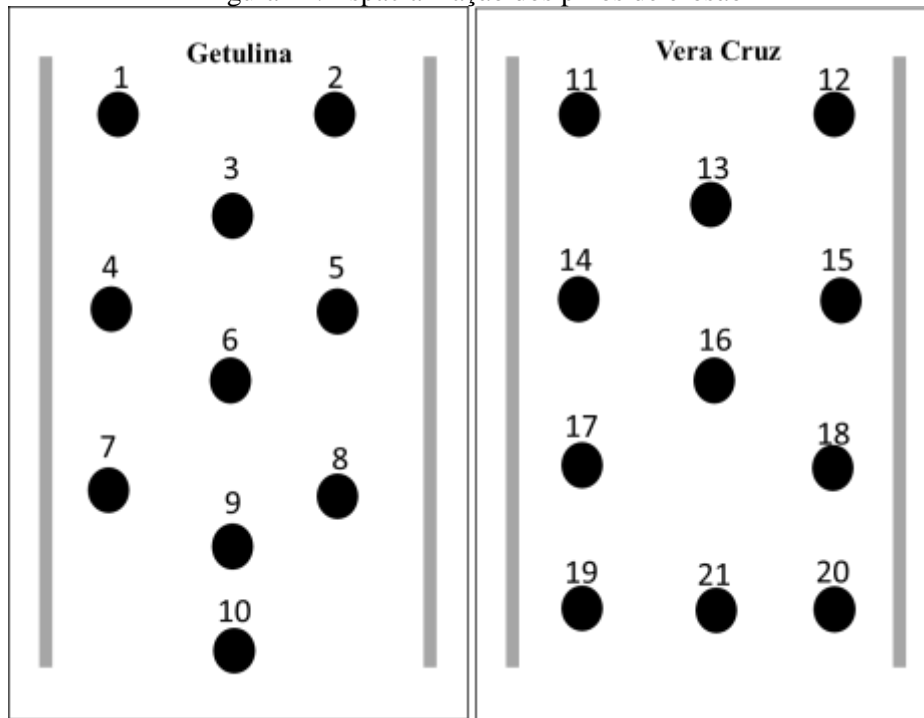


Fonte: Arquivo pessoal.

Por este motivo o monitoramento teve que ser reiniciado no mês de março de 2015, seguindo até março de 2016, com o objetivo de compreender todos os meses, estações do ano e suas variações de precipitação, cobertura vegetal, fertilidade e perda de solo.

Os pinos foram especializados da seguinte forma:

Figura 21: Espacialização dos pinos de erosão



Fonte: Arquivo pessoal.

Para o cálculo da perda de solo nas parcelas por meio das leituras dos pinos de erosão foram identificadas as entradas e saídas de sedimentos, considerando que são parcelas abertas. Identificadas as saídas de sedimentos, que correspondem as perdas de solo, foram somadas estas perdas tanto por pino como por mês.

Os valores totais perdidos pelos pinos de erosão foram somados e o resultado dividido pelo número de pinos, em que a altura correspondente a perda, dada em centímetros, foi transformada em metros.

$$\text{Altura} = \text{Soma da perda dos pinos} / n^{\circ} \text{ de pinos}$$

O volume de solo perdido foi calculado por meio da fórmula a seguir:

$$V = A \cdot h \tag{2}$$

Onde: V: volume de solo perdido (m³); A: área da parcela em (m²); h: altura em (metros).

Conhecendo-se o volume foi calculado a quantidade de solo perdido, por meio de:

$$M = d \cdot V \quad (3)$$

Onde: M: massa (toneladas); d: densidade do solo (T/m^3); V: volume (m^3).

O valor da perda de solo durante o ano experimental representado em toneladas nas duas propriedades rurais será comparado com a estimativa de perda de solo por meio da aplicação da EUPS, considerando atributos e informações das áreas de pesquisa extraídas nos trabalhos de campo.

Para além do monitoramento da perda de solo mensal por meio da leitura das marcações dos pinos de erosão, procedeu-se com a coleta de amostras de solo em todos os trabalhos de campo com o trato tipo holandês e a jusante das parcelas (uma amostra em cada propriedade por intervalo de leitura, ou seja, mensalmente, totalizando doze amostras por área). Estas amostras foram secadas, destorroadas e enviadas ao laboratório de análise da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (USP) que realiza, além da análise de fertilidade do solo, a determinação do teor de óxido de alumínio por ataque sulfúrico, relevante para a determinação indireta da erodibilidade pelo método de Denardin (1990), que foi um dos métodos utilizados na presente pesquisa.

Figura 22: Preparação das amostras para análise de fertilidade, teor de matéria orgânica e de óxido de alumínio



Fonte: Arquivo pessoal.

Portanto, para além das informações referentes a perda de solo mensal e de precipitação, as análises das amostras de solo forneceram dados sobre a variabilidade temporal de elementos associados com a fertilidade dos solos.

Estas informações foram classificadas de acordo com as classes de teores de referência na bibliografia, comparando os dados apresentados para Getulina e Vera Cruz e com as informações de precipitação e perda de solo de cada área, buscando identificar ou não correlações entre estes fatores.

Como exemplo de pesquisas que buscam identificar as perdas de nutrientes e outros elementos do solo tem-se Schaefer et al. (2002), com a análise das perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada; Garbiate et al. (2011) em parcelas com diferentes sistemas de colheita de cana e Lima (1988) pela comparação de nutrientes na água da chuva e na água do escoamento superficial em diferentes sistemas de manejo.

Sintetizando todas as variáveis consideradas e os dados coletados tem-se que durante o ano de monitoramento das parcelas o trabalho foi realizado em quatro frentes principais:

1 - Monitoramento mensal das variações das marcações nos pinos de erosão: as variações expressam entradas e saídas de sedimentos nas parcelas experimentais e deram origem as tabelas de perdas que foram expressas por mês e que somadas deram origem as perdas anuais, como também as perdas registradas por pino, expressando aqueles que registraram maiores ou menores perdas, demonstrando alterações na microforma do interior das parcelas.

2 - Levantamento e análise dos dados diários de chuva durante o período experimental. Estes dados foram fornecidos pelos produtores rurais e foram utilizados para diversos fins como comparação com os dados de precipitação da série histórica das estações meteorológicas mais próximas das áreas de estudo, correlação entre as precipitações registrada e os dias de chuva mensais e por estação do ano, correlação com a cobertura vegetal identificada nas parcelas experimentais, bem como com os dados mensais de perda de solo registrados.

3 - Coletas mensais de amostras de solo e análise de fertilidade: Estes dados de fertilidade foram analisados objetivando identificar a variação temporal de atributos do solo e sua correlação com a precipitação identificada no mesmo período.

4 - Estimativa mensal da porcentagem de cobertura vegetal nas parcelas experimentais e correlação deste fator com os valores mensais de perda de solo e precipitação.

3.2 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA O ENTENDIMENTO DA EROSIVIDADE DAS CHUVAS

Neste momento será apresentado o processo de obtenção dos dados referentes as precipitações, bem como as metodologias utilizadas para a determinação da erosividade nas áreas de estudo. As mesmas foram selecionadas considerando dois fatores principais: sua consolidação científica a partir da aplicação em distintos estudos e a possibilidade de aplicação considerando os dados disponíveis para a presente pesquisa, em especial, considerando a ausência dos dados de intensidade de chuva, fator este que não permitiu a aplicação da EUPS para determinar EI_{30} .

3.2.1 Obtenção de dados pluviométricos e de temperatura

Inicialmente buscou-se a obtenção de dados disponíveis para acesso, que contemplassem dois requisitos principais: localização geográfica e características similares as áreas de estudo, como também séries temporais representativas, prezando-se por aquelas mais longas e com menores falhas e ausência de dados.

Para a realização da caracterização climática das áreas de estudo, foram considerados os dados de pluviosidade do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)⁴.

Com relação a propriedade agrícola de Getulina, foram utilizados os dados da estação a seguir (Figura 23), no município de Guaimbê, localizada a cerca de 10 km da área.

Figura 23: Localização da propriedade rural de Getulina e a estação meteorológica utilizada como fonte de dados de precipitação



Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)

⁴ Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/Default.aspx?dadosorigem>. Acesso em: 06 de setembro de 2015.

Esta estação foi selecionada não só pela proximidade, mas também por apresentar uma série histórica de 55 anos (de 1959 a 2013), a mais longa e completa das pesquisadas no entorno.

Município	Prefixo	Nome	Altitude	Latitude	Longitude
GUAIMBE	C6-071	GUAIMBE	454	21° 54' 52"	49° 53' 52"

No caso da estação utilizada para a caracterização pluviométrica de Vera Cruz, foi utilizada a D6-025, localizada em Marília (Figura 24).

Município	Prefixo	Nome	Altitude	Latitude	Longitude
MARILIA	D6-025	MARILIA	640	22° 12' 45"	49° 56' 04"

A estação está a cerca de 13km da área de estudo, com uma série histórica também de 55 anos (1959 a 2013).

Figura 24: Localização da propriedade rural de Vera Cruz e a estação meteorológica utilizada como fonte de dados de precipitação



Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

Este período correspondente aos anos da 1959 a 2013 foi estabelecido após a eliminação de anos anteriores e posteriores da série que apresentavam uma ausência considerável de dados.

Com relação aos dados de temperatura, utilizou-se para a caracterização das áreas de estudo aqueles disponíveis no Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas

Aplicadas à Agricultura⁵. Estas informações se referem a uma série de dados também extraídas do DAEE correspondente ao período de 1961 a 1990, neste caso com dados relacionados aos municípios de Vera Cruz e Getulina.

Tabela 1: Dados de temperatura utilizados para caracterização climática

Getulina				Vera Cruz					
MÊS	TEMPERATURA DO AR (C°)			CHUVA (mm)	MÊS	TEMPERATURA DO AR (C°)			CHUVA (mm)
	Mínima Média	Máxima Média	Média			Mínima Média	Máxima Média	Média	
JAN	19.5	31.0	25.2	205.0	JAN	18.4	29.6	24.0	201.3
FEV	19.7	31.1	25.4	181.4	FEV	18.6	29.7	24.2	218.6
MAR	19.0	30.8	24.9	131.5	MAR	17.9	29.4	23.6	116.8
ABR	16.4	29.4	22.9	65.5	ABR	15.3	27.9	21.6	46.6
MAI	13.7	27.5	20.6	59.9	MAI	12.6	26.0	19.3	56.8
JUN	12.4	26.4	19.4	41.9	JUN	11.2	24.9	18.0	53.7
JUL	11.8	26.7	19.3	25.3	JUL	10.6	25.1	17.9	34.5
AGO	13.3	29.1	21.2	27.4	AGO	12.0	27.3	19.7	25.6
SET	15.4	30.1	22.8	60.2	SET	14.1	28.4	21.2	47.8
OUT	17.0	30.5	23.7	107.6	OUT	15.8	28.8	22.3	118.8
NOV	17.8	30.7	24.2	121.4	NOV	16.6	29.1	22.9	102.2
DEZ	18.9	30.5	24.7	184.8	DEZ	17.8	29.0	23.4	170.8
Ano	16.2	29.5	22.9	1211.9	Ano	15.1	27.9	21.5	1193.5
Min	11.8	26.4	19.3	25.3	Min	10.6	24.9	17.9	25.6
Max	19.7	31.1	25.4	205.0	Max	18.6	29.7	24.2	218.6

Fonte: Dados da série histórica (1961-1990). Centro de Pesquisas meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI-UNICAMP).

Os dados desta série histórica considerada mais antiga, tanto com relação a precipitação como temperatura, foram contrapostos com os adquiridos no CIIAGRO (Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas⁶) que trabalha com dados mais atuais de estações do Estado de São Paulo, neste caso, também foi selecionada aquelas que estavam mais próximas das áreas de estudo e com características geográficas similares.

No caso de Getulina a estação selecionada foi a que se localiza em Lins, cerca de 20km da área de estudo, com dados mensais de temperatura de 1995 a 2010. No caso de Vera Cruz utilizou-se uma estação localizada no município de Marília, com dados mensais de 1993 a 2012.

⁵ Disponível: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 06 de setembro de 2015.

⁶ Disponível: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/CIIAGROonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>>. Acesso em: 06 de setembro de 2015.

A relevância de se utilizar estes dados, mesmo temporalmente mais curtos, foi no sentido comparativo com as outras séries históricas encontradas, atingindo todas as possibilidades de dados disponíveis para consulta com relação as áreas estudadas. Além disso, esta fonte apresenta dados mensais de temperatura e precipitação que podem ser utilizados para a realização do cálculo de balanço hídrico referente ao período dos dados.

A seguir apresenta-se um comparativo das fontes de dados utilizadas na pesquisa, as informações disponíveis e os períodos correspondentes, com ênfase nas médias anuais de precipitação e temperatura.

Tabela 2: Fontes utilizadas para as obtenções de dados de temperatura e precipitação

Área de Estudo	Fonte de dados	Período da Série	Município	Altitude	Mínima Média	Máxima Média	Média	CHUVA (mm)
Getulina	DAEE	1959-2013	Guaimbê	454				1281,815
Vera Cruz	DAEE	1959-2013	Marília	640				1484,118
Getulina	CEPAGRI/UNICAMP	1961-1990	Getulina	479	16.2	29.5	22.9	1211.9
Vera Cruz	CEPAGRI/UNICAMP	1961-1990	Vera Cruz	645	15.1	27.9	21.5	1193.5
Getulina	CIAGRO	1995-2010	Lins		18,38438	30,04792	24,22604	1294,663
Vera Cruz	CIAGRO	1993-2012	Marília		17,45167	29,11583	23,28708	1456,145

Fonte: Organização da autora.

3.2.2 Preenchimento de Falhas

As séries históricas que necessitaram de preenchimento de falhas foram aquelas referentes aos dados mensais de precipitação da estação de Marília (Vera Cruz) e de Guaimbê (Getulina), do Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica.

Neste portal é possível selecionar as estações por município ou mesmo por localização geográfica, fornecendo dados diários e mensais de precipitação.

Inicialmente foi realizada a organização das séries históricas no *software Excel*, excluindo-se os anos que apresentavam diversas ausências de informação, identificados com a cor cinza e, posteriormente, foram selecionadas as falhas. Elas foram caracterizadas pelo símbolo (-), distinguindo-se dos meses sem precipitação representados pelo valor zero (0). Após distinguir a ausência de precipitação da ausência de dados, os mesmos foram selecionados na planilha com a cor amarela.

Também foi calculado o acumulado de chuvas anuais por meio da soma das precipitações dos meses do ano, expressas com a cor mostarda a direita das planilhas, bem como a média de precipitação de todo o período das duas estações, sinalizada com a cor vermelha, e a média de precipitação para cada mês considerando toda a série, localizado na parte inferior das planilhas.

A seguir apresenta-se a estrutura de organização, seleção e tabulação dos dados.

												Município	Prefixo	Nome	Altitude	Latitude	Longitude						
												GUAIMBE	C6-071	GUAIMBE	454	21° 54' 52"	49° 53' 52"						
												Chuva Mensal (mm)											
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro											
1946									0	20,9	105,9	73,2											
1947			--		7,4	62,4	3,9		57,5	126,3	156,6	37,2	--										
1948	256,8	336,4	132,4		0	44,8	0		10	21,5	200,1	165,9		83,7									
1949	133,9	112,5	118,8	123,4	68,3	11,4	4,7		10	13	69,7	153,2											
1950	360,4	209,9	336,1	58,5	41,6	33,1	0		0	10	191	41											
1951	335,1	173,8	229,6	39,4	9,1	122,8	23,6		15,4														
1952	102	172,3	306,7	19,4	16,3	36,5	0																
1955	110,8	191,8	100,3	75,2	29	27,7	4,1																
1959	207,9	270,3	86,8	51,6	40,6	15	22,5	20,5	17	95,2	81,1	252,4	1160,9	96,7									
1960	267,3	268,3	116,2	72,3	39,3	61,2	0	10,1	7,5	143,5	135,8	147,1	1268,6	105,7									
1961	192,9	262,8	108,5	97	45,1	4,5	20,7	10,3	46	158,8	86,6	336,2	1369,4	114,1									
1962	210,9	136	254,5	29,3	43,8	68,2	18,4	33,5	9	338,2	91,5	220,2	1453,5	121,1									
1963	183,6	171,8	30,9	43,2	0,5	0	0	12	19,5	86,5	330,6	27,7	906,3	75,5									
1964	83,5	219,7	123,3	2,1	18,7	45,5	28,1	51,8	4,8	128,3	78,5	246,7	1031,0	85,9									
1965	396,3	262,1	116,2	67,4	57,3	41,1	62,7	20,6	80,2	109,2	198,7	267,4	1679,2	139,9									
1966	99,4	220,3	35,2	51,7	61	8,5	21,3	34,5	61,7	170,5	136,8	201,1	1102,0	91,8									
1967	175,2	117,5	158,9	42,2	0	59,3	8	0	47,3	217,9	152,6	144,7	1123,6	93,6									
1968	346,5	53,4	81,8	37	10,6	41,5	13,3	40,8	61	147,8	114,7	250,1	1198,5	99,9									
1969	99,2	224,3	35,9	17,8	18,5	45	12	8	108,3	126,4	272,3	91,7	1059,4	88,3									
1970	163,3	280,1	117,6	24,4	63	43	8,1	68	81,6	131,6	108,9	89,9	1179,5	98,3									
1971	189,3	120,2	189,4	24	90,7	93,1	33,2	0	102,2	50,7	62	454,6	1409,4	117,5									
1972	204,6	328,5	88,3	115	102,5	2,3	134,3	55,1	96	236,8	147	132,9	1643,3	136,9									
1973	217	178,4	53,8	76,4	69,4	71,5	45,3	23,1	53,4	132,2	95	332,9	1348,4	112,4									
1974	202,1	125,6	198,7	23,2	29,7	129	0	9,1	35,5	95,6	95,6	406,3	1350,4	112,5									
1975	93,9	149,2	126,1	66,2	7,4	9,9	24,5	0	18,5	146,9	175,1	329,5	1147,2	95,6									
1976	227,9	220,6	213,4	67,2	126	79,3	53,6	119,8	139,5	107,1	133,7	284,3	1772,4	147,7									
1977	300,3	117,7	143,4	101,1	13,8	48	19,3	11,8	28,5	77,3	295,2	371,3	1527,7	127,3									
1978	211,7	130,1	84,2	6,6	123,4	12,9	86,8	0	89,1	86,1	114,2	182,8	1127,9	94,0									
1979	31,5	105,9	131,2	80,8	73,5	0	46,4	65,5	154,9	80,8	134,4	360,5	1265,4	105,5									
1980	171,9	232,2	30,5	86,7	49,2	93,2	1	16,9	109,1	95	125	228,9	1239,6	103,3									
1981	300,8	152,4	48	94	0,9	66,4	0	5,6	4	123,9	110,7	142	1048,7	87,4									
1982	239,7	228,3	360,9	41,1	73,8	96,8	64,1	14	9,5	93,45	202,4	235	1659,1	138,3									
1983	275,8	213,5	153	111,9	170,9	92,4	2,68	0	241,3	128,4	234,8	237,7	1862,4	155,2									
1984	133,2	92,7	175,6	98,9	61,2	0	0	87,4	56,5	28,8	134,1	159,7	1028,1	85,7									
1985	144,7	220,6	142,6	130,2	52,1	8	18,8	10,9	30,7	21,7	127,1	100,3	1007,7	84,0									
1986	179,8	199,2	132	22,8	129,6	0	29,6	162	19,1	62,1	35,3	255,8	1227,3	102,3									
1987	357,3	183,1	7,6	79	180,5	46,3	21,5	12,9	147,6	108,6	72,81	135,7	1352,9	112,7									
1988	125,7	188	68,4	72,9	151	1,5	0	0	0	212,6	25,5	69,6	915,2	76,3									
1989	286,5	167,3	224,2	25,5	31,1	26,94	14,95	45,7	77,9	35,3	139,2	269,2	1343,8	112,0									
1990	334,7	97,2	164,6	70,5	86,7	7,7	24	55,8	76,3	123,3	125,3	192,9	1359,0	113,3									
1991	235,4	253,7	269,8	172,2	83	44	7,8	0,2	7,2	77,1	80,6	226,2	1457,2	121,4									
1992	127,2	209	156,8	249,5	164	2,1	10	19,8	144,5	89,5	157,5	94,5	1424,4	118,7									
1993	168,2	364,7	247,6	179,2	84	65,3	4,6	80,5	193,2	47,1	81,2	291,3	1806,9	150,6									
1994	241,1	91,3	75,3	109,7	31,1	33,4	13,3	0	9,7	85,3	121,6	270,1	1081,9	90,2									
1995	386,5	362	126,4	142,7	19,1	35,7	17,6	0	53,1	114,1	41,7	276,6	1575,5	131,3									
1996	82,6	183,7	130,2	46,2	47,3	18,4	6,8	10,4	83,9	191	143,5	218,3	1162,3	96,9									
1997	378,7	170	84,4	58,3	93,4	170,9	23,3	0	27,3	103	216,5	135,7	1461,5	121,8									
1998	61,9	219,6	261,5	90,3	56,2	12,8	0,3	73,4	112,6	162,5	99,9	226,2	1377,2	114,8									
1999	293,5	147,3	66,3	71,2	45,5	44,3	1,3	0	57,9	20,9	100,7	156,9	1005,8	83,8									
2000	167,8	192,5	144,2	0	8,3	13,5	32	41,5	98,4	40,1	145,8	277,3	1161,4	96,8									
2001	110,5	151	149,3	30,6	70	56	36,6	32,3	55,1	97,8	87,7	218,2	1095,1	91,3									
2002	222,9	155,1	72	0	54,9	0	37,5	49,5	27,9	84,1	123,9	167,7	995,5	83,0									
2003	282,5	207,9	45,9	63,1	55	19	6,4	34,1	13,6	56,5	45,5	130,7	960,2	80,0									
2004	166,4	111,9	64,6	102,4	132,7	47,5	51,6	0	0	148,3	122,2	152,9	1100,5	91,7									
2005	335,8	88,1	146,8	53,6	47,3	33,7	27,6	0,7	61,2	199,7	54,9	187,4	1236,8	103,1									
2006	244,6	180,3	73,7	32,5	19,1	7,9	20	21,9	49,5	144,5	30,6	210,1	1034,7	86,2									
2007	481,5	150,9	109,9	53	54,3	0,7	182,8	0	6,9	38,9	85,6	162,9	1327,4	110,6									
2008	188,1	225,5	115,8	128,3	59,9	19,6	0	41,9	53,7	17,8	56,9	119,8	1027,3	85,6									
2009	341,8	228,2	123,9	17,4	68,8	80,2	83	147,1	134,2	142,2	248,9	221,4	1837,1	153,1									
2010	278,1	59,4	138,2	72,8	31,4	17,9	60,3	0,5	120,6	99,1	65	142,6	1085,9	90,5									
2011	326,1	242,9	121,6	100,1	7,5	53,4	7,5	30,3	21,8	193,3	97,5	115,3	1317,3	109,8									
2012	266,3	64,1	82,1	130,2	123,5	237,4	7	0,8	165,4	119,7	205,9	247	1649,4	137,5									
2013	255,5	112,2	158,3	39,6	203,7	79	34,8	0	50,9	168	23,2	25,6	1150,8	95,9									
2014	126,4	190,8	100,8	61,8	43,1	0	30,7	20,7	107				1282	106,8									
Média/mês	223,6	183,8	126,7	70,4	65,1	44,1	27,4	28,9	65,1	115,3	123,8	207,9	107										

	Dados Suplantados
	Falhas da série
	Média da série

Município	Prefixo	Nome	Altitude	Latitude	Longitude
MARILIA	D6-025	MARILIA	640	22° 12' 45"	49° 56' 04"

Chuva Mensal (mm)													Chuva/ano	Média/ano	
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro			
1939							74,9	0	56,6	37,7	344,8				
1940	160,4	253,5	47,4	94,5	36,3	2,2	8	5,8	9	135,2	179,3	169,4			
1941	227,8	94,8	158,6	27,7	24,1	0,7	37,7	35,3	188,6	98,2	211,6	239,4			
1942	119,7	270,7	234,1	82,7	50,7	111,7	60,8	0	71,6	39,1	71,8	206,2			
1943	175,3	166,9	94,4	41,9	2	27,8	5,7	0,6	80,4	133,9	101,8	143,7			
1944	185	216,5	76,9	28,9	8,1	11,5	0,5	0	14,9	123,4	186,4	171,1			
1945	212,4	250	76,9	48,4	23,4	229,2	74,6	6	23,4	100,5	253,1	154,8			
1946	146,9	242,1	128	46,2	66,3	63,2	143,2	3	55,2	169,4	77,8	223,8			
1947	307,1	381,5	65,7	22,8	148,6	15	50,5	74,9	97,9	72,8	53,1	205,5			
1948	224,7	255	125,6	25,2	42	0,7	91,2	21,6	20	102	131,3	85,8			
1949	146,3	246,6	150	104,4	54,6	63,8	1,4	5	22,6	88,7	125,9	424,6			
1950	330	269,7	298,6	77	29	19,3	0	0	11,3	249,2	180,1	107,9			
1951	377,3	129,6	342,5	44	28,2	59	4	25,3	15,8	65,9	111	181,9			
1952	127,6	183,7	153,6	0	0	107	0	2,2	24,6	185,8	149,1	219,7			
1953	278	190,7	34,5	44,5	121	18,7	10,1	19,2	128,3	95,1	106,9	101,9			
1954	398,9	200,1	118,1	86,7	321,3	104,4	6,3	0	36,3	126,7	6,1	214,5			
1955	191,6	135,8	165,1	130	33,4	43,3	32,4	49	1,9	102,5	118,6	217,77			
1956	63,8	182,2	86,6	89,5	241,7	170,5	113,1	108	131,9	104,1	22,7	155			
1957	283,6	232	166,6	110,4	17,7	39,2	219,6	40,9	161,9	97,3	72,5	234,4			
1958	185,5	94,8	84,2	68,3	94,9	119,4	19,5	2,9	117,1	125,7	94	94,2			
1959	302,5	208	106,4	143	49	23	24,5	57,5	4,5	92	89,5	139	1238,9	103,2	
1960	275,1	195,7	83,7	67,3	59,3	62,4	0,5	21,6	16,2	88,5	172,4	157,4	1200,1	100,0	
1961	182,8	220,4	86,3	103,2	9	0	0	5,5	38	108	132,5	332,3	1218	101,5	
1962	135	213,4	237,7	71,1	49,5	82,8	12,7	41,9	29,9	216,4	40,4	248,9	1379,7	115,0	
1963	233,7	148,2	29,6	26,2	0	0	0	0	15	118,4	144,8	49,3	765,2	63,8	
1964	81,8	432,2	89,1	19,3	55,4	49,8	27,3	31	35,5	162,7	130,7	237,8	1352,6	112,7	
1965	334,5	431,8	134	108,3	97,5	62,3	53,8	10,6	103	127,1	143,9	283,2	1890	157,5	
1966	159,7	201,9	49,1	30,5	15,2	10,6	26,6	37,8	22,8	209,2	90,2	245,1	1098,7	91,6	
1967	248,2	139,7	280,6	35,5	0	32,9	11,8	0	40	183	155,3	136,9	1263,9	105,3	
1968	389,8	110,2	136,7	88,3	21,3	42,1	3	76,3	25,7	157,2	80,4	168,6	1299,6	108,3	
1969	66,7	205,8	32,9	43,2	25,4	59	37	26	49,3	221,5	228,3	126,9	1122	93,5	
1970	137,5	392,5	102,5	69,5	54,1	93	0	110	87,1	194,3	44	178,7	1463,2	121,9	
1971	183,6	170,8	150,6	130,1	103,5	152	61,3	0	80,2	138,2	106,5	300	1576,8	131,4	
1972	373,3	495,3	55,8	82,4	89,9	13,5	148,1	56,6	96,8	339,2	159,6	165,7	2076,2	173,0	
1973	224,8	171	88,3	24,3	192,7	64,5	37,6	66,8	68,8	98,3	122	359,5	1518,6	126,6	
1974	317,5	185,9	325,4	49,2	58,6	111,6	0	20,5	47	191,9	68,8	415,4	1791,8	149,3	
1975	154,6	282,9	126,1	97	8	17,4	37,5	0	39,9	144,4	215,1	244	1366,9	113,9	
1976	289	283,9	255,8	55,4	134,4	83	47,7	66,4	197,3	317,8	186,2	305,8	2222,7	185,2	
1977	364,3	108,6	123,8	70,1	81,1	52,6	22,4	12,8	151,9	97,5	339,3	559,7	1984,1	165,3	
1978	138,8	155,9	122,8	12,3	173,4	8,8	173,2	0	104,8	125,5	244,3	193,2	1453	121,1	
1979	76,4	40,3	60,2	113,9	181,8	0	50,7	65,3	170,3	46,6	100,5	399,4	1305,4	108,8	
1980	146,4	273,3	20,1	53,6	53,5	38,7	19,5	22,2	32,43	101,8	150,8	196,6	1108,93	92,4	
1981	437,1	215	82,3	101,4	0	34,18	3,5	5	7,33	65,31	163,6	272,6	1387,32	115,6	
1982	154,6	276,8	318,9	52,2	62,4	146,8	84,1	17,2	13,4	348,7	261,7	311,4	2048,2	170,7	
1983	402,4	133,7	155,6	140,8	302	170,5	20,4	0	317,3	106,5	184,5	238,4	2172,1	181,0	
1984	204	109,9	119,3	108,5	56,9	0,1	3,4	84,4	115,8	32,1	129,1	233,3	1196,8	99,7	
1985	119,8	100,7	147,7	170,7	65,7	11,5	19,4	17,4	30,5	21,2	130,2	143,2	978	81,5	
1986	233,7	410,1	108,4	43,8	149	0	22,1	165,7	47,6	43,5	83,4	229,7	1537	128,1	
1987	240	219,3	48,5	85,5	188,3	118,6	30,2	19,9	84,6	194,7	222,1	201,3	1653	137,8	
1988	386	247,3	165,7	194,7	76,4	10,2	0	0	27,6	241,6	42,1	137,6	1529,2	127,4	
1989	387,2	262	108,8	33,2	86	103,3	107,8	38,4	130,2	74,7	134	540,6	2006,2	167,2	
1990	366,5	194,3	114,5	49,9	68,2	14,9	81,7	107,8	98,2	111,4	137,6	210,5	1555,5	129,6	
1991	270,3	273,4	170,4	138,3	31,3	69,2	32,2	0	39,9	136,7	69,5	220,8	1452	121,0	
1992	79,4	136	60,14	310	197	3,5	12	11,4	170,7	96,4	140,5	97,8	1314,84	109,6	
1993	157,3	297,9	197,1	224,4	71,6	93,3	5	82,5	123,3	51,4	102,2	137,1	1543,1	128,6	
1994	265,4	206,8	210,1	114,8	36,7	59,7	14,6	0	15,1	120,6	106,8	220,2	1370,8	114,2	
1995	286,8	371,3	200,6	79,6	77,4	31,8	30,9	0	46,6	147,7	27,2	316,4	1616,3	134,7	
1996	162,4	113	205,7	56,6	48,8	26,5	3,8	19,6	173,8	171	115,6	279,6	1376,4	114,7	
1997	531,4	105,7	50,6	26,8	47,95	215,4	22,5	1,4	67,4	147,3	177,7	129	1523,15	126,9	
1998	117,2	185,8	263,6	104,5	89,6	18,7	1,9	97,7	112,2	172,9	115,7	234,3	1514,1	126,2	
1999	746,2	285,1	115,4	167,8	60,1	55,1	6,6	0,2	51,7	37,5	85,4	133,8	1744,9	145,4	
2000	187,7	238,7	184,9	7,6	19,5	19	47,5	59,9	114,7	26,4	484,7	250,4	1641	136,8	
2001	106,7	201,2	154,9	38,6	103,7	63,2	40,4	63,3	62,3	206,1	107,8	359,4	1507,6	125,6	
2002	165,8	186,1	65,8	0,7	122,5	0,5	47,2	51,8	59,7	56,5	193,7	183	1133,3	94,4	
2003	391,7	206,5	44,85	99,3	20,6	21,7	3,2	21,9	21,8	101	114,7	166,7	1213,95	101,2	
2004	252,8	152,6	100	104,2	170,8	87,1	61,4	0	0	114,4	147,5	113,1	1303,9	108,7	
2005	527,2	47,4	198	28,6	49,6	82,1	8,5	28,3	141,2	152	96,9	126,4	1486,2	123,9	
2006	125,8	335,9	122,1		35,8	6,1	28,2	49,1	112	170,1	23,9	242,4	1251,4	113,8	
2007	486,5	61,5	96,5	114,8	59,2	2,1	232,6	0,9	15,6	67,9	140,5	228	1506,1	125,5	
2008	171,8	175,4	148,8	98,6	119,2	40,8	0	47,6	33,7	96,8	101,4	216	1250,1	104,2	
2009	364,6	245,5	61,7	30,3	94,2	44,7	101,9	126,8	169,3	131,8	276,1	333,1	1980	165,0	
2010	306,1	69,6	98	52,2	63,5	35,5	109,9	0	109,5	154,1	81,9	271,4	1351,7	112,6	
2011	389,2	324,5	104,7	174	15,5	76,5	32,3	55,8	5,3	177,3	107,5	142,1	1604,7	133,7	
2012	312	42,9	88,6	146,2	106,2	267,3	16	0	146	103,1	161	213	1602,3	133,5	
2013	175,5	207,2	191,6	122	174,4	159,4	42	0	71	161,1	188,2	86,6	1579	131,6	
2014	161,6	132	138	98,5	93	7	74	13	142,4	3,1	175	300	1484	124	
2015	124,7	226,5	176,1	45,5											
Média/mês	260,5	212,9	130,9	87,3	79,7	57,3	37,6	34,6	76,2	136,7	141,8	230,2	124		

Após a identificação das falhas foi adotado a ponderação regional como método geo-estatístico de preenchimento de falhas mensais, com o intuito de garantir a maior qualidade dos dados utilizados na pesquisa.

O fato de se trabalhar com falhas mensais favoreceu o seu emprego, já que trabalhos anteriores como de Huth e Nemesova (1995) *apud* Fernandez (2007), Fill (1987) e Bertoni e Tucci (2007) *apud* Oliveira et al (2010) expressam que os bons resultados adquiridos com as falhas mensais ou anuais não são atingidos quando se trabalha com o preenchimento de falhas de dados diários, devido a grande variabilidade espacial e temporal dos valores diários.

Recomenda-se que o emprego do procedimento de ponderação regional se dê considerando os dados de estações meteorológicas geograficamente próximas à qual se está trabalhando, e que estejam localizadas em uma mesma região ecoclimática (LEIVAS et al., 2006; ALEXANDRE, 2009), em que uma das características fundamentais é a altitude.

Segundo Alexandre (2009) o método deve ser empregado com o uso dos dados de pelo menos três estações vizinhas que possuam, no mínimo dez anos de dados.

O método foi aplicado considerado a seguinte equação (ALEXANDRE, 2009):

$$y_{est.} = \frac{1}{3} \cdot \left[\frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} \right] \cdot y_m \quad (4)$$

Onde:

Y_{est} : precipitação mensal ou anual a ser estimada;

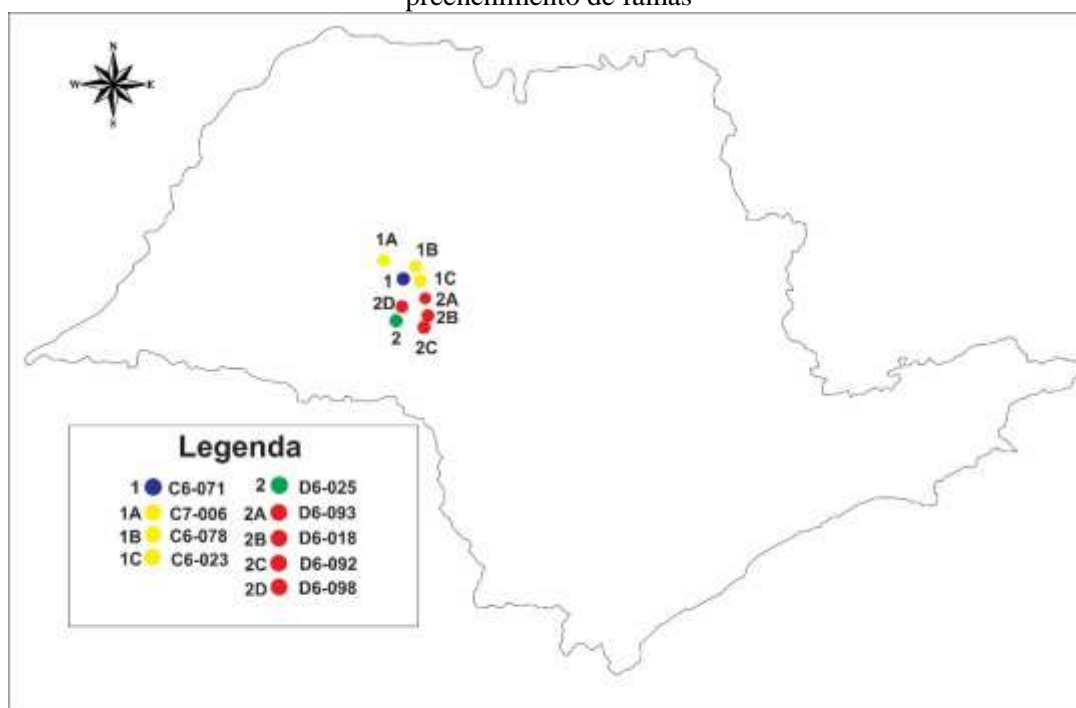
Y_m : precipitação média de longo período do posto com falha em questão;

x_1, x_2, x_3 : precipitações correspondentes ao mês (ou ano) que se deseja preencher coletadas em três estações vizinhas;

x_{m1}, x_{m2}, x_{m3} : precipitações médias de longo período nas três estações vizinhas.

Considerando a proximidade geográfica, a coerência das informações encontradas e as características geográficas, em especial a altitude, foram selecionadas as estações para preenchimento das falhas mensais de precipitação dos postos C6-071 (Guaimbê-Getulina) e D6-025 (Marília-Vera Cruz). A localização de todas as estações utilizadas encontra-se a seguir (Figura 15).

Figura 25: Localização das estações meteorológicas utilizadas no procedimento de preenchimento de falhas



Fonte: Banco de dados hidrológicos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE/SP).

As referências sobre as estações se encontram abaixo:

GETULINA					
Município	Prefixo	Nome	Altitude	Latitude	Longitude
JULIO MESQUITA	C6-023	FAZENDA CHANTEBLED	460	21° 55' 00"	49° 47' 00"
GETULINA	C7-006	MACUCOS	430	21° 45' 00"	50° 07' 00"
GUAIMBE	C6-078	FAZENDA CALIFORNIA	440	21° 47' 15"	49° 49' 07"

MARILIA					
Município	Prefixo	Nome	Altitude	Latitude	Longitude
MARILIA	D6-098	DIRCEU	440	22° 08' 00"	49° 55' 00"
ALVARO DE CARVALHO	D6-093	ALVARO DE CARVALHO	580	22° 05' 00"	49° 43' 00"
GARCA	D6-018	GARCA	680	22° 12' 00"	49° 39' 00"
GARCA	D6-092	MUNDO NOVO	660	22° 19' 00"	49° 46' 00"

Após o preenchimento das falhas estes dados foram utilizados tanto para o cálculo de erosividade das chuvas por distintas metodologias que serão expostas posteriormente, bem como para o cálculo de balanço hídrico das áreas de estudo.

3.2.3 Cálculo do balanço hídrico das áreas de estudo

O cálculo do balanço hídrico das áreas foi desenvolvido com a maior quantidade possível de dados disponibilizados de temperatura e precipitação de estações próximas das áreas de estudo. Considerando as distintas fontes de dados, o balanço hídrico foi calculado com diferentes séries de dados que estão expostas a seguir.

3.2.3.1 Evapotranspiração Potencial segundo método de Thornthwaite (1948)

Inicia-se considerando a distinção entre a evapotranspiração real, potencial e de referência. Como expresso por Varejão-Silva (2006) a evapotranspiração real refere-se a transferência vertical do valor de água para a atmosfera, por meio da evaporação e transpiração, em uma dada parcela de terreno vegetado, sendo esta em condições naturais ou de cultivo, que está condicionada a disponibilidade hídrica do solo. A grande dificuldade de emprego dos dados de evapotranspiração real refere-se ao fato das variáveis meteorológicas consideradas oscilarem no tempo e no espaço, e pelo fato de estar relacionada com a comunidade vegetal presente, que apresenta modificações com a idade, com a fase de desenvolvimento, distribuição espacial dos indivíduos, estado fitossanitário etc. (VAREJÃO-SILVA, 2006).

O termo evapotranspiração potencial (EP) é apresentado por Thornthwaite (1944) com o objetivo de estabelecer um parâmetro comparativo, em que apesar das ambiguidades das definições apresentadas para o termo, todas insinuam que seria um caso-limite de transferência de vapor de água para a atmosfera em um solo abastecido de água plenamente e revestido com uma vegetação rasteira com plena atividade vegetativa (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Porém, considerando que a taxa evapotranspiratória máxima de uma dada condição ambiental depende da espécie vegetativa, esta transferência de vapor de água para a atmosfera em uma parcela coberta de vegetação rasteira em pleno crescimento, com o solo úmido, não pode ser aceita como o máximo valor possível de evapotranspiração na mesma condição ambiental. Por isto, considerando o estabelecimento de comparações, é possível chamá-la de evapotranspiração de referência (EP_0). A grande relevância da evapotranspiração de referência refere-se a avaliação de diferentes demandas evapotranspiratórias, considerando que conhecendo-se a EP_0 é possível estimar necessidades hídricas de uma determinada cultura (VAREJÃO-SILVA, 2006).

A Evapotranspiração Potencial segundo Thornthwaite (1948) é empregado para o cálculo de balanço hídrico de Tommaselli (2001), por ser considerada de ampla consolidação e uso.

O método de Thornthwaite (1948), segundo Fernando et al. (2010), baseia-se no índice de eficiência da temperatura anual (I), definido pela soma dos 12 valores mensais do índice térmico (i).

$$I = \sum i_j ; j=1, \dots, 12 \quad (5)$$

$$i_j = (T_{med}/5)^{1,514}$$

Onde: I é o índice térmico anual, i é o índice térmico mensal e T_{med} é a temperatura média mensal.

Para a obtenção dos valores de ETP também necessita-se da obtenção do valor do coeficiente “a” que se baseia no índice térmico anual.

No caso de a , o mesmo é obtido considerando a expressão:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 0,01792 \cdot I + 0,49239 \quad (6)$$

A evapotranspiração potencial é obtida pela equação a seguir, em milímetros:

$$ETP_p = 16 \cdot (10 \cdot T_{med}/I)^a \quad (7)$$

Onde: ETP_p :evapotranspiração mensal em mm/mês; T_{med} :temperatura média mensal em °C; I :índice térmico anual

Esta equação se refere à obtenção de ETP para meses considerados de condição padrão, com 12 horas de fotoperíodo e com meses de 30 dias. A correção deve ser feita com um coeficiente que considere o número de dias do mês, bem como as horas de luz solar, em função da latitude. Para este procedimento de aplica o índice de iluminação mensal que deve multiplicar a ETP sem ajuste para a obtenção da ETP segundo Thornthwaite (mm/mês).

$$ETP_{tho} = ETP_p \cdot L \quad (8)$$

Onde: e :evapotranspiração mensal sem ajuste em mm;

L :fator de correção do número de dias do mês (N_d) e a duração do dia (N_i) em horas de sol.

$$L_i = N_{d_i}/30 \cdot N_i/12 \quad (9)$$

De acordo com Camargo e Camargo (2000), o modelo de Thornthwaite em climas úmidos apresenta resultados consistentes, funcionando adequadamente. Porém, em áreas de clima seco a tendência é a subestimação da ETP, por não considerar a energia advectiva oriunda de áreas secas distantes.

3.2.3.3 Balanço hídrico com uso da planilha desenvolvida por Tommaselli (2001)

Esta planilha baseia-se na obtenção da evapotranspiração potencial segundo o método de Thornthwaite (1948) e do balanço hídrico por meio de Thornthwaite e Mather (1955).

Os dados são inseridos na planilha considerando os valores médios de temperatura, realizando o cálculo do índice térmico mensal “i”; do índice térmico anual “I”; da evapotranspiração potencial média mensal padrão, considerando o coeficiente “a” e a ETP corrigida (THORNTHWAITE, 1948).

O balanço hídrico em ambiente EXCEL está organizado em colunas (VIANELLO, 1991; JURCA, 2005).

1° Meses do ano

2° (T) – Temperatura médias mensais

3° (i) – Índice térmico mensal

4° (ETPp) – Evapotranspiração Potencial (THORNTHWAITE, 1948)

3° (P) – Precipitação totais mensais (mm)

4° (ETP) – Evapotranspiração

5° (P-ETP) – saldo positivo ou negativo, considerando a precipitação e a evapotranspiração.

6° (NAC) – Negativo Acumulado, volumes negativos acumulados que se dá pela somatória das diferenças mensais do termo P-ETP, na época seca do ano, em que estes valores são sempre negativos.

7° (ARM) – Armazenamento, preenchida em concomitância com o NAC, considerando os valores de CAD e do NAC.

8° (ALT) – armazenamento do mês menos o do mês anterior

9° (ETR) – quando P-ETP é positivo a ETR = ETP, quando é negativo a ETR é P-ALT.

10° (DEF) – Déficit hídrico: ETP-ETR

11° (EXC) – quando ARM é menor ou diferente de CAD o EXC é zero, quando o ARM for igual a CAD o EXC é (P-ETP)-ALT.

Na planilha de Tommaselli (2001) os índices de umidade e de aridez são calculados da seguinte forma:

$$I_u = 100 (EXC/ETP) \tag{10}$$

Onde: I_u :índice de umidade; EXC :excedente hídrico total (mm); ETP :evapotranspiração potencial total (mm).

$$I_a = 100 (DEF/ETP) \tag{11}$$

Onde: I_a :índice de aridez; EXC :deficiência hídrica total (mm); ETP :evapotranspiração potencial total (mm).

Após estes dois índices estabelece-se o índice efetivo de umidade:

$$I_m = I_u - 0,6 \cdot I_a \tag{12}$$

Onde: I_m :índice efetivo de umidade; I_u :índice de umidade; I_a :índice de aridez.

A planilha a ser utilizada é apresentada a seguir.

Figura 26: Planilha de Balanço Hídrico Tommaselli (2001)

Mês	T (°C)	i	ETP _p	P(mm)	ETP	P-ETP	N AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
jan	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	0,0	125,0	0,0	#DIV/0!	####	####
fev	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	#####	#####	#####	#DIV/0!	####	####
mar	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	#####	#####	#####	#DIV/0!	####	####
abr	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	#####	#####	#####	#DIV/0!	####	####
mai	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	#####	#####	#####	#DIV/0!	####	####
jun	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	#####	#####	#####	#DIV/0!	####	####
jul	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	#####	#####	#####	#DIV/0!	####	####
ago	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	#####	#####	#####	#DIV/0!	####	####
set	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	#####	#####	#####	#DIV/0!	####	####
out	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	#####	#####	#####	#DIV/0!	####	####
nov	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	#####	#####	#####	#DIV/0!	####	####
dez	#DIV/0!	#DIV/0!	#####	#DIV/0!	#####	#####	#####	#####	#####	#DIV/0!	####	####

Fonte: Tommaselli (2001).

Nela se pode trabalhar com o balanço hídrico seriado ou normal. Inserindo-se os dados de temperatura e precipitação gera-se o gráfico de precipitação e temperatura, de evapotranspiração (ETP) e evapotranspiração real (ETR) e de excedente e deficiência hídrica.

Esta planilha foi aplicada para os seguintes cenários:

1º Utilização dos dados de precipitação da série histórica mais longa e completa encontrada em estações próximas das áreas de estudo.

Neste item foi realizado um ensaio considerando os dados de precipitação da série histórica mais longa encontrada em estações próximas das áreas de estudo. Os dados de precipitação foram extraídos do site do DAEE, submetidos a ponderação regional como metodologia de preenchimento de falhas. No caso de Getulina a estação mais próxima é a C6-071 localizada em Guaimbê, cerca de 10 km da área de estudo, com uma série de dados de mais de 50 anos. Com relação a Vera Cruz, os dados de precipitação utilizados foram adquiridos na estação D6-025, cerca de 13 km da propriedade rural estudada, também com uma série histórica de mais de 50 anos.

Porém, considerando que os dados de temperatura referente a estas estações e ao mesmo período temporal não foram encontrados, foi utilizado as médias anuais da série histórica do CEPAGRE/UNICAMP, que também utilizou informações do banco de dados do DAEE, neste caso, dos municípios de Vera Cruz e Getulina. O período referente aos dados de temperatura que se teve a possibilidade de acesso foi de 1961 a 1990, o que limitou a aplicação dos dados de precipitação a este mesmo período.

Portanto, neste item foram aplicado dados de precipitação de 1961 a 1990 das estações mais próximas das áreas de estudo (Marília e Guaimbê), bem como dados de temperatura do mesmo período referente aos municípios de Vera Cruz e Getulina.

2° Dados de temperatura e precipitação de estações mais próximas das áreas de estudo com médias mensais mais recentes.

Neste caso foram utilizados os dados do *site* da CIIAGRO. As estações mais próximas das áreas de estudo refere-se, no caso de Vera Cruz, da localizada em Marília, com dados de 1993 a 2012 e no caso de Getulina a estação está em Lins, com dados mensais de 1995 a 2010, ambas as estações cerca de 15 a 20 km das áreas de estudo.

Este estudo foi realizado considerando médias mensais mais longas encontradas em estações próximas as áreas de estudo e por serem, consideravelmente, mais recentes.

3° Aplicação do balanço hídrico considerando os dados de precipitação dos anos de pesquisa 2015-2016.

Neste caso foi calculado o balanço hídrico considerando os dados de temperatura média mensal da maior série de dados encontrado para os municípios de Getulina e Vera Cruz que correspondem aos apresentados por CEPAGRE/UNICAMP. No caso da precipitação foi calculado a precipitação mensal dos anos, a partir dos dados diários de chuva das propriedades agrícolas pesquisadas, disponibilizados pelos proprietários

agrícolas, que possuem pluviômetros nas propriedades. O intuito foi de simular, o mais próximo possível, o cenário apresentado nos anos de desenvolvimento da pesquisa considerando, em especial, informações de evapotranspiração, deficiência e excedente hídrico.

3.2.4 Índice de Agressividade de Fournier (1960) modificada por Arnoldus (1980) (MFI)

De forma geral, a erosividade das chuvas é determinada considerando o índice EI₃₀ proposto inicialmente por Wischmeier (1959) e utilizado por Wischmeier e Smith (1978) para o calcular o fator R da Equação Universal de Perda de Solos. O mesmo refere-se ao produto da energia cinética total da chuva, expressa em (MJ ha⁻¹), pela intensidade máxima de chuva (mm h⁻¹) em um período contínuo de 30 minutos.

Dentro dos modelos quantitativos se destacam as equações de regressão que buscam a relação entre a degradação específica de uma área com os parâmetros do meio físico. Muitas equações de regressão específicas para determinadas áreas de estudo, tem mostrado elevados coeficientes de correlação, sendo o Rc (coeficiente de chuva), a variável independente. Como exemplo tem-se os trabalhos de Lombardi Neto (1977), Bertoni e Lombardi Neto (1990), Morais et al. (1991), Rufino et al. (1993), Silva et al. (1996), Carvalho et al. (1997), Silva et al. (2000), Roque et al. (2001), Silva e Dias (2003), Ângulo-Martínez e Beguería (2009) entre outros.

A grande dificuldade de encontrar pluviógrafos em muitas localidades e com dados contínuos e de longos períodos de observação tem levado ao desenvolvimento e aplicação de correlações entre erosividade, estabelecidas por meio dos registros pluviográficos, com dados de pluviometria mensais e anuais, objetivando a obtenção da erosividade das chuvas (SILVA, DIAS; 2003; BAZZANO et al., 2007; MELLO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2012). De acordo com Cassol et al. (2008) o coeficiente de chuva expressa, para cada mês do ano, a relação entre o quadrado da precipitação média mensal (Pm) e a média anual total (Pa), representado por $Rc = Pm^2 / Pa$.

No caso do índice de agressividade climática de Fournier, o mesmo foi desenvolvido após o estudo de diversas localidades do mundo, no qual o autor estabeleceu o clima e o relevo como fatores fundamentais para a avaliação de perda de solo por unidade de superfície e tempo, o que denomina-se de degradação específica. Esta agressividade é considerada um fator de grande relevância nos processos de erosão dos

solos, relacionando-se com a interação entre a quantidade de precipitação e a sua concentração em um determinado período de tempo.

O autor supracitado identificou que a abundância de chuvas não justifica, por si só, a degradação específica de uma área, esta degradação pode estar muito mais relacionada com escoamentos muitos distintos. Neste sentido, a degradação específica elevada apresentava uma distribuição desigual da precipitação e uma concentração de chuva. Aquelas áreas com regimes de precipitação com característica mais uniforme apresentavam degradações inferiores (ALMOROX et al., 2010).

O estudo de vários coeficientes o levou a identificar aquele que mais apresentava correlação com a degradação específica, que é o que estabelece a relação entre a abundância com a concentração, resultando no “índice de agressividade climática de Fournier”, expresso por:

$$F = p^2/P \quad (13)$$

Onde: F: fator de Fournier, p: precipitação referente ao mês mais chuvoso (mm), P: precipitação anual (mm).

Segundo Renard e Freimund (1994), Arnoldus (1977) após identificar a baixa correlação do Índice de Fournier com os valores de fator R de mais de 100 estações modificou o índice, expresso por:

$$FI = \sum_i^{12} (p_i^2/P) \quad (14)$$

Onde: FI é o valor do índice modificado, pi: precipitação média mensal no mês i (mm), P: precipitação média anual (mm).

Com o uso dos mesmos conjuntos de dados, mas com o índice de Fournier modificado e como variável independente, Arnoldus (1977) alcançou uma correlação de ($R^2 = 0,83$).

Enquanto no Índice de Agressividade de Fournier (1960) é considerado o mês mais chuvoso, o modificado por Arnoldus (1977) considera a distribuição mensal em um conjunto anual, incorporando os efeitos da concentração mensal de chuvas, bem como sua altura indicando, portanto, sua agressividade pluvial (LUIS et al., 1997).

O índice Fournier modificado (MFI), assim como o fator R, aumenta com o aumento da precipitação, já os resultados obtidos com o índice Fournier inicial pode diminuir com o aumento da precipitação, em especial, em cenários em que a precipitação é mais uniforme e distribuída ao longo do ano (RENARD; FREIMUND, 1994).

Atualmente, muitas pesquisas determinam a erosividade das chuvas correlacionando o índice EI₃₀ com o coeficiente de chuva (Rc) de Fournier modificado, já que o mesmo utiliza-se de registros de precipitação (MELLO et al., 2007; ÂNGULO-MARTINEZ; BEGUERÍA, 2009).

No Brasil, foram desenvolvidas mais de 70 equações correlacionando o índice EI₃₀ com o coeficiente de chuva de Fournier modificado (MFI) e com a precipitação média anual (MARCO DA SILVA, 2004), como os estudos de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), Carvalho et al. (2005), Cassol et al. (2008) e Oliveira et al. (2011), que encontraram no MFI os melhores resultados no cálculo para o Fator R sendo, portanto, um índice de grande aplicação e com resultados satisfatórios.

3.2.5 Estimação da erosividade das chuvas por meio da Equação de regressão desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992)

O índice EI₃₀, como exposto por Oliveira et al. (2012), tem sido o mais amplamente utilizado nos trabalhos científicos, apresentando uma boa correlação com a perda de solos, como a encontrada por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e Silva et al. (2009). Paralelamente, e com o intuito de atender as áreas com a ausência de dados necessários para o cálculo do EI₃₀ tem-se desenvolvido as equações de regressão para valores locais de erosividade.

No caso do Brasil, Lombardi Neto (1977) e Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) foram trabalhos de relevância no estabelecimento de correlações entre o índice de erosividade EI₃₀ médio mensal, modificando o coeficiente de chuva (Rc) (p^2P^{-1}) que foi proposto por Fournier (1960).

Os autores estabeleceram uma regressão entre o índice médio mensal de erosão e o coeficiente de chuva. O mesmo resultou em um dos maiores coeficientes de determinação já encontrados nos estudos desenvolvidos no Brasil ($R^2 = 0,983$) (OLIVEIRA et al., 2012). Por este aspecto apresenta-se também como uma das mais utilizadas no país como por Bertoni e Lombardi Neto (1999); Farinasso et al. (2006); Weill e Sparovek (2008); Borges (2009); Gurgel et al. (2011); Miqueloni et al. (2012).

A equação é expressa por:

$$EI_{30} = 68,730 (p^2/P)^{0,841} \quad (15)$$

Onde: EI: média mensal do índice de erosão em (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹); p: precipitação média mensal (mm); precipitação média anual (mm).

Na presente pesquisa será empregado o índice de erosão desenvolvido pelos autores supracitados com o intuito de estabelecer a erosividade para toda a série histórica das áreas de estudo, com dados de mais de 50 anos.

3.2.6 Estimação da erosividade das chuvas por meio da Equação de regressão desenvolvida por Tommaselli et al. (1997)

No caso de Tommaselli et al. (1997) o mesmo determinou, baseando-se no trabalho desenvolvido por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), a equação de regressão da erosividade para os índices EI₃₀. O índice baseia-se na intensidade e energia cinética das chuvas e das médias mensais e anuais de precipitação e foi obtido com base em 19 anos de registro de precipitação pluvial da estação meteorológica de Presidente Prudente (SP).

$$EI_{30} = 111,6 * (p^2/P)^{0,714} \quad (16)$$

Onde: EI = média mensal do índice de erosão (MJ. mm h⁻¹ ha⁻¹); p = precipitação média mensal em (mm); P = precipitação média anual em (mm).

Os valores de erosividade da chuva (R) são obtidos por meio da soma dos valores mensais do índice de erosividade (EI).

3.2.7 Correlações estabelecidas com os dados do acumulado de 24 horas de chuva

Os dados diários de chuva estão expresso a seguir e servirão de base para a caracterização das precipitações no período experimental e para correlações entre erosividade das chuvas, dados de perda de solo e fertilidade adquiridos ao longo do período experimental, bem como permitirão a análise da distribuição temporal dos eventos de precipitação e de densidade por meio, por exemplo, da correlação entre os dias de chuva e o total de precipitação.

Foi organizado em uma mesma tabela, para cada uma das áreas, os meses que compreenderam a pesquisa (de março de 2015 a março de 2016). Considerando que as medições foram feitas em visitas mensais, porém, não respeitando exatamente 30 dias uma da outra, foi identificado nas tabelas, com alternância das cores rosa e azul, o período que compreende o intervalo de cada uma das leituras.

Nelas também estão expressas os totais mensais e os totais anuais das precipitações que ocorreram no período de monitoramento, e já sinalizam algumas considerações relevantes como a maior precipitação total do período em Vera Cruz, bem como na maioria dos meses abordados no monitoramento.

Figura 27: Registros do acumulado de 24 horas de chuva referente ao período de monitoramento analisado da propriedade agrícola de Vera Cruz

ANO: 2015/2016		Propriedade Rural de Vera Cruz - SP														
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	
1						8					22		9			
2	2						20				2	12	2		3	
3		34					16			22	36	2	6		2	
4				8	30					4	24	6		4		
5	7			24							16	6				
6			22				6								17	
7	30		24				64		40			6		82		
8			6				20		36			2	13			
9	6	22	8							30		20	22			
10		14							86			36	50		8	
11					20		10		18			2	68	70		
12	12		3						5			20	32			
13																
14		24	105								42	16			6	
15	16	12	18													
16		42									30					
17		38									14					
18		24				7		2						2		
19		18	16								4	62				
20	17	6	2		8									30		
21			2	14						20				26		
22														26		
23											32			20		
24		28								22	32				3	
25									14		15	16			10	
26									10				4			
27					5			7	26	42		8	12			
28	34									2	6	28	8			
29	10		6									90				
30	6		36		106	34										
31					20					62						
Total mm	140	262	248	46	189	49	136	9	235	204	275	332	226	260	49	2.245

Fonte: Dados fornecidos pelo produtor rural.

Figura 28: Registros do acumulado de 24 horas de chuva referente ao período de monitoramento analisado da propriedade agrícola de Getulina

ANO: 2015/2016		Propriedade Rural de Getulina - SP														
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	
1		3					15				28		1			
2							18			6	10	12	1		10	
3		15					2				13	17	58		2	
4			10		34		1				25	5		12	5	
5	52	10	2	12			2				2				1	
6	10		13								2		1			
7	18		38				3		12			2		50		
8		10	90				25		40		1		22			
9		15	13							38	37	2	5		5	
10		11			40		8		43	4			50		20	
11	55	2	10				12		10				95	43		
12									7			12	72			
13		3											55			
14		5	13								20		1			
15	10	15	1	33									2	30	17	
16		47	2								5					
17		24	2								10					
18		5	1								5					
19			55								12	58				
20			5	8										27		
21														10		
22										13				70		
23		1									2			10	10	
24		17					8				35			7	58	
25									10		24			19		
26	8							2					15	2		
27	42		3					10	30			1		50		
28	10									36						
29					10							22	7			
30			35		10											
31					72					40						
Total mm	205	183	293	53	166	0	94	12	152	137	229	131	385	321	128	2.033

Fonte: Dados fornecidos pelo produtor rural.

3.3 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA O ENTENDIMENTO DA ERODIBILIDADE DOS SOLOS

Neste momento serão apresentadas as metodologias utilizadas na pesquisa para o entendimento das dinâmicas do solo, com o intuito de possibilitar sua classificação, caracterização química e física, seu comportamento no que tange a suscetibilidade aos processos erosivos, como também sua erodibilidade.

3.3.1 Parâmetros e análises físicas do solo

Com o intuito de compreender as características físicas do solo e, conseqüentemente, sua relevância para a erodibilidade, foram realizadas a descrição dos perfis de solos, a análise morfológica, granulométrica e textural, pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 1997) e, posteriormente o fracionamento de areia. No caso da granulometria ela está relacionada com o conjunto das frações ou partículas do solo, incluindo as mais finas de natureza coloidal como também as mais grosseiras. Já a textura refere-se especificamente a composição granulométrica da fração menor que 2mm de diâmetro, sua participação é expressa em $g.kg^{-1}$ das partículas constituintes, separadas por tamanho (IBGE, 2007).

Na propriedade agrícola de Getulina, foram coletadas amostras em dois pontos distintos, um localizado a montante dos processos erosivos e da vertente, e outra a jusante dos mesmos, em cada ponto foi coletado 3 amostras, totalizando 6, considerando que cada uma refere-se a um horizonte do perfil de solo.

No caso de Vera Cruz a amostra coletada em um primeiro momento com o trado se deu ao lado do processo erosivo, totalizando 3 amostras. Posteriormente, também foi realizada a abertura de trincheira na áreas de estudo, coletando novamente três amostras referentes aos horizontes do perfil de solo identificados.

Figura 29: Localização da área de abertura da trincheira – Getulina



Fonte: Trabalho de campo. Arquivo pessoal.

Figura 30: Localização da área de abertura da trincheira – Vera Cruz



Fonte: Trabalho de campo. Arquivo pessoal.

A coleta foi realizada após a limpeza do local e a escavação do mesmo com a enxada até o regolito, quando a abertura não era mais possível. Posteriormente, o perfil de solo foi homogeneizado e os horizontes identificados, considerando algumas características como coloração, textura e estrutura, com o auxílio do martelo pedológico. Após a identificação foi realizada a coleta dos anéis volumétricos para posterior análise em laboratório com o intuito de determinar a densidade. Por fim, realizou-se a coleta de amostras de solo (LEMOS; SANTOS, 1996).

Figura 31: Procedimento de abertura de trincheira e identificação de horizontes e coleta



Fonte: Trabalho de campo. Arquivo pessoal.

Com relação a preparação das amostras de solos coletadas os procedimentos se basearam no Manual de Métodos de Análise de Solos da Embrapa (1997), sendo as amostras foram dispostas para secagem, identificadas e destorroadas com o auxílio do Pistilo, do Almofariz e da peneira de abertura de 2,00mm.

Em seguida, para promover a dispersão completa da amostra, pesou-se 10g de cada amostra em triplicata, com a utilização do Erlenmeyers, no qual foi adicionado, juntamente com o solo, 20mL de água deionizada com a proveta de 25mL e 10mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) com a pipeta volumétrica.

Os Erlenmeyers foram levados para a mesa vibratória por seis horas, promovendo a desagregação dos grãos constituintes do solo. Após a agitação, as soluções de solo foram filtradas com o uso de uma peneira de 0,053 mm, depositada sobre um funil encaixado na proveta de 100 mL, e a solução foi despejada na peneira e lavada com água deionizada, objetivando a retenção das frações de areia na peneira.

Esta fração de areia retida foi depositada nas Placas de Petri (de peso conhecido) e dispostas na estufa por 24 horas, na temperatura de 105°C. Após este período, as mesmas foram levadas ao dessecador para resfriamento e pesadas na balança analítica.

As provetas contendo a solução filtrada, com argila e silte, foram dispostas no tanque com água, para que houvesse a manutenção da uniformidade térmica das mesmas. Foi medida a temperatura da solução com o uso de um termômetro e determinado, a partir deste valor, o tempo de pipetagem, que consiste no espaço de tempo entre a agitação das provetas e sua pipetagem. No caso da agitação, ela foi realizada com o auxílio de um

bastão, por um período de 30 segundos, com o intervalo de 2 minutos entre cada uma delas.

Posteriormente, com a estipulação do tempo de agitação e pipetagem em função da temperatura da solução, iniciou-se a pipetagem de 5mL de solução contendo argila a 5cm de profundidade. O conteúdo foi transferido para Béqueres de 40mL (de peso conhecido), juntamente com 5mL de água deionizada. Os Béqueres foram dispostos na estufa por 24 horas a uma temperatura de 105°C e, posteriormente, inseridos no dissecador e pesados.

Os cálculos de porcentagem de areia, silte e argila se deram da seguinte forma:

- 1) Porcentagem de areia:

$$M_{\text{areia}} = P2 \text{ (peso da placa com areia)} - P1 \text{ (peso da placa)}$$

$$10g \quad 10\%$$

$$M_{\text{areia}} \quad X\%$$

- 2) Porcentagem de argila:

$$M_{\text{argila}} = P2 \text{ (peso do Béquer com a argila)} - P1 \text{ (peso do Béquer)}$$

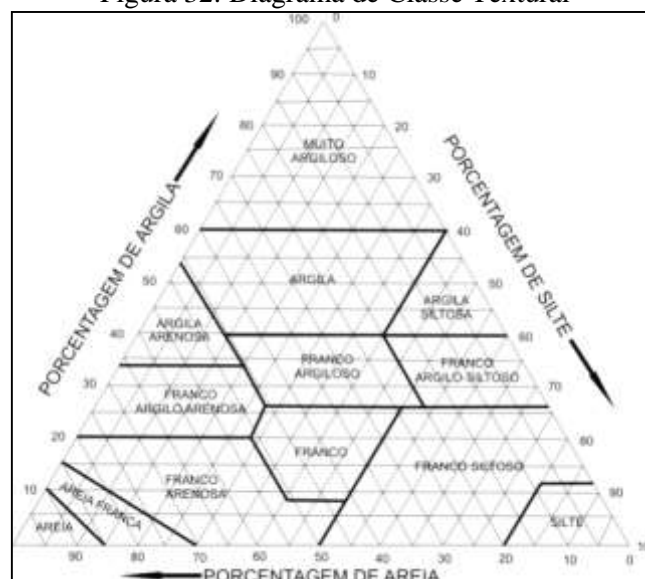
$$\% \text{ argila} = (M_{\text{argila}} - 0,002) \times 2000$$

- 3) Porcentagem de silte:

$$\% \text{ silte} = 100\% - \% \text{ areia} - \% \text{ argila}$$

Após este procedimento foi utilizado o Diagrama de Classes Texturais (Figura 32).

Figura 32: Diagrama de Classe Textural



Fonte: Desenvolvido pela United States Department of Agriculture (1951) *apud* Lemos e Santos (1996), p.15.

O fracionamento da areia das Placas de Petri, após a filtragem, secagem e da pesagem, foi realizado com o fracionador com regulagem de 5 minutos e frequência de 1500 vibrações por minuto. O jogo de peneiras apresenta as aberturas e as frações de areia expostas a seguir, que baseia-se em Wentworth (1927)⁷, como expresso por Suguio (1973).

Quadro 3: Jogo de peneiras utilizadas para o fracionamento de areia

Fração de Areia	Abertura das peneiras (mm)
Muito Grossa	1,000
Grossa	0,500
Média	0,250
Fina	0,125
Muito Fina	0,053

Fonte: Organização da autora.

Com relação as características morfológicas as mesmas foram realizadas com base em Lemos e Santos (1996), Oliveira et al. (1992), Kiehl (1979) e IBGE (2007), considerando fatores como:

- Cor: este fator foi analisado considerando a Carta de Munsell (2000). A importância da identificação da cor refere-se ao entendimento das características e comportamento do material, por exemplo, um solo argiloso de coloração avermelhada está relacionada com um solo de boa drenagem interna (OLIVEIRA et al., 1992);
- Espessura e arranjo dos horizontes;
- Transição entre os horizontes: Abrupta <2,5cm; Clara 2,5 – 7,5cm; Gradual 7,5 – 12,5cm; Difusa >12,5cm (IBGE, 2007);
- Textura: considerada a proporção das frações granulométricas do solo (LEMOS; SANTOS, 1996);
- Plasticidade: não plástica, ligeiramente plástica, plástica e muito plástica, que está relacionada com o grau de resistência à deformação (IBGE, 2007);
- Estrutura desde blocos angulares e subangulares a blocos granulares e em grumos;
- Porosidade: refere-se ao volume de solo ocupado pela água e pelo ar, podendo ser classificados como pouco porosos, poros comuns ou muito porosos;
- Cerosidade: identificada de acordo com o aspecto brilhoso e ceroso na superfície. O mesmo é classificado de acordo com o grau de desenvolvimento (fraca, moderada e forte) e pela quantidade (pouco, comum ou abundante);

⁷ WENTWORTH, C.K. (1927). The accuracy of mechanical analysis. Amer. Journal of Sci., 13:399-408.

- **Consistência:** relacionada com as forças de adesão e coesão das partículas do solo, que tende a ser maior em solos argilosos (OLIVEIRA et al., 1992; IBGE, 2007). Sua identificação se dá em solo seco, considerando a dureza (solta, macia, ligeiramente dura, dura, muito dura e extremamente dura) e em solo úmido, considerando a friabilidade (solta, muito friável, friável, firme, muito firme e extremamente dura).
- **Densidade:** intensifica-se em profundidade por conta do adensamento causado pela pressão das camadas superiores de solo e a eluviação de argila que se relaciona com a diminuição da porosidade. Também depende do manejo do solo empregado que pode em diferentes graus promover a compactação e desagregação das partículas do solo, aumentando ou diminuindo a densidade do mesmo (FERRAZ, 2008).

Todas as informações adquiridas com as análises descritas acima foram apresentadas em quadros sínteses que buscam caracterizar os solos das áreas de estudo, contendo identificação, localização, relevo, cobertura vegetal, litologia e formação geológica, processos erosivos, drenagem, uso atual, horizontes do perfil do solo, densidade, permeabilidade, características morfológicas, análise textural e sua respectiva classe e fracionamento de areia.

3.3.2 Densidade dos solos

Com relação a determinação da densidade dos solos de ambas as propriedades as mesmas foram adquiridas a partir do emprego de três anéis volumétricos de 50cm³ por horizonte do perfil de solo (Figura 33), sendo que o anel é todo preenchido por solo.

Figura 33: Procedimento de coleta com os anéis volumétricos para obtenção da densidade dos horizontes do solo



Fonte: Trabalho de campo. Arquivo pessoal.

Os anéis foram secos na estufa por 24 horas e pesados. Subtraindo-se o peso da placa com solo do peso inicial da placa já conhecido obtêm-se a densidade.

Massa do solo = P_2 (peso da placa com solo) – P_1 (peso da placa)

Densidade do solo = M_{solo} / V g/cm³

V = volume do anel volumétrico.

Figura 34: Anéis volumétricos



Fonte: Arquivo pessoal.

3.3.3 Determinação da permeabilidade dos solos

Com relação a permeabilidade ela foi determinada considerando a sua relevância para o entendimento do comportamento hidráulico do solo e sua relação com a erodibilidade, a permeabilidade é um dos fatores que deve ser considerado de fundamental importância para a compreensão da vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica, em concomitância com a aeração, disponibilidade e retenção de nutrientes, capacidade de retenção de água, aeração, infiltração e drenagem (FERRAZ et al., 2008). Um exemplo prático da sua relevância é quando se considera os solos com variações contrastantes de textura entre os horizontes do perfil, pelo fato das variações de textura representarem alterações de infiltração e permeabilidade (OLIVEIRA et al., 1992; GUERRA; CUNHA, 1994; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Essa correlação entre textura e permeabilidade atribui aos solos arenosos, que se caracterizam por apresentar poros de maior dimensão, uma maior permeabilidade, embora a coesão entre suas partículas seja menor, favorecendo o seu desprendimento e arraste. No caso dos argilosos, os poros de menor dimensão apresentam menor permeabilidade, porém, a maior coesão de suas partículas favorece a sua maior resistência aos processos erosivos (OLIVEIRA et al., 1992; GUERRA; CUNHA, 1994; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Foram realizados trabalhos de campo para medir a condutividade hidráulica saturada de campo acima do nível freático, que será comparada com o coeficiente de permeabilidade codificado segundo Wischmeier et al (1971) apud Tommaselli; Freire (1999).

Para tanto utilizou-se o Permeômetro de Guelph, desenvolvido por Reynolds e Elrick (1983) e aperfeiçoado por eles na University of Guelph, Canadá, e que refere-se a um permeômetro de furo e de carga hidráulica constante, que mede a condutividade hidráulica saturada de campo acima do lençol freático (AGUIAR, 2001).

Este permeômetro é composto por uma garrafa de Mariotte, responsável por controlar a carga constante de água dentro do furo, bem como um tubo de acrílico graduado no qual é introduzido a água. O mesmo é posicionado com o auxílio de um tripé que favorece sua estabilidade em ambientes irregulares. As facilidades de uso do mesmo se referem a possibilidade de deslocamento do equipamento para campo, a sua operacionalidade e agilidade nos ensaios (AGUIAR, 2001).

Durante o ensaio tem-se o fluxo constante, utilizado no cálculo da permeabilidade, quando a área ao entorno do furo encontra-se saturada. Este fator dependerá da umidade antecedente do solo, bem como de suas características físicas como estrutura e textura. Esta saturação não representa uma saturação total, mas sim a saturação de campo, já que em uma situação de campo dificilmente se consegue expulsar o ar dos vazios do solo de forma completa. Após aplicação da carga constante, o entorno do furo se satura, formando o bulbo de saturação, no qual o fluxo se torna constante possibilitando o estabelecimento da condutividade hidráulica da saturação de campo (K_{fs} – hydraulic conductivity at field saturation) (AGUIAR, 2001).

O Permeômetro de Guelph foi projetado para medir a condutividade entre os intervalos de 10^{-2} e 10^{-6} e os três fluxos ao qual a recarga de água está submetida são um por pressão radial nas paredes e um por pressão e um outro gravitacional, verticais na base (AGUIAR, 2001).

Ele pode ser utilizado para medições na superfície ou no perfil do solo por meio do fornecimento de água, sendo que para os cálculos do coeficiente podem ser aplicadas duas cargas hidráulicas de 5 cm e de 10 cm (H_1 e H_2), cada carga aplicada resulta em uma vazão (Q_1 e Q_2).

A perfuração para introdução do equipamento se deu com o uso de um trado manual, considerando a medição da profundidade de ensaio. Posteriormente realizou-se a montagem do equipamento com a conexão do tubo acrílico com a garrafa de Mariotte por meio das mangueiras plásticas. O equipamento foi posicionado e nivelado com o tripé, procedendo com o enchimento dos reservatórios com água, considerando as alturas a serem ensaiadas, no caso foram estabelecidas 5 cm e 10 cm.

Nas medições realizadas em Getulina (de 5 cm e de 10 cm) foram utilizados ambos os reservatórios de abastecimento de água para o poço, identificado quando a válvula está para cima, na posição das 12 horas. Esta combinação de reservatórios é utilizada em solos de moderada a alta permeabilidade, geralmente apresentando textura média a grossa, e pouco ou nenhuma compactação e cimentação. No caso do emprego do reservatório interior, utilizado na medida de 5 cm e 10 cm de Vera Cruz, o mesmo está relacionado com solos de baixa permeabilidade, normalmente com textura fina e com significativa compactação ou cimentação, o que é característica relevante no solo da área, por apresentar mudança textural abrupta entre horizontes do solo e compactação, como será discutido posteriormente.

Figura 35: Cálculo da permeabilidade em Getulina e Vera Cruz



Fonte: Trabalho de campo. Arquivo pessoal

A taxa de queda de água (R) no reservatório (cm/s) foi estabelecida pela diferença das leituras em intervalos consecutivos (cm) dividido pelo intervalo de tempo (s). Foi empregado como intervalo de tempo dois minutos, como expresso no manual do equipamento.

Esta taxa de queda de água, após ser constante durante três intervalos de tempo consecutivos, é nomeada de R_1 e refere-se a taxa de queda em estado estável da água no reservatório em 5 cm (H_1). Posteriormente, é estabelecido a altura H_2 , de 10 cm, por meio da elevação do tubo de ar até alcançar esta marcação no tubo graduado e novamente a queda de água do reservatório é acompanhada até que R se torne constante (R_2).

Após este procedimento, calcula-se a condutividade hidráulica saturada de campo K_{fs} . No caso do emprego da combinação de reservatórios a equação a ser empregada é:

$$K_{fs} = (0,0041) \cdot (X) \cdot (R_2) - (0,0054) \cdot (X) \cdot (R_1) \quad (17)$$

$X = 35,39 \text{ cm}^2$, que é a constante utilizada quando os reservatórios forem interligados (cm^2).

No caso de apenas o reservatório interno ser selecionado o cálculo de K_{fs} deve ser realizado por meio da seguinte equação:

$$K_{fs} = (0,0041) \cdot (Y) \cdot (R2) - (0,0054) \cdot (Y) \cdot (R1) \quad (18)$$

$Y = 2,19 \text{ cm}^2$, que é a constante utilizada quando apenas o reservatório interno estiver selecionado (cm^2).

Ambas as constantes estão identificadas na válvula do reservatório do permeâmetro.

Posteriormente, a taxa de queda de água é dividida por 60 para que o valor seja expresso em cm/s , chegando a condutividade hidráulica saturada de campo (K_{fs}).

De acordo com Cruz (1996) os valores típicos do coeficiente de permeabilidade para cada tipo de solo são expressos a seguir (Figura 36) e serão utilizados como parâmetro para a análise dos resultados de campo.

Figura 36: Valores típicos de permeabilidade

PERMEABILIDADE		TIPO DE SOLO	K (cm/s)
SOLOS PERMEÁVEIS	Alta	Pedregulhos	$> 10^{-3}$
	Alta	Areias	10^{-3} a 10^{-5}
	Baixa	Siltes e Argilas	10^{-5} a 10^{-7}
SOLOS IMPERMEÁVEIS	Muito baixa	Argila	10^{-7} a 10^{-9}
	Baixíssima	Argila	$< 10^{-9}$

Fonte: Cruz (1996).

Os dados de campo estão expressos a seguir.

Figura 37: dados de condutividade hidráulica coletados em campo

Getulina – 5 cm (H1)

Nº da leitura	Tempo (min)	Intervalo de Tempo (min)	Nível de água no reservatório (cm)	Variação de nível de água (cm)	Taxa de queda (cm/min)
1	0	-	0,00	-	-
2	2	2	5,2	0,9	0,45
3	4	2	6,1	0,8	0,4
4	6	2	6,9	0,8	0,4
5	8	2	7,7	0,8	0,4
6	10	2	8,5		
7					
8					

Getulina – 10 cm (H2)

Nº da leitura	Tempo (min)	Intervalo de Tempo (min)	Nível de água no reservatório (cm)	Variação de nível de água (cm)	Taxa de queda (cm/min)
1	0	-	0,00	-	-
2	2	2	4,7	1,7	0,85
3	4	2	6,4	1,5	0,75
4	6	2	7,9	1,5	0,75
5	8	2	9,4	1,5	0,75
6	10	2	10,9	1,5	0,75
7			12,4		
8					

Vera Cruz – 5 cm (H1)

Nº da leitura	Tempo (min)	Intervalo de Tempo (min)	Nível de água no reservatório (cm)	Variação de nível de água (cm)	Taxa de queda (cm/min)
1	0	-	0,00	-	-
2	2	2	1,5	0,4	0,2
3	4	2	1,9	0,1	0,05
4	6	2	2,0	0,3	0,15
5	8	2	2,3	0,3	0,15
6	10	2	2,6	0,2	0,1
7			2,8	0,2	0,1
8			3,0	0,2	0,1
9			3,2		

Vera Cruz – 10 cm (H2)

Nº da leitura	Tempo (min)	Intervalo de Tempo (min)	Nível de água no reservatório (cm)	Variação de nível de água (cm)	Taxa de queda (cm/min)
1	0	-	0,00	-	-
2	2	2	7,2	0,4	0,2
3	4	2	7,6	0,4	0,2
4	6	2	8,0	0,4	0,2
5	8	2	8,4		
6	10	2			
7					

Fonte: Trabalho de campo. Arquivo pessoal.

3.3.4 Parâmetros e análises químicas do solo

As análises químicas de solo bem como os parâmetros abordados foram considerados por duas vertentes principais que são sua correlação com a produtividade agrícola e, principalmente, com o processo de escoamento superficial e a perda de solos.

A relevância de se considerar a fertilidade dos solos, inicia-se pelo seu próprio processo de formação. Este processo, intrinsecamente associado com a temperatura e precipitação, promove a desagregação das rochas e, posteriormente a lixiviação do solo formado. Tanto a desagregação das rochas como a lixiviação apresentam-se, em climas tropicais, de forma intensificada com as altas temperaturas e precipitações, favorecendo a remoção de nutrientes, sua acidificação e empobrecimento, caracterizados pela maior presença de minerais secundários, em especial, argilominerais, bem como óxidos de ferro e de alumínio, em detrimento dos cátions básicos como K, Mg, Ca, Na (RAIJ, 1991).

Neste sentido, além da abordagem da perda de solo a partir da análise volumétrica também foi considerada a perda temporal de fertilidade do solo pelo processo de lixiviação e arraste de partículas menores ricas em nutrientes, promovendo a necessidade de reposição dos mesmos para manutenção da fertilidade e de propriedades do solo como estrutura e textura, que são de grande relevância para sua maior resistência aos processos erosivos (CHAVES; GUERRA, 2006; FERRAZ et al, 2008; WHITE, 2009).

As amostras para análise de fertilidade foram coletadas em todos os meses durante o período correspondente ao monitoramento da perda de solos com os pinos de erosão e dos dados de precipitação diária, possibilitando o estabelecimento de correlações entre estes elementos. As mesmas foram secas, destorroadas, peneiradas, pesadas, identificadas e enviadas para o Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP (Figura 28). A identificação se deu considerando o local de coleta: VC (Vera Cruz) e G (Getulina) e a data de realização (14/11/2015), por exemplo.

As metodologias de análise química, segundo o relatório fornecido pelo laboratório do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP, baseiam-se no Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (EMBRAPA, 1999) e no Manual de análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais (IAC, 2001).

Foram considerados os seguintes atributos na análise química:

Tabela 3: Atributos considerados na análise química

Atributos	Descrição	Unidade	Metodologia
pH		Adimensional	pH em (H ₂ O)
pH		Adimensional	pH em CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹
MO	Matéria orgânica	mg.dm ⁻³	Extração por solução dicromato de sódio em ácido sulfúrico Determinação por colorimétrico
P	Fósforo	mg.dm ⁻³	Extração com solução Mehlich 1(H ₂ SO ₄ 0,0125 mol L ⁻¹ + HCl 0,05 mol L ⁻¹) Determinação por calorimetria
K	Potássio	mg.dm ⁻³	Extração com solução Mehlich 1(H ₂ SO ₄ 0,0125 mol L ⁻¹ + HCl 0,05 mol L ⁻¹) Determinação em espectrofotômetro de emissão atômica
Ca	Cálcio	cmol _c .dm ⁻³	Extração com solução KCl 1 mol L ⁻¹ Determinação por espectrofotômetro de absorção atômica
Mg	Magnésio	cmol _c .dm ⁻³	Extração com solução KCl 1 mol L ⁻¹ Determinação por espectrofotômetro de absorção atômica
H + Al	Acidez Potencial	cmol _c .dm ⁻³	Extração com solução de Acetato de Cálcio pH 7 (0,5 mol.L ⁻¹) Determinação por titulometria
Al	Alumínio	cmol _c .dm ⁻³	Extração com solução KCl 1 mol L ⁻¹ Determinação por titulometria
SB	Soma de Base	cmol _c .dm ⁻³	-
CTC	Capacidade de troca catiônica	cmol _c .dm ⁻³	-
V	Saturação por base	%	-
m	Saturação por Al	%	-
Al ₂ O ₃	Óxido de Alumínio	%	Ataque Sulfúrico

Fonte: Relatório das análises químicas desenvolvidas pelo Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

O óxido de alumínio, para além dos atributos relacionados com a análise de fertilidade do solo foi considerado para emprego na equação de determinação da erodibilidade dos solos de Denardin (1990).

Todos os atributos químicos tiveram sua variação temporal representadas e classificados de acordo com seus respectivos teores.

3.3.5 Estimação da erodibilidade dos solos

Para a determinação da erodibilidade dos solos das áreas de estudo serão empregados os métodos indiretos de determinação desenvolvidos por Denardin (1990) e Wischmeier et al. (1971) com parâmetros da National Soil Survey Handbook USDA (NSSH, 1996).

As mesmas se baseiam em equações de regressão em que o Fator K é expresso em função de propriedades do solo de grande relevância para a erodibilidade. Eles resultam de medidas experimentais de parcelas em campo durante anos, com o objetivo de compreender o comportamento do solo frente a variabilidade temporal da frequência e intensidade dos eventos de chuva, bem como por meio da abordagem de diferentes tipos de solo, considerando suas propriedades físicas e químicas, em busca de um modelo que represente as dinâmicas envolvidas na maior ou menor suscetibilidade dos solos aos processos erosivos.

3.3.5.1 Estimação da erodibilidade considerando os parâmetros estabelecidos por Denardin (1990)

O método de Denardin (1990) foi selecionado para ser aplicado na pesquisa por estudos recentes considerar sua relevância na busca pelo entendimento da erodibilidade dos solos no Brasil (TOMMASELLI; FREIRE, 1999; LIMA et al., 2007) e por ser um dos mais aplicados em trabalhos científicos.

Como já expresso Denardin (1990) realizou a determinação da erodibilidade de 31 solos brasileiros por meio de parâmetros físicos e químicos, em condições de campo sob chuva natural e/ou simulada, que foram tomados como variáveis dependentes e analisados por meio de análises de correlação e regressão. A análise de regressão linear múltipla resultou na equação expressa a seguir:

$$K = (6,08397.P + 8,34286.MO - 1,16162.Al - 0,37756.PART)/1000 \quad (19)$$

Onde: K é o valor de erodibilidade do solo (t.ha.h/ha.MJ.mm); P é a permeabilidade do solo codificada de acordo com Wischmeier et al. (1970) (quadro 4); MO é o teor de matéria orgânica, em porcentagem; Al é o teor de óxido de alumínio, em porcentagem e o PART é o teor de partículas com diâmetros entre 0,5 e 2,0 mm, em porcentagem (TOMMASELLI; FREIRE, 1999).

Com relação a permeabilidade ela será abordada considerando a relação expressa a seguir.

Quadro 4: Parâmetros da análise morfológica do solo e seus respectivos valores

Estrutura	Valor	Permeabilidade	Valor
Granular, muito fina	1	Rápida	1
Granular fina	2	Moderada a rápida	2
Granular média a grande	3	Moderada	3
Em blocos ou maciça	4	Lenta a moderada	4
		Lenta	5
		Muito lenta	6

Fonte: Codificados segundo Wischmeier et al (1971) apud Tommaselli; Freire (1999).

Considerando a necessidade da permeabilidade como parâmetro do modelo de Denadin (1990) a mesma foi adquirida com o uso do Permeâmetro de Guelph, como relatado anteriormente. O teor de matéria orgânica em porcentagem foi adquirido através da análise química desenvolvida pelo Laboratório de Análise de Solos da ESALQ/USP, por meio da extração por solução dicromato de sódio em ácido sulfúrico e com a determinação colorimétrica. O teor de óxido de alumínio em porcentagem foi adquirido também pela análise realizada na ESALQ/USP, por ser o laboratório que determina o teor de Al por ataque sulfúrico. Por fim, a quantidade de partículas com diâmetros entre 0,5 e 2,0 mm, em porcentagem foi determinado após a análise textural, pelo método de Pipeta (EMBRAPA, 1997) e o fracionamento de areia.

3.3.5.2 *Estimação da erodibilidade considerando os parâmetros estabelecidos por Wischmeier et al. (1971) e National Soil Survey Handbook USDA (NSSH, 1996)*

A equação de regressão proposta por Wischmeier et al. (1971) resulta da simplificação dos cálculos de erodibilidade por meio de um simulador de chuva, considerando a variabilidade de eventos de chuva, sua intensidade, bem como a umidade antecedente dos solos (WISCHMEIER et al., 1971; ALMOROX, 2010).

Ela se baseia em cinco parâmetros físicos:

$$100 \cdot K = [10 - 4 \cdot 2,71 \cdot T + 1,14 \cdot (12 - MO)] + 4,2 \cdot (E-2) + 3,2 \cdot (P-3) \quad (20)$$

Onde K é expresso por: (Mg·m²·h/ha·hJ·cm)

T: expressa um parâmetro de textura dos 15cm superficiais do solo, dado por:

$$T = [(100 - Ac) \cdot (L + Armf)] \quad (21)$$

Em que L + Armf: silte mais areia muito fina, no intervalo de: [0,1 - 0,002 mm] e Ac refere-se a argila identificadas, neste caso, como partículas com <0,002 mm.

MO: conteúdo de matéria orgânica (%)

E: parâmetro de estrutura, expresso a seguir:

Código	Parâmetros de estrutura
1	Grãos muito finos (< 1 mm)
2	Grãos finos (1 – 2 mm)
3	Grãos médios (2 – 5 mm) e grossos (5-10mm)
4	Blocos, laminar ou maciço

P: Parâmetro de permeabilidade, expresso por:

Código Parâmetros de Permeabilidade

1	Rápido a muito rápido (12,5 – 25 cm/h)
2	Moderadamente rápido (6,2 – 12,5 cm/h)
3	Moderada (2 – 6,2 cm/h)
4	Moderadamente lenta (0,5 – 2 cm/h)
5	Lenta (0,12 – 0,5 cm/h)
6	Muito lenta (<0,12 cm/h)

Na determinação da erodibilidade dos solos é considerado somente a areia fina, não sendo considerado os elementos grosseiros (fragmentos rochosos). Estes elementos são incorporados, por muitos autores, pelo seu efeito de *mulch*, no fator C da EUPS, introduzindo-o tanto quanto elementos grosseiros (*mulch* inorgânico) como também por *mulch* orgânico que cobre o solo, considerando que seu efeito é efetivo sobre superfícies não cobertas de elementos grosseiros.

Em casos em que não é possível sua consideração na determinação do fator C, é possível introduzi-lo no fator K por meio de um fator corretivo que é multiplicado pelo resultado (NSSH, 1996). Neste caso, determina-se o fator K para areia fina, bem como se determina a porcentagem de elementos grosseiros presente na espessura de solo considerada (amostra) e, posteriormente, se estima o valor de K corrigido. A tabela a seguir permite estimar os valores de K a partir da porcentagem de elementos grosseiros e do fator K para areia fina:

Tabela 4: Valores de K para solos com presença de fragmentos rochosos

	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.02	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.70	0.80	0.90
5	0.02	0.05	0.09	0.14	0.18	0.23	0.27	0.32	0.36	0.41	0.45	0.50	0.54	0.63	0.72	0.81
10	0.02	0.04	0.08	0.12	0.15	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35	0.39	0.42	0.46	0.54	0.62	0.69
15	0.01	0.03	0.07	0.10	0.14	0.17	0.20	0.24	0.27	0.31	0.34	0.37	0.41	0.48	0.54	0.61
20	0.01	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.31	0.34	0.37	0.43	0.49	0.55
25	0.01	0.03	0.05	0.08	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.38	0.43	0.49
30	0.01	0.02	0.05	0.07	0.10	0.12	0.14	0.17	0.19	0.22	0.24	0.26	0.29	0.34	0.38	0.43
35	0.01	0.02	0.04	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.22	0.24	0.26	0.30	0.34	0.39
40	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.27	0.30	0.34
45	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.14	0.15	0.17	0.19	0.20	0.24	0.27	0.31
50	0.01	0.02	0.03	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.12	0.14	0.15	0.17	0.18	0.21	0.24	0.27
55	0.01	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13	0.14	0.16	0.18	0.21	0.23
60	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.18	0.20
65	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17
70	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14
75	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12
80	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09
85	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07
90	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
95	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03

Fonte: NSSH (1996).

A porcentagem de fragmentos rochosos foi determinada para um conjunto de amostras de solo das áreas de estudo, que foram destorroadas e peneiradas na peneira de abertura de 2 mm. O material identificado como fragmento rochoso foi pesado e teve a sua porcentagem determinada com relação ao peso total da amostra.

Figura 38: Procedimento de identificação do percentual de fragmentos rochosos nas amostras de solo



Fonte: Arquivo Pessoal

Os resultados finais da erodibilidade dos solos por meio da aplicação das duas metodologias serão apresentados com a mesma unidade de medida, considerando o fator de conversão do Sistema Americano Tradicional de Unidades para o Sistema Internacional de Unidades (FOSTER et al., 1981).

Figura 39: Fatores de conversão para distintas unidades do fator K

$100 K = [10^{-4} 2,1 T^{1,14} (12 - MO)] + 3,25 (E-2) + 2,5 (P-3)$ <p>K en [tons-acre-hora]/[cientos de acre-pie-tons-pulgada]</p>		
$1000 K = [10^{-4} 2,7 T^{1,14} (12 - MO)] + 4,2 (E-2) + 3,2 (P-3)$ <p>K en [Mg-ha-h]/[ha-MJ-mm]</p>		
$100 K = [10^{-4} 2,71 T^{1,14} (12 - MO)] + 4,2 (E-2) + 3,2 (P-3)$ <p>K en [Mg-m²-h]/[ha-hJ-cm]</p>		
<p>T = (100 - %arcilla)·(%limo + % arena muy fina) MO = % de materia orgánica E = estructura del suelo P = clase de permeabilidad del perfil</p>		
Para pasar de:	Por:	Para obtener:
[tons-acre-h]/[cientos de acre-pie-tons-pulgada]	0,1317	[Mg-ha-h]/[ha-MJ-mm]
[tons-acre-h]/[cientos de acre-pie-tons-pulgada]	0,0131	[Mg-m ² -h]/[ha-J-cm]
[tons-acre-h]/[cientos de acre-pie-tons-pulgada]	1,317	[Mg-m ² -h]/[ha-hJ-cm]

Fonte: ALMOROX et al. (2010).

3.4 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA A ABORDAGEM DO FATOR TOPOGRÁFICO

O fator topográfico é considerado um dos fatores que mais influenciam nas taxas de erosão, com um maior volume de solo erodido quanto maior o grau do declive e o comprimento da rampa, favorecendo o arraste e transporte das partículas na enxurrada.

Os dados de declividade do terreno e comprimento de rampa de ambas as áreas foram determinadas considerando o ponto mais alto do relevo de influência das áreas de localização das parcelas de monitoramento até o ponto mais baixo, no qual observa-se o processo de deposição (Figura 40).

O comprimento de rampa em Vera Cruz foi de 53,96 metros, já o de Getulina foi de 104,00 metros.

Figura 40: Coleta de dados de comprimento da vertente e declividade

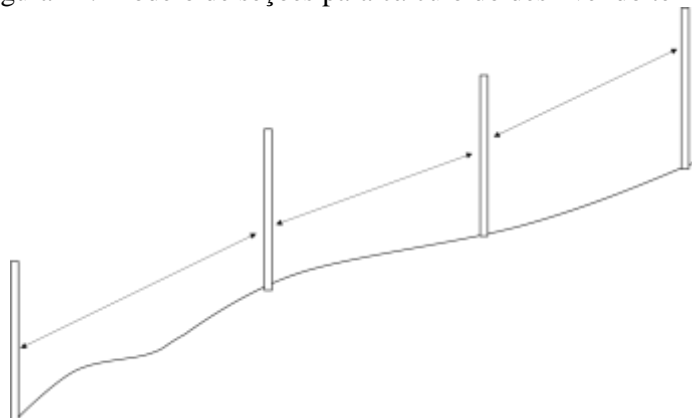


Fonte: Arquivo Pessoal.

Para a obtenção do desnível do terreno, dividiu-se o mesmo em seções, considerando o desnível em cada um deles em metros, no fim todos os desníveis das seções foram somados, obtendo-se o valor final.

Em Vera Cruz a vertente foi dividida em 4 seções, com um desnível de 6,96 metros, como o esquema a seguir.

Figura 41: Modelo de seções para cálculo do desnível do terreno



Fonte: Elaboração da autora.

No caso de Getulina o cálculo foi dividido em 8 seções e o desnível foi de 11,20 metros.

A seguir apresenta-se as metodologias elegidas para a determinação de LS, em que a primeira refere-se a estimativa desenvolvida por Renard et al. (1997) de grande aplicação e aceitação nos estudos deste campo científico, e a segunda trata-se de uma

equação desenvolvida a partir de estudos no Estado de São Paulo, onde localiza-se as áreas abrangidas na presente pesquisa.

3.4.1 Estimação do fator LS por Renard et al. (1997) – *RUSLE*

Para a estimação do fator LS será considerado as formulações apresentadas pela *RUSLE* (Renard et al., 1997). Ela se baseia no modelo desenvolvido por McCool et al. (1982; 1989), considerando o fator longitude-inclinação como produto de L e S. As formulações estão expressas a seguir:

Tabela 5: Formulações do fator topográfico (LS) - *RUSLE*

λ : comprimento de rampa	Grau do declive	Fator LS
<4,6 m	>9%	$L = [0,208]^m$ $S = 3,0 [\text{sen } \Theta]^{0,8} + 0,56$
<4,6 m	<9%	$L = [0,208]^m$ $S = 10,8 \text{ sen } \Theta + 0,03$
>4,6 m	>9%	$L = [\lambda/22,1]^m$ $S = 16,8 \text{ sen } \Theta - 0,50$
>4,6 m	<9%	$L = [\lambda/22,1]^m$ $S = 10,8 \text{ sen } \Theta + 0,03$

Fonte: Renard et al. (1997).

No caso de “m” no fator LS sua variação considera o grau do declive e a relação estabelecida entre a erosão em sulcos ou entre sulcos.

Para a determinação do comprimento da rampa e do grau do declive deve-se considerar a rede de drenagem, estabelecendo como critério desde o ponto de origem do escoamento superficial (divisor de águas da parte mais elevada do terreno) até o encontro de um canal de água ou uma zona de depósito de sedimentos (ALMOROX et al., 2010).

É apresentado por Renard et al. (1997) os valores de LS em função do grau do declive, comprimento da rampa e da relação de erosão em sulcos ou entressulcos, classificada como baixa, média e alta.

Tabela 6: Relação de erosão em sulcos e entressulcos

Relação de erosão em sulcos/entressulcos Baixa								
Ps %	θ (deg)	θ (rad)	SINθ/0.0896	$3\sin\theta^{0.8} + .56$	β_0	ratio Factor	β	M
0,2	0,1146	0,0020	0,0223	0,5808	0,0384	0,5000	0,0192	0,0189
0,5	0,2865	0,0050	0,0558	0,6033	0,0925	0,5000	0,0462	0,0442
1	0,5729	0,0100	0,1116	0,6354	0,1757	0,5000	0,0878	0,0807
2	1,1458	0,0200	0,2232	0,6912	0,3229	0,5000	0,1614	0,1390
3	1,7184	0,0300	0,3347	0,7414	0,4514	0,5000	0,2257	0,1841
4	2,2906	0,0400	0,4461	0,7883	0,5659	0,5000	0,2829	0,2205
5	2,8624	0,0500	0,5573	0,8328	0,6692	0,5000	0,3346	0,2507
6	3,4336	0,0599	0,6684	0,8755	0,7635	0,5000	0,3817	0,2763
8	4,5739	0,0798	0,8900	0,9567	0,9303	0,5000	0,4651	0,3175
10	5,7106	0,0997	1,1105	1,0336	1,0745	0,5000	0,5372	0,3495
12	6,8428	0,1194	1,3297	1,1070	1,2012	0,5000	0,6006	0,3752
14	7,9696	0,1391	1,5474	1,1775	1,3141	0,5000	0,6571	0,3965
16	9,0903	0,1587	1,7633	1,2455	1,4157	0,5000	0,7078	0,4145
20	11,3099	0,1974	2,1888	1,3750	1,5919	0,5000	0,7960	0,4432
25	14,0362	0,2450	2,7069	1,5259	1,7739	0,5000	0,8870	0,4700
30	16,6992	0,2915	3,2070	1,6662	1,9247	0,5000	0,9624	0,4904
40	21,8014	0,3805	4,1450	1,9183	2,1608	0,5000	1,0804	0,5193
Relação de erosão em sulcos/entressulcos Moderada								
Ps %	θ (deg)	θ (rad)	SINθ/0.0896	$3\sin\theta^{0.8} + .56$	β_0	ratio Factor	β	M
0,2	0,1146	0,0020	0,0223	0,5808	0,0384	1,0000	0,0384	0,0370
0,5	0,2865	0,0050	0,0558	0,6033	0,0925	1,0000	0,0925	0,0847
1	0,5729	0,0100	0,1116	0,6354	0,1757	1,0000	0,1757	0,1494
2	1,1458	0,0200	0,2232	0,6912	0,3229	1,0000	0,3229	0,2441
3	1,7184	0,0300	0,3347	0,7414	0,4514	1,0000	0,4514	0,3110
4	2,2906	0,0400	0,4461	0,7883	0,5659	1,0000	0,5659	0,3614
5	2,8624	0,0500	0,5573	0,8328	0,6692	1,0000	0,6692	0,4009
6	3,4336	0,0599	0,6684	0,8755	0,7635	1,0000	0,7635	0,4329
8	4,5739	0,0798	0,8900	0,9567	0,9303	1,0000	0,9303	0,4819
10	5,7106	0,0997	1,1105	1,0336	1,0745	1,0000	1,0745	0,5179

12	6,8428	0,1194	1,3297	1,1070	1,2012	1,0000	1,2012	0,5457
14	7,9696	0,1391	1,5474	1,1775	1,3141	1,0000	1,3141	0,5679
16	9,0903	0,1587	1,7633	1,2455	1,4157	1,0000	1,4157	0,5860
20	11,3099	0,1974	2,1888	1,3750	1,5919	1,0000	1,5919	0,6142
25	14,0362	0,2450	2,7069	1,5259	1,7739	1,0000	1,7739	0,6395
30	16,6992	0,2915	3,2070	1,6662	1,9247	1,0000	1,9247	0,6581
40	21,8014	0,3805	4,1450	1,9183	2,1608	1,0000	2,1608	0,6836
Relação de erosão em sulcos/entressulcos Alta								
Ps %	θ (deg)	θ (rad)	SINθ/0.0896	3sinθ^{0.8} + .56	β0	ratio Factor	β	M
0,2	0,1146	0,0020	0,0223	0,5808	0,0384	2,0000	0,0769	0,0714
0,5	0,2865	0,0050	0,0558	0,6033	0,0925	2,0000	0,1850	0,1561
1	0,5729	0,0100	0,1116	0,6354	0,1757	2,0000	0,3513	0,2600
2	1,1458	0,0200	0,2232	0,6912	0,3229	2,0000	0,6458	0,3924
3	1,7184	0,0300	0,3347	0,7414	0,4514	2,0000	0,9028	0,4745
4	2,2906	0,0400	0,4461	0,7883	0,5659	2,0000	1,1317	0,5309
5	2,8624	0,0500	0,5573	0,8328	0,6692	2,0000	1,3385	0,5724
6	3,4336	0,0599	0,6684	0,8755	0,7635	2,0000	1,5270	0,6043
8	4,5739	0,0798	0,8900	0,9567	0,9303	2,0000	1,8606	0,6504
10	5,7106	0,0997	1,1105	1,0336	1,0745	2,0000	2,1489	0,6824
12	6,8428	0,1194	1,3297	1,1070	1,2012	2,0000	2,4024	0,7061
14	7,9696	0,1391	1,5474	1,1775	1,3141	2,0000	2,6282	0,7244
16	9,0903	0,1587	1,7633	1,2455	1,4157	2,0000	2,8314	0,7390
20	11,3099	0,1974	2,1888	1,3750	1,5919	2,0000	3,1838	0,7610
25	14,0362	0,2450	2,7069	1,5259	1,7739	2,0000	3,5479	0,7801
30	16,6992	0,2915	3,2070	1,6662	1,9247	2,0000	3,8494	0,7938
40	21,8014	0,3805	4,1450	1,9183	2,1608	2,0000	4,3216	0,8121

Fonte: Renard et al. (1997).

3.4.2 Estimação do fator LS por Bertoni (1959)

Baseando-se no estudo dos principais tipos de solo do estado de São Paulo, durante o período, em média, de dez anos de observação em talhões experimentais com distintos comprimentos de rampa e graus de declive, Bertoni (1959) desenvolveu uma

equação para a determinação da perda média de solo para diferentes medidas de ambos os elementos citados acima.

Esta equação foi elaborada a partir das fórmulas e correlações apresentadas a seguir.

O volume e a velocidade da enxurrada dependem diretamente do grau do declive, sendo que a perda de solo é uma função exponencial da declividade, considerando esta relação Bertoni (1959) determinou o efeito do declive nas perdas de solo por meio da expressão a seguir:

$$T = 1,145 D^{1,18} \quad (22)$$

Onde: T = perda de solo em quilograma/unidade de largura/unidade de comprimento; 0,145 = constante de variação; D = declividade do terreno em porcentagem; 1,18 = expoente.

Já o comprimento de rampa, à medida que o caminho percorrido vai aumentando, promove o maior volume de escoamento. Portanto, em princípio, quanto maior o comprimento, mais acumulada a enxurrada e maior a energia resultante, que se traduz em maior erosão, de forma geral, duplicando-se o comprimento de rampa, as perdas de solo são mais que o dobro. De acordo com Bertoni (1959), o efeito do comprimento é expresso por:

$$T = 0,166 C^{1,63} \quad (23)$$

Onde: T = perda de solo em quilograma por unidade de largura; 0,166 = constante de variação; C = comprimento de rampa do terreno, em metros; 1,63 = expoente.

As informações de declividade e comprimento de rampa também foram empregadas na equação de correlação entre perda de solo e declividade do terreno como também na de determinação de LS, desenvolvidas por Bertoni (1959), expressa por:

$$LS = 0,00984 C^{0,63} D^{1,18} \quad (24)$$

Onde: C = comprimento de rampa em metros e D = grau de declive em porcentagem.

3.5 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA A ABORDAGEM DO FATOR COBERTURA VEGETAL (C)

Este fator correlaciona-se com a eficiência da cobertura vegetal para a proteção do solo, considerando sua grande relevância na redução da energia da chuva por meio da sua interceptação, bem como pela redução do escoamento superficial (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; ALMOROX, 2010).

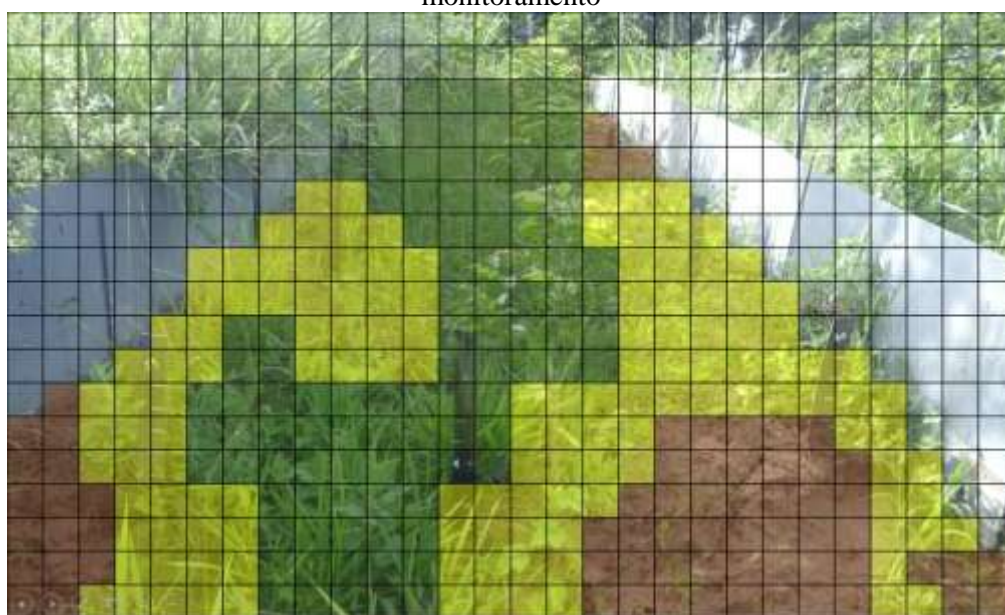
3.5.1 Estimativa da porcentagem de cobertura vegetal mensal nas parcelas experimentais

Uma das informações fundamentais para a estimativa do fator C é a porcentagem de cobertura vegetal nas parcelas experimentais e sua variação durante o período experimental.

No caso de Vera Cruz observou-se uma modificação considerável da cobertura vegetal no interior das parcelas, por isso a estimativa da porcentagem foi mensal. No caso de Getulina não observou-se modificações consideráveis, já que a área esteve coberta por gramínea e isolada durante todo o período de avaliação, neste caso foi adotado um valor médio de 95% de cobertura superficial e 0% de cobertura considerada arbustiva.

Para estimar esta porcentagem mensal recorreu-se a inúmeras fotografias das parcelas em cada trabalho de campo. Estas fotografias tiveram suas dimensões padronizadas, inseridas sobre elas malhas quadriculadas. A soma das células que cobriram as parcelas correspondeu a 100% e foram classificadas como sem cobertura vegetal (cor marrom), com cobertura rasteira e/ou arbustiva, mas que não cobria completamente as células (cobertura parcial) (cor amarela), ou com cobertura rasteira e/ou arbustiva de cobertura total das células (cor verde). Desta forma, estabeleceu-se uma estimativa de solo exposto, com cobertura parcial ou completamente coberto que possibilitaram a estimativa do fator C de acordo com Wischmeier (1975). A seguir é ilustrado como este procedimento foi realizado.

Figura 42: Procedimento de estimativa do percentual de cobertura vegetal das parcelas de monitoramento



Fonte: Fotos de trabalhos de campo. Organização da autora.

Além do percentual utilizado na estimação do fator C, estes dados revelam a variação temporal da vegetação no interior das parcelas, e será correlacionado com as perdas mensais de solo registradas, bem como com os dados de precipitação.

3.5.2 Estimação do fator C de acordo com Wischmeier (1975)

Wischmeier (1975) estimou o fator C para terrenos baldios, pastos e bosques, considerando três subfatores: cobertura vegetal aérea; os resíduos vegetais, e da cobertura vegetal em contato com a superfície e os resíduos de vegetação.

O efeito da cobertura vegetal aérea reflete a influência das folhas e ramos na interceptação da gota de chuva, sendo que a diminuição da energia da chuva é proporcional a redução da velocidade de caída. Nesta lógica a energia cinética é proporcional ao quadrado da velocidade, neste sentido, uma gota de diâmetro 2,5 mm que cai de uma altura de 2 m apresenta uma energia duas vezes menor que uma queda de 20 m. Por isso, no caso de uma cobertura de 100% a redução da erosividade será de 50%. Considerando a porcentagem de solo coberto pela vegetação aérea e sua altura média é possível avaliar o efeito da cobertura vegetal aérea (subfator I) (WISCHMEIER, 1975).

Os restos vegetais e a cobertura vegetal em contato com a superfície dificultam e reduzem a velocidade da água que escorre e aumenta a rugosidade favorecendo a infiltração. Este subfator é obtido em função da porcentagem de cobertura vegetal superficial, de forma que uma cobertura de 100% teria praticamente zero como valor. Porém, este fator é considerado juntamente com o fator I, por exemplo, uma porcentagem de 30% de cobertura superficial combinado com uma área de 60%, corresponde a uma cobertura vegetal aérea efetiva de 70% ($1-0,30$) do total (60%) (WISCHMEIER, 1975; ALMOROX et al., 2010).

Os efeitos residuais da vegetação incluem no fator III a estrutura do solo, matéria orgânica, densidade, umidade, atividade biológica, sistema radicular, etc. Estes efeitos são mais difíceis de estimar, por isso se pode utilizar os gráficos desenvolvidos para o fator III como também a tabela de quantificação direta do fator C, tabela esta que foi aplicação para a determinação do fator C para a presente pesquisa, considerando que não foi possível a aplicação da RUSLE por ausência de dados disponíveis para isso. A quantidade de fatores considerados e a considerável dificuldade de obtenção de todos

eles colocam-se como um dos dificultadores da aplicação da RUSLE⁸ (RENARD et al., 1997) para a estimação deste fator.

3.5.3 Estimação do fator C por meio de pesquisas e referenciais brasileiros

Para o estabelecimento de comparação dos dados obtidos com Wischmeier (1975) foram selecionadas pesquisas desenvolvidas no Brasil para a determinação do fator C. Foi considerado estudos de grande aplicabilidade e difusão para a cultura do café, para pastagens ou que considere a quantidade de cobertura vegetal das parcelas com características similares as áreas de estudo.

Para isso foram abordados estudos como o de Prochnow et al. (2005) no Estado de São Paulo em que o fator C é determinado para o cultivo do café. Este estudo considerou as etapas da cultura do café, para cada etapa foi determinado um valor de C, considerando o grau de cobertura vegetal e de espaçamento entre os pés de café. A primeira etapa consiste no período de 60 meses iniciais (desde o plantio até 60 meses), que é justamente o período correspondente as condições do café em Vera Cruz.

Também foi considerado a determinação do fator C de Donzeli et al. (1992) para café e pastagem e de Galdino (2012), Vázquez-Fernández et al. (1996) e Corrêa (2015) para pastagens.

3.6 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA A ABORDAGEM DAS PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS (FATOR P)

As práticas de conservação resulta em um valor do fator P que expressa a relação entre a quantidade de perda de solo com determinada prática de conservação e a quantidade que se perderia quando a cultura está plantada no sentido do declive.

3.6.1 Estimação do fator P de acordo com Wischmeier et al. (1978) e Kent-Mitchell e Bubenzer (1980)

Wischmeier et al. (1978) e Kent-Mitchell e Bubenzer (1980) estabeleceram os valores de P para distintas práticas de conservação por meio de experimentos, considerando a relação entre a quantidade de solo perdido utilizando a prática de conservação com a perda de solo cultivado no sentido do declive. A tabela resultante expressa os seguintes valores:

⁸ Este modelo pode ser consultados nos seguintes sites (ALMOROX et al., 2010):
<http://www.techtransfer.osmre.gov/NTTMainSite/Library/hbmanual/rusle.shtm>
<http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=5971>
<http://www.iwr.msu.edu/rusle/resources.htm>

Tabela 7: Valores de P por Wischmeier et al. (1978) e Kant-Mitchell e Budenzer (1980)

Declividade (%)	Cultivo em nível		Cultivo em faixas	Cultivo em terraços
	Fator P	Máxima longitude	Fator P	Fator P
1-2	0,60	120	0,30	0,12
3-5	0,50	90	0,25	0,1
6-8	0,50	60	0,25	0,1
9-12	0,60	35	0,30	0,12
13-16	0,70	25	0,35	0,14
17-20	0,80	20	0,40	0,16
21-25	0,90	15	0,45	0,18

Fonte: Almorox (2010).

Neste caso os valores de P para cultivos em terraços, referem-se a predição de perdas totais em todo o campo ou ladeira. No caso de considerar o intervalo entre os terraços, o valor de L é modificado do comprimento da vertente para a distância entre os terraços, considerando-se o valor de P correspondente ao cultivo em curvas de nível.

3.6.2 Estimação do fator P de acordo com pesquisas e referenciais brasileiros

Após o levantamento de pesquisas que trabalharam como o fator P para as principais práticas conservacionistas, que são escassas, foi estabelecido como metodologia os valores apresentados por Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Eduardo et al. (2003). Estes dados são os mais considerados nos estudos que trabalham com o fator P no Estado de São Paulo, além de terem sido abordados em trabalhos experimentais como o de Eduardo et al. (2003) com ênfase na determinação do valor para curvas de nível.

Quadro 5: Práticas Conservacionistas Bertoni e Lombardi Neto (1999)

Práticas Conservacionistas	Valor de P
Plantio morro abaixo	1
Plantio em contorno/terraços	0,5
Alternância de campinas + plantio em contorno	0,4
Cordões de vegetação permanente	0,2

Fonte: Bertoni; Lombardi Neto (1999).

4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresenta-se a seguir os dados produzidos e suas análises enquanto elementos de grande relevância não somente para estimar a perda de solo, mas para a compreensão das dinâmicas, processos e correlações inerentes a erosão dos solos.

4.1 RESULTADOS OBTIDOS COM AS PARCELAS DE MONITORAMENTO COM PINOS DE EROSÃO

O monitoramento anual das parcelas resultou nos dados mensais de entrada e saída de sedimentos registrados em cada um dos pinos de erosão. Estas informações além de permitir a consideração da espacialização destes ganhos ou perdas, também possibilitou a estimação da perda anual de solo e sua correlação com os dados de precipitação, fertilidade e cobertura vegetal.

As medições mensais foram organizadas em tabelas (Tabela 8 e 9), nas quais foram identificadas, considerando o valor registrado no mês anterior, quando houve perda, ganho ou manutenção em cada um dos pinos. Após este exercício, foi calculado para cada mês e para cada pino o valor real de perda, que somados resultaram nas perdas mensais, anuais e o total registrado por cada pino de erosão (Tabelas 10 e 11). Os valores positivos indicam que houve ganho com relação ao registro do mês anterior, zero significa a sua manutenção e os valores negativos as perdas.

Além das tabelas, foi organizado uma representação da espacialização das medições mensais dos pinos em cada uma das áreas de pesquisa. Nestas representações estão contidos a localização dos pinos dentro das parcelas, sua numeração, e as medições mensais correspondentes, representada cronologicamente pelos períodos de medição em barras (Figuras 43 e 44).

Com a soma mensal dos valores de perda e ganho de solo nas parcelas, foram elaborados gráficos para representar esta variação temporal e contrapor ambas as áreas de estudo.

Tabela 8: Medições mensais registradas nos pinos de erosão na parcela de monitoramento de Getulina

Getulina – Perda de solo mensal – valor medido nos pinos em (cm)												
Número dos pinos	Data											
	01/03/2015	26/04/2015	06/06/2015	10/07/2015	23/08/2015	19/09/2015	17/10/2015	14/11/2015	18/12/2015	16/01/2016	13/02/2016	20/03/2016
1	0,00	-1,00	-1,00	-1,30	-1,40	-1,60	-1,60	-1,60	-1,70	-1,70	-1,70	-2,00
2	0,00	0,00	0,30	0,00	-0,20	-0,60	-0,50	-0,50	0,00	-0,50	-0,20	-0,20
3	0,00	-0,30	0,00	-0,30	-0,30	-0,60	-0,40	-0,50	0,00	-0,50	-1,00	-1,00
4	0,00	-1,00	-1,50	-1,00	-1,00	-0,70	-0,70	-0,90	-0,60	-0,60	-0,20	-1,00
5	0,00	0,00	0,00	-0,30	0,00	-0,30	-0,30	-0,30	0,00	0,00	-0,20	-0,30
6	0,00	0,00	-0,50	-0,20	0,00	-0,30	-0,20	-0,20	0,20	0,00	-0,30	-0,30
7	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,20	0,00	0,20	0,20	0,80	0,30	0,50	0,50
8	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,40	-0,20	0,00	-0,20	0,30	-0,20	0,20	0,00
9	0,00	-0,50	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-0,50	-0,70	-0,60	-1,20	-1,00	-1,00
10	0,00	-1,50	-1,50	-1,50	-1,50	-1,50	-1,50	-1,60	-1,20	-1,50	-1,50	-1,80

Fonte: Trabalhos de campo.

	Perda
	Ganho
	Manutenção

Tabela 9: Medições mensais registradas nos pinos de erosão na parcela de monitoramento de Vera Cruz

Vera Cruz – Perda de solo mensal – valor medido nos pinos (cm)												
Número dos pinos	Data											
	01/03/2015	26/04/2015	07/06/2015	10/07/2015	23/08/2015	19/09/2015	17/10/2015	14/11/2015	18/12/2015	16/01/2016	13/02/2016	19/03/2016
11	0,00	0,00	0,40	0,50	0,50	0,50	0,90	-1,20	-2,00	-1,90	-3,00	-3,00
12	0,00	1,00	1,50	2,00	2,60	1,60	3,00	1,00	0,50	0,50	-0,50	0,20
13	0,00	-0,50	0,00	-1,00	-0,50	-0,80	-1,50	-2,50	-1,90	-2,50	-2,50	-3,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,20	-0,40	-1,20	-1,50	-2,00	-2,50	-3,00	-3,00
15	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,40	0,40	0,00	1,00	0,00	-0,20	-0,20
16	0,00	0,40	1,50	2,00	2,00	1,80	0,70	1,20	-0,60	-1,00	-0,40	-0,30
17	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,40	-1,20	-0,70	0,70	-0,50	-0,50	0,00
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,30	-0,40	-0,30	0,30	-1,20	-1,00	-1,50
19	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,70	-1,80	-1,80	-2,00	-2,00	-4,00	-4,00	-7,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	0,30	0,20	-0,20	-0,20
21	0,00	-5,00	-12,00	-12,00	-17,00	-10,80	-7,00	-7,00	-7,00	-10,00	-10,00	-10,00

Fonte: Trabalhos de campo.

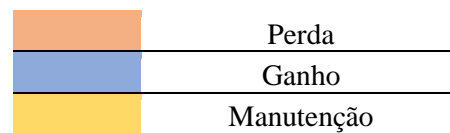


Tabela 10: Perda de solo mensal e total (cm) em Getulina

Getulina – Perda de solo mensal (cm)													
Número dos pinos	Data												Perda total por pino
	01/03/2015	26/04/2015	06/06/2015	10/07/2015	23/08/2015	19/09/2015	17/10/2015	14/11/2015	18/12/2015	16/01/2016	13/02/2016	20/03/2016	
1	0,00	-1,00	0,00	-0,30	-0,10	-0,20	0,00	0,00	-0,10	0,00	0,00	-0,30	-2,00
2	0,00	0,00	0,30	-0,30	-0,20	-0,40	0,10	0,00	0,50	-0,50	0,30	0,00	-1,40
3	0,00	-0,30	0,30	-0,30	0,00	-0,30	0,20	-0,10	0,50	-0,50	-0,50	0,00	-2,00
4	0,00	-1,00	-0,50	0,50	0,00	0,30	0,00	-0,20	0,30	0,00	0,40	-0,80	-2,50
5	0,00	0,00	0,00	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,30	0,00	-0,20	-0,10	-0,90
6	0,00	0,00	-0,50	0,30	0,20	-0,30	0,10	0,00	0,40	-0,20	-0,30	0,00	-1,30
7	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,20	0,20	0,20	0,00	0,60	-0,50	0,20	0,00	-0,70
8	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,40	0,20	0,20	-0,20	0,50	-0,50	0,40	-0,20	-1,30
9	0,00	-0,50	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,20	0,10	-0,60	0,20	0,00	-1,80
10	0,00	-1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,10	0,40	-0,30	0,00	-0,30	-2,20
Perda	0,00	-4,30	-1,50	-1,20	-0,90	-1,50	0,00	-0,80	-0,10	-3,10	-1,00	-1,70	16,10
Ganho	0,00	0,00	0,60	0,80	0,50	0,70	1,30	0,00	3,60	0,00	1,50	0,00	9,00

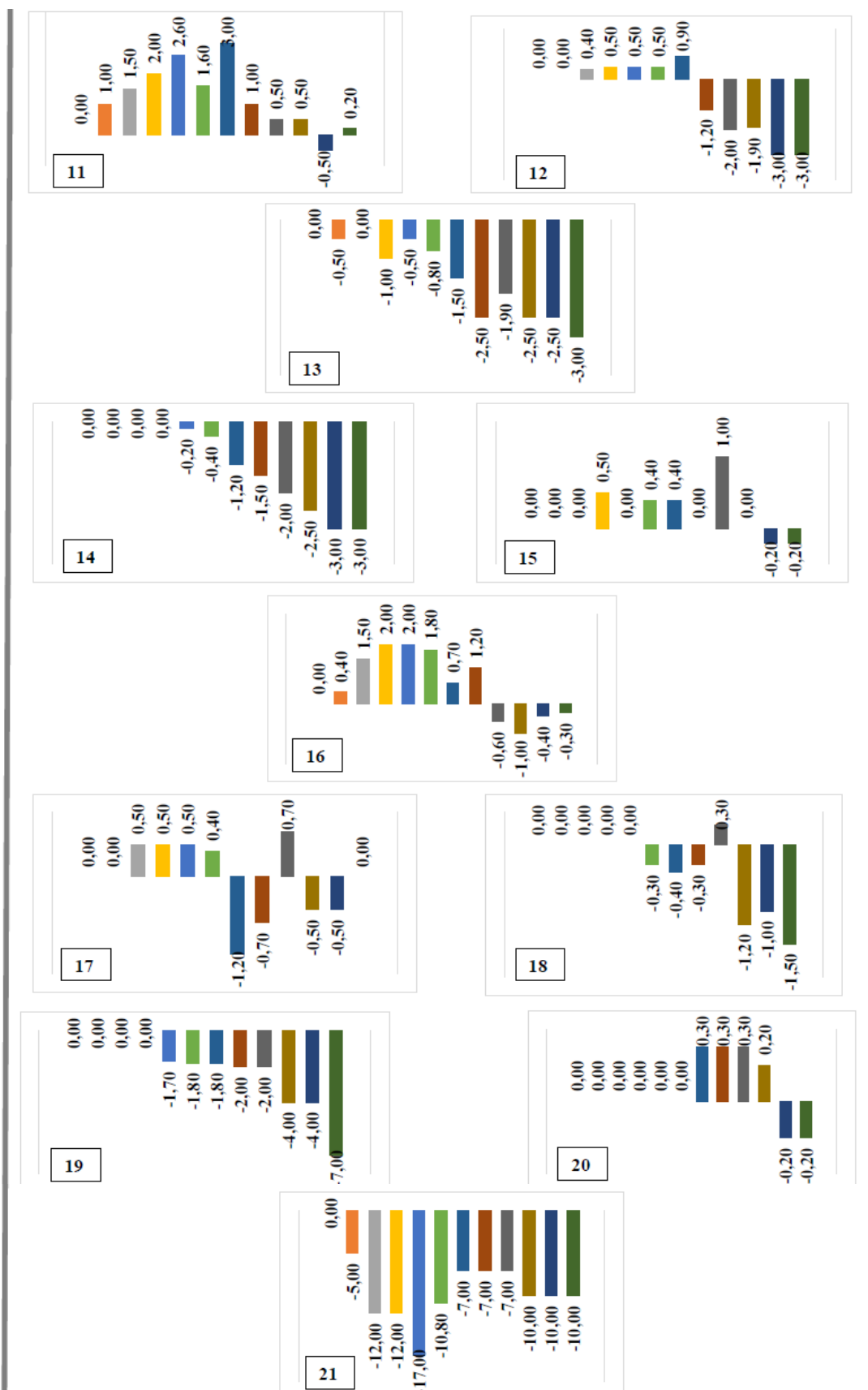
Fonte: Trabalhos de campo.

Tabela 11: Perda de solo mensal e total (cm) em Vera Cruz

Vera Cruz – Perda de solo mensal (cm)													
Número das estacas	Data												Perda total por pino
	01/03/2015	26/04/2015	07/06/2015	10/07/2015	23/08/2015	19/09/2015	17/10/2015	14/11/2015	18/12/2015	16/01/2016	13/02/2016	19/03/2016	
11	0,00	0,00	0,40	0,10	0,00	0,00	0,40	-2,10	-0,80	0,10	-1,10	0,00	-4,00
12	0,00	1,00	0,50	0,50	0,60	-1,00	1,40	-2,00	-0,50	0,00	-1,00	0,70	-4,50
13	0,00	-0,50	0,50	-1,00	0,50	-0,30	-0,70	-1,00	0,60	-0,60	0,00	-0,50	-4,60
14	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,20	-0,20	-0,80	-0,30	-0,50	-0,50	-0,50	0,00	-3,00
15	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	0,40	0,00	-0,40	1,00	-1,00	-0,20	0,00	-2,10
16	0,00	0,40	1,10	0,50	0,00	-0,20	-1,10	0,50	-1,80	-0,40	0,50	0,10	-3,50
17	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	-0,10	-1,60	0,50	1,40	-1,20	0,00	0,50	-2,90
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,30	-0,10	0,10	0,60	-1,50	0,20	-0,50	-2,40
19	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,70	-0,10	0,00	-0,20	0,00	-2,00	0,00	-3,00	-7,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	-0,10	-0,40	0,00	-0,50
21	0,00	-5,00	-7,00	0,00	-5,00	6,20	3,80	0,00	0,00	-3,00	0,00	0,00	-20,00
Perda	0,00	-5,50	-7,00	-1,00	-7,40	-2,20	-4,30	-6,00	-3,60	-10,30	-3,20	-4,00	-54,50
Ganho	0,00	1,40	3,00	1,60	1,10	6,60	5,90	1,10	3,60	0,10	0,70	1,30	26,40

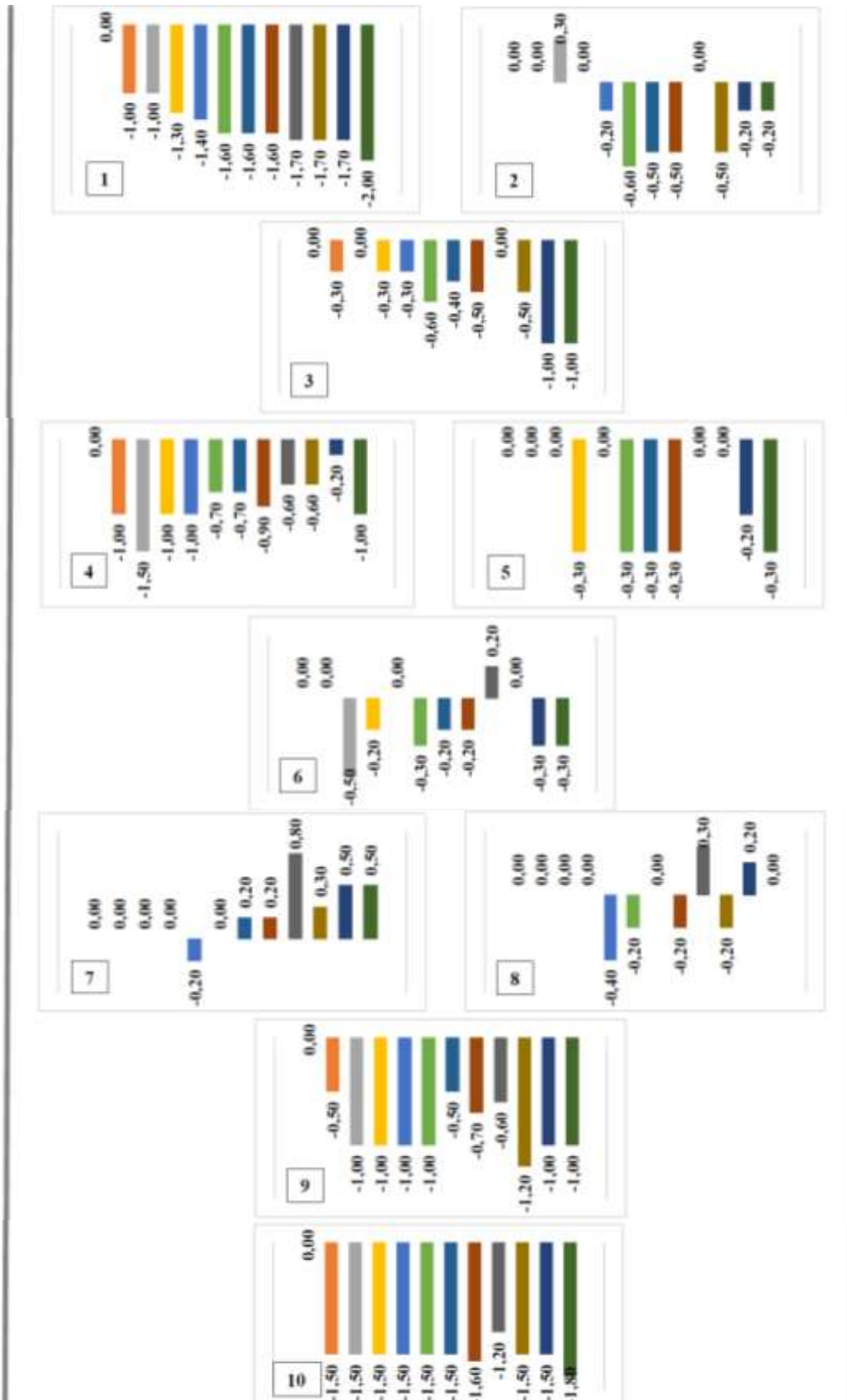
Fonte: Trabalhos de campo.

Figura 43: Representação da espacialização das medições mensais dos pinos de erosão - Vera Cruz



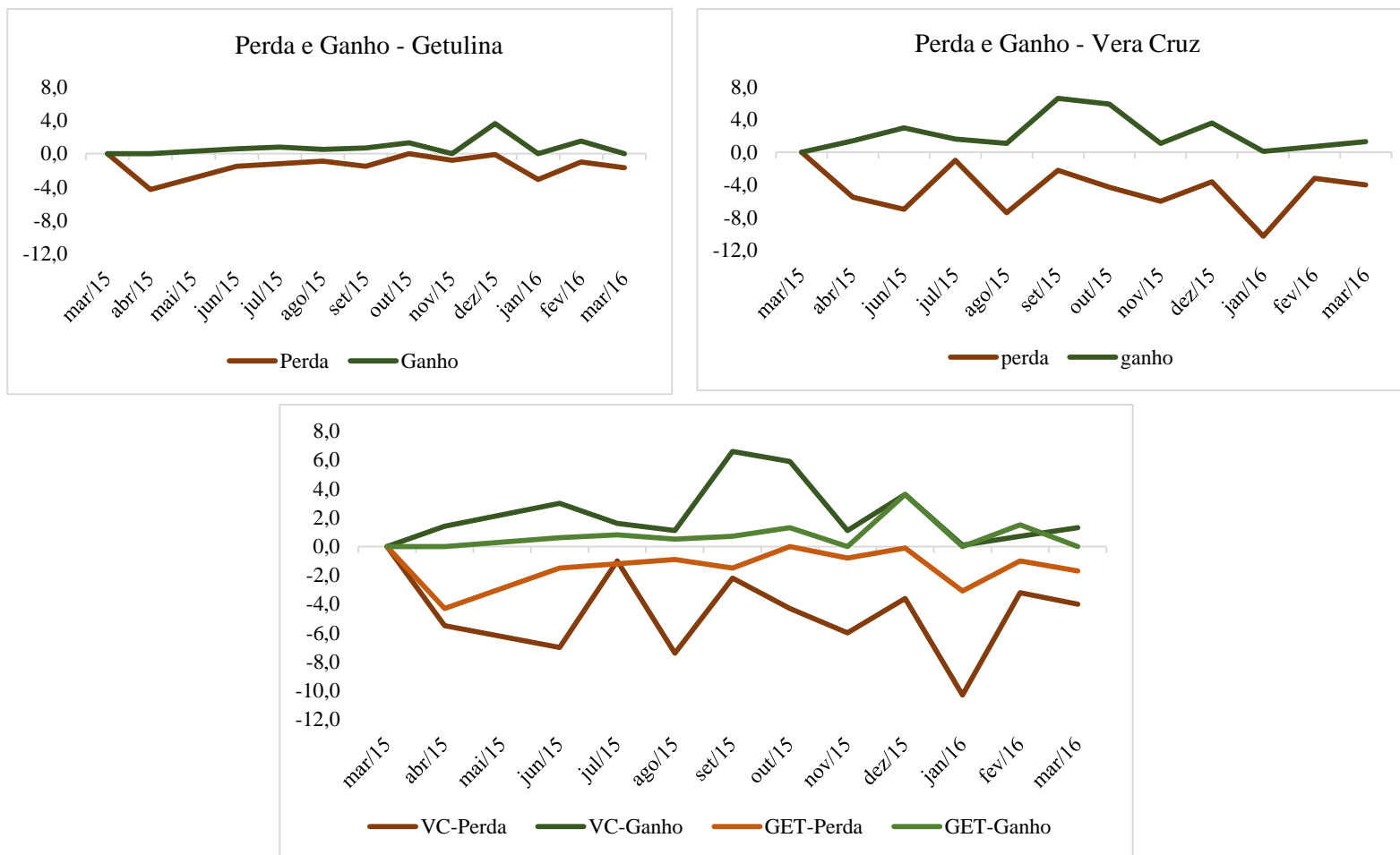
Fonte: Dados coletados nas medições mensais. Organização da autora.

Figura 44: Representação da espacialização das medições mensais dos pinos de erosão - Getulina



Fonte: Dados coletados nas medições mensais. Organização da autora.

Figura 45: Variação temporal das perdas e ganhos de solo nas parcelas de Getulina e Vera Cruz



Fonte: Elaborados pela autora com os dados de entrada e saída de sedimentos nas parcelas de monitoramento.

De forma geral algumas colocações podem ser feitas a partir dos produtos apresentados acima. Estas serão apontadas neste momento, porém, suas correlações com as outras variáveis consideradas serão melhor detalhadas posteriormente.

- É possível identificar que as maiores perdas e ganhos foram registradas na parcela de Vera Cruz.
- Em Getulina a variação entre as perdas e ganhos dos pinos foram mais homogêneas e espaçadas durante o ano, com menores variações entre ganhos e perdas no mesmo pino do que Vera Cruz, que apresentou uma alternância mais dinamizada.
- Ambas as parcelas apresentaram as perdas mais consideráveis nos pinos localizados nos seus extremos, na entrada e na saída.
- Em Vera Cruz houve uma maior perda dos pinos localizados no centro da parcela em contraposição a uma menor perda nos pinos mais próximos das placas galvanizadas, o que indica uma erosão linear incipiente. A ocorrência da erosão linear na parcela de Vera Cruz pode justificar os maiores valores de perda observado nesta localidade, indicando sua maior suscetibilidade a processos erosivos lineares, associados a elevada precipitação, erodibilidade do solo, variação do percentual de cobertura vegetal etc.

Como explicitado nos procedimentos metodológicos a perda anual de solo foi calculada por meio de medições volumétricas do rebaixamento observado nas marcações dos pinos.

Considerando que os valores de densidade do solo de Getulina e Vera Cruz apresentaram valores muito discrepantes entre si, foi admitido para o cálculo de perda de solo nas parcelas o valor médio de densidade dos solos ($\sim 1,4 \text{ T/m}^3$), como apresentado por Tommaselli (1997).

Portanto, tem-se que:

Getulina:

Altura = Soma da perda dos pinos/nº de pinos

$$h = 16,10/10$$

$$h = 1,61 \text{ cm}$$

$$h = 0,0161 \text{ m}$$

Volume (m^3) = Área da parcela (m^2) · altura (m)

$$V = A \cdot h$$

$$V = 22 \cdot 0,0161$$

$$V = 0,3542 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa (toneladas)} = \text{densidade do solo (T/ m}^3) \cdot \text{volume (m}^3)$$

$$M = d \cdot V$$

$$M = 1,4 \cdot 0,3542$$

$$\mathbf{M = 0,50 toneladas}$$

$$\mathbf{M = 227 T/ha}$$

Vera Cruz

$$\text{Altura} = \text{Soma da perda dos pinos/n}^\circ \text{ de pinos}$$

$$h = 54,50/11$$

$$h = 4,95 \text{ cm}$$

$$h = 0,0495 \text{ m}$$

$$\text{Volume (m}^3) = \text{Área da parcela (m}^2) \cdot \text{altura (m)}$$

$$V = A \cdot h$$

$$V = 22 \cdot 0,0495$$

$$V = 1,089 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa (toneladas)} = \text{densidade do solo (T/ m}^3) \cdot \text{volume (m}^3)$$

$$M = d \cdot V$$

$$M = 1,4 \cdot 1,089$$

$$\mathbf{M = 1,5 toneladas}$$

$$\mathbf{M = 691 T/ha}$$

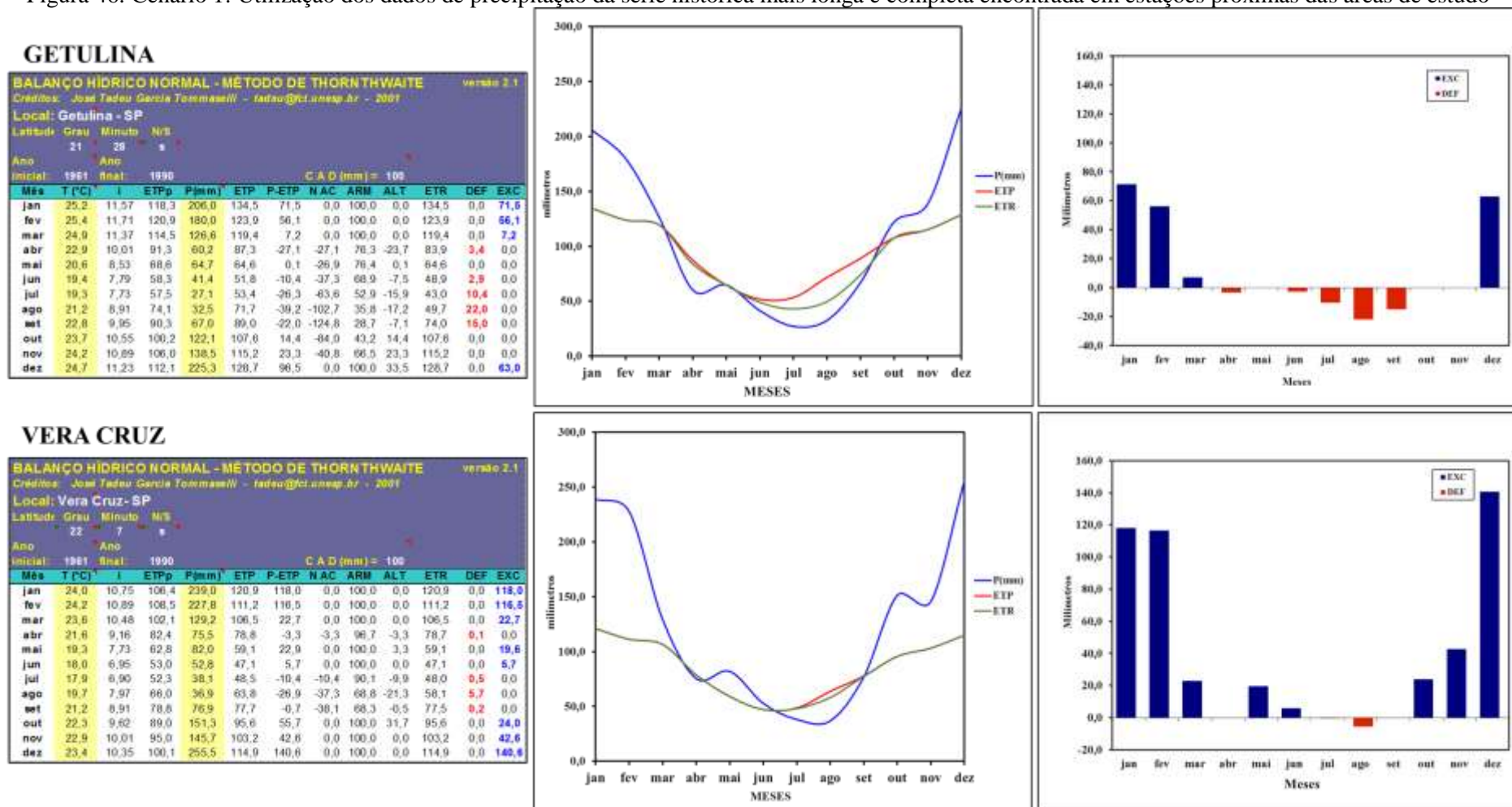
4.2 FATOR R - EROSIVIDADE DAS CHUVAS

A seguir se apresenta os resultados referentes a erosividade das chuvas, com os dados oriundos do balanço hídrico das áreas de estudo, da Agressividade Climática dada por Fournier (1960) modificada por Arnoldus (1980) (MFI), da estimação da erosividade por meio equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e Tommaselli et al. (1997) e da caracterização das precipitações diárias registradas durante o período de monitoramento da pesquisa.

4.2.1 Balanço hídrico das áreas de estudo

Para efeito de comparação o balanço hídrico foi aplicado para diferentes cenários. Os dados de temperatura foram extraídos do DAEE correspondente ao período de 1961 a 1990, já que não houve acesso a dados mais recentes e completos. Já os dados de precipitação variam: no primeiro caso também são da série histórica mais longa e completa, no segundo foram usados dados de precipitação mais recentes e no terceiro os dados de precipitação diária fornecido pelos produtores rurais de ambas as áreas de estudo para representar o período de realização do experimento.

Figura 46: Cenário 1: Utilização dos dados de precipitação da série histórica mais longa e completa encontrada em estações próximas das áreas de estudo



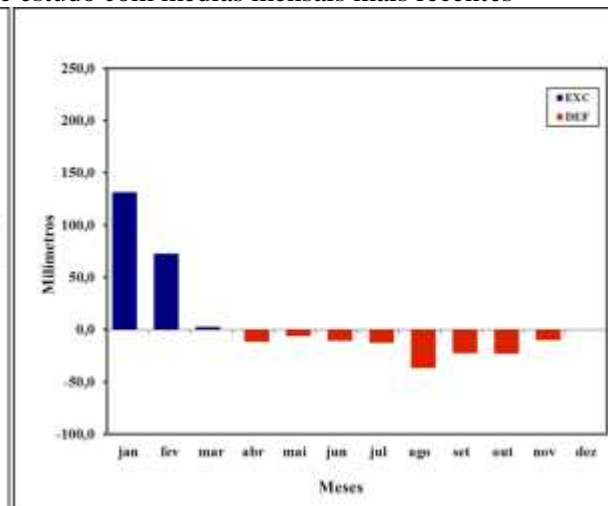
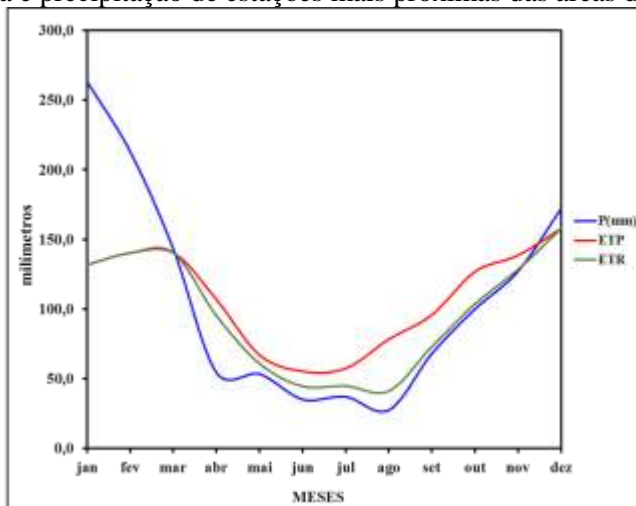
Fonte: Elaboração da autora com o uso da planilha de Tommaselli et al. (2001).

Figura 47: Cenário 2: Dados de temperatura e precipitação de estações mais próximas das áreas de estudo com médias mensais mais recentes

GETULINA

BALANÇO HÍDRICO NORMAL - MÉTODO DE THORNTHWAITE versão 2.1
 Créditos: José Tadeu Garcia Tommaselli - tadeu@ct.unesp.br - 2007
 Local: Getulina - SP
 Latitude: Grau Minuto N/S
 21 40 *
 Ano: Ano:
 Inicial: 1995 Final: 2010 C.A.D (mm) = 100

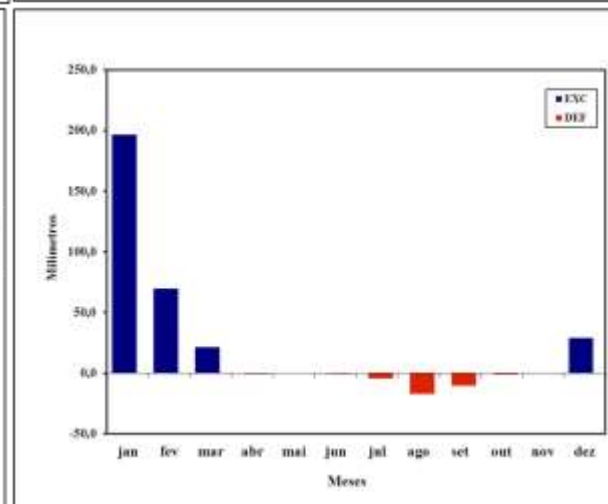
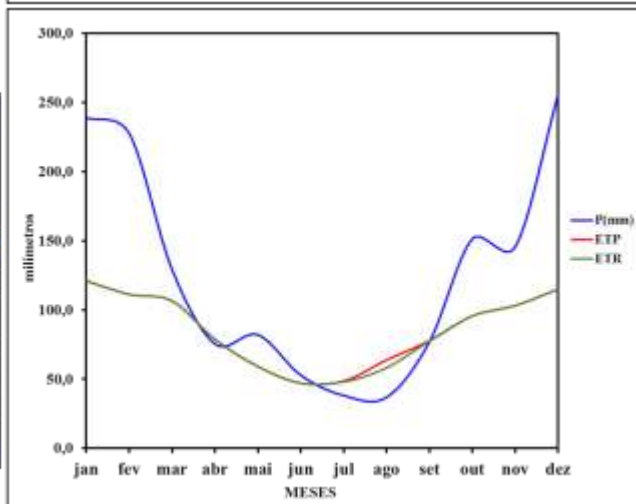
Mês	T (°C)	I	ETPp	P(mm)	ETP	P-ETP	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
jan	25,2	11,55	115,9	263,3	131,8	131,5	0,0	100,0	0,0	131,8	0,0	131,5
fev	26,6	12,55	136,9	213,1	140,3	72,8	0,0	100,0	0,0	140,3	0,0	72,8
mar	26,5	12,45	134,7	143,3	140,5	-2,8	0,0	100,0	0,0	140,5	0,0	2,8
abr	24,9	11,35	112,0	54,8	107,0	-52,4	-52,4	59,2	-40,8	95,4	11,8	0,0
mai	21,4	9,04	71,2	53,4	67,1	-13,6	-66,1	51,6	-7,5	61,0	6,1	0,0
jun	20,5	8,46	62,4	35,2	55,4	-20,2	-86,2	42,2	-9,4	44,6	10,7	0,0
jul	20,4	8,43	62,0	37,1	57,5	-20,4	-106,0	34,4	-7,8	44,9	12,6	0,0
ago	22,3	9,65	81,0	27,5	78,3	-50,8	-157,5	20,7	-13,7	41,2	37,1	0,0
set	23,7	10,57	97,2	68,0	95,8	-27,8	-185,3	15,7	-5,0	73,0	22,8	0,0
out	25,3	11,66	118,1	100,0	126,8	-26,8	-212,1	12,0	-3,7	103,7	23,1	0,0
nov	26,0	12,12	127,6	127,2	138,6	-11,4	-223,5	10,7	-1,3	128,4	10,1	0,0
dez	26,6	12,58	137,4	172,0	157,8	14,2	-139,1	24,9	14,2	157,8	0,0	0,0



VERA CRUZ

BALANÇO HÍDRICO NORMAL - MÉTODO DE THORNTHWAITE versão 2.1
 Créditos: José Tadeu Garcia Tommaselli - tadeu@ct.unesp.br - 2007
 Local: Vera Cruz - SP
 Latitude: Grau Minuto N/S
 22 13 *
 Ano: Ano:
 Inicial: 1993 Final: 2012 C.A.D (mm) = 100

Mês	T (°C)	I	ETPp	P(mm)	ETP	P-ETP	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
jan	23,8	10,63	100,9	311,2	114,7	196,5	0,0	100,0	0,0	114,7	0,0	196,5
fev	25,3	11,67	119,8	192,4	122,6	89,8	0,0	100,0	0,0	122,6	0,0	89,8
mar	25,1	11,48	116,1	142,0	121,1	21,5	0,0	100,0	0,0	121,1	0,0	21,5
abr	24,0	10,74	102,7	86,6	98,1	-11,5	-11,5	89,1	-10,9	97,5	0,8	0,0
mai	20,7	8,62	68,6	71,0	64,0	6,4	-4,6	95,5	6,4	64,0	0,0	0,0
jun	20,3	8,32	64,3	55,2	57,1	-1,9	-6,5	93,7	-1,8	57,0	0,1	0,0
jul	20,6	8,51	68,9	36,7	62,1	-25,4	-31,8	72,7	-21,0	57,7	4,4	0,0
ago	22,1	9,50	82,1	37,4	79,3	-42,0	-73,0	47,8	-24,9	62,3	17,0	0,0
set	23,0	10,09	91,7	72,2	90,4	-18,2	-92,0	39,9	-7,9	80,1	10,2	0,0
out	24,1	10,85	104,7	111,0	112,4	-1,3	-93,3	39,3	-0,5	111,6	0,8	0,0
nov	24,3	10,97	106,9	128,9	116,1	12,7	-65,3	52,0	12,7	116,1	0,0	0,0
dez	25,1	11,51	116,7	211,0	134,0	77,0	0,0	100,0	48,0	134,0	0,0	28,1



Fonte: Elaboração da autora com o uso da planilha de Tommaselli et al. (2001).

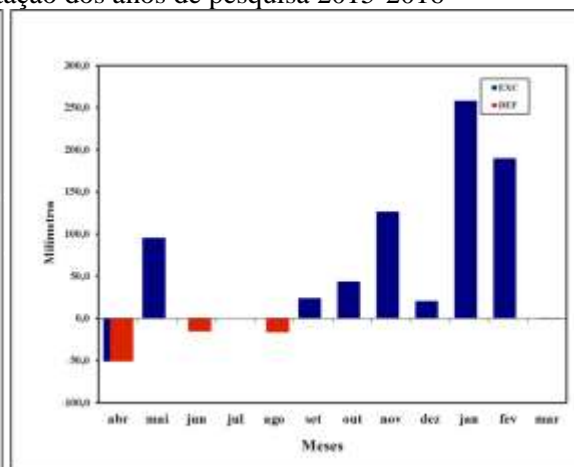
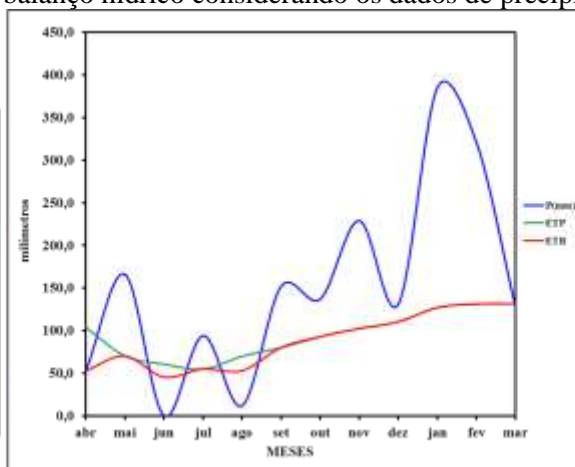
Figura 48: Cenário 3: Aplicação do balanço hídrico considerando os dados de precipitação dos anos de pesquisa 2015-2016

BALANÇO HÍDRICO NORMAL - MÉTODO DE THORNTHWAITE versão 2.1
 Créditos: José Tadeu Garcia Tommaselli - tadeg@fct.unesp.br - 2001

Local: Getulina - SP
 Latitude: Graus Minutos Segs
 22 7

Ano Inicial: 2016 Ano Final: 2016 C.A.D.(mm) = 100

Mês	T (°C)	I	ETPp	P(mm)	ETP	P-ETP	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
abr	22,9	10,01	91,3	53,0	103,8	-50,8	0,0	100,0	0,0	53,0	50,8	-50,8
mai	20,8	8,53	68,6	166,0	70,3	95,7	0,0	100,0	0,0	70,3	0,0	95,7
jun	19,4	7,79	58,3	0,0	60,8	-60,8	-60,8	54,4	-45,6	45,6	15,3	0,0
jul	19,3	7,73	57,5	94,0	55,0	39,0	-6,8	93,5	39,0	55,0	0,0	0,0
ago	21,2	8,91	74,1	12,0	69,8	-57,8	-64,8	52,4	41,0	53,0	14,8	0,0
set	22,8	9,95	90,3	152,0	80,2	71,8	0,0	100,0	47,6	80,2	0,0	24,3
out	23,7	10,55	100,2	137,0	93,0	44,0	0,0	100,0	0,0	93,0	0,0	44,0
nov	24,2	10,69	106,0	229,0	102,5	126,5	0,0	100,0	0,0	102,5	0,0	126,5
dez	24,7	11,23	112,1	131,0	110,5	20,5	0,0	100,0	0,0	110,5	0,0	20,5
jan	25,2	11,57	118,3	385,0	127,0	258,0	0,0	100,0	0,0	127,0	0,0	238,0
fev	25,4	11,71	120,9	321,0	131,3	189,7	0,0	100,0	0,0	131,3	0,0	158,7
mar	24,9	11,37	114,5	126,0	131,6	-3,6	-3,6	96,5	-3,5	131,5	0,1	0,0

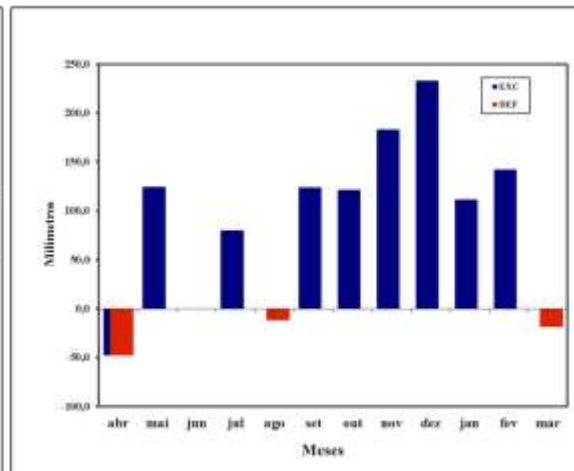
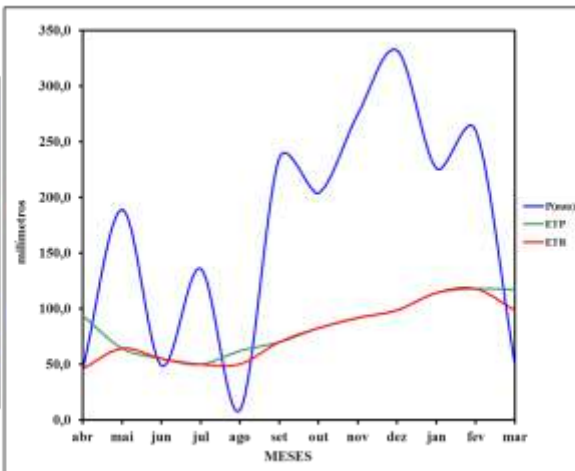


BALANÇO HÍDRICO NORMAL - MÉTODO DE THORNTHWAITE versão 2.1
 Créditos: José Tadeu Garcia Tommaselli - tadeg@fct.unesp.br - 2001

Local: Vera Cruz - SP
 Latitude: Graus Minutos Segs
 22 7

Ano Inicial: 2015 Ano Final: 2016 C.A.D.(mm) = 150

Mês	T (°C)	I	ETPp	P(mm)	ETP	P-ETP	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
abr	21,6	9,16	62,4	46,0	93,7	-47,7	0,0	100,0	0,0	46,0	47,7	-47,7
mai	19,3	7,73	62,8	169,0	64,3	124,7	0,0	100,0	0,0	64,3	0,0	124,7
jun	18,0	6,95	53,0	49,0	55,3	-6,3	-6,3	93,9	-6,1	55,1	0,2	0,0
jul	17,9	6,90	52,3	136,0	50,0	86,0	0,0	100,0	6,1	50,0	0,0	79,9
ago	19,7	7,87	66,0	9,0	62,1	-53,1	-53,1	58,6	-41,2	50,2	11,9	0,0
set	21,2	8,91	78,8	235,0	70,0	165,0	0,0	100,0	41,2	70,0	0,0	125,0
out	22,3	9,62	89,0	204,0	82,6	121,4	0,0	100,0	0,0	82,6	0,0	121,4
nov	22,9	10,01	95,0	275,0	91,6	183,2	0,0	100,0	0,0	91,6	0,0	183,2
dez	23,4	10,35	100,1	332,0	98,7	233,3	0,0	100,0	0,0	98,7	0,0	233,3
jan	24,0	10,75	106,4	226,0	114,2	111,8	0,0	100,0	0,0	114,2	0,0	111,8
fev	24,2	10,89	108,3	260,0	117,9	142,1	0,0	100,0	0,0	117,9	0,0	142,1
mar	23,6	10,48	102,1	48,0	117,3	-68,3	-68,3	50,5	-49,5	98,5	18,8	0,0



Fonte: Elaboração da autora com o uso da planilha de Tommaselli et al. (2001).

No primeiro cenário da série histórica mais completa o período de excedente hídrico corresponde aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. E a deficiência hídrica aos meses de abril, junho, julho, agosto e setembro, que correspondem ou aos meses com as menores médias de precipitação ou por períodos de transição, como é o caso do mês de abril por representar uma queda considerável da média de chuva e a entrada no período mais seco do ano até o mês de setembro, quando em outubro já observa-se o aumento significativo da precipitação mensal e o fim do déficit hídrico.

No caso de Vera Cruz observa-se que os meses correspondentes ao excedente hídrico são em maior número do que em Getulina e o período de déficit hídrico é mais restrito. Nos meses de outubro até março e de maio a junho identifica-se o excedente hídrico, com valores bem mais representativos do que os identificados em Getulina. Já os meses de abril, julho, agosto e setembro são meses de déficit hídrico com valores menos representativos que os do outro município.

De forma geral, tem-se que Getulina é mais suscetível a períodos de déficit hídrico, enquanto em Vera Cruz o excedente é mais frequente durante os meses do ano e o déficit bem menos representativo.

Quando considera-se a (P-ETP) para entendimento da retirada ou reposição de água no solo, vê-se que há em Getulina um decréscimo considerável da mesma a partir do mês de março, tornando-se negativa justamente no mês de abril. Quando o valor de (P-ETP) é maior ou igual a zero tem-se a tendência a reposição, que se apresenta como ínfima no mês de maio, já quando o mesmo é negativo, em praticamente todos os meses de abril a setembro, tem-se a retirada, isto pode ser observado também pelo negativo acumulado que se estende de abril até novembro quando começa a diminuir.

No caso de Vera Cruz tanto a (P-ETP) como o NAC são mais restritos em meses e valores, o primeiro indicando a retirada de água do solo nos meses de abril, julho e agosto e o segundo indicando o negativo acumulado nos meses de abril, e de julho a setembro.

No caso da evapotranspiração real percebe-se em Getulina as maiores diferenciações quando comparada com a evapotranspiração, este fator é percebido na deficiência hídrica (DEF). É no mês de outubro que identifica-se o aumento gradativo das temperaturas como também das precipitações, aumentando a evapotranspiração e a evapotranspiração potencial. Isso faz com que o (P-ETP) volte a ser positivo, representando uma tendência a reposição de água no solo, embora o negativo acumulado ainda permanece negativo, considerando os meses anteriores de perda, voltando a ser zero

somente no mês de dezembro, quando se observa-se o excedente hídrico. Em Vera Cruz há um aumento da evapotranspiração e a evapotranspiração potencial também no mês de outubro, quando o (P-ETP) passa a ser positivo, porém, já neste mês observa-se o negativo acumulado igual a zero, com o excedente hídrico sendo registrado.

No segundo cenário com as médias mensais de precipitação mais recentes observa-se em Getulina um período mais estendido de déficit hídrico do mês de abril até novembro, e com o excedente somente nos meses de janeiro a março. No caso de Vera Cruz o déficit é observado nos meses de abril e de junho a outubro, um mês antes e um posterior ao observado na série histórica mais completa (cenário 1). O excedente hídrico também se apresenta como mais restrito, nos meses de dezembro a março.

O (P-ETP) em Getulina se estende como negativo de abril até novembro com o negativo acumulado também com valores abaixo de zero de abril a dezembro. Também são negativos os valores de ALT que expressa o armazenamento do mês considerado menos o do mês anterior e a diferenciação entre a evapotranspiração e a evapotranspiração potencial, que só volta a zero no mês de dezembro. Em Vera Cruz também observa-se um período mais estendido de valores negativos de (P-ETP), NAC e ALT que se iniciam em abril porém com (P-ETP) e ALT negativos até outubro, e NAC até novembro.

No cenário três, com os dados de precipitação e o período analisado compreendendo o monitoramento das parcelas de campo observa-se uma alteração no quadro geral, com uma tendência a ser um ano de maior excedente hídrico e de menor déficit hídrico em ambas as áreas. Esta característica pode ser identificada pelos totais anuais acima da média. Em Getulina o déficit hídrico se restringiu aos meses de abril, junho e agosto de 2015 e março de 2016, com excedente hídrico em maio de 2015 e de setembro de 2015 até fevereiro de 2016. Em Vera Cruz o déficit hídrico também foi identificado em abril, junho e agosto de 2015 e março de 2016, já o excedente foi registrado em maio, julho e agosto de 2015 até fevereiro de 2016. Estes fatores levaram a negativos de (P-ETP), NAC e ALT em Getulina e Vera Cruz mais restritos.

De forma geral, 2015-2016 caracteriza-se como de chuvas mais abundantes e de menor déficit hídrico, podendo este aspecto favorecer a perda de solo registrada nas áreas de estudo.

4.2.2 Estimação da erosividade das chuvas por meio da equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e Tommaselli et al. (1997)

Para a estimação da erosividade foi considerado os dados de precipitação da série histórica mais longa de estações próximas as áreas de estudo, já apresentada nos procedimentos metodológicos.

O primeiro aspecto considerado foi a Agressividade Climática de Fournier (1960) modificada por Arnoldus (1980) (MFI). Esta agressividade é considerada de grande relevância para o entendimento dos processos erosivos, por meio da relação entre a quantidade de precipitação e sua concentração em um determinado período de tempo.

De forma geral, observa-se que ela é mais considerável no município de Vera Cruz, com valores mais elevados nos meses com as maiores precipitações. Ambos os municípios apresentam uma correlação de quase 100% entre os valores mensais de MFI e de precipitação.

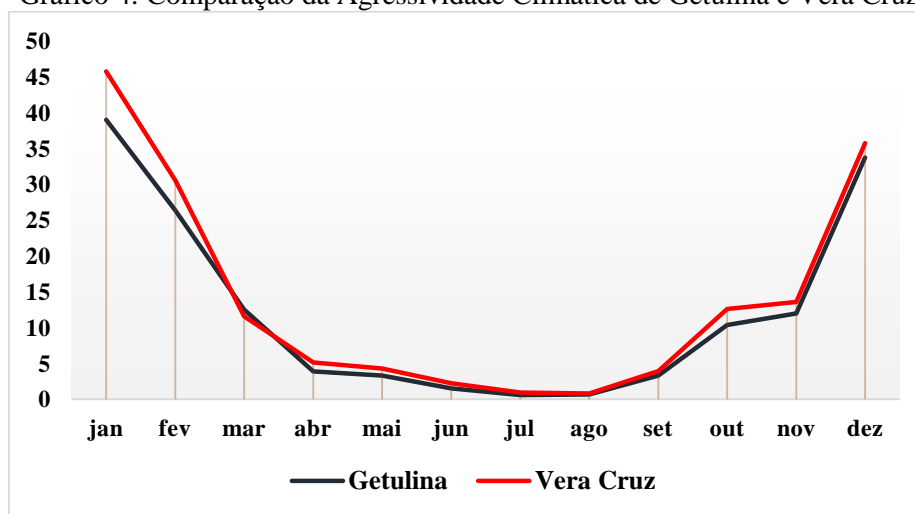
Quadro 6: Resultados obtidos por meio de Fournier (1960) modificada por Arnoldus (1980) (MFI)

Getulina	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Média/mês	223,59	183,79	126,66	70,42	65,12	44,14	27,40	28,92	65,13	115,29	123,81	207,85
Média ao quadrado	49992,08	33779,77	16042,76	4958,46	4241,09	1948,73	750,99	836,37	4241,80	13292,20	15327,84	43202,00
MFI (p2/P)	39,00	26,35	12,52	3,87	3,31	1,52	0,59	0,65	3,31	10,37	11,96	33,70
MFI Total	147,15											

Vera Cruz	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Média/mês	260,49	212,85	130,93	87,30	79,68	57,26	37,61	34,60	76,21	136,71	141,82	230,23
Média ao quadrado	67856,46	45305,51	17143,33	7621,61	6349,63	3278,67	1414,31	1196,91	5808,55	18690,92	20113,43	53005,43
MFI (p2/P)	45,72	30,53	11,55	5,14	4,28	2,21	0,95	0,81	3,91	12,59	13,55	35,72
MFI Total	166,96											

Fonte: Base de dados oriunda do Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica. Elaboração: da autora.

Gráfico 4: Comparação da Agressividade Climática de Getulina e Vera Cruz



Fonte: Elaboração da autora.

Este fator corrobora com os resultados de erosividade adquiridos por meio de ambas as metodologias aplicadas que, como a maioria das equações de regressão desenvolvidas no Brasil, consideram o (MFI) em seus cálculos.

A erosividade adquirida com a equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) foi maior para Vera Cruz em todos os meses do ano, com exceção de março, com os maiores valores nos meses de maior precipitação. De forma geral, tanto em Getulina como em Vera Cruz, o período de maior erosividade vai de dezembro a fevereiro, e os menores de junho a agosto em Getulina e de julho a agosto em Vera Cruz.

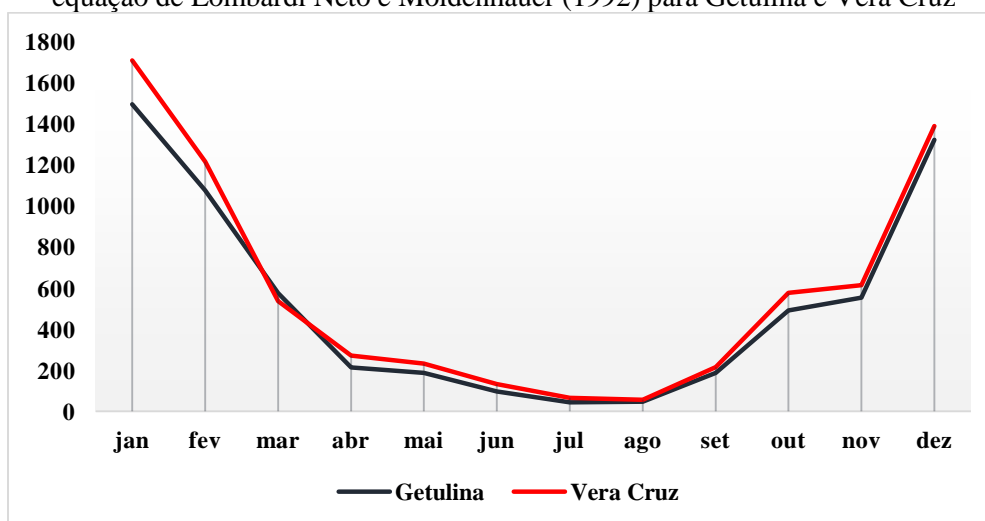
Quadro 7: Erosividade da chuva obtidos por meio da equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992)

Getulina	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
(LN&M)	1497	1077	576	214	188	98	44	48	188	491	554	1324
(LN&M) Total	6299 MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹											
Equação	$EI_{30} = 68,730 (p2/P)^{0,841}$											

Vera Cruz	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
(LN&M)	1711	1218	538	272	233	134	66	57	217	579	615	1390
(LN&M) Total	7031 MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹											
Equação	$EI_{30} = 68,730 (p2/P)^{0,841}$											

Fonte: Base de dados oriunda do Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica. Elaboração: da autora.

Gráfico 5: Comparação entre os resultados da erosividade da chuva obtidos por meio da equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) para Getulina e Vera Cruz



Fonte: Elaboração da autora.

A erosividade adquirida com a equação de Tommaselli et al. (1997) apresenta resultados bem similares, com a maior erosividade em todos os meses em Vera Cruz, também com exceção de março. A correlação entre os resultados das equações foi de 0,99.

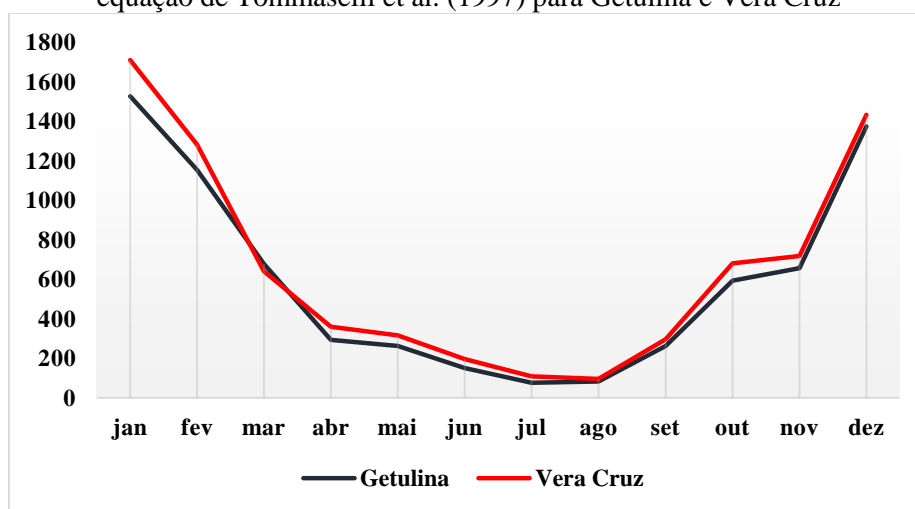
Quadro 8: Resultados da erosividade das chuvas obtido por meio da equação de Tommaselli et al. (1997)

Getulina	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Tommaselli	1526	1154	678	293	262	151	76	82	262	593	656	1375
Tommaselli Total	7109 MJ. mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹											
Equação	$EI_{30} = 111,6 * (p2/P)^{0,714}$											

Vera Cruz	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Tommaselli	1710	1282	640	359	315	197	108	96	296	681	718	1434
Tommaselli Total	7834 MJ. mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹											
Equação	$EI_{30} = 111,6 * (p2/P)^{0,714}$											

Fonte: Base de dados oriunda do Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica. Elaboração: da autora.

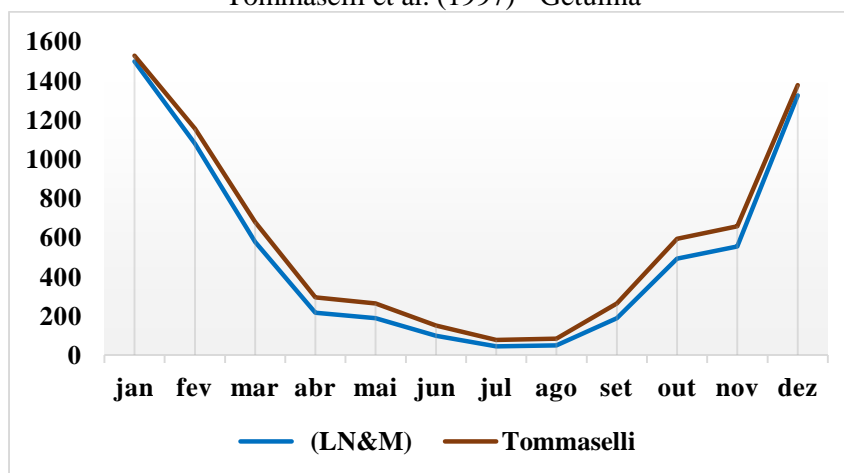
Gráfico 6: Comparação entre os resultados de erosividade da chuva obtidos por meio da equação de Tommaselli et al. (1997) para Getulina e Vera Cruz



Fonte: Elaboração da autora.

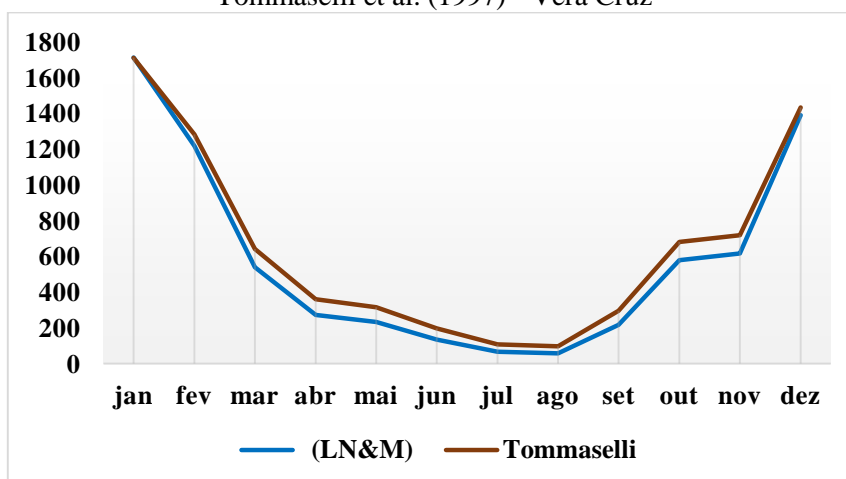
A seguir apresenta-se a comparação entre os resultados obtidos por meio de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e Tommaselli et al. (1997).

Gráfico 7: Comparação entre os resultados obtidos por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e Tommaselli et al. (1997) - Getulina



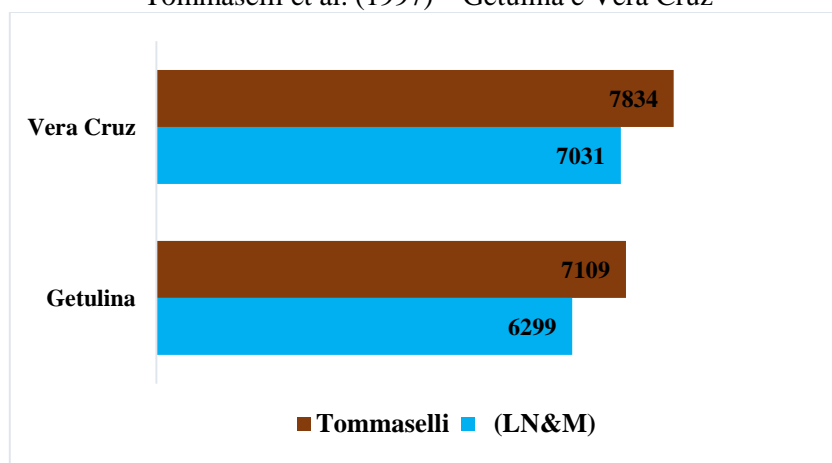
Fonte: Elaboração da autora.

Gráfico 8: Comparação entre os resultados obtidos por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e Tommaselli et al. (1997) - Vera Cruz



Fonte: Elaboração da autora.

Gráfico 9: Comparação entre os resultados obtidos por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e Tommaselli et al. (1997) – Getulina e Vera Cruz



Fonte: Elaboração da autora.

As erosividades mensais com a equação de Tommaselli et al. (1997) apresentaram uma correlação de 0,99 com as mensais de precipitação em ambas as localidades e a equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) obteve uma correlação de 0,98 também para ambos os municípios.

De forma geral, as erosividades mensais atribuídas por Tommaselli et al. (1997) foram mais elevadas tanto em Getulina como em Vera Cruz.

Quando estabelecido a correlação dos resultados das equações com o MFI todos os resultantes foram maiores que 0,99.

Exposto os valores de erosividade para as áreas de estudo busca-se, neste momento, desenvolver um comparativo com os resultados adquiridos em território

brasileiro. Para isso utilizou-se como base Oliveira et al. (2012), que desenvolveu um levantamento dos estudos erosivos no Brasil. Neste estudo os autores consideraram a localização geográfica, altitude, os anos de realização da pesquisa, a precipitação média anual, o fator R adquirido, a equação empregada para aquisição deste fator, o índice de correlação e os autores responsáveis pelos respectivos estudos.

Com relação as equações de correlação empregadas, os autores identificaram que no Brasil, são usadas 73 equações que correlacionam o índice de erosividade das chuvas (EI30) com a precipitação média anual (P) ou com o Índice de Fournier Modificado (MFI), sendo este o índice aplicado com os dados das áreas de estudo da presente pesquisa.

A grande relevância no desenvolvimento e aperfeiçoamento destas equações, é a possibilidade de aplicá-las em áreas de estudo que não apresentem dados de precipitação, mas somente pluviográficos e com condições climáticas semelhantes as áreas nas quais estas foram desenvolvidas. Tomando a devida precaução com a extrapolação generalizada, sem subestimar ou superestimar os valores de erosividade.

Observa-se com os levantamentos apresentados por Oliveira et al. (2012) que os maiores valores de erosividade foram adquiridos na região norte, centro-oeste e sudeste do país, chegando a índices que variam de 6000 a 22.452 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Como expresso pelos autores supracitados em mais de 52% do território brasileiro obtiveram-se índices de erosividade superiores a 7000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, considerado como erosividade forte.

Tem-se em grande parte destas regiões uma tríplice correlação entre grandes índices de precipitação, caracterizada por chuvas de alta intensidade e energia cinética; a expansão do agronegócio, vinculado a monocultura de exportação e a otimização da produtividade por meio da exploração dos recursos naturais e a ausência de práticas de cultivo que consideram a conservação do solo que, naturalmente, já caracterizam-se por serem lixiviados e suscetíveis a processos erosivos, pela sua textura mais arenosa, de estrutura pouco agregada e pobre em matéria orgânica e nutrientes.

Estes fatores geram um quadro propício a perda de solos pela erosão hídrica, sendo de grande relevância estudos voltados para o entendimento das dinâmicas da perda de solo, bem como para medidas de conservação.

No Estado de São Paulo, onde estão localizados os municípios de Getulina e Vera Cruz, os índices de erosividade variam entre 6000 a 10.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, com um aumento significativo quanto mais ao leste do Estado.

As equações de correlação aplicadas no Estado de São Paulo, foram as que apresentaram os maiores índices de correlação do país $R^2 = 0.98$. Entre elas estão a desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), empregada na presente pesquisa.

O valor médio do índice de erosividade foi obtido considerando a média dos valores de R adquiridos nos estudos realizados por Oliveira et al. (2012), aqueles que não apresentavam os valores de R foram desconsiderados.

O Brasil obteve um índice médio de $8.053,70 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, evidenciando a grande relevância da erosividade das chuvas no país, sendo este índice classificado como de erosividade forte. Já o Estado de São Paulo apresentou um R médio de $7.958 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ também dentro da classificação mencionada.

Considerando a média do Estado de São Paulo apresentado, as áreas de estudo se encontram relativamente abaixo da média no que tange ao índice de erosividade das chuvas.

4.2.3 Caracterização das chuvas no período experimental

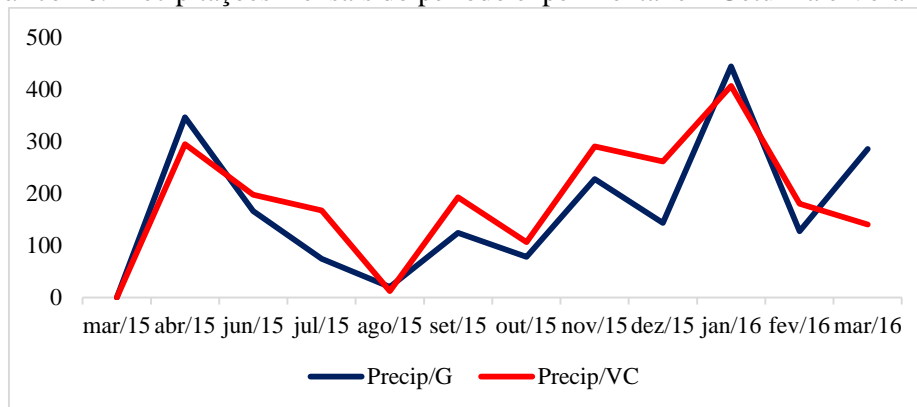
A caracterização das chuvas do período analisado na pesquisa foi elaborada a partir dos dados diários de precipitação fornecidos pelos produtores rurais.

Considerando que os trabalhos de campo e as visitas técnicas não respeitaram exatamente o mesmo período entre eles, foram considerados não o valor mensal das precipitações, mas sim a soma das chuvas registradas entre um trabalho de campo e outro. Por isso no gráfico abaixo, por exemplo, o mês de março aparece como valor zero de precipitação, no qual as chuvas ocorridas durante este mês foram englobadas com aquelas do mês de abril, mais especificamente até o dia 26, quando foi realizado o segundo trabalho de campo para monitoramento.

Esta metodologia foi considerada para que pudesse haver a comparação e a correlação com os dados das perdas mensais de solo, de fertilidade e de cobertura vegetal registrados nos campos.

A seguir apresenta-se um comparativo dos totais de precipitação de Getulina e Vera Cruz para todos os intervalos entre as medições (Figura 66), no qual é possível identificar que Vera Cruz apresenta maiores precipitações, em especial, nos meses em que Getulina apresenta as menores (de julho a setembro), além das quedas ou elevações de precipitações serem menos abruptas do que em Getulina. Estes fatores corroboram com os dados de erosividade, bem como as maiores perdas de solo registradas.

Gráfico 10: Precipitações mensais do período experimental em Getulina e Vera Cruz



Fonte: Elaboração da autora.

A seguir, apresenta-se o quadro com as principais informações consideradas na avaliação das precipitações registradas no período do experimento como os totais de precipitação e dias dos períodos e a porcentagem de dias de chuva para cada intervalo entre as medições.

Observa-se uma correlação considerável entre as mensais de precipitação e os dias de chuva, bem como com o percentual de dias de chuva, no qual os maiores valores são identificados nos meses de novembro a janeiro.

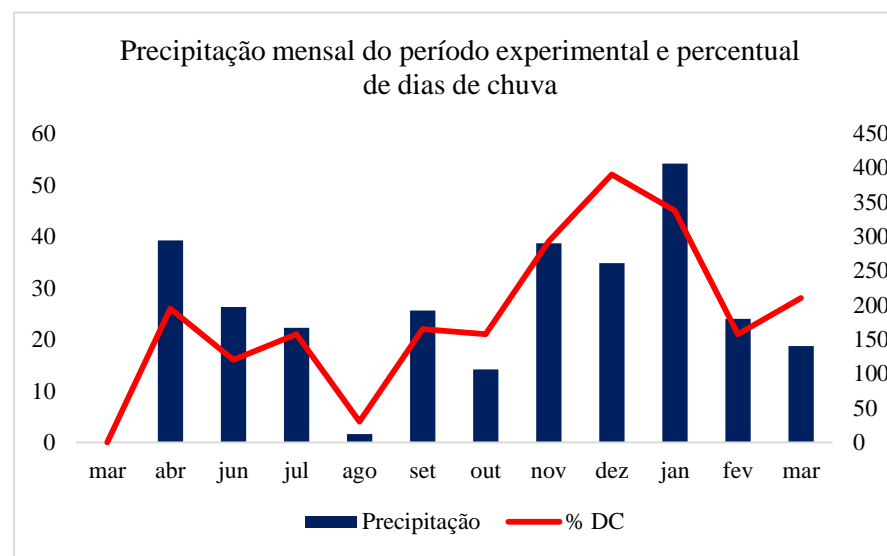
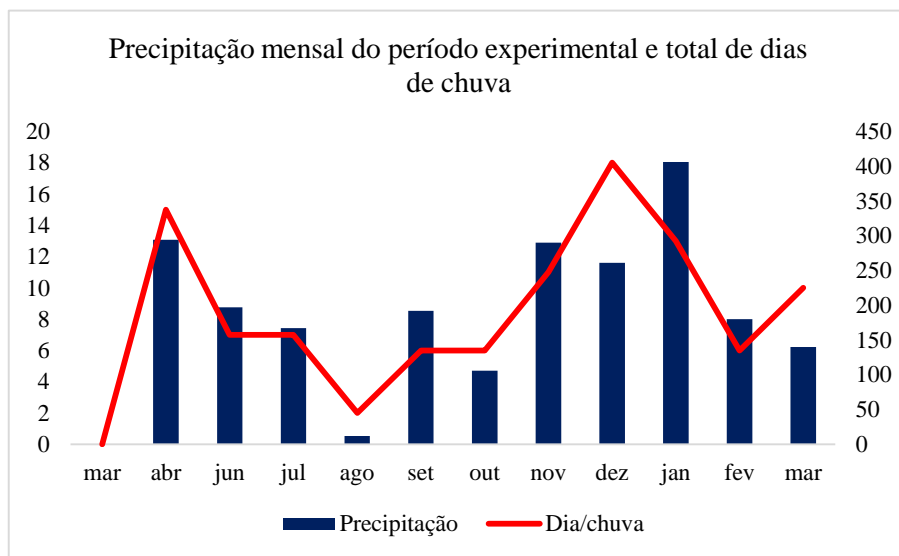
Quando se compara as precipitações registradas no período do monitoramento e a da série histórica identifica-se que foi um período com totais mensais maiores que a média. Isto também pode ser observado com os dados empregados no balanço hídrico, com excedente consideravelmente acima da média e pelo total anual de precipitação que também foi maior que a média. A relação de intensidade foi estabelecida pela divisão entre o total de chuvas do período de monitoramento pela precipitação do intervalo das medições, sendo possível identificar os períodos com maior ou menor intensidade.

O período analisado também foi dividido nas estações do ano, no qual observa-se a maior precipitação e seu percentual, quando comparado com a precipitação total do período, na primavera de 2015 e verão de 2015/2016. É na primavera que também se identifica a maior porcentagem de dias de chuva.

Em Getulina também observa-se uma correlação dos dados de precipitação com os dias de chuva e o percentual de dias de chuva, que assim como em Vera Cruz, são maiores nos meses mais chuvosos. Quando comparado com as médias mensais da série histórica identifica-se que também se trata de um ano com precipitações acima da média, e com total anual também acima da média.

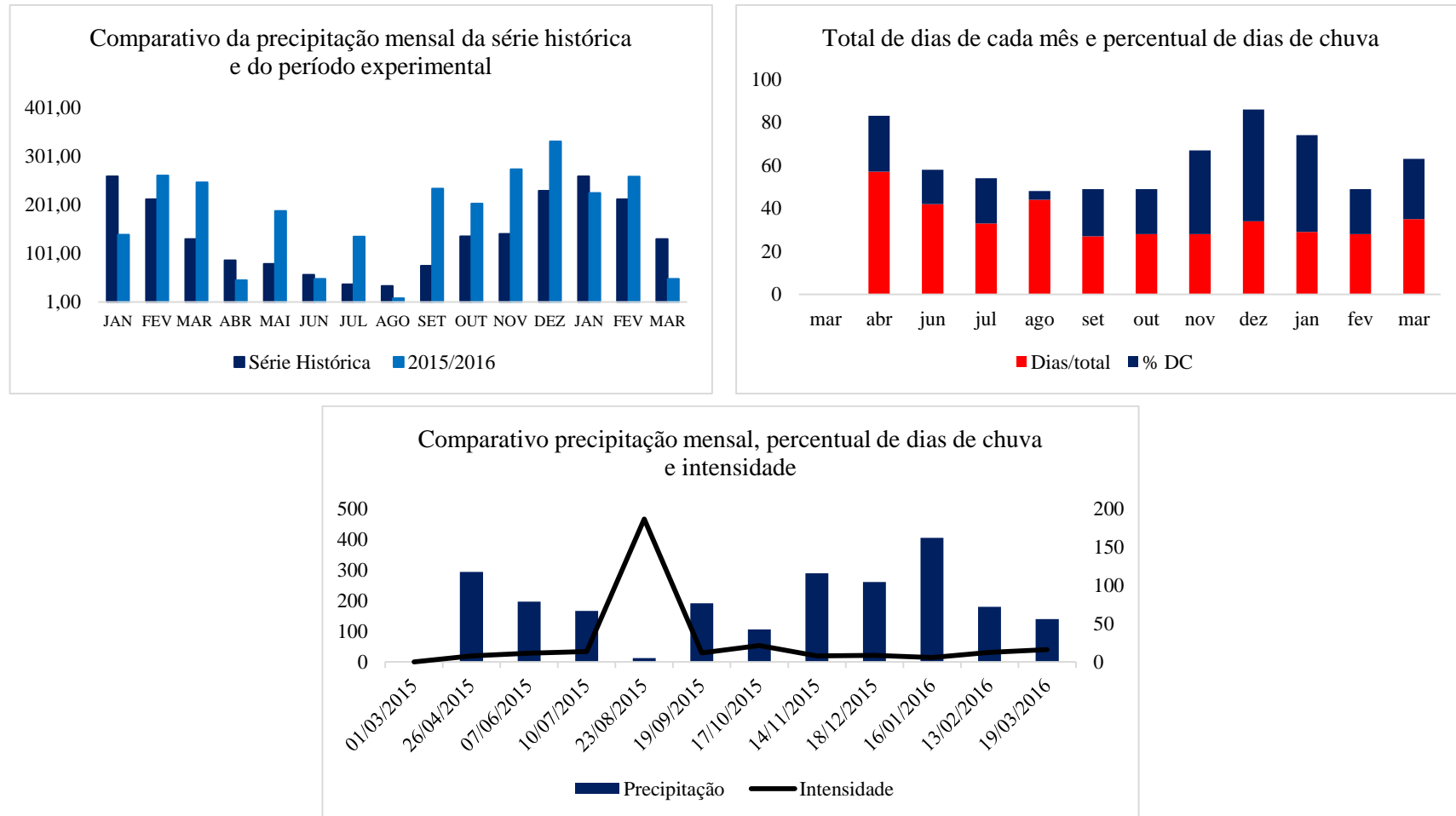
Figura 49: Precipitação mensal, número de dias de chuva e percentual de dias de chuva para o período de monitoramento em Vera Cruz

Vera Cruz	01/03/2015	26/04/2015	07/06/2015	10/07/2015	23/08/2015	19/09/2015	17/10/2015	14/11/2015	18/12/2015	16/01/2016	13/02/2016	19/03/2016
Precipitação	0	294,00	197,00	167,00	12,00	192,00	106,00	290,00	261,00	406,00	180,00	140,00
Dia/chuva	0	15	7	7	2	6	6	11	18	13	6	10
Dias/total	0	57	42	33	44	27	28	28	34	29	28	35
% DC	0	26	16	21	4	22	21	39	52	45	21	28
Intensidade	0	5,9	12,3	27,5	101,7	16,4	26,1	9,0	14,2	4,6	16,0	7,1



Fonte: Organização da autora.

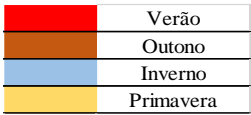
Figura 50: Comparação da precipitação do período de monitoramento com a série histórica e a relação dos dias totais com o percentual de dias de chuva em Vera Cruz



Fonte: Organização da autora

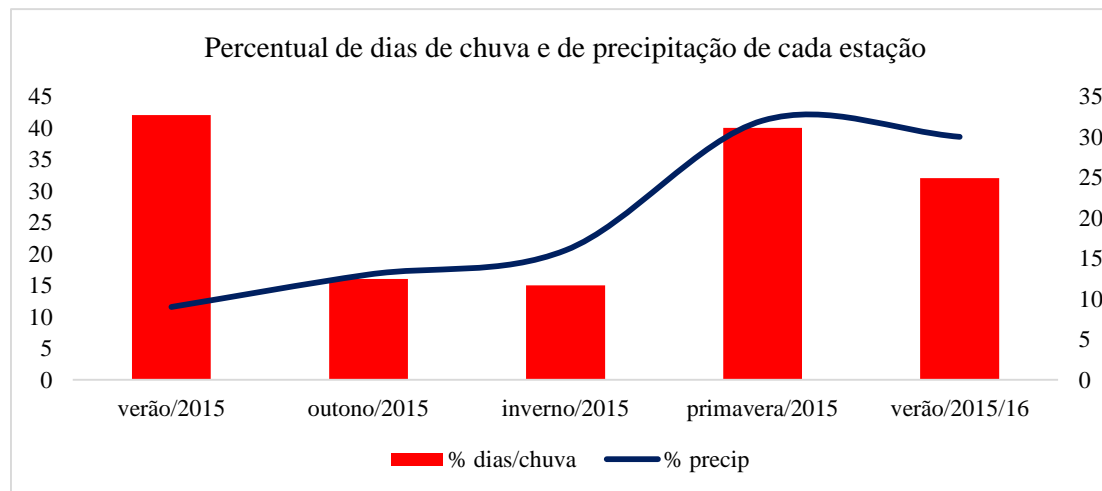
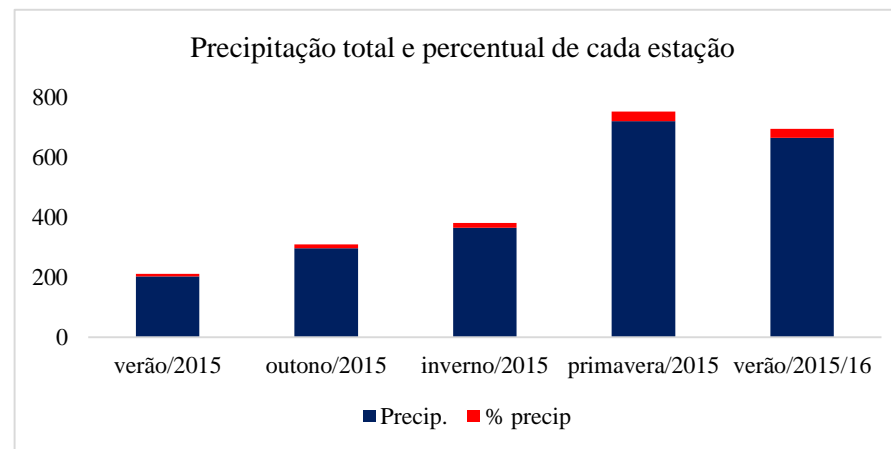
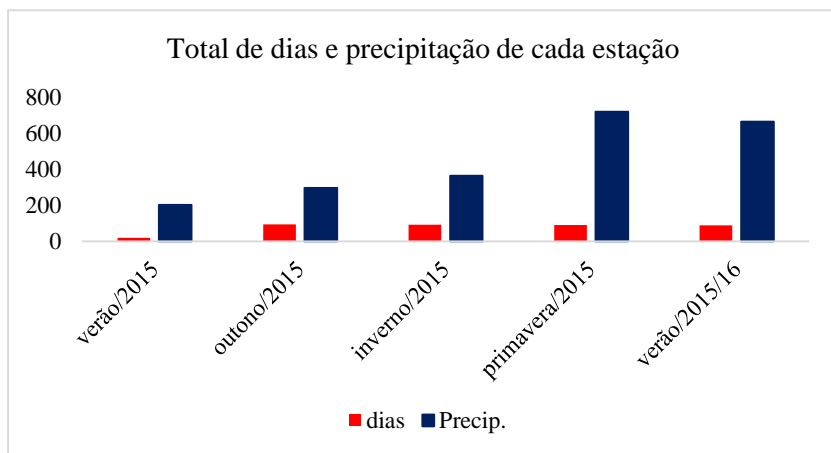
Figura 51: Classificação dos registros diários de chuva do período de monitoramento pelas estações do ano – Vera Cruz

ANO: 2015/2016		Propriedade Rural de Vera Cruz - SP													
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
1						8					22		9		
2	2						20				2	12	2		3
3		34					16			22	36	2	6		2
4				8	30					4	24	6		4	
5	7			24							16	6			
6			22				6								17
7	30		24				64	40				6		82	
8			6				20	36				2	13		
9	6	22	8							30		20	22		
10		14						86				36	50		8
11					20		10	18				2	68	70	
12	12		3					5				20	32		
13															
14		24	105								42	16			6
15	16	12	18												
16		42									30				
17		38									14				
18		24				7		2						2	
19		18	16								4	62			
20	17	6	2		8									30	
21			2	14						20				26	
22														26	
23											32			20	
24		28								22	32				3
25									14		15	16			10
26									10				4		
27					5			7	26	42		8	12		
28	34									2	6	28	8		
29	10		6									90			
30	6		36		106	34									
31					20					62					
Total mm	140	262	248	46	189	49	136	9	235	204	275	332	226	260	49



Fonte: Organização da autora.

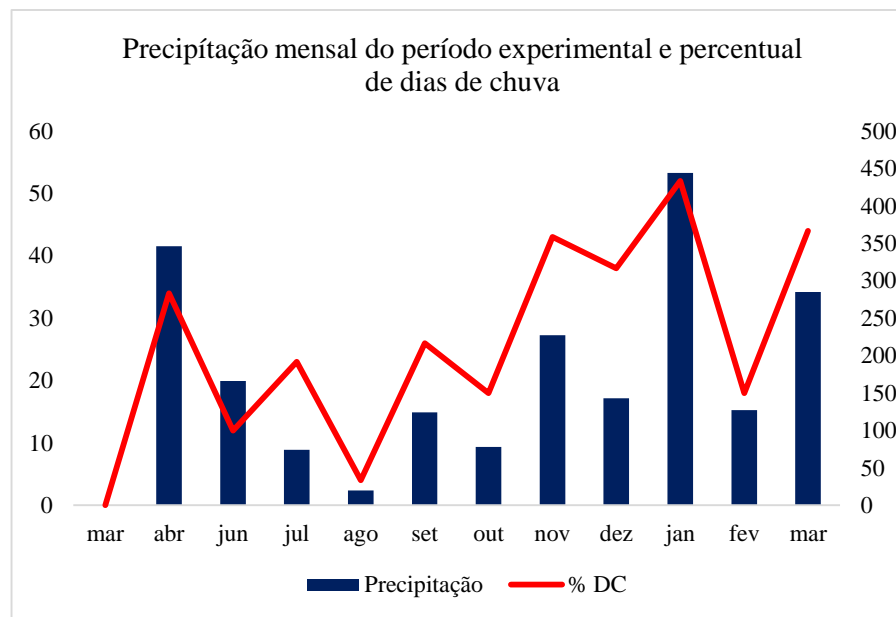
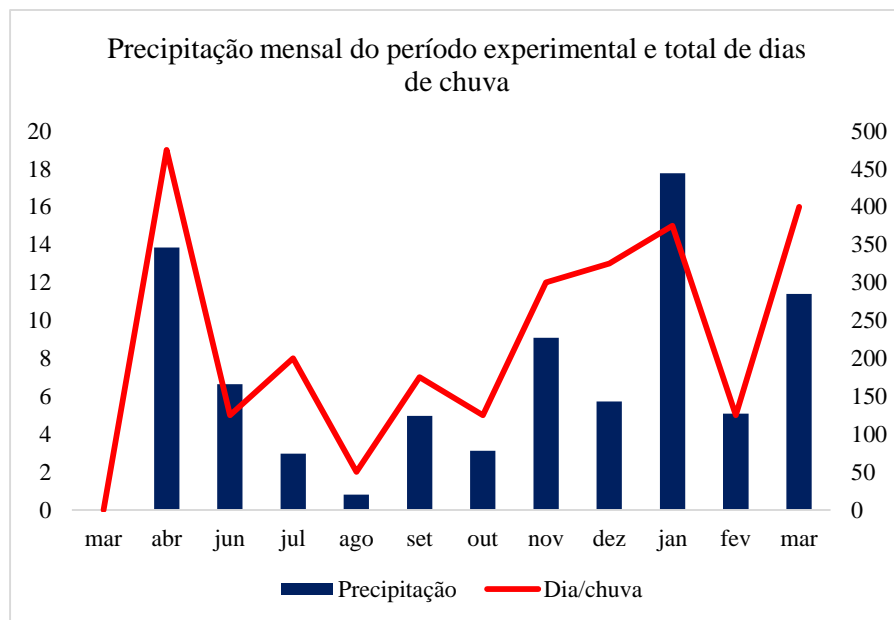
Figura 52: Totais e percentuais de precipitação e número de dias de chuva para cada estação – Vera Cruz



Fonte: Organização da autora.

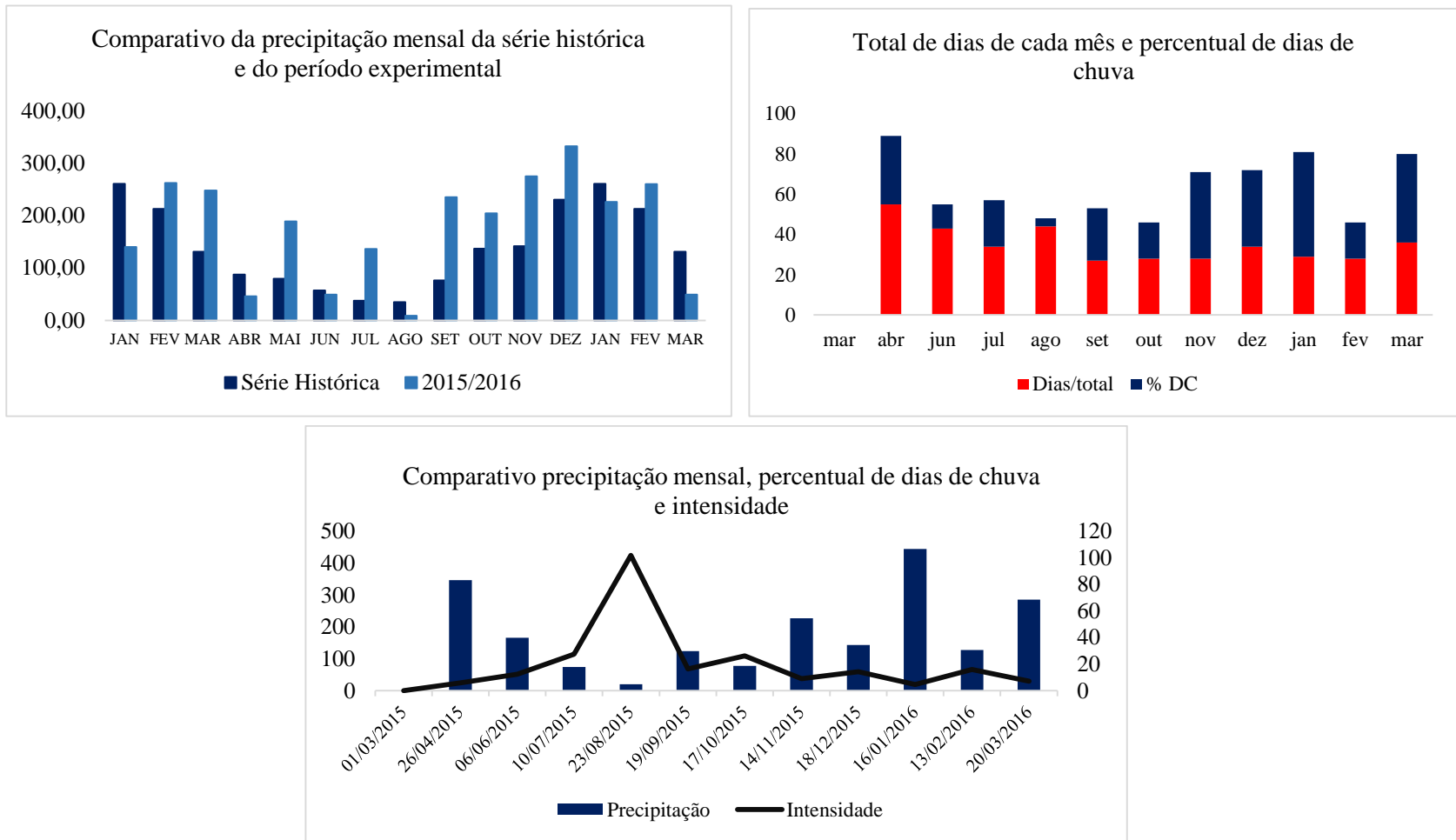
Figura 53: Precipitação mensal, dias de chuva e percentual de dias de chuva para o período de monitoramento em Getulina

Getulina	01/03/2015	26/04/2015	06/06/2015	10/07/2015	23/08/2015	19/09/2015	17/10/2015	14/11/2015	18/12/2015	16/01/2016	13/02/2016	18/03/2016
Precipitação	0	346,00	166,00	74,00	20,00	124,00	78,00	227,00	143,00	444,00	127,00	285,00
Dia/chuva	0	19	5	8	2	7	5	12	13	15	5	16
Dias/total	0	55	43	34	44	27	28	28	34	29	28	36
% DC	0	34	12	23	4	26	18	43	38	52	18	44
Intensidade	0	5,9	12,3	27,5	101,7	16,4	26,1	9,0	14,2	4,6	16,0	7,1



Fonte: Organização da autora.

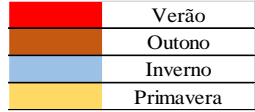
Figura 54: Comparação da precipitação do período de monitoramento com a série histórica e a relação dos dias totais com o percentual de dias de chuva em Getulina



Fonte: Organização da autora.

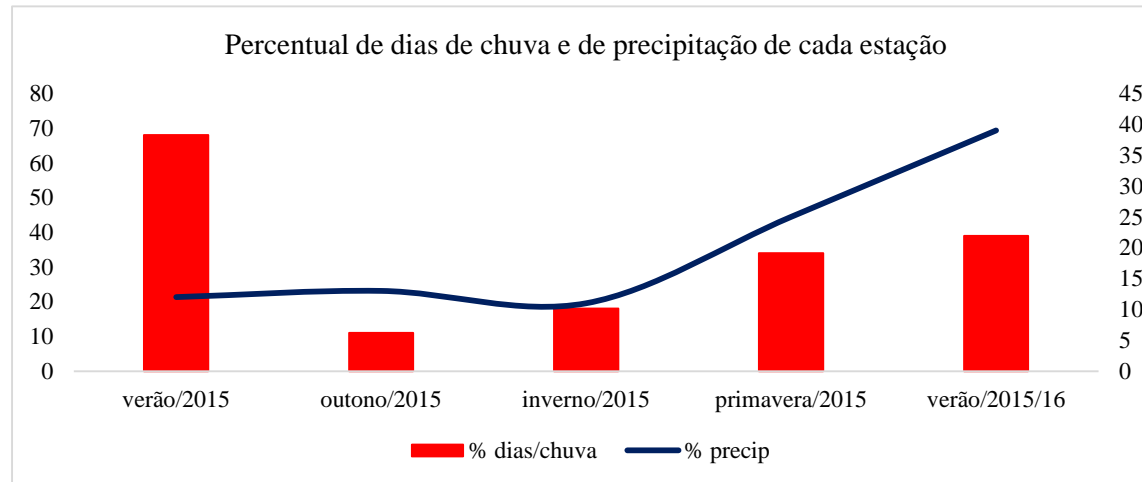
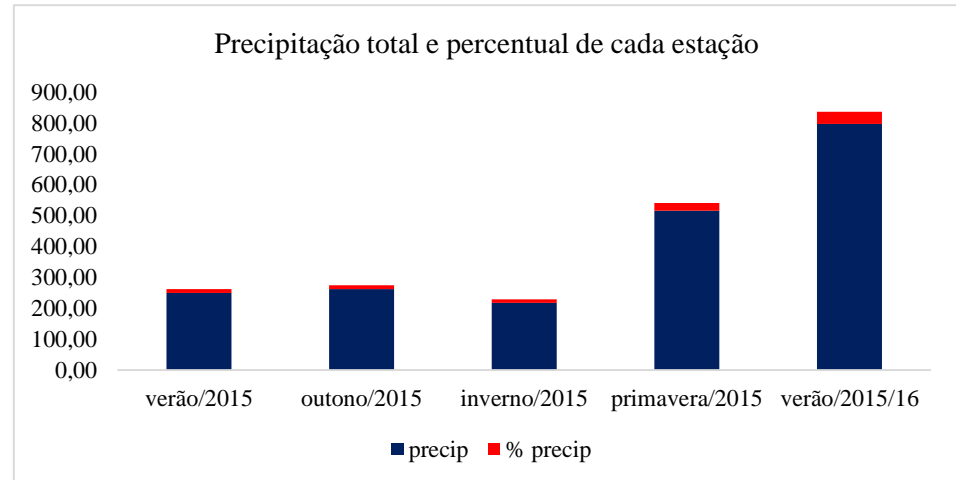
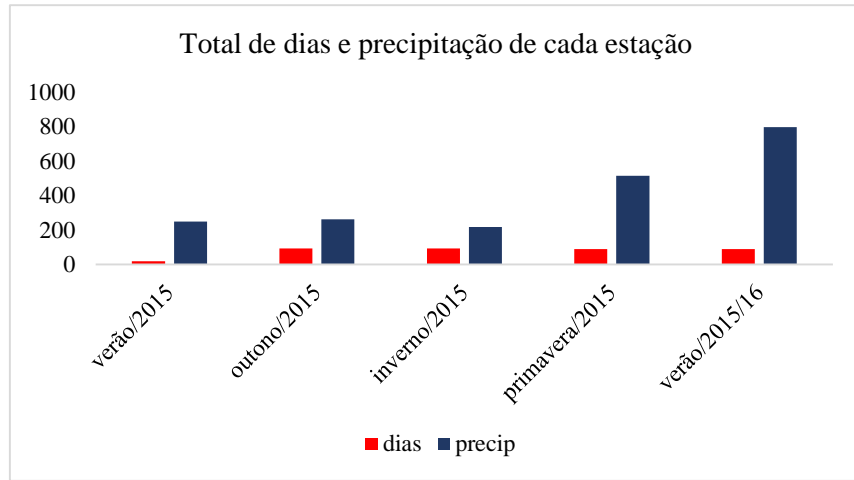
Figura 55: Classificação dos registros diários de chuva do período de monitoramento pelas estações do ano – Getulina

ANO: 2015/2016		Propriedade Rural de Getulina - SP													
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
1		3					15				28		1		
2							18			6	10	12	1		10
3		15					2				13	17	58		2
4			10		34		1				25	5		12	5
5	52	10	2	12			2				2				1
6	10		13								2		1		
7	18		38				3		12			2		50	
8		10	90				25		40		1		22		
9		15	13							38	37	2	5		5
10		11			40		8		43	4			50		20
11	55	2	10				12		10				95	43	
12									7			12	72		
13		3											55		
14		5	13								20		1		
15	10	15	1	33									2	30	17
16		47	2								5				
17		24	2								10				
18		5	1								5				
19			55								12	58			
20			5	8										27	
21														10	
22										13				70	
23		1									2			10	10
24		17					8				35			7	58
25									10		24			19	
26	8							2					15	2	
27	42		3					10	30			1		50	
28	10									36					
29					10							22	7		
30			35		10										
31					72					40					
Total mm	205	183	293	53	166	0	94	12	152	137	229	131	385	321	128



Fonte: Organização da autora.

Figura 56: Totais e percentuais de precipitação e dias de chuva para cada estação – Getulina



Fonte: Organização da autora.

4.2.4 Correlação entre as características das chuvas e a perda de solos registradas no período de monitoramento

Considerando as características das chuvas e as perdas de solo registrada no período experimental buscou-se estabelecer correlações entre estes aspectos.

Para além dos dados de precipitação aos quais houve acesso, também foi considerado os dados de erosividade das chuvas calculados por meio das equações de regressão de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) (LN/M) e Tommaselli et al. (1997).

Para que fosse possível esta comparação, já que os dados de erosividade do período experimental não foram calculados pela ausência das informações sobre a intensidade das chuvas, empregou-se a erosividade referente a série histórica.

As precipitações mensais do período experimental foram ajustada para o período de tempo em que foi realizada as leituras nas parcelas experimentais que, não necessariamente, respeitam o intervalo de 30 dias para cada mês, o mesmo exercício foi feito com as mensais de erosividade, ajustadas para os mesmos intervalos de tempo que as precipitações mensais. Portanto, a *Precip/Leitura* refere-se a soma das precipitações nos dias entre as leituras em campo, *Precip. mensal* é a soma das precipitações por mês e a *Precip. mensal ajustada* corresponde as precipitações mensais ajustadas para o intervalo das leituras objetivando a comparação com os dados de erosividade e perda de solo.

As correlações entre a perda de solo, precipitações e erosividades estão expressas a seguir e indicam algumas considerações.

De forma geral, identifica-se uma correlação entre a precipitação e a perda de solo tanto em Getulina como em Vera Cruz, mas com maior relevância naquela localidade, com os maiores picos de perda de solo nos meses com as maiores precipitações e maiores erosividades, também especialmente em Getulina.

Tanto em Getulina como em Vera Cruz houve uma maior correlação da erosividade de Tommaselli et al. (1997) ajustada para os períodos das leituras com as somas mensais de precipitação, também ajustadas, do que a erosividade de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992). Quando comparado os dois municípios, as maiores correlações entre as erosividades e as precipitações ajustadas se deram em Vera Cruz.

Porém, com relação as perdas, estas obtiveram maior correlação com as precipitações registradas em campo e não as ajustadas para correlação com as erosividades da série histórica.

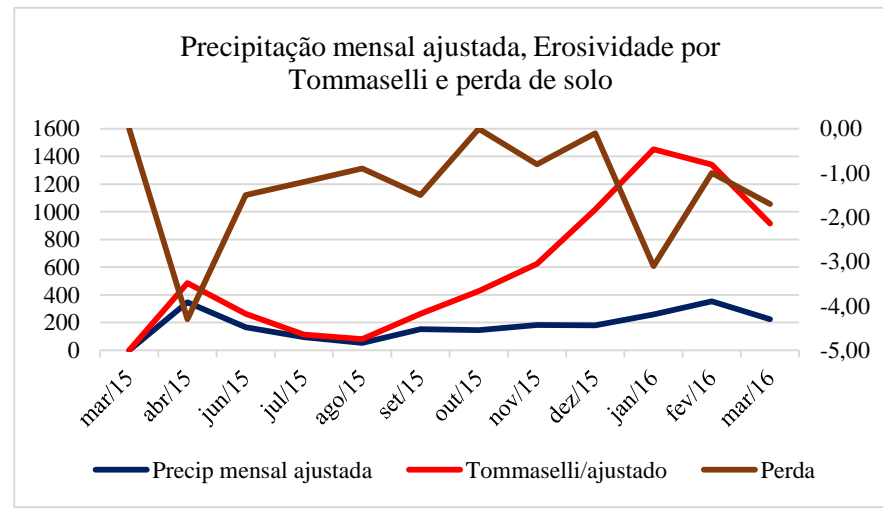
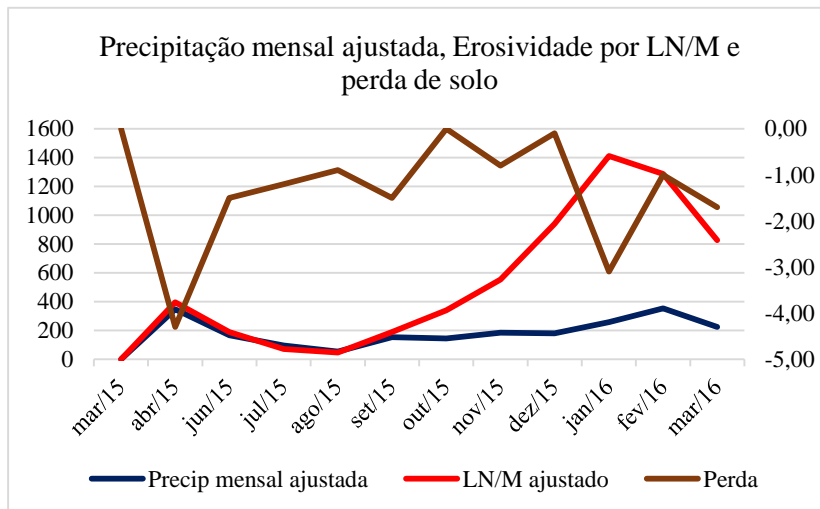
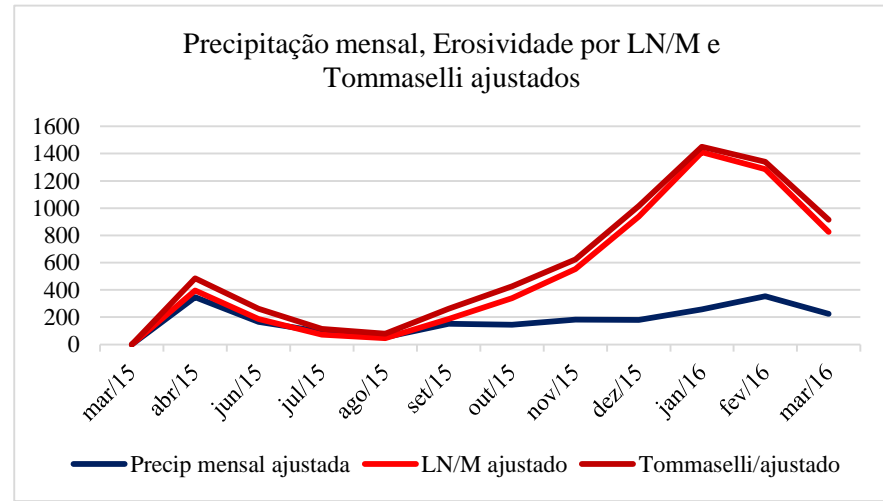
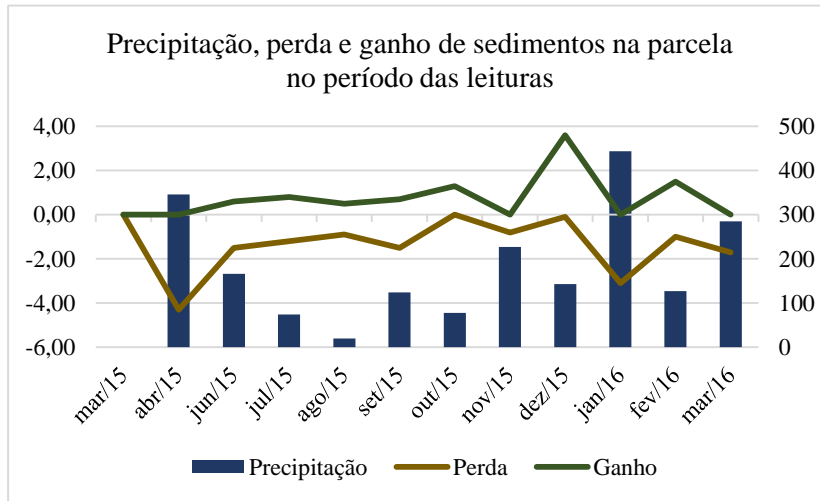
Quadro 9: Apresentação dos dados para correlação entre as precipitações, erosividades e perda de solo – Getulina e Vera Cruz

Getulina	01/03/2015	26/04/2015	06/06/2015	10/07/2015	23/08/2015	19/09/2015	17/10/2015	14/11/2015	18/12/2015	16/01/2016	13/02/2016	20/03/2016
Precip/Leitura	0,00	346,00	166,00	74,00	20,00	124,00	78,00	227,00	143,00	444,00	127,00	285,00
Precip mensal	293,00	53,00	0,00	94,00	12,00	152,00	137,00	229,00	131,00	385,00	321,00	128,00
Precip mensal ajustada	0,00	346,00	166,00	94,00	53,00	152,00	144,50	183,00	180,00	258,00	353,00	224,50
LN/M	575,5790	214,4135	97,7567	43,8402	47,9955	188,0332	491,3718	553,9294	1324,1096	1497,0660	1076,6273	575,5790
LN/M ajustado	0,00	394,990	188,007	70,798	45,917	188,033	339,702	552,650	939,019	1410,587	1286,846	826,103
Tommaselli	678,0257	293,1938	150,5081	76,1866	82,2750	262,2693	592,8231	656,3115	1375,3924	1526,4843	1153,8189	678,0257
Tommaselli/ajustado	0,00	485,6098	262,2380	113,3474	79,2308	262,2693	427,5462	624,5673	1015,8520	1450,9384	1340,1516	915,9223
Ganho	0,00	0,00	0,60	0,80	0,50	0,70	1,30	0,00	3,60	0,00	1,50	0,00
Perda	0,00	-4,30	-1,50	-1,20	-0,90	-1,50	0,00	-0,80	-0,10	-3,10	-1,00	-1,70

Vera Cruz	01/03/2015	26/04/2015	06/06/2015	10/07/2015	23/08/2015	19/09/2015	17/10/2015	14/11/2015	18/12/2015	16/01/2016	13/02/2016	19/03/2016
Precip/Leitura	0,00	294,00	197,00	167,00	12,00	192,00	106,00	290,00	261,00	406,00	180,00	140,00
Precip mensal	248,00	46,00	49,00	136,00	9,00	185,00	204,00	275,00	332,00	226,00	260,00	0,00
Precip mensal ajustada	0,00	147,00	189,00	92,50	72,50	185,00	194,50	239,50	303,50	279,00	243,00	130,00
LN/M	538,0410	272,1089	133,8575	66,0006	57,3575	216,5319	578,6058	615,4224	1390,2562	1711,2347	1218,3284	538,0410
LN/M ajustado	0,00	405,07	233,37	99,93	61,68	216,53	397,58	597,01	1002,84	1550,75	1464,78	878,18
Tommaselli	640,2943	358,9361	196,5366	107,8260	95,7130	295,6513	681,0517	717,6702	1433,5093	1709,9832	1281,5263	640,2943
Tommaselli/ajustado	0,00	499,6152	315,0633	152,1813	101,7695	295,6513	488,3515	699,3610	1075,5898	1571,7463	1495,7548	960,9103
Ganho	0,00	1,40	3,00	1,60	1,10	6,60	5,90	1,10	3,60	0,10	0,70	1,30
Perda	0,00	-5,50	-7,00	-1,00	-7,40	-2,20	-4,30	-6,00	-3,60	-10,30	-3,20	-4,00

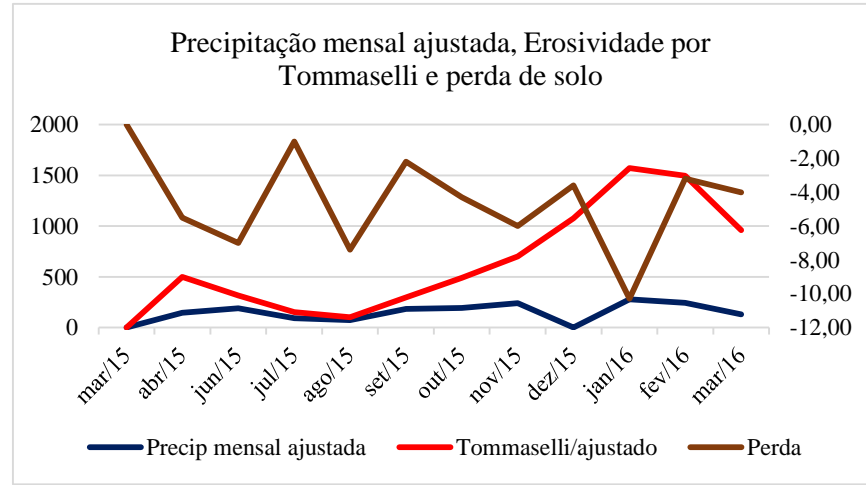
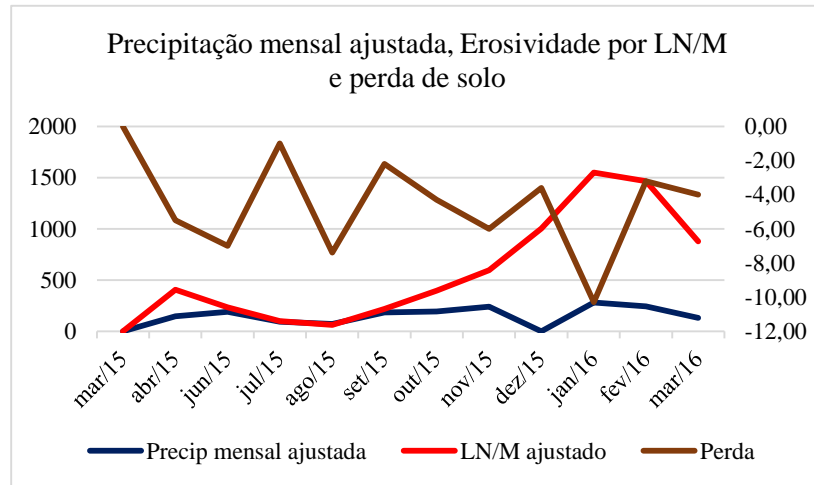
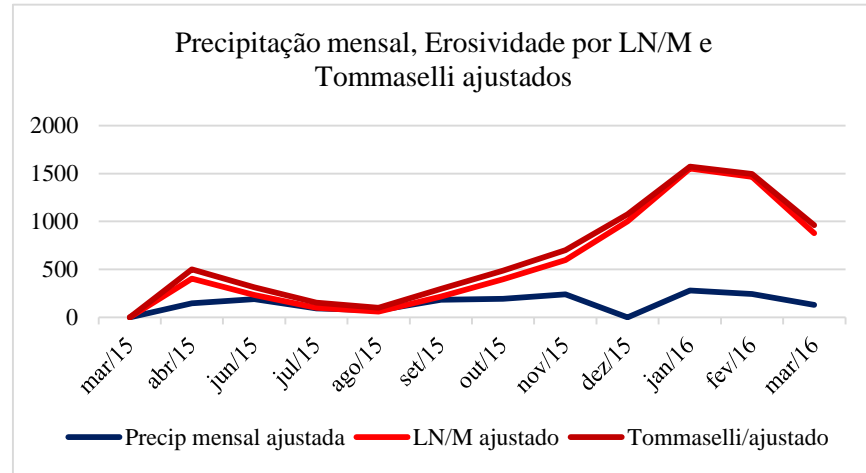
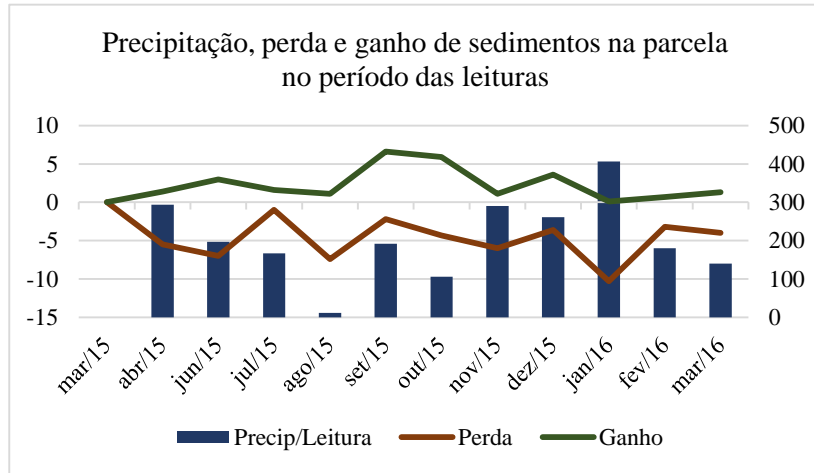
Getulina	Correlação	Vera Cruz	Correlação
Precip/Leitura-Perda	-0,794352455	Precip/Leitura-Perda	-0,518847816
Precip mensal ajustada-Perda	-0,629710924	Precip mensal ajustada-Perda	-0,450390287
Precip men ajust-LN ajust	0,716819799	Precip men ajust-LN ajust	0,74377852
Precip men ajust-Tommaselli ajust	0,739355471	Precip men ajust-Tommaselli ajust	0,769527124

Figura 57: Comparações entre as precipitações, erosividades e perda de solo – Getulina



Fonte: Organização da autora.

Figura 58: Correlação entre as precipitações, erosividades e perda de solo – Vera Cruz



Fonte: Organização da autora.

4.3 FATOR K- ERODIBILIDADE DOS SOLOS

A seguir apresenta-se os resultados da caracterização dos solos das propriedades rurais de Getulina e Vera Cruz, considerando a abertura de trincheira nas áreas para identificação dos horizontes e fatores relacionados com a física e química de solos que sejam de maior relevância para o entendimento da erodibilidade.

4.3.1 Resultado das análises físicas de solo

Com relação a física de solos apresenta-se, a seguir, a caracterização dos perfis de solo, considerando os parâmetros e análises realizadas como a descrição geral, identificação dos horizontes, densidade, características morfológicas, análise textural, fracionamento de areia e permeabilidade, bem como sua classificação de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

No caso da permeabilidade a mesma foi calculada por meio do Permeômetro de Guelph, de acordo com metodologia exposta anteriormente, sendo calculada como indica os manuais do aparelho, demonstrando uma maior permeabilidade no solo de Getulina em comparação com Vera Cruz:

Para a permeabilidade de Getulina se considera:

$$H_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow R_1 = 0,4 / 60 = 0,0066 \text{ cm/s}$$

$$H_2 = 10 \text{ cm} \Rightarrow R_2 = 0,75 / 60 = 0,0125 \text{ cm/s}$$

$$X = 35,39 \text{ cm}^2$$

$$K_{fs} = (0,0041) \cdot (X) \cdot (R_2) - (0,0054) \cdot (X) \cdot (R_1) \quad (25)$$

O valor em módulo de $K_{fs} = 5,5 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$

Permeabilidade classificada como alta para areias por Cruz (1996) (Figura 26).

Para Vera Cruz tem-se:

$$H_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow R_1 = 0,1 / 60 = 1,66666667 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$$

$$H_2 = 10 \text{ cm} \Rightarrow R_2 = 0,2 / 60 = 3,3333 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$$

$$Y = 2,19 \text{ cm}^2$$

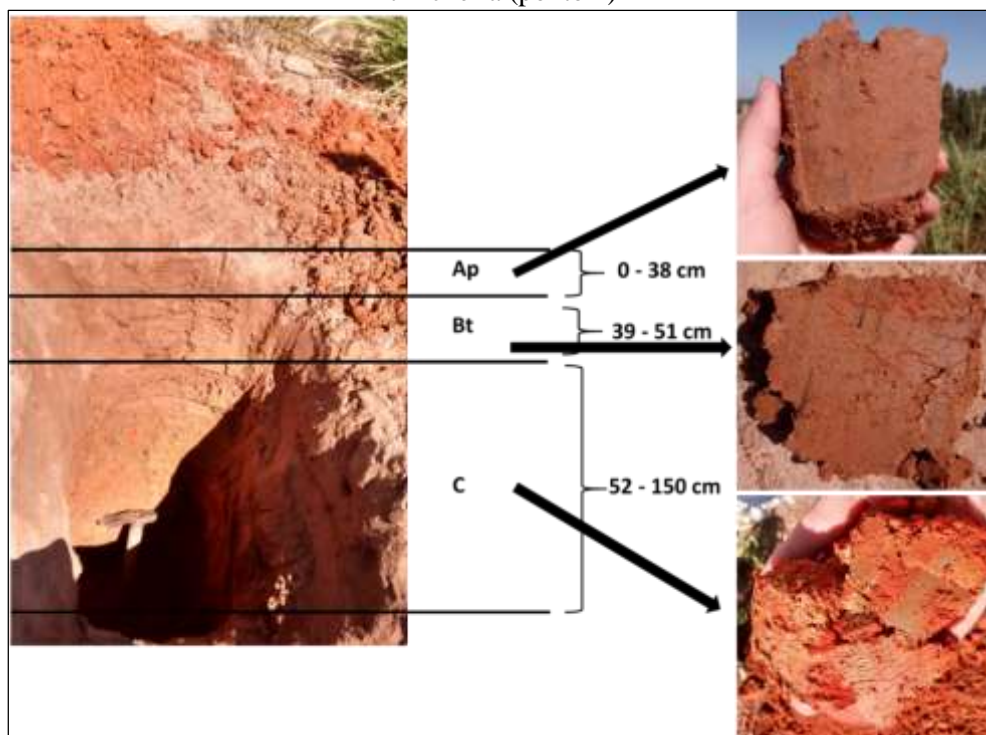
$$K_{fs} = (0,0041) \cdot (Y) \cdot (R_2) - (0,0054) \cdot (Y) \cdot (R_1) \quad (26)$$

O valor em módulo de $K_{fs} = 1,1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$

Permeabilidade classificada como baixa para siltes e argilas por Cruz (1996) (Figura 26).

Em Vera Cruz foi realizada a abertura de trincheira para a descrição do perfil do solo, coleta de amostras, bem como para a sua classificação, sendo que os horizontes e suas dimensões estão ilustrados a seguir.

Figura 59: Identificação dos horizontes do perfil do solo de Vera Cruz através da abertura de trincheira (ponto 1)



Fonte: Organização da autora.

O solo de Vera Cruz após a abertura de trincheira, coleta e análise das amostras, foi classificado como Argissolo, formado pelos horizontes Ap, E e Bt, respectivamente⁹.

O horizonte Ap é um horizonte superficial ou subjacente ao O e H, apresentando uma coloração mais escura, grande atividade biológica e presença de matéria orgânica (OLIVEIRA et al., 1992). Com relação ao prefixo p este se refere as modificações geradas por intervenções humanas na camada superficial, em especial, pelo uso agrícola do solo: “[...] é um horizonte formado ou modificado pelo uso contínuo do solo, pelo homem, como lugar de residência ou como lugar de cultivo, por períodos relativamente prolongados, com adições de material orgânico em mistura ou não com material mineral” (EMBRAPA, 1988, p.14).

⁹ As análises oriundas das amostras de solo foram retiradas de Baldassarini (2014) e complementadas por outros parâmetros considerados de relevância para o entendimento das dinâmicas de perda de solo nas propriedades rurais de Vera Cruz e de Getulina.

Já o horizonte E resulta da perda tanto de compostos de ferro, alumínio ou matéria orgânica, como de minerais de argila. Localiza-se abaixo do horizonte A com uma mudança textural abrupta para o horizonte mais argiloso. Por fim, o horizonte Bt é um horizonte de subsuperfície (abaixo do horizonte E e A), tem sua origem das transformações do material de origem e/ou pelo ganho de minerais ou compostos orgânicos oriundos dos horizontes de superfície, o prefixo t indica o acúmulo de minerais de argila neste horizonte (OLIVEIRA et al., 1992).

Os Argissolos têm como característica a presença do: “[...] horizonte B textural de argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por baixa ou caráter alítico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico” (EMBRAPA, 2006, p.76).

Os Argissolos caracterizam-se por uma boa fertilidade ou passível de correção, e por apresentarem coesão, dureza, plasticidade e pegajosidade, principalmente pela retenção de água considerável. Geralmente apresentam baixa permeabilidade e aeração (FREIRE, 2006).

Todas as informações de física de solos foram sistematizadas no quadro, apresentado a seguir.

Quadro 10: Descrição geral, morfológica, textural e fracionamento de areia dos horizontes do ponto 1, localizado em Vera Cruz

Descrição	Solo		3													
	Localização		Vera Cruz													
	Coordenadas UTM	Lat.	619866													
		Long.	7541418													
	Altitude		610m													
	Situação e Declividade		Média vertente com declividade de 12,89%													
	Cobertura vegetal primária/actual		Floresta Latifoliada Tropical/Café													
	Litologia e Formação Geológica		Arenito da Formação Marília (Grupo Bauru)													
	Cronologia		Cretáceo Superior													
	Relevo Atual		Colinas suavemente onduladas													
	Erosão		Sulcos													
	Drenagem		Bem drenado													
	Uso actual		Cafezal													
	Horizontes Identificados		Ap (A Antrópico)				E (Horizonte de Perda)				Bt (Horizonte B textural)					
Profundidade em cm		0-38				39-51				52-150						
Densidade do Solo g/cm ³		2,0474				2,1357				-						
Características Morfológicas		cor (7.5YR 5/3 com manchas de 7.5YR 5/8); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos granulares e em grumos; muito porosos; consistência em solo seco: ligeiramente dura; consistência em solo úmido: muito friável.				cor (10YR 5/3); transição clara; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: ligeiramente dura; consistência em solo úmido: friável.				Cor (10YR 5/4); transição clara; plástica; blocos angulares e subangulares; poros comuns; Cerosidade:desenvolvimento fraco com pouca quantidade; consistência em solo seco: muito dura; consistência em solo úmido: muito firme.						
Física de Solos																
Análise Textural		Areia	825/82,5				762/76,2				562/56,2					
		Argila	96/9,6				156/15,6				292/29,2					
		Silte	79/7,9				82/8,2				145/14,5					
		Classe textural		Areia Franca				Areia Franca				Franco Arenosa				
Fracionamento de Areia g		M Grossa	Grossa	Média	Fina	M Fina	M Grossa	Grossa	Média	Fina	M Fina	M Grossa	Grossa	Média	Fina	M Fina
		0	6,0774	31,2728	36,5782	25,5011	0	7,0548	30,4249	35,5079	25,7347	0	7,7992	28,9668	32,9577	28,3998
Permeabilidade		Kfs = 1.10081007 x 10-5 cm/s														

Fonte: Dados coletados em trabalhos de campo e análises em laboratório

Com relação a teor de areia foi possível identificar uma diminuição da mesma dos horizontes superficiais para os de subsuperfície, em contraposição ao aumento da argila e do silte.

Com relação a coloração, estabelecidas com a carta de Munsell e por Lemos e Santos (1996), observa-se o Bruno-amarelado (*yellowish brown*) no horizonte Ap, o Bruno (*brown*) no E e o Bruno (*brown*) com mosqueado¹⁰ comum, pequeno e distinto, Bruno-forte (*strong brown*) no horizonte Bt (IBGE, 2007).

O mosqueado está relacionado com a formação de plintita pela concentração de ferro, indicando drenagem imperfeita e restrição da profundidade efetiva do solo¹¹. Esta característica corrobora com a diminuição da porosidade e com a consistência, em especial no horizonte Bt, que compromete a drenagem pela maior compactação e coesão das partículas.

Com relação a estrutura observou-se blocos mais angulares e subangulares nos horizontes E e Bt pela maior concentração de argila. Concentração esta que também justifica a menor porosidade nestes horizontes.

A maior consistência apresentada pelo horizonte Bt também indica a presença maior de partículas menores de argila e silte que favorecem a sua coesão. A consistência dos horizontes Ap e E apresentaram-se como ligeiramente duro quando seco e como muito friável e friável, respectivamente, quando úmidos, esta diferenciação também pode relacionar-se com o processo de compactação do solo pelo emprego de maquinários agrícolas.

Os aspectos considerados até este momento corroboram com as observações de Coelho et al. (2002) que observou nos solos de Vera Cruz a predominância de processos erosivos nos Argissolos Vermelho-Amarelo com drenagem comprometida pela estrutura mais compacta dos horizontes subsuperficiais.

Usando como base as características identificadas no levantamento pedológico semidetalhado apresentado por Coelho et al. (2002) sobre a mesma área de estudo da presente pesquisa o solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico arênico ou não arênico ou espessoarênico ou não espessoarênico abrupto, textura

¹⁰ Mosqueado refere-se a: “[...] pontos ou manchas de cor ou tonalidade diferente entremeadas com a cor dominante da matriz de um horizonte do solo. Pode ocorrer em vários horizontes ou camadas de solo, especialmente em zonas de flutuação do lençol freático (drenagem imperfeita), podendo ser também decorrente de variações no material de origem” (IBGE, 2004, p.222).

¹¹ Informações referentes ao processo de formação de plintita extraídas do endereço: Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_31_2212200611548.html>. Acesso em: 09 de outubro de 2013.

arenosa/média, A moderado ou fraco. De forma geral, suas características morfológicas são:

- Horizontes A+E variando entre 60 e 70 cm de profundidade, sendo que as menores espessuras estão relacionadas com erosões. Horizonte E alábico ou não: coloração bruno-avermelhado (5YR 5/4), bruno-amarelado (5YR 5/6) e bruno (7,5YR 5/4). Horizonte A com uma espessura de até 20 cm e de coloração de croma menor que o E, pela maior presença de matéria orgânica: bruno-avermelhado (5YR 4/4), vermelho-amarelado (5YR 4/6) e bruno (7,5YR 4/4 e 4/6). Consistência mais solta na amostra seca e muito friável na amostra úmida (COELHO et al., 2002).

Quando se compara os dados obtidos com as amostras coletadas e a literatura observa-se diferenças de coloração (Ap no matriz 7,5 YR e o E no 10 YR) e consistência do solo seco nos horizontes Ap e E, que foram classificadas como ligeiramente dura, provavelmente associada com a compactação do solo pelo maquinário agrícola utilizado no cultivo da área (BALDASSARINI, 2014).

- Horizonte B com transição abrupta para o Bt e de textura franco-argilo-arenosa, aspectos estes também identificados nas análises de solo, com a maior presença de argila em profundidade. Sinais de hidromorfismo com tons acinzentados do matriz, sendo o matriz 5YR o mais comum. Consistência dura na amostra seca, firme na amostra úmida e plástica na molhada (COELHO et al, 2002).

Nas amostras de campo o horizonte Bt teve sua coloração no matriz 10YR, com tons amarelados. A cor amarelada, de acordo com Freire (2006), está relacionada com os Óxidos Férricos Hidratados no solo, relacionados com solos que não são bem drenados, favorecendo a permanência da água no perfil e sua hidratação.

A granulometria indicou uma camada superficial de textura arenosa e uma textura em subsuperfície franco-argilo-arenosa. Segundo Queiroz Neto (2001) e Coelho et al. (2002) esta mudança é responsável por elevar a erodibilidade deste solo.

Segundo a Embrapa (1988) a mudança textural abrupta caracteriza-se por ser:

[...] um considerável aumento no conteúdo de argila dentro de uma pequena distância na zona de transição entre o horizonte A ou E e o horizonte subjacente B. Quando o horizonte A ou E tiver menos que 20% de argila, o conteúdo de argila da horizonte subjacente B, determinado em um distância vertical < 8cm, deve ser pelo menos o dobro do conteúdo do horizonte A ou E. Quando a horizonte A ou E tiver 20% ou mais de argila, o incremento de argila no horizonte subjacente B, determinado em uma distância vertical < 8m, deve ser pelo menos de 20% a mais do valor absoluto na fração terra fina (por exemplo: de 30% para 50%, de 22% para 42%) e o conteúdo de argila

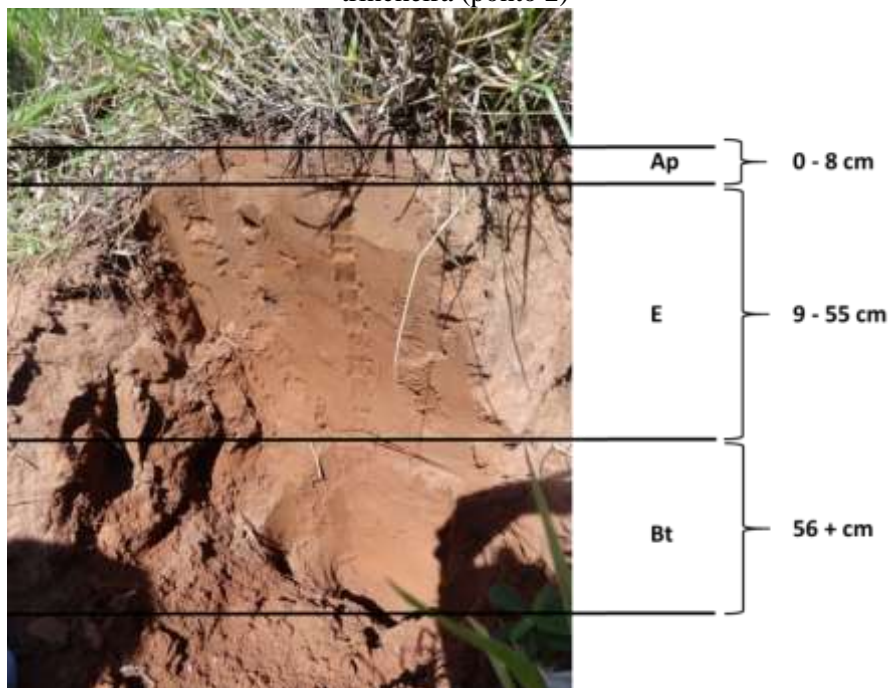
em alguma parte do horizonte B, deve ser pelo menos o dobro daquele do horizonte A ou E subjacente - critério conforme FAO (1974) (EMBRAPA, 1988, p.4).

As implicações deste tipo de solo com relação ao seu uso e apropriação, em especial para fins agrícolas, foram expressos por Coelho et al. (2002):

Esses solos, de ampla distribuição no Estado e de ocorrência em relevos ondulado e forte ondulado, são extremamente suscetíveis aos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas), tornando o manejo dessas áreas um grande desafio aos técnicos, agricultores e planejadores urbanos. Assim, o processo de degradação dos solos e do ambiente é comum nessas paisagens submetidas à ocupação rural e urbana. Corrêa (1994) argumenta que não é exagero concluir que apenas uma geração usufruiu, na plenitude, dos recursos naturais da região de Marília, e acrescenta: “nossos avós viram o começo, o meio e o fim desses solos férteis, mas muito suscetíveis aos processos erosivos”. Certamente, torna-se premente não apenas a utilização de práticas conservacionistas isoladas nessas áreas sob domínio dos Podzólicos abruptos, mas, também, ações mais amplas e direcionadas ao manejo integrado dos solos em microbacias hidrográficas, visando ao desenvolvimento sustentável da região (COELHO et al, 2002, p.116).

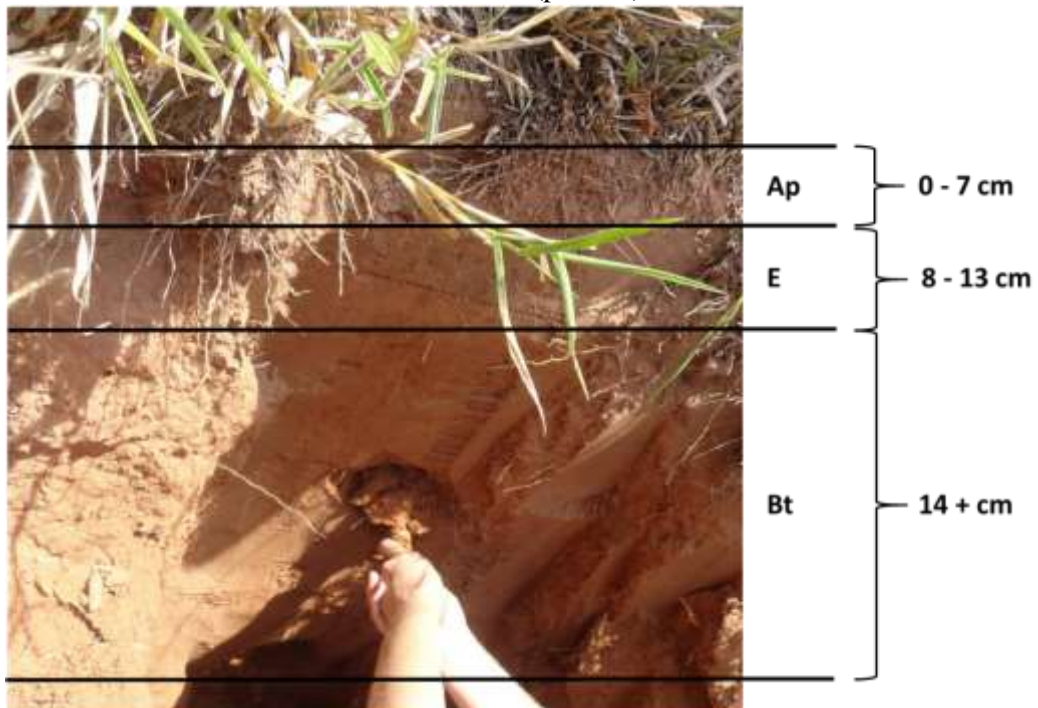
No caso de Getulina foi feita a abertura de trincheira em dois pontos correspondentes as áreas de instalação dos barramentos de bambu ao longo da vertente, mas será dado ênfase ao ponto denominado como ponto 3, que refere-se a área de localização da parcela de monitoramento de perda de solo.

Figura 60: Identificação dos horizontes do perfil do solo de Getulina através da abertura de trincheira (ponto 2)



Fonte: Organização da autora.

Figura 61: Identificação dos horizontes do perfil do solo de Getulina através da abertura de trincheira (ponto 3)



Fonte: Organização da autora.

O solo de Getulina também foi classificado como Argissolo, cuja as principais características estão organizadas a seguir.

Quadro 11: Descrição geral, morfológica, textural e fracionamento de areia dos horizontes do ponto 2, localizado em Getulina

	Solo		1														
	Localização		Getulina														
	Coordenadas UTM	Lat.	615122														
		Long.	7583591														
	Altitude		466 m														
	Situação e Declividade		Média vertente com declividade de 10,76 %														
	Cobertura vegetal primária/actual		Mata Atlântica/café/gramínea														
	Litologia e Formação Geológica		Arenito da Formação Adamantina (Grupo Bauru)														
	Cronologia		Cretáceo Superior														
Descrição	Relevo Actual		Colinas suavemente onduladas														
	Erosão		Sulcos														
	Drenagem		Bem drenado														
	Uso actual		Pastagem														
	Horizontes Identificados		Ap (A Antrópico)					E (Horizonte de Perda)					Bt (Horizonte B textural)				
	Profundidade em cm		0-8					9-55					56 +				
	Densidade do Solo g/cm3		1,8408					1,7387					1,8032				
	Características Morfológicas		cor (7.5YR 4/4); transição gradual; não plástica; blocos granulares e em grumos; muito porosos; consistência em solo seco: macia; consistência em solo úmido: friável.					Cor (7.5YR 4/6); transição clara; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: ligeiramente dura; consistência em solo úmido: muito friável.					Cor (5 YR 4/6); transição abrupta; plástica; blocos angulares e subangulares; poros comuns; consistência em solo seco: dura; consistência em solo úmido: firme.				
Física de Solos																	
	Análise Textural	Areia	893,03/89,30					859,45/85,945					673,45/67,345				
		Argila	64/6,4					132/13,2					296/29,6				
		Silte	42,97/4,297					55,23/5,523					30,55/3,055				
		Classe textural	Areia Franca					Areia Franca					Franco Argilo Arenosa				
	Fracionamento de Areia g		M Grossa	Grossa	Média	Fina	M Fina	M Grossa	Grossa	Média	Fina	M Fina	M Grossa	Grossa	Média	Fina	M Fina
	Permeabilidade		1,1276	1,6136	7,1598	50,5895	37,628	0	0,0621	4,524	52,053	40,7753	0	0,043	3,831	48,497	45,7881

Fonte: Dados coletados em trabalhos de campo e análises em laboratório.

Quadro 12: Descrição geral, morfológica, textural e fracionamento de areia dos horizontes do ponto 3, localizado em Getulina

	Solo		2																
	Localização		Getulina																
	Coordenadas UTM	Lat.	615164																
		Long.	7583628																
	Altitude		459 m																
	Situação e Declividade		Média vertente com declividade de 10,76 %																
	Cobertura vegetal primária/atual		Mata Atlântica/café/gramínea																
	Litologia e Formação Geológica		Arenito da Formação Adamantina (Grupo Bauru)																
	Cronologia		Cretáceo Superior																
Descrição	Relevo Atual		Colinas suavemente onduladas																
	Erosão		Sulcos																
	Drenagem		Bem drenado																
	Uso atual		Pastagem																
	Hirozontes Identificados		Ap (A Antrópico)					E (Horizonte de Perda)					Bt (Horizonte B textural)						
	Profundidade em cm		0-7					8-13					14 +						
	Densidade do Solo g/cm ³		1,7121					1,7054					1,8727						
	Características Morfológicas		cor (10 YR 4/6); transição gradual; não plástica; blocos granulares e em grumos; muito porosos; consistência em solo seco: ligeiramente dura; consistência em solo úmido: friável.					cor (7.5YR 5/6); transição clara; não plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: macia; consistência em solo úmido: muito friável.					Cor (5 YR 5/6); transição abrupta; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; poros comuns; consistência em solo seco: dura; consistência em solo úmido						
Física de Solos	Análise Textural		Areia		855/85,5		858/85,8		739/73,9										
			Argila		144/14,5		138/13,8		191/19,1										
			Silte		1/0,1		3/0,3		69/6,9										
			Classe textural		Areia Franca					Areia Franca					Franco Arenosa				
	Fracionamento de Areia g		M Grossa	Grossa	Média	Fina	M Fina	M Grossa	Grossa	Média	Fina	M Fina	M Grossa	Grossa	Média	Fina	M Fina		
			0,3044	0,9698	5,8826	55,5102	35,4111	0	0,0558	4,0549	53,9438	40,3327	0	0,0551	4,2956	53,2119	41,2008		
	Permeabilidade		Kfs = 5,524379 x 10 ⁻⁴ cm/s																

Fonte: Dados coletados em trabalhos de campo e análises em laboratório.

Observou-se com o fracionamento de areia uma predominância de areia fina e muito fina nos dois pontos, já nas amostras de Vera Cruz predomina a areia média, este fator está relacionado com os respectivos materiais de origem, já que os arenitos da Formação Marília tem granulação fina a grossa, e a Formação Adamantina uma granulação fina a muito fina (IPT, 1981).

Quando se compara os dois perfis de solo de Getulina é possível observar a maior presença da argila no ponto 2, como também a maior presença do silte e da areia no ponto 3. Estes fatores estão relacionados com o comportamento mais friável dos horizontes do ponto 3, como também com o caráter mais plástico do ponto 2.

Porém, de forma geral, identificou-se um aumento da argila em ambos os pontos dos horizontes superficiais para os subsuperficiais.

Comparando a concentração de argila no Bt do solo de Vera Cruz, que caracteriza-se como de mudança textural abrupta, com a do Bt do ponto 2 de Getulina, observa-se que embora o Bt de Getulina tenha uma maior concentração de argila, a consistência e coesão dos agregados em Vera Cruz são maiores. Em Getulina, a coesão é mais fraca e não se coloca como impedimento para a infiltração da água, por outro lado esta menor coesão pode torna-lo menos resistente aos processos erosivos.

A densidade entre os horizontes do solo de Getulina foram maiores no Ap do que no E, assim como a sua consistência, o que pode indicar a compactação do solo superficial pelo pisoteio do gado.

Com relação a coloração observou-se horizontes mais avermelhados de superfície para subsuperfície, o que pode estar relacionado com a menor porosidade e consistência e com a lixiviação dos óxidos de ferro dos horizontes superficiais para o Bt, já que nos horizontes mais argilosos e menos porosos estes óxidos permanecem, atribuindo-lhe uma coloração mais avermelhada (FREIRE, 2006).

Alguns fatores se colocam como relevante para o entendimento da erodibilidade destes solos. No caso de Vera Cruz, os fatores de maior relevância são a presença dos novos pés de café no período considerado mais crítico com relação a menor cobertura vegetal e ao maior percentual de solo exposto a ação da água da chuva, bem como o roçado constante dos arruamentos ou a aplicação de produtos para eliminar as ervas daninhas, além do emprego de maquinários agrícolas que promovem a compactação das camadas superficiais do solo.

Estes fatores podem ser observados tanto pela quantidade da perda de solo registrada, como também pelas características morfológicas e texturais que indicam um

solo com tendência a compactação e mudança textural abrupta, que interfere na porosidade e dificulta a permeabilidade do solo, que se apresentou como menor do que em Getulina, somado a um horizonte superficial arenoso e pouco coeso, facilmente carregado pelo escoamento superficial.

No caso de Getulina, a maior cobertura vegetal, os menores índices de erosividade e sua drenagem mais eficiente podem ser indicados como fatores que diminuem sua suscetibilidade aos processos erosivos, quando comparado com Vera Cruz. Porém, a compactação dos horizontes superficiais e sua característica menos coesa, consistente e de frações finas lhe atribuem uma maior facilidade a desagregação e transporte pelo escoamento superficial.

4.3.2 Resultado das análises químicas de solos

Inicia-se apresentando os resultados da análise química realizada. Os atributos serão analisados a seguir, considerando sua relevância para a fertilidade dos solos e sua resistência aos processos erosivos.

Além da variação temporal dos atributos químicos, os teores mensais foram comparados com os dados de perda de solo e de precipitação buscando identificar ou não correlações entre estes elementos.

Os teores foram estabelecidos de acordo com referenciais de interpretação de análises químicas para fins de fertilidade: Osaki (1991), Rajj et al. (1996), Cardoso et al. (2009), Ribeiro et al. (1999) e do Manual de Interpretação de Análise de Solos do IAC¹².

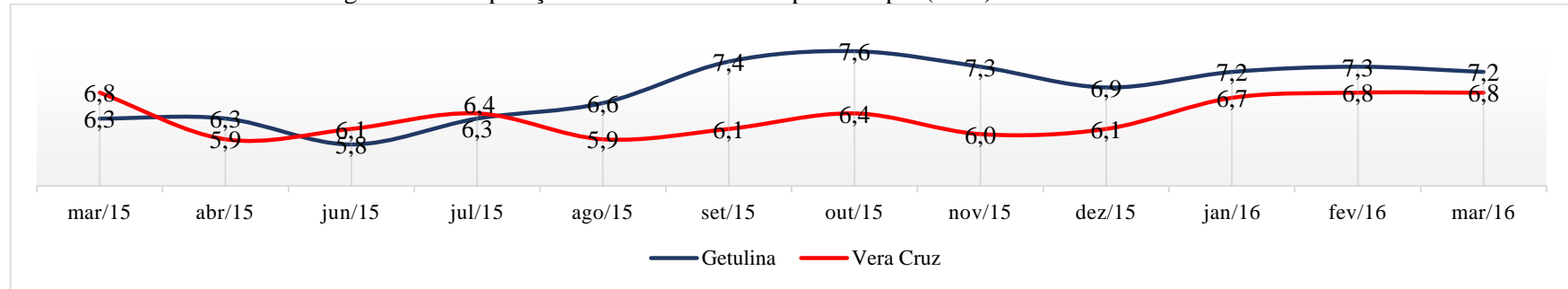
¹² Disponível em <<http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/interpretacaoanalise.php>>. Acesso em: novembro de 2015.

Tabela 12: Resultados mensais dos atributos químicos considerados nas análises para os solos de Getulina e Vera Cruz

	pH		Acidez Potencial	Capacidade de troca catiônica	Saturação por base	Saturação por Al	Soma de Base	Matéria Orgânica	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Alumínio	
	H ₂ O	CaCl ₂	H + Al	CTC	V	m	SB	MO	P	K	Ca KCl	Mg KCl	Al KCl	
	Adimensional		cmolc .dm ⁻³	cmolc .dm ⁻³	%	%	cmolc .dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	cmolc .dm ⁻³	cmolc .dm ⁻³	cmolc .dm ⁻³	
Vera Cruz	01/03/2015	6,8	5,9	0,6	4,9	87,8	0,0	4,3	9,6	75,5	238	1,3	2,4	0
	26/04/2015	5,9	4,7	0,9	2,2	59,1	23,5	1,3	<2	30,0	107	0,4	0,6	0,4
	07/06/2015	6,1	5,4	0,6	3,8	84,2	3,0	3,2	2,2	47,2	192	1	1,7	0,1
	10/07/2015	6,4	5,6	0,2	1,5	86,7	7,1	1,3	<2	27,6	75	0,4	0,7	0,1
	23/08/2015	5,9	4,8	1	3,2	68,8	8,3	2,2	3,9	106,8	119	0,7	1,2	0,2
	19/09/2015	6,1	4,6	0,8	1,9	57,9	15,4	1,1	5,1	258,9	97	0,6	0,3	0,2
	17/10/2015	6,4	5,0	0	0,9	100,0	10,0	0,9	<3,5	34,3	104	0,4	0,2	0,1
	14/11/2015	6,0	4,7	0,4	1,6	75,0	7,7	1,2	4,8	67,3	75	0,7	0,3	0,1
	18/12/2015	6,1	4,9	0,4	1,7	76,5	7,1	1,3	6,4	113,0	92	0,8	0,3	0,1
	16/01/2016	6,7	5,2	0,1	0,8	87,5	12,5	0,7	4,8	63,2	39	0,4	0,2	0,1
	13/02/2016	6,8	5,3	0,4	1,4	71,4	0,0	1	8,9	55,2	55	0,6	0,3	0
	18/03/2016	6,8	5,5	0,2	1,0	80,0	0,0	0,8	5,7	46,4	38	0,5	0,2	0
	Getulina	01/03/2015	6,3	5,2	0,9	4,0	77,5	0,0	3,1	10,9	3,4	68	1,1	1,8
26/04/2015		6,3	5,3	1,1	4,8	77,1	0,0	3,7	12,2	6,8	72	1,1	2,4	0
06/06/2015		5,8	4,8	1,5	3,8	60,5	8,0	2,3	10,9	6,4	94	0,7	1,4	0,2
10/07/2015		6,3	5,3	0,9	5,1	82,4	0,0	4,2	6,7	5,3	92	1,3	2,7	0
23/08/2015		6,6	5,2	1,2	4,3	72,1	3,1	3,1	5,5	2,7	157	0,9	1,8	0,1
19/09/2015		7,4	5,5	0,8	3,7	78,4	3,3	2,9	16,6	24,9	126	1,6	1	0,1
17/10/2015		7,6	5,5	0,4	2,0	80,0	5,9	1,6	6,4	9,2	143	0,7	0,5	0,1
14/11/2015		7,3	5,1	0,6	2,0	70,0	0,0	1,4	10,8	5,1	98	0,8	0,4	0
18/12/2015		6,9	4,7	1	2,4	58,3	6,7	1,4	11,2	7,9	77	0,8	0,4	0,1
16/01/2016		7,2	5,1	0,4	1,3	69,2	10,0	0,9	8,3	6,0	38	0,5	0,3	0,1
13/02/2016		7,3	5,1	0,8	2,2	63,6	6,7	1,4	8,6	5,1	66	0,8	0,4	0,1
19/03/2016		7,2	5,2	0,8	2,0	60,0	7,7	1,2	8	4,5	68	0,6	0,4	0,1

Fonte: Análise química para fins de fertilidade realizada pelo Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

Figura 62: Comparação da variabilidade temporal do pH (H2O) em Getulina e Vera Cruz



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	alto	alto	bom	alto	alto	muito alto	muito alto	muito alto	alto	muito alto	muito alto	muito alto
Vera Cruz	alto	bom	alto	alto	bom	alto	alto	bom	alto	alto	alto	alto

pH	Interpretação
<4,5	muito baixo
4,5 a 5,4	baixo
5,5 a 6,0	bom
6,1 a 7,0	alto
>7,0	muito alto

Fonte: Organização da autora.

Figura 63: Gráficos comparativos de pH (H₂O) com as precipitações e perdas de solo

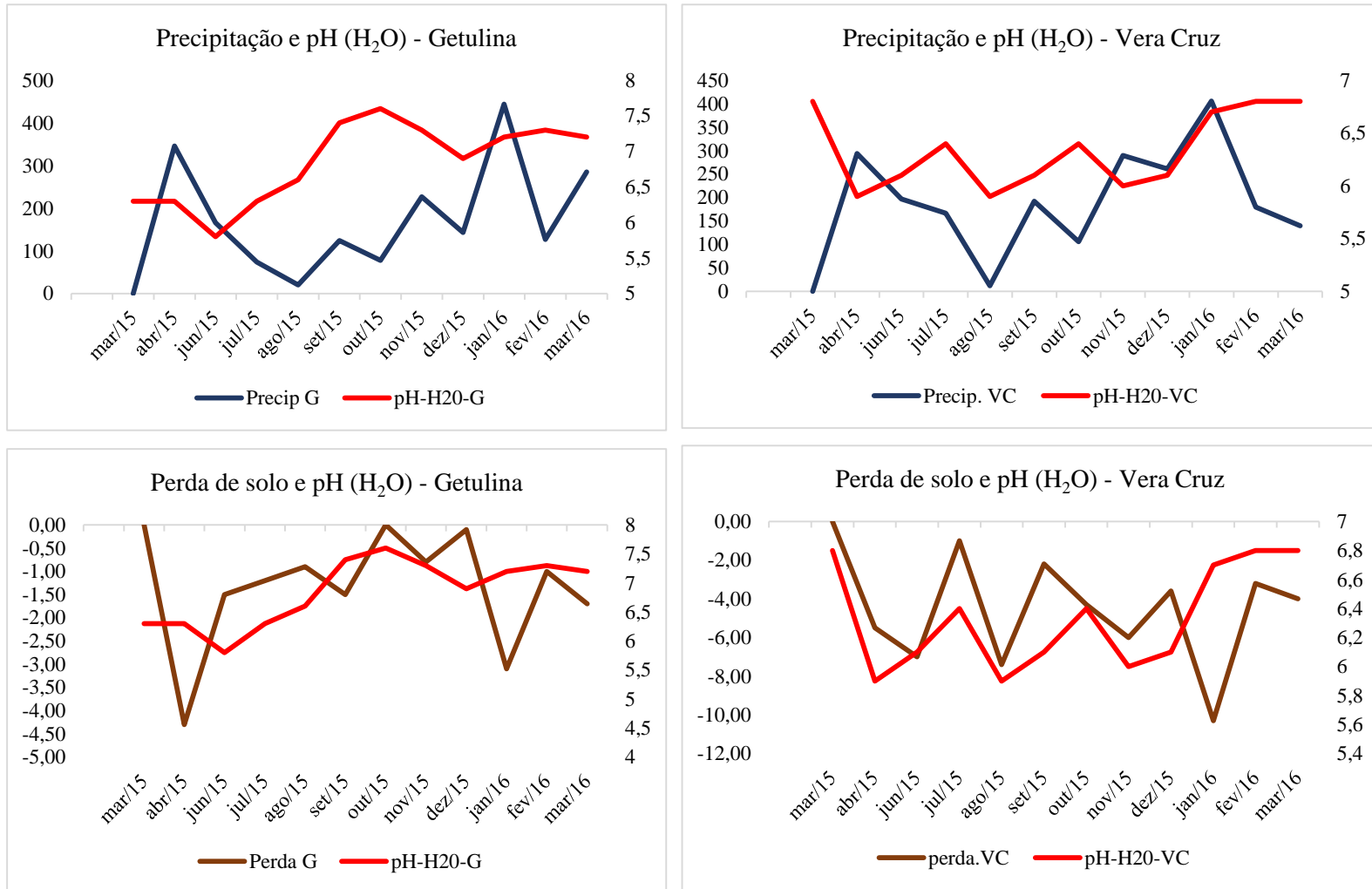
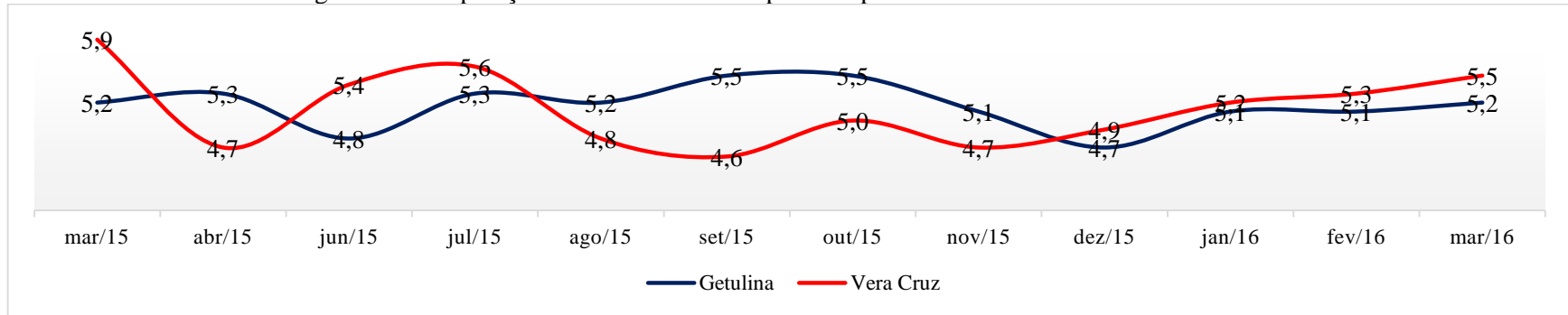


Figura 64: Comparação da variabilidade temporal do pH CaCl2 em Getulina e Vera Cruz



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	média	média	alta	média	média	média	média	média	alta	média	média	média
Vera Cruz	baixa	alta	média	baixa	alta	alta	alta	alta	alta	média	média	média

pH em CaCl ₂	Interpretação
Até 4,3	Muito alta
4,4 - 5,0	Alta
5,1 - 5,5	Média
5,6 - 6,0	Baixa
> 6,0	Muito baixa

Fonte: Organização da autora.

Figura 65: Gráficos comparativos de pH (CaCl₂) com as precipitações e perdas de solo

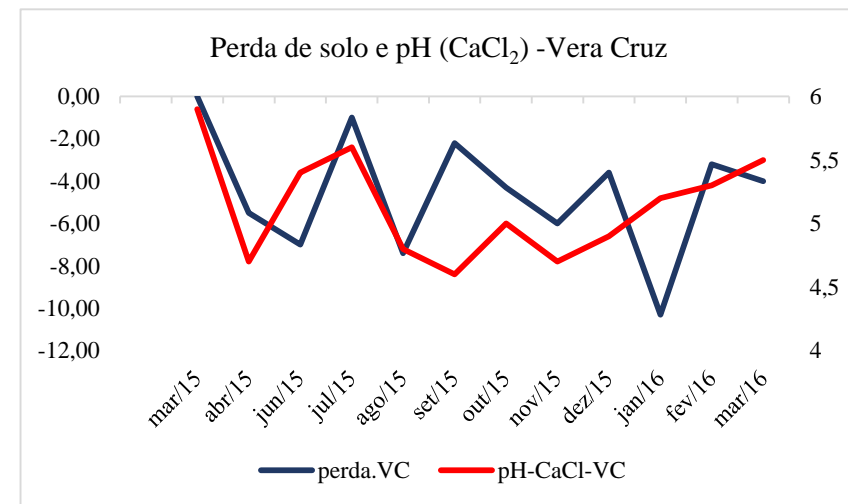
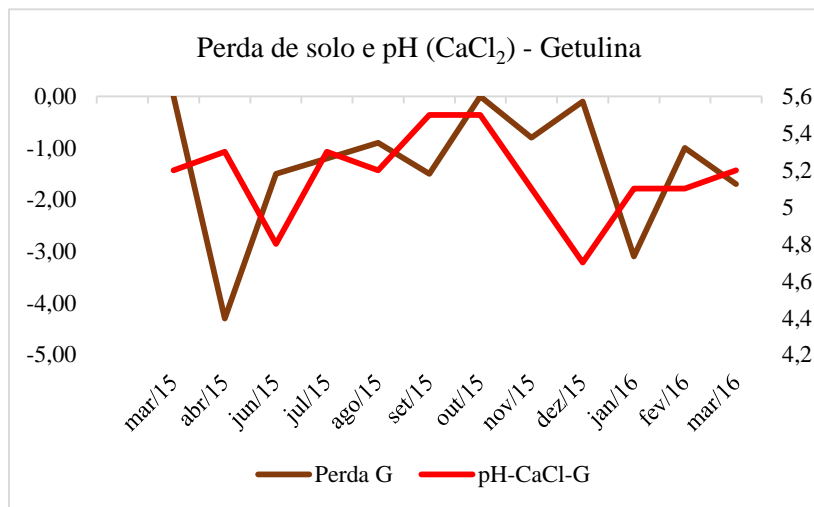
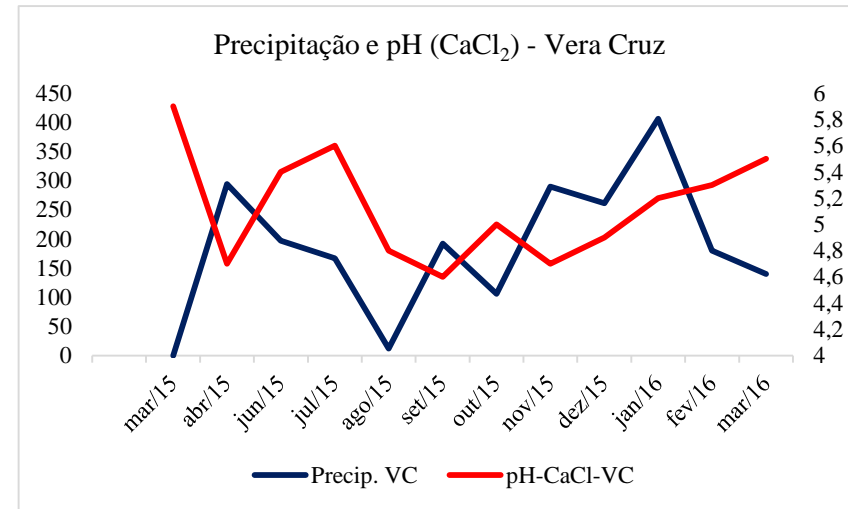
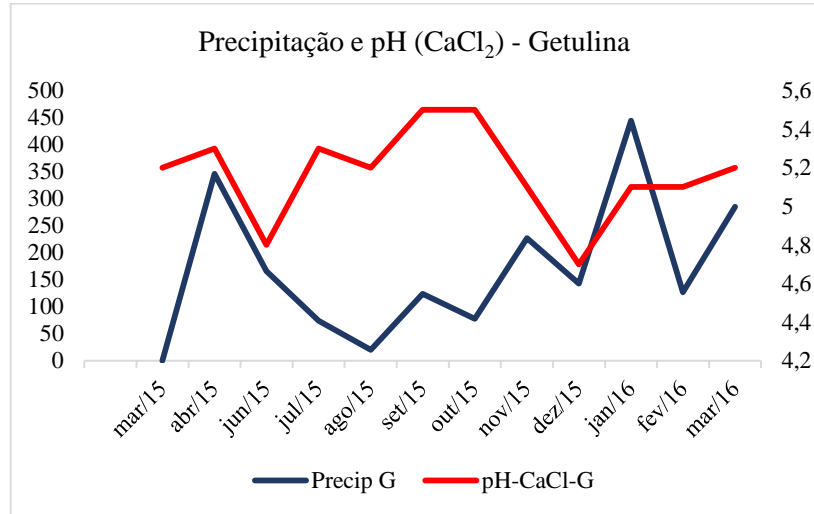
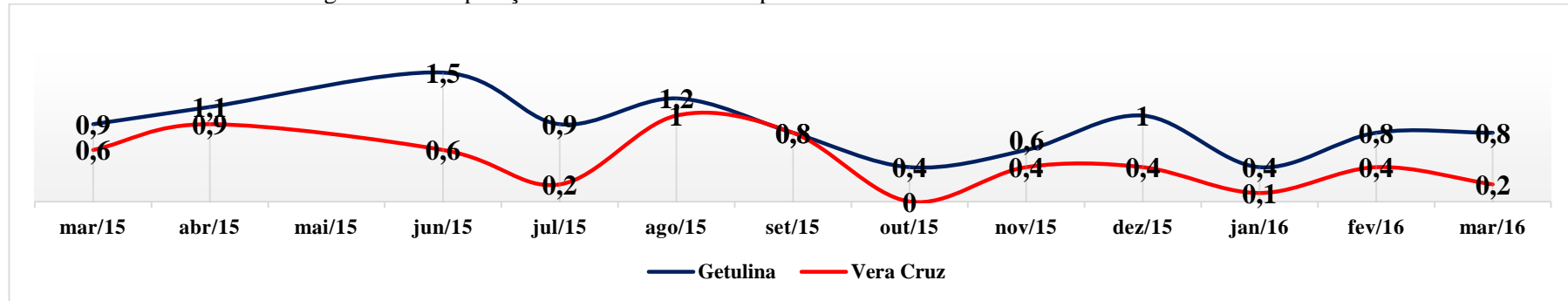


Figura 66: Comparação da variabilidade temporal da Acidez Potencial em Getulina e Vera Cruz



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	muito	baixo	baixo	muito	baixo	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito
	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo
Vera Cruz	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito
	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo

Acidez Potencial	Classes de teores
(cmol _c /dm ⁻³)	
<1,01	muito baixo
1,01 a 2,50	baixo
2,51 a 5,00	médio
5,01 a 9,00	alta
>9,00	muito alta

Fonte: Organização da autora.

Figura 67: Gráficos comparativos de Acidez Potencial com as precipitações e perdas de solo

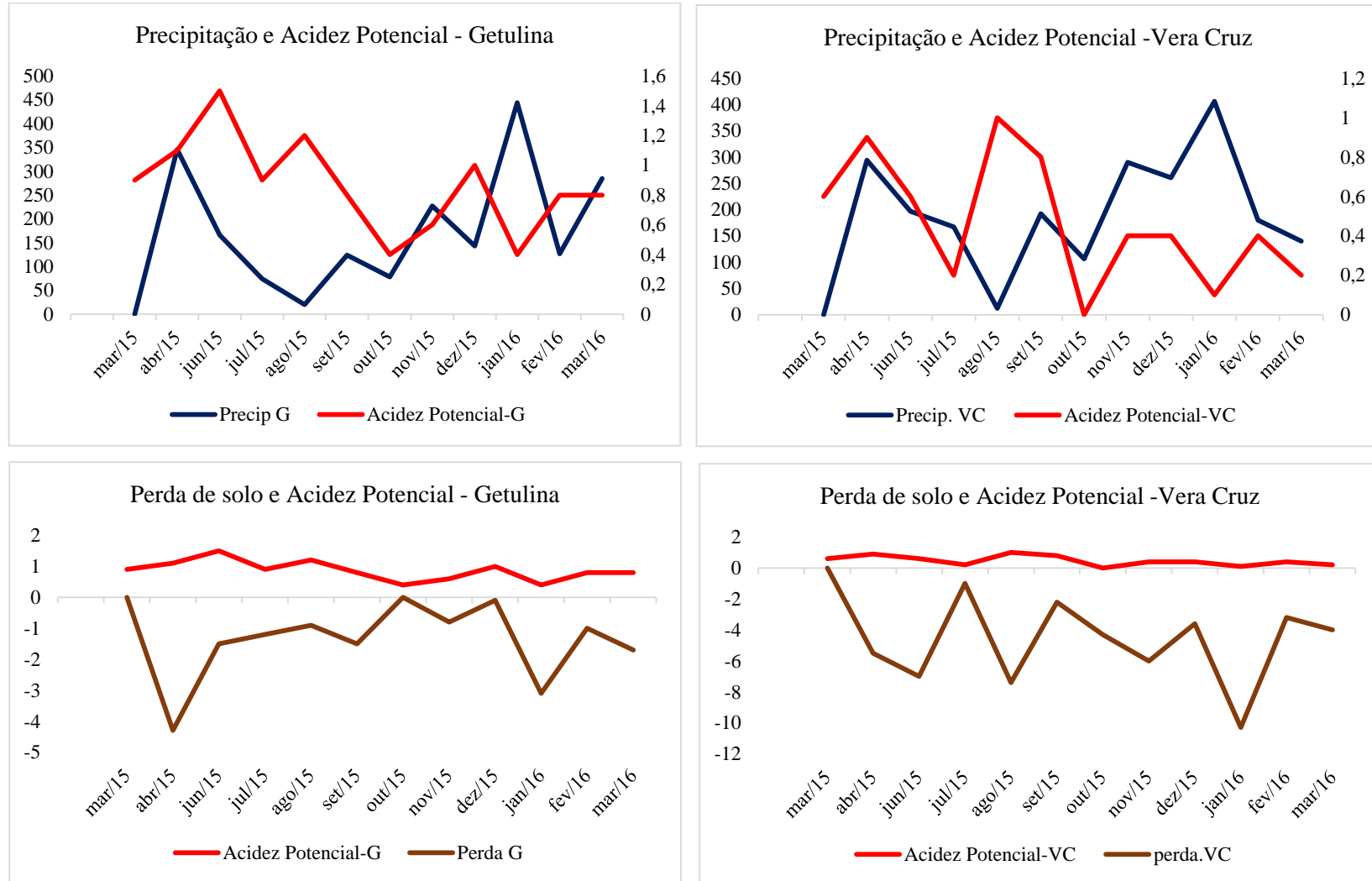
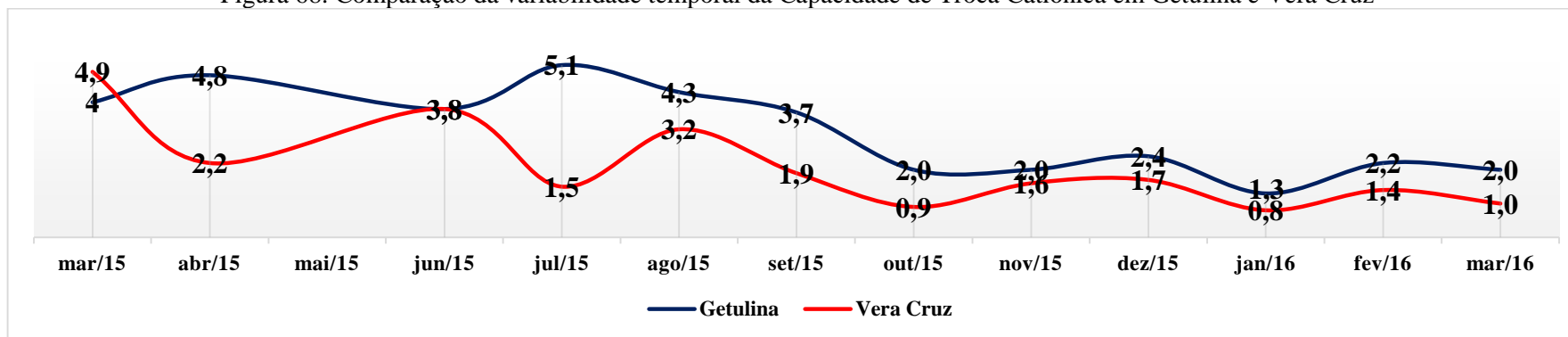


Figura 68: Comparação da variabilidade temporal da Capacidade de Troca Catiônica em Getulina e Vera Cruz



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	baixo	médio	baixo	médio	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	muito baixo	baixo	baixo
Vera Cruz	médio	baixo	baixo	muito baixo	baixo	baixo	muito baixo	muito baixo	baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo

CTC	Classes de teores
(cmol _c /dm ⁻³)	
<1,61	muito baixo
1,61 a 4,30	baixo
4,31 a 8,60	médio
8,61 a 15,00	bom
>15,00	muito bom

Fonte: Organização da autora.

Figura 69: Gráficos comparativos de Capacidade de Troca Catiônica com as precipitações e perdas de solo

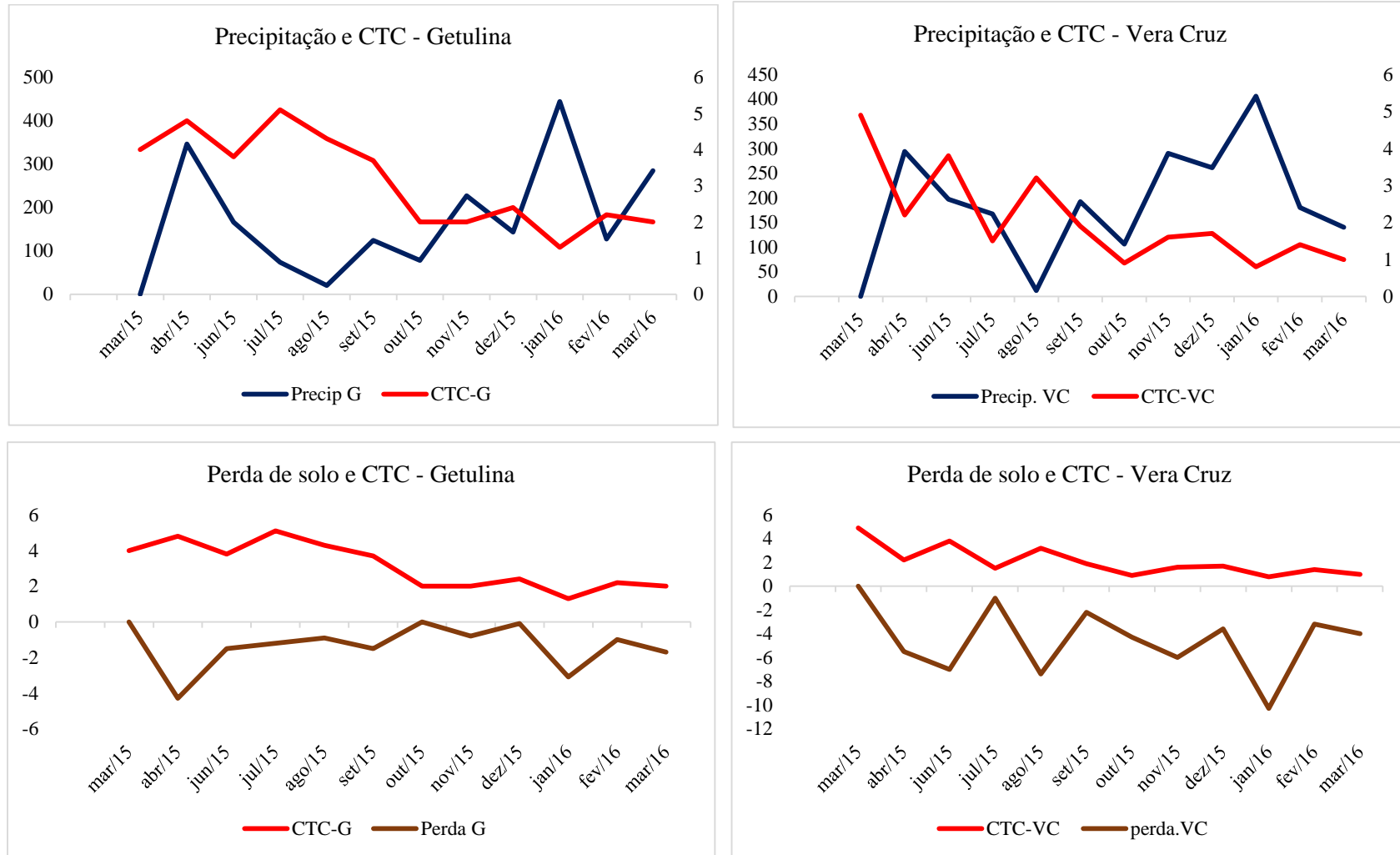
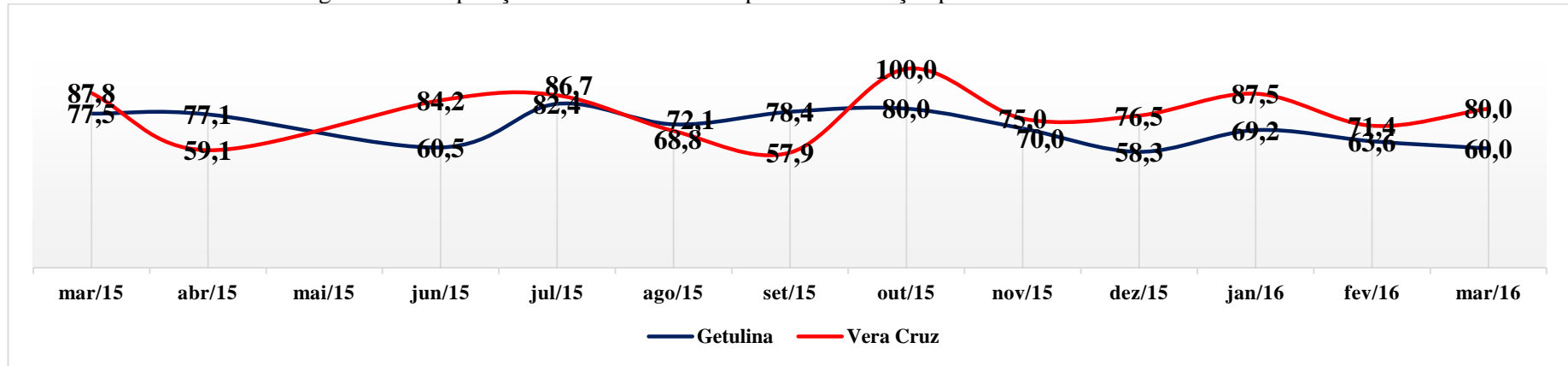


Figura 70: Comparação da variabilidade temporal da Saturação por Base em Getulina e Vera Cruz



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	alto	alto	médio	muito alto	alto	alto	alto	médio	médio	médio	médio	médio
Vera Cruz	muito alto	médio	muito alto	muito alto	médio	médio	muito alto	alto	alto	muito alto	alto	alto

Saturação por Bases (V)	Classes de teores
(%)	
0 a 25	muito baixo
26 a 50	baixo
51 a 70	médio
71 a 80	alto
>80	muito alto

Fonte: Organização da autora.

Figura 71: Gráficos comparativos de Saturação por Base com as precipitações e perdas de solo

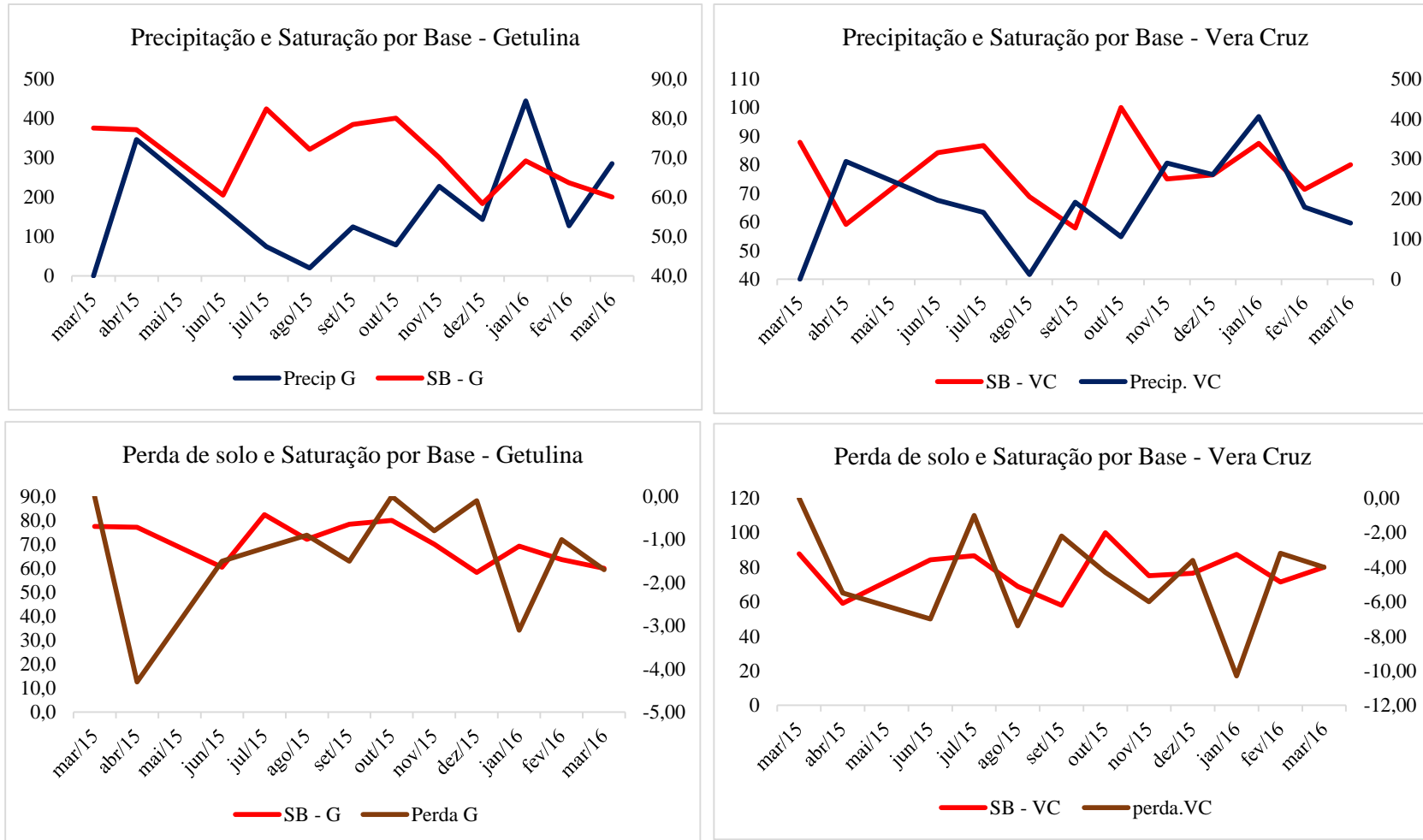
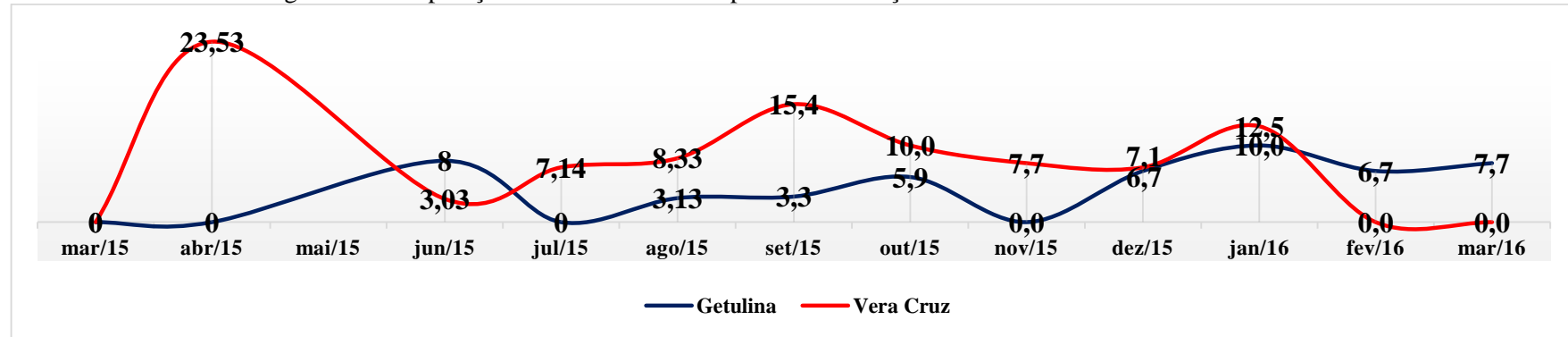


Figura 72: Comparação da variabilidade temporal da Saturação de Alumínio em Getulina e Vera Cruz



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo
Vera Cruz	muito baixo	baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo

Saturação de Alumínio (m)	Classes de teores (%)
<15	muito baixo
15,1 a 30	baixo
30,1 a 50	médio (medianamento prejudicial)
50,1 a 75	alto
>75	muito alto

Fonte: Organização da autora.

Figura 73: Gráficos comparativos de Saturação de Alumínio com as precipitações e perdas de solo

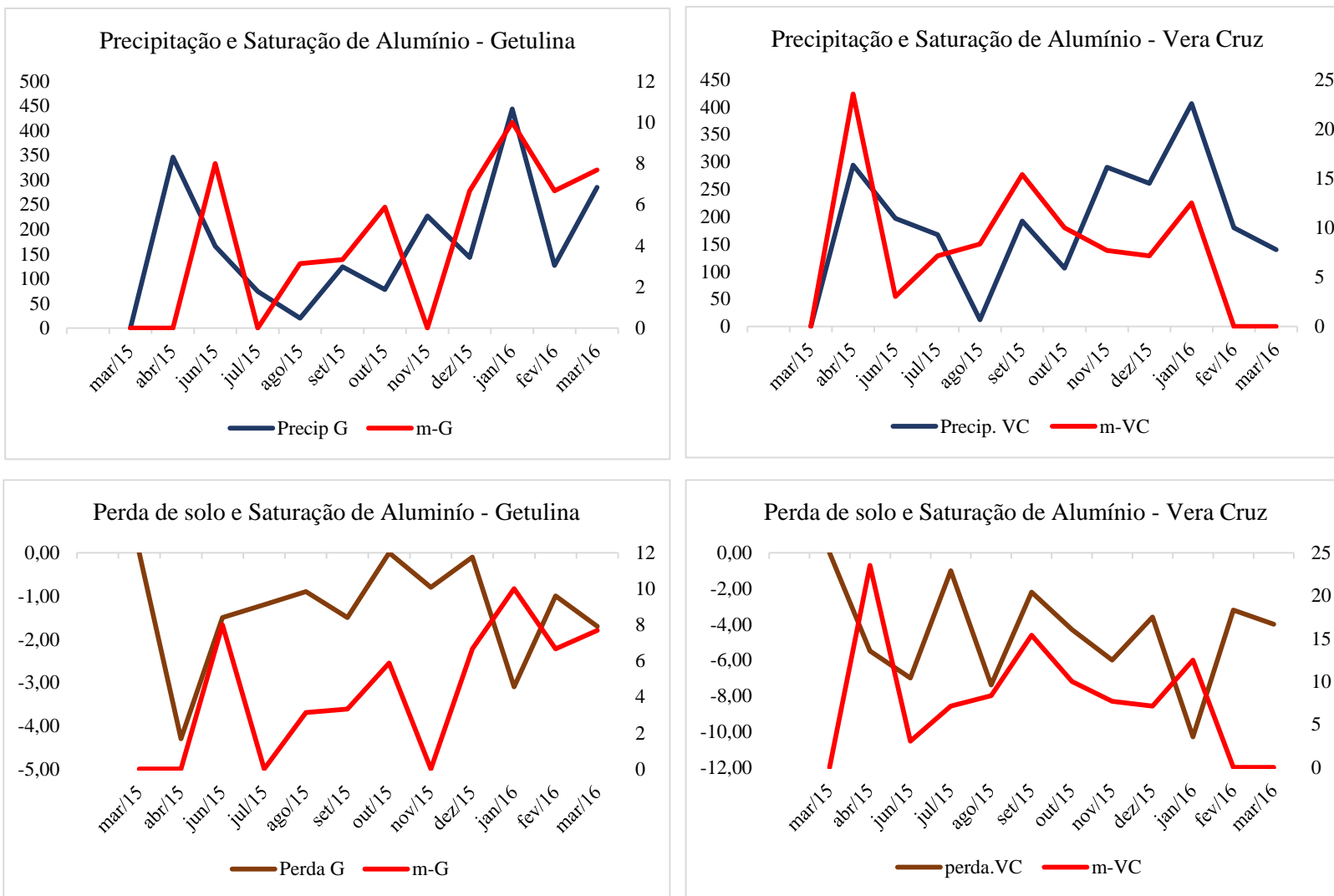
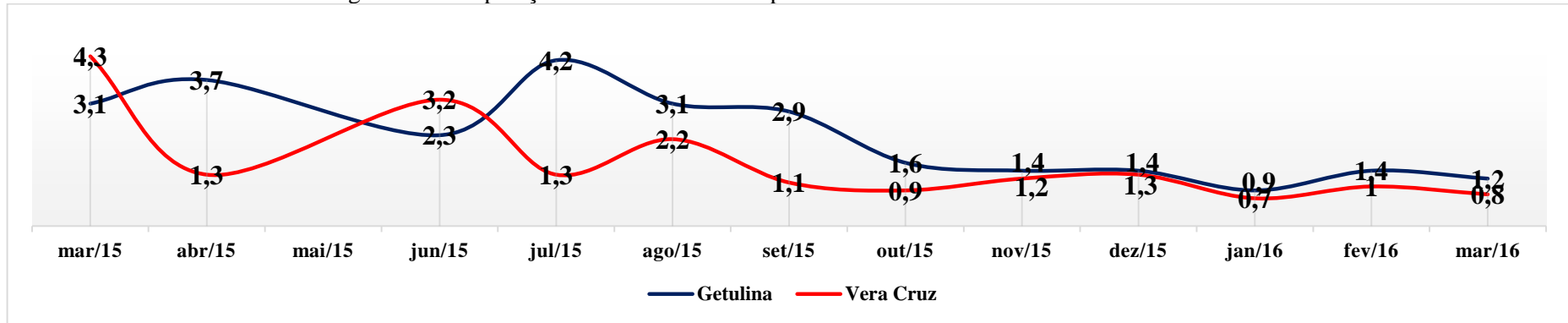


Figura 74: Comparação da variabilidade temporal da Soma de Base em Getulina e Vera Cruz



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	médio	bom	médio	bom	médio	médio	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo
Vera Cruz	bom	baixo	médio	baixo	médio	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo

Soma de bases (SB)	Classes de teores
	(cmol/dm ⁻³)
<0,60	muito baixo
0,61 a 1,80	baixo
1,81 a 3,60	médio
3,61 a 6,00	bom
>6,00	muito bom

Fonte: Organização da autora.

Figura 75: Gráficos comparativos de Soma de Base com as precipitações e perdas de solo

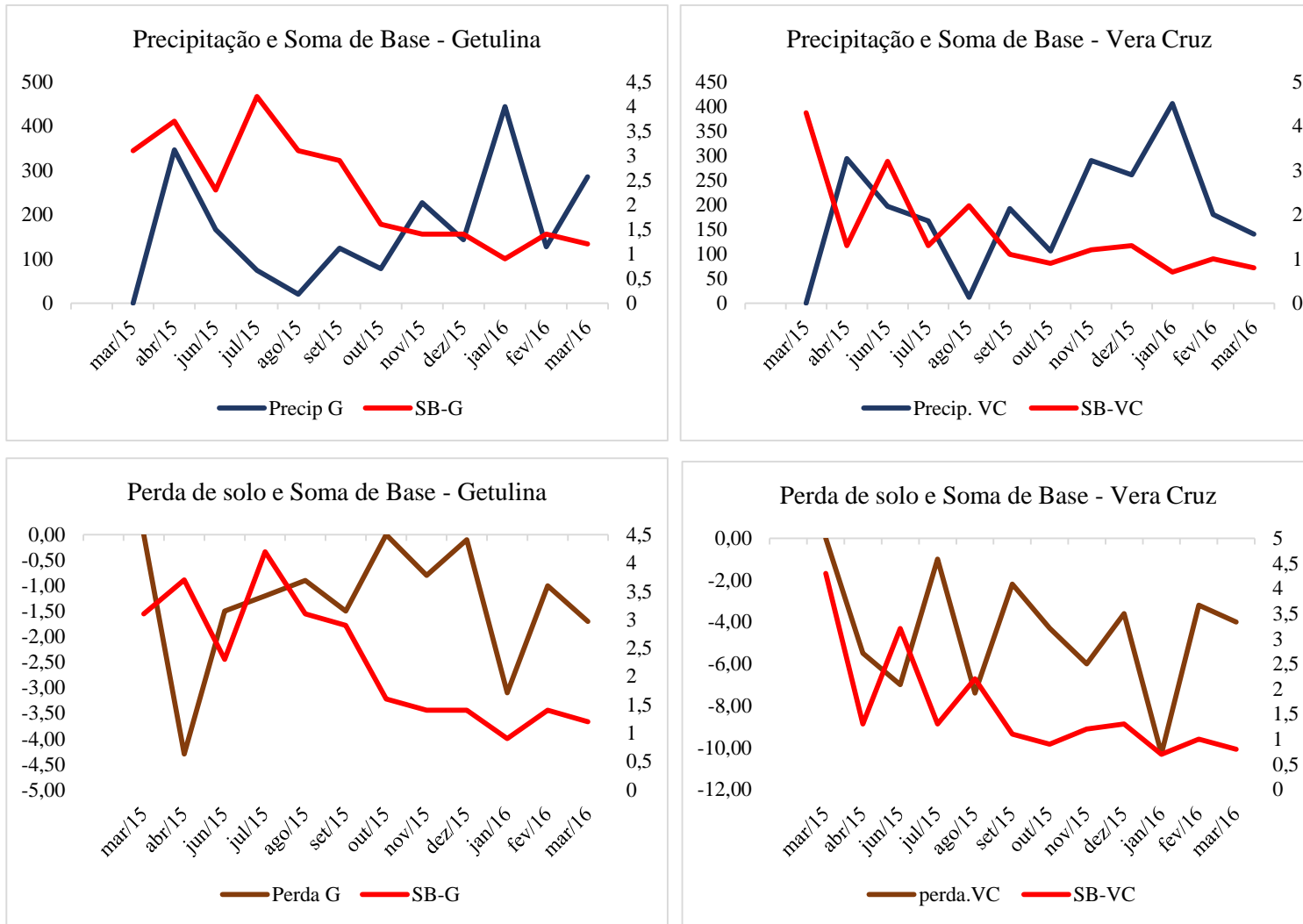
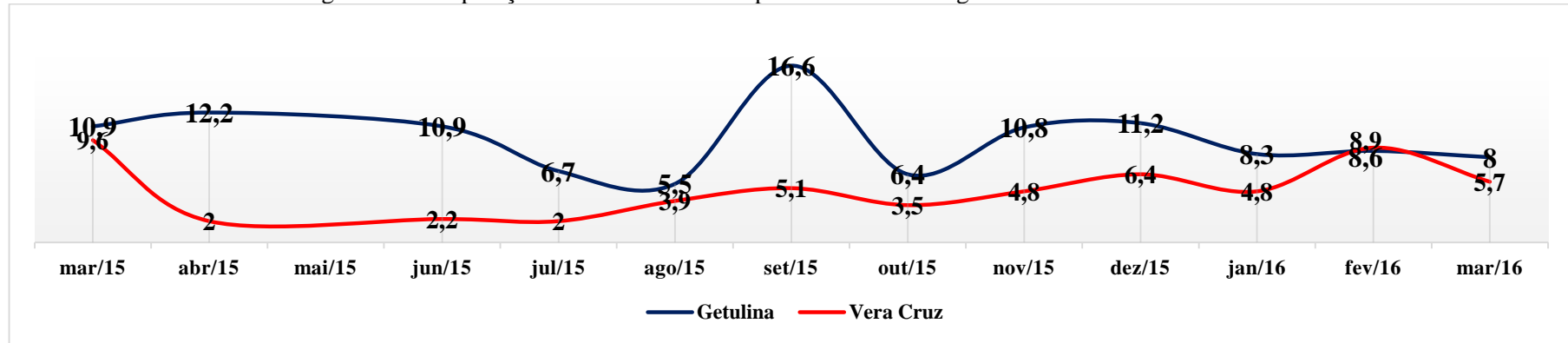


Figura 76: Comparação da variabilidade temporal da Matéria Orgânica em Getulina e Vera Cruz



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	médio	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo
Vera Cruz	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo

MO	Classes de teores
	(g/dm ⁻³)
<15	baixo
15-25	médio
>25	alto

Fonte: Organização da autora.

Figura 77: Gráficos comparativos de Matéria Orgânica com as precipitações e perdas de solo

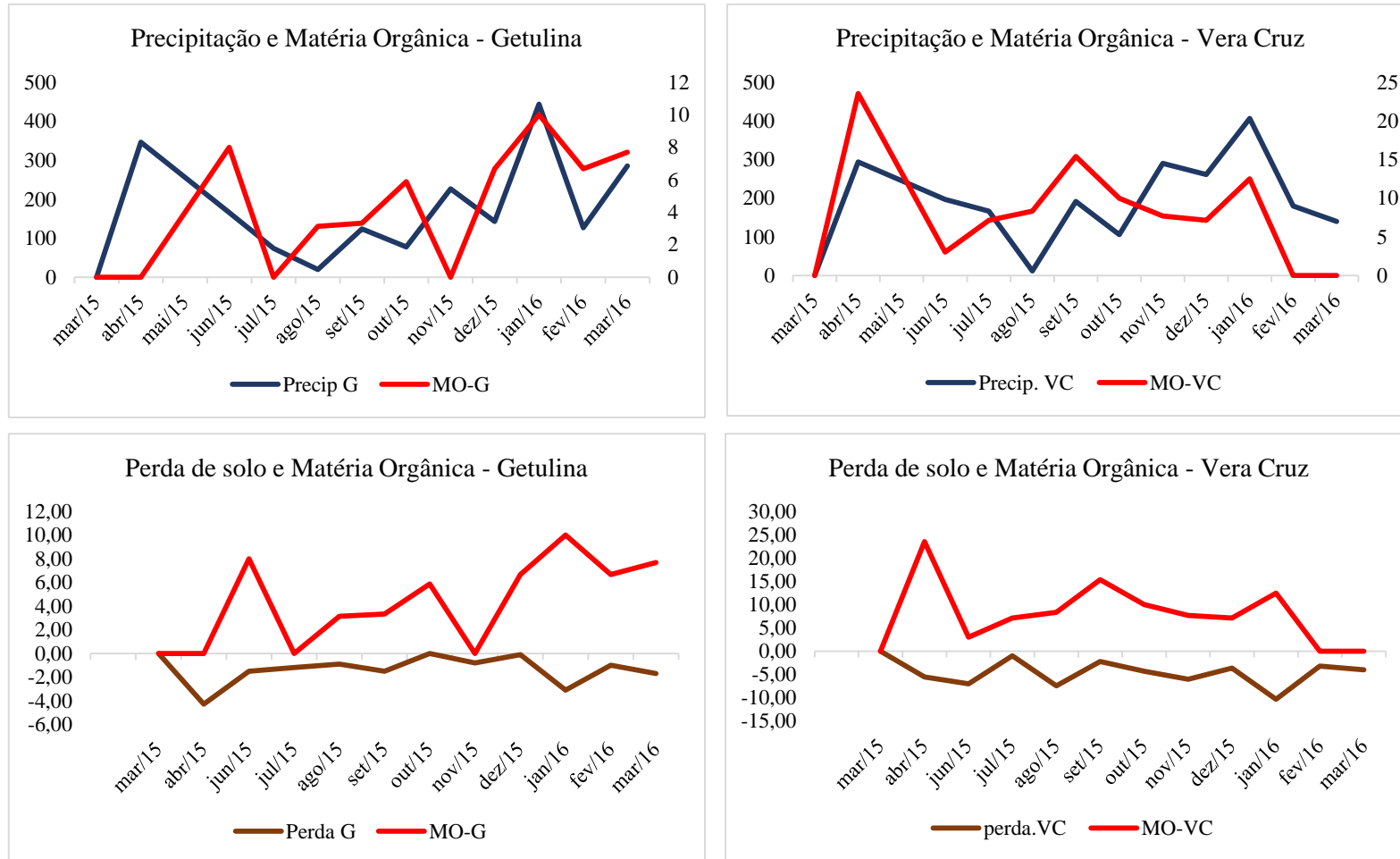
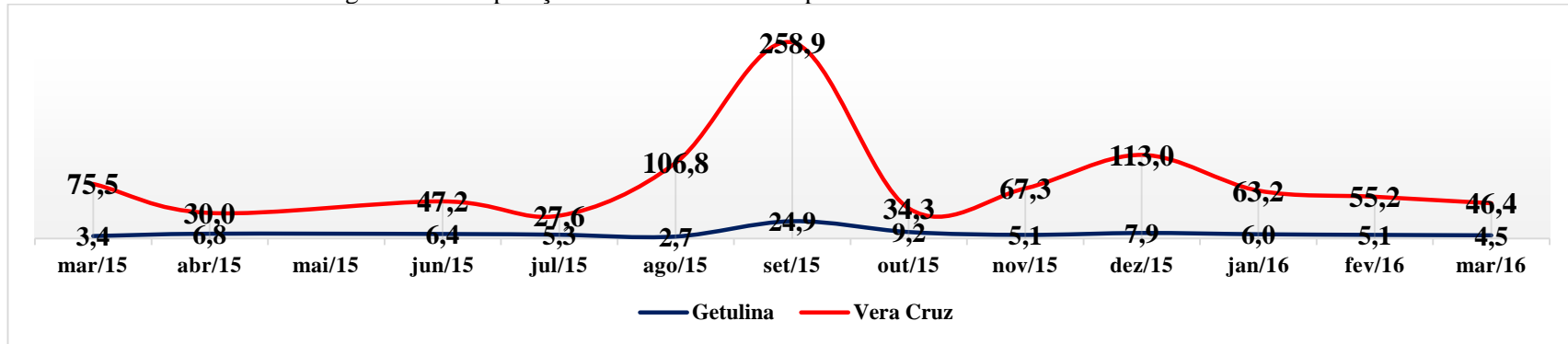


Figura 78: Comparação da variabilidade temporal do Fósforo em Getulina e Vera Cruz



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	muito baixo	médio	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo
Vera Cruz	alto	médio	alto	médio	muito alto	muito alto	médio	alto	muito alto	alto	alto	alto

Fósforo (P)	Classes de teores
	(mg/dm ⁻³)
0-6	muito baixo
7-15	baixo
16-40	médio
41-80	alto
>80	muito alto

Fonte: Organização da autora.

Figura 79: Gráficos comparativos de Fósforo com as precipitações e perdas de solo

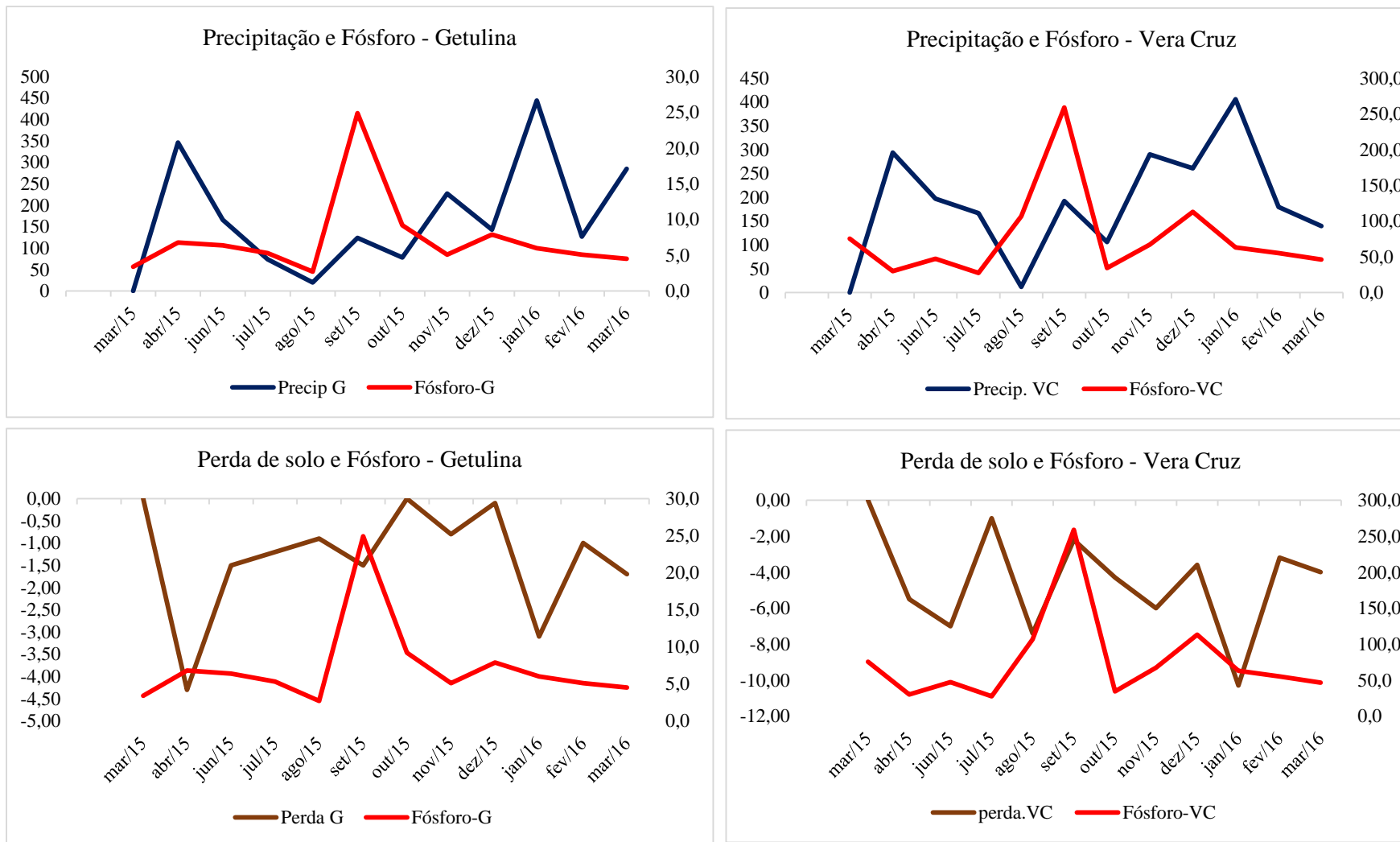
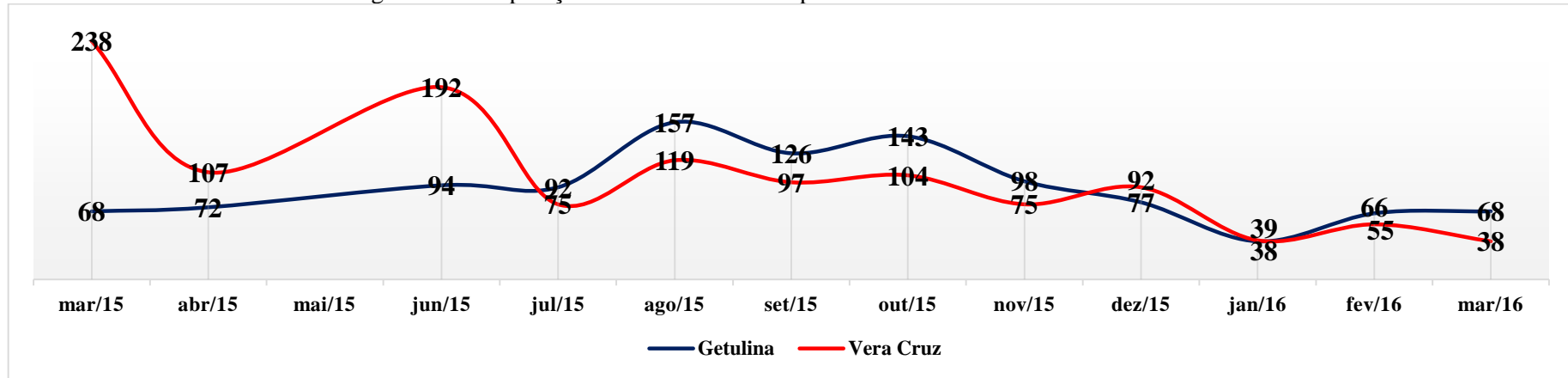


Figura 80: Comparação da variabilidade temporal do Potássio em Getulina e Vera Cruz



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	médio	bom	bom	bom	muito bom	muito bom	muito bom	bom	bom	baixa	médio	médio
Vera Cruz	muito bom	bom	muito bom	bom	bom	bom	bom	bom	bom	baixa	médio	baixa

Potássio (K)	Classes de teores
(mg/dm ⁻³)	
<16	muito baixo
16 a 40	baixo
41 a 70	médio
71 a 120	bom
>120	muito bom

Fonte: Organização da autora.

Figura 81: cos comparativos de Potássio com as precipitações e perdas de solo

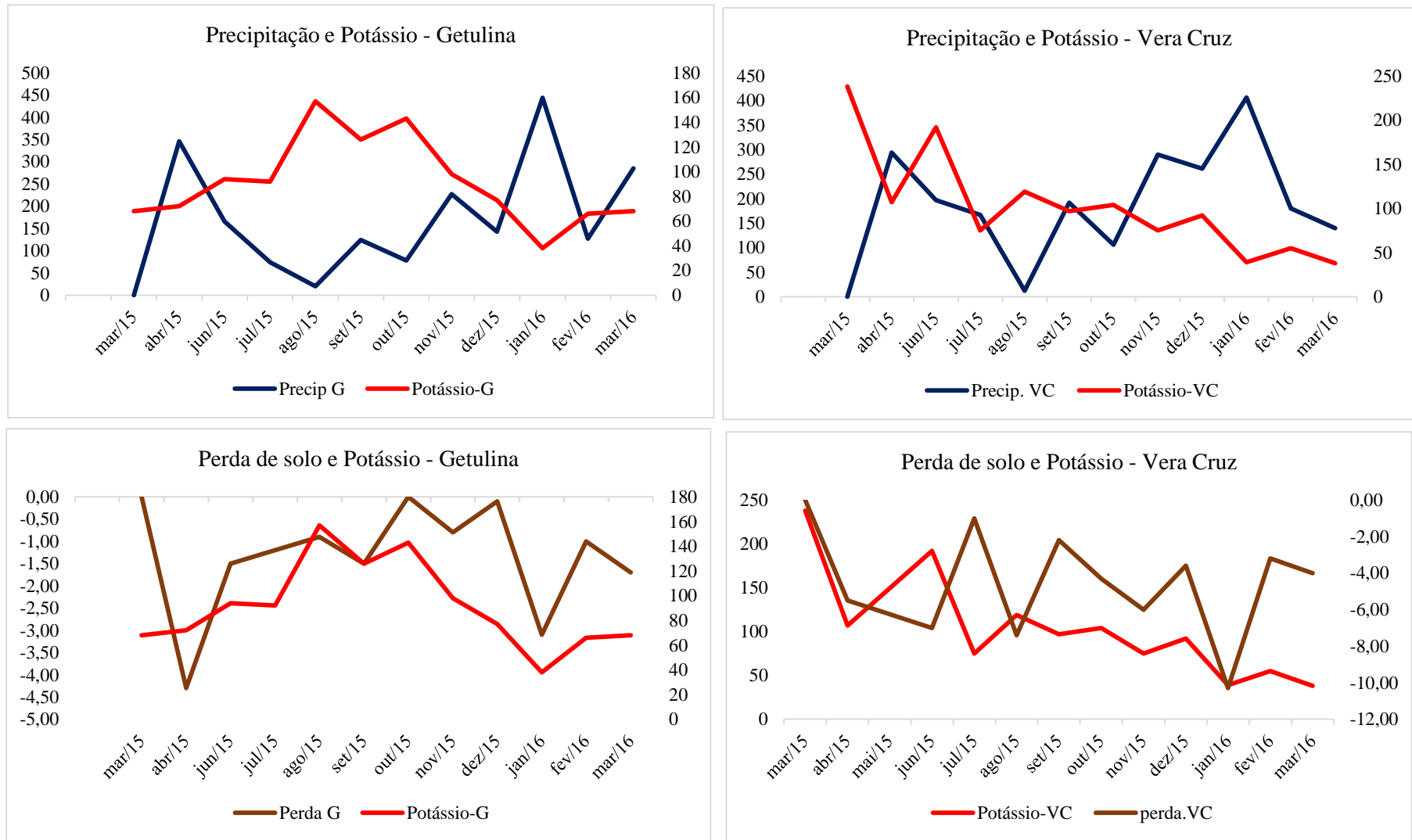
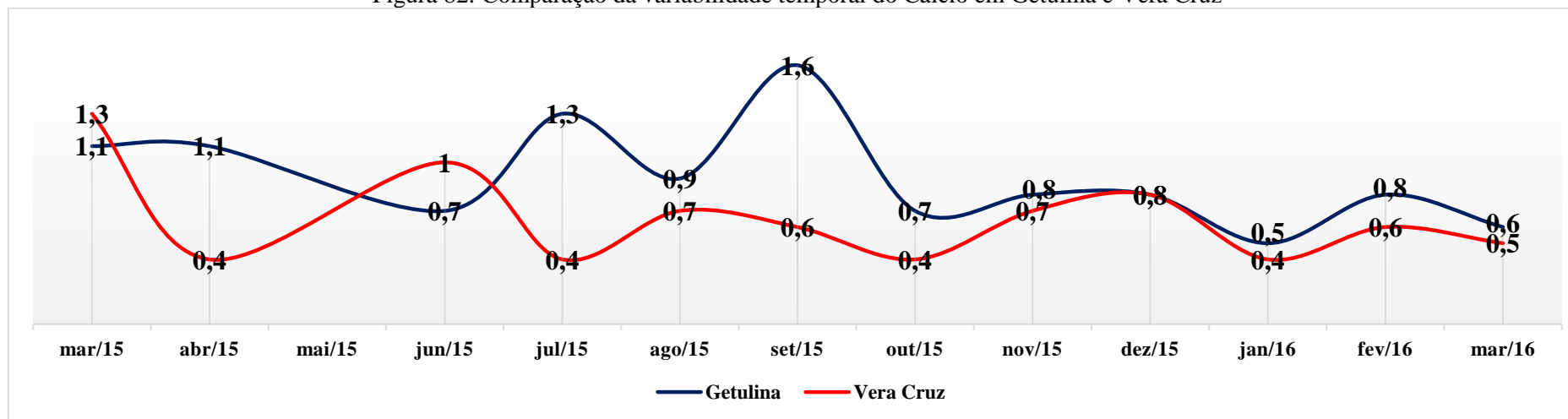


Figura 82: Comparação da variabilidade temporal do Cálcio em Getulina e Vera Cruz



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	baixo	baixo	baixo	médio	baixo	médio	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo
Vera Cruz	médio	muito baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo

Cálcio KCl	Classes de teores
(cmol/dm ⁻³)	
<0,41	muito baixo
0,41 a 1,20	baixo
1,21 a 2,40	médio
2,41 a 4,00	bom
>4,00	muito bom

Fonte: Organização da autora.

Figura 83: Gráficos comparativos de Cálcio com as precipitações e perdas de solo

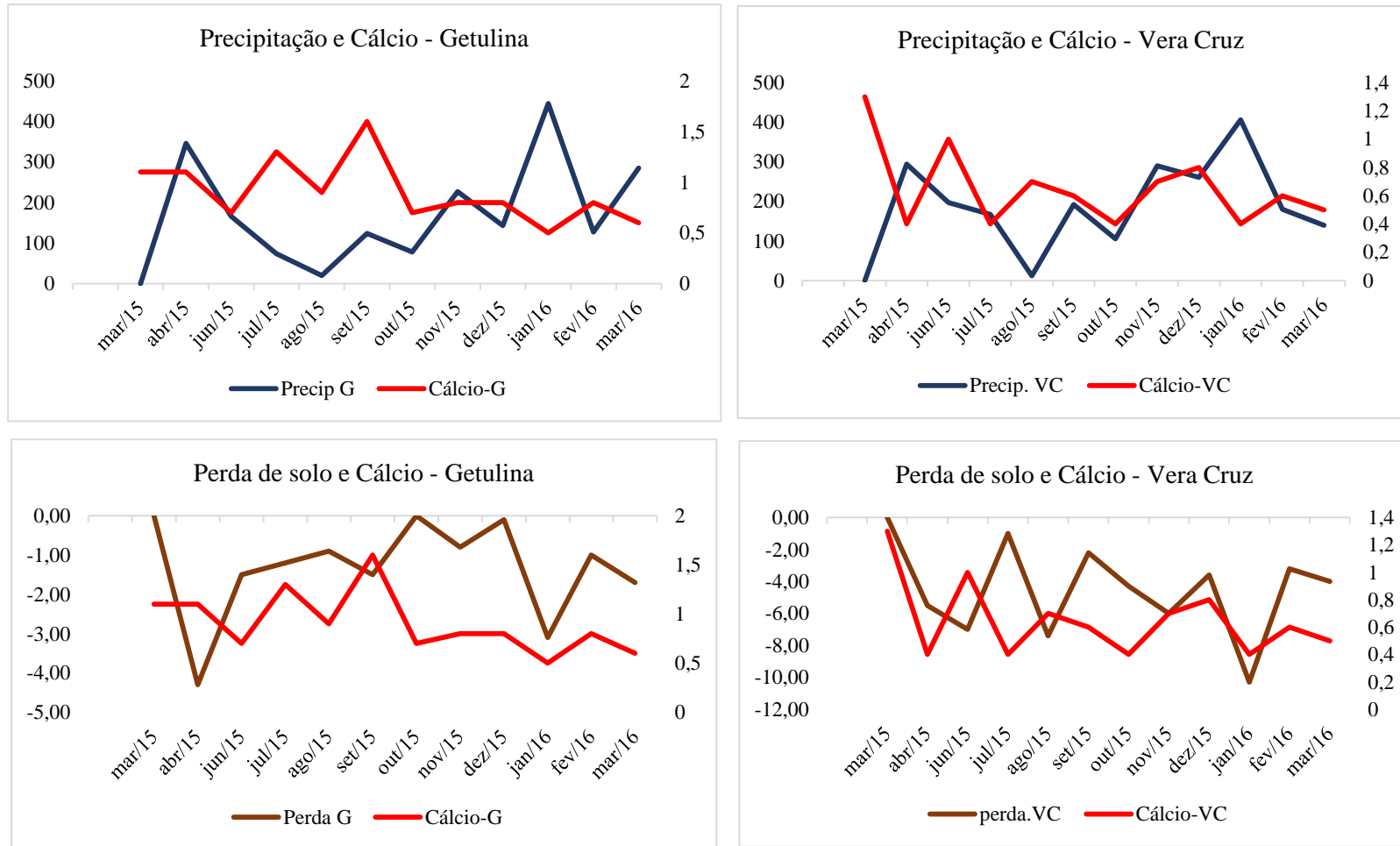
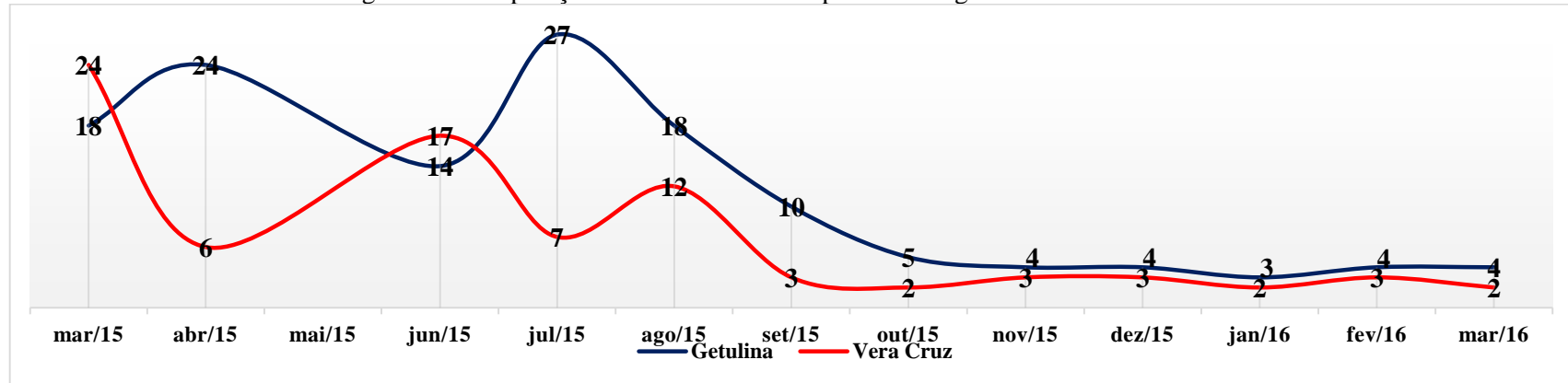


Figura 84: Comparação da variabilidade temporal do Magnésio em Getulina e Vera



	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	alto	alto	alto	alto	alto	alto	médio	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo
Vera Cruz	alto	médio	alto	médio	alto	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo

Magnésio KCl	Classes de teores
(mmol/dm ⁻³)	
0,-4,0	Baixo
5,0-8,0	Médio
>8,0	Alto

Fonte: Organização da autora.

Figura 85: Gráficos comparativos de Magnésio com as precipitações e perdas de solo

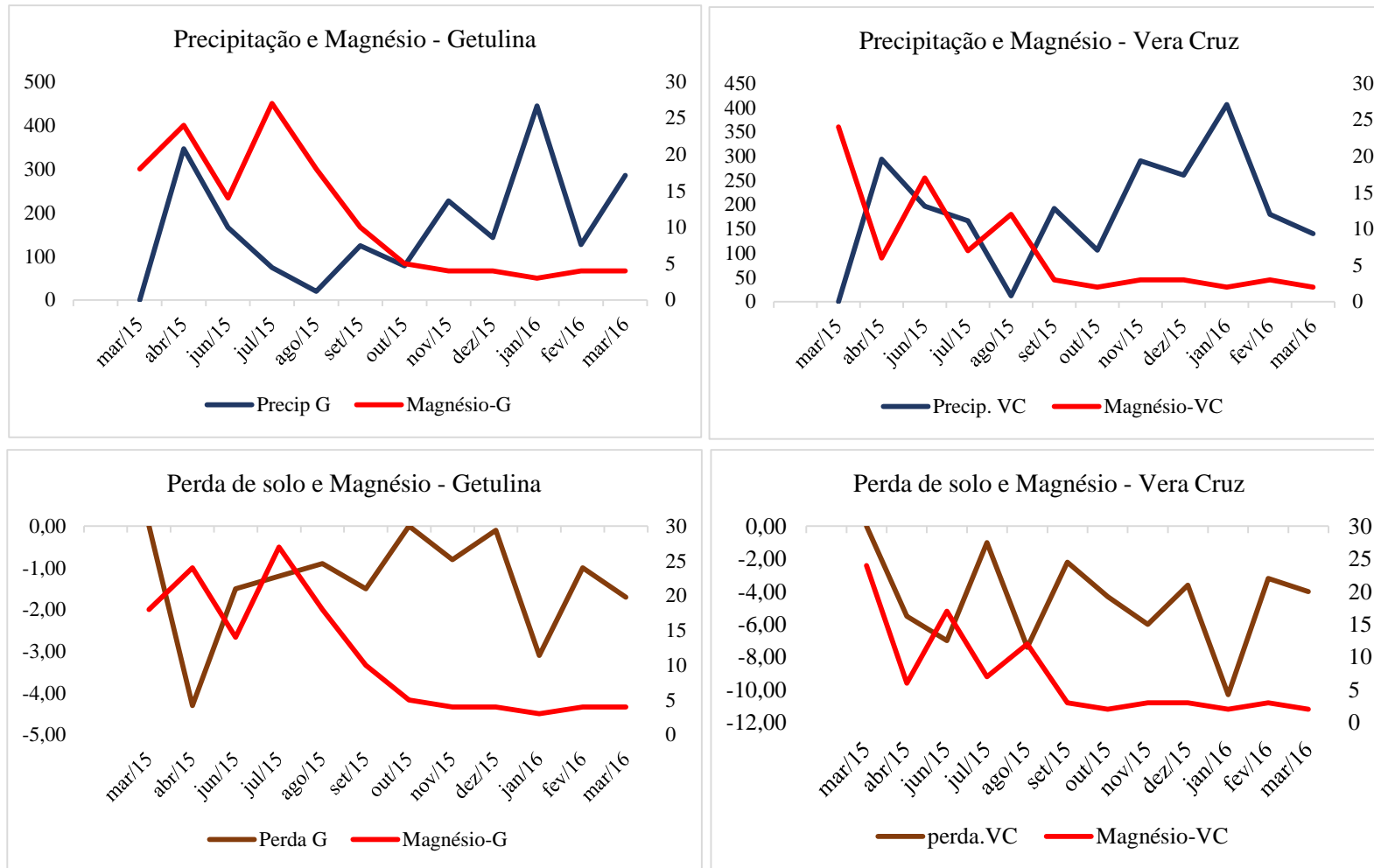
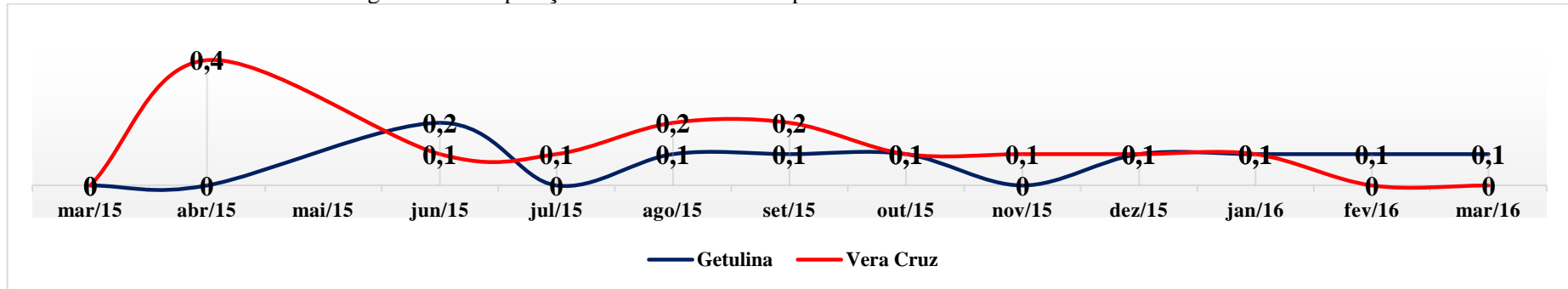


Figura 86: Comparação da variabilidade temporal do Alumínio em Getulina e Vera Cruz

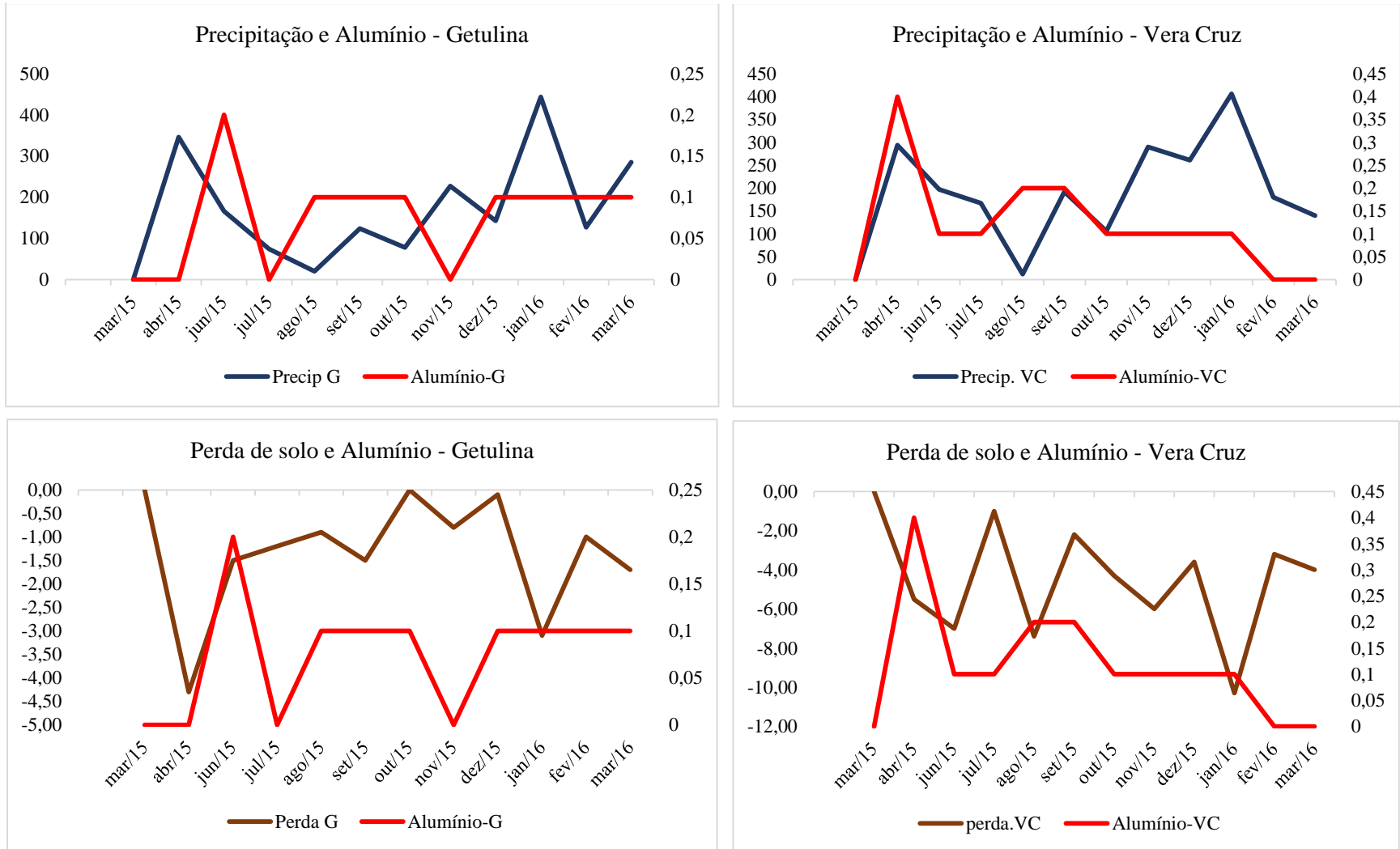


	mar/15	abr/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16
Getulina	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito
	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo
Vera Cruz	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito	muito
	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo	baixo

Alumínio KCl	Classes de teores
(cmol _c /dm ⁻³)	
<0,51	muito baixo/baixo
0,51 a 1,0	médio
>1,0	alto/muito alto

Fonte: Organização da autora.

Figura 87: Gráficos comparativos de Alumínio com as precipitações e perdas de solo



Após a apresentação da variação temporal dos fatores referentes a química de solos para fins de fertilidade, parte-se da diferenciação entre o que seria considerado um solo fértil e um solo produtivo. Este primeiro é entendido como aquele que possui os nutrientes necessários para as plantas, de forma assimilável e em quantidades suficientes e balanceadas, com o controle de materiais tóxicos e com ótimas propriedades físico-químicas que atendam as demandas da cultura. Já o solo produtivo refere-se a um solo fértil e com ótimas condições de clima e práticas agrícolas que promovam o desenvolvimento das plantas e a maior produtividade, possibilitando que um solo não fértil possa se tornar um solo produtivo (RONQUIM, 2010).

De acordo com Mello et al. (1983) um solo produtivo, além de ser fértil, proporciona suficiente umidade, luz, calor etc., para o bom desenvolvimento das plantas, neste sentido, a grandeza da produção agrícola vai além de um solo fértil, considerando outras condições como o ambiente, a planta e os tratamentos dados a ela.

As plantas necessitam de diferentes elementos para seu desenvolvimento como a água e moléculas orgânicas C, O e H. Além destes elementos, as plantas necessitam de diversos nutrientes, entendidos como relevantes para que as mesmas completem seu ciclo vegetativo. Entre eles tem-se os que necessitam ser absorvidos em quantidades superiores aos demais, que são: o nitrogênio (N), enxofre (S), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), denominados de macronutrientes. No caso dos micronutrientes, os mesmos são exigidos em menores quantidades que os anteriores: manganês (Mn), ferro (Fe), cobre (Cu), boro (B), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e cloro (Cl) (LUCHESE et al., 2002).

No caso da perda de nutrientes ela se dá por diversos fatores, em especial, a retirada da cobertura vegetal e a lixiviação das bases (Ca, K, Mg e Na). Esta lixiviação tende a ser mais intensa em solos arenosos, em condições de impacto direto das gotas da chuva ou mesmo de arraste superficial das partículas do solo. Este processo de lixiviação é responsável pela acidificação dos solos e se dá por meio de ânions indiferentes as cargas negativas, que são mais abundantes no solo, como NO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} e, portanto não são retidas, ficando vulneráveis ao arraste da água de percolação. A movimentação destes ânions pelo solo, considerando a eletroneutralidade, carrearão consigo quantidades equivalentes de cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ ou Na^+ . (RAIJ, 1991).

Este processo de empobrecimento do solo também é dependente do tipo de cultivo, considerando que culturas anuais estão mais vulneráveis do que as perenes, e pelas práticas conservacionistas empregadas que podem favorecer ou não a percolação de

água, a compactação do solo, a erosão, a reposição de nutrientes por meio de adubos orgânicos, químicos, pela calagem etc.

É neste contexto que os elementos relacionados com a química de solos serão expressos e analisados a seguir, buscando estabelecer relações entre a variação do teor de cada um ao longo do tempo de monitoramento com as precipitações e as perdas de solo registradas nas áreas de estudo.

No caso da abordagem dos parâmetros químicos das análises de solo a mesma tem como referência o sistema solo-planta, buscando a compreensão dos fatores relacionados com a fertilidade dos solos, em especial, considerando os parâmetros abordados na análise química para fins de fertilidade aplicada no presente estudo. Estes parâmetros estão relacionados com a disponibilidade de nutrientes disponíveis para as plantas, sendo que, segundo Raij (1991), o termo disponibilidade de nutrientes faz referência aquela parte localizada na fase sólida com condições de transferência para a fase líquida.

Portanto, para a absorção dos nutrientes, os mesmos devem estar dissolvidos na solução do solo, porém, também podem ser encontrados na forma de minerais insolúveis. Neste caso, os íons da fase sólida se tornariam disponíveis na solução por meio de trocas iônicas entre as argilas, onde predomina os cátions, e a solução do solo, com a presença predominante de ânions. Estas trocas químicas que permitem a disponibilidade de nutrientes para as plantas denominando-se adsorção.

Para o entendimento da disponibilidade de nutrientes e a relação solo-planta, faz-se necessário a compreensão da composição mineralógica do solo, que possibilita indicativos sobre a evolução pedogenética e de sua morfologia, indicando processos de intemperismo e pedogênese responsáveis pelas formações das paisagens (FERRAZ et al., 2008). Para a nutrição das plantas é essencial alguns elementos que são absorvidos na forma de íons da solução de solo. Porém, sua presença no solo não significa que os mesmos serão absorvidos pelas plantas, eles precisam estar em quantidade e formas químicas específicas.

De forma geral, a natureza mineral das frações de areia e silte são constituídas por minerais resistentes ao intemperismo, como o quartzo, além de outros minerais primários de variáveis quantidades, que em condições elevadas de disponibilidade hídrica podem se intemperizar, em especial os silicatados, dando origem aos minerais secundários da fração argila. A grande relevância da presença de argila nos solos é por ser considerada a fração mineral mais ativa, favorecendo a ocorrência das trocas químicas (LUCHESE et al. 2002; FERRAZ et al., 2008). No caso do silte em ambientes tropicais, apesar de ser

encontrado em menores proporções, constitui-se em uma reserva mineral natural do solo, podendo liberar nutrientes para o mesmo, porém, apresentando uma atividade pequena (MELLO et al., 1983).

Entre os principais minerais primários tem-se os feldspatos, sendo estes alcalinos e plagioclásios, que são relevantes pela liberação de nutrientes para as plantas, bem como os feldspatóides enquanto silicatos de alumínio com potássio e sódio; os piroxênios e anfibólios oriundos do ácido metassilícico, por meio da substituição do hidrogênio por Mg, Ca ou Fe e as micas enquanto silicatos hidratados de Na ou Fe, K e Mg. Sendo estes de relevância, por exemplo, para a liberação de K para as plantas por meio do mineral biotita, de Fe e Mg, por meio das olivinas, e do magnésio por meio da serpentina (LUCHESE et al., 2002).

A importância de se considerar a acidez do solo é que a mesma influencia no desenvolvimento do sistema radicular e nutricional das plantas, indicando a maior ou menor quantidade de nutrientes disponíveis às raízes, por influenciar em condições favoráveis ou de toxidez e no desenvolvimento de microrganismos que podem melhorar as condições do solo ou mesmo serem os responsáveis pelo desenvolvimento de doenças. Grande parte dos nutrientes como K, Ca, Mg, N, S, B e P estão menos presentes em valores baixos de pH (GABE, 2007)¹³.

O solo pode ser naturalmente ácido devido à falta de bases na sua natureza mineralógica ou por sofrer processos pedogenéticos que favoreceram a remoção de elementos básicos como K, Ca, Mg, Na etc. (RAIJ, 1991).

Segundo White (2009) a acidez está relacionada com o processo de lixiviação dos íons Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ do perfil do solo, em uma velocidade maior do que são liberados pela intemperização. Neste processo, os íons de H^+ e Al^{3+} se tornam predominantes nas trocas catiônicas, esta intensidade de acidificação dos solos se dá pelo resultado da interação entre clima, vegetação e tipo de minerais. Mello et al. (1983) expõe que a maioria das plantas se desenvolvem melhor em solos levemente ácidos, no qual a disponibilidade de nutrientes minerais atinge o máximo nestas condições. Portanto, solos fortemente ácidos ou alcalinos lhes são desfavoráveis.

Os solos ácidos, em geral, são mais pobres e comuns em áreas com grandes índices de precipitação, sua acidez é causada pela presença de substâncias capazes de liberar íons de hidrogênio (H^+), provocando a acidez ativa expressa no pH; pelo alumínio na forma

¹³ Boletim informativo GABE IND. E COM. LTDA. Acidez e Alcalinidade. 2007. Disponível em: <http://www.gabe.com.br/BI-03.pdf>. Acesso em: novembro de 2015.

/de íons de Al^{3+} (alumínio trocável) promovendo a acidez trocável, tóxico para as plantas, esta acidez também pode ser promovida pelo excesso de manganês (Mn^{+2}) e pela intensificação da exploração agrícola, considerando a extração de alcalinos pelas plantas e o emprego de fertilizantes com características ácidas (GABE, 2007).

De forma geral, a acidez do solo é causada por fatores como dissociação do gás carbônico presente no solo, pela hidrólise do Al^{3+} que libera H^+ ; pela decomposição de matéria orgânica; pela água da chuva que lixivia, por exemplo, o Ca e o Mg que é substituído por Al, Mn e H; pela secreção ácida das raízes das plantas, etc. sendo que solos erodidos também apresentam a tendência de serem mais ácidos. (MELLO et al., 1983).

A acidez do solo pode ser dividida em acidez ativa e acidez potencial, que é subdividida em acidez trocável e não trocável. A acidez ativa refere-se a parte de hidrogênio dissociada na solução do solo, na forma de H^+ expressa em valores de pH, já a acidez trocável está relacionada com os íons H^+ e Al^{3+} retidos na superfície dos colóides por forças eletrostáticas. A acidez não trocável é expressa pelo hidrogênio de ligação covalente, e associado aos colóides com carga negativa variável e compostos de alumínio. A acidez potencial se dá pela soma da trocável, mais relevante para o crescimento das plantas, com a não trocável. A acidez ativa é uma estimativa da acidez do solo, sendo necessário conhecer a acidez potencial para uma recomendação de calagem, por exemplo (FERRAZ et al., 2008; RAIJ, 1991).

A acidez potencial é relevante pelo seu uso na determinação da necessidade de calagem, ela se dá pela soma de H + Al extraídos. A acidez é medida pelo H^+ dissociado na solução do solo, quanto mais baixo for o pH do solo, maior será a quantidade de H^+ (SILVA; SOUZA, 1998).

Com relação a acidez potencial nas áreas de estudo, ela se apresentou como muito baixa durante todo o período analisado, em especial em Vera Cruz, no qual a acidez é controlada com o uso da calagem. Identifica-se uma correlação entre a menor precipitação e o aumento da acidez, bem como entre a maior perda de solo com os maiores índices de acidez.

Ainda com relação a acidez do solo, outro fator de deve ser considerado, além do pH, é a Saturação por Alumínio (m%). A mesma é dada pela proporção de alumínio trocável em relação a soma de cátions básicos trocáveis mais os teores de alumínio, definida como CTC efetiva e é utilizada para a classificação dos solos quanto ao caráter

álco como também para diagnosticar a necessidade de aplicação de gesso e é dada pela relação $Al^{3+}/(SB+Al^{3+})$ (RAIJ, 1991).

Com relação aos teores mensais de alumínio nos solos de Getulina e de Vera Cruz, tem-se uma tendência de maiores teores neste último, embora em ambos eles tenham sido considerados muito baixo/baixo. Os maiores índices de precipitação se associaram com a maior saturação por alumínio, e as menores perdas de solo, de forma geral, estão associadas com os maiores teores de alumínio.

Segundo Ronquim (2010) o solo possui mais alumínio conforme maior o teor de argila caolinítica, quando a argila se decompõe ocorre a liberação de Al^{3+} , podendo permanecer na superfície em forma trocável ou passar para a solução do solo, se ele for adsorvido pode promover alterações na fisiologia e morfologia da planta cultivada. Cristais de argila intactos significam pouca possibilidade de aparecer Al trocável em níveis tóxicos, mas quando ocorrem condições anaeróbicas no solo resultantes de sua compactação e uma alteração brusca de pH a argila sofrerá intemperização, aumentando a liberação de alumínio (PRIMAVESI, 2006), por isso a importância do manejo como prevenção da compactação do solo. Além disso, em condições tropicais há uma remoção maior das bases ($Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$) e do silício dos minerais, restando as argilas (caulinita) e os óxidos de ferro e alumínio, resultando na liberação de íons Al^{3+} e no aumento de m%.

A primeira propriedade afetada pela condição de acidez é o nível de H^{+} na solução do solo, o mesmo ocorre pelo baixo pH e pela alta porcentagem de saturação de alumínio no complexo de troca, promovendo o decréscimo da disponibilidade de nutrientes, o comprometimento do crescimento das plantas e do sistema radicular. A segunda propriedade é a CTC, responsável pelo equilíbrio de íons na interface sólido-líquido. O mesmo resulta da natureza dos colóides minerais e orgânicos e do pH do solo.

Em solos tropicais ácidos a matéria orgânica é relevante na disponibilidade de nutrientes, já que grande parte da CTC destes solos é proveniente dos colóides orgânicos e altamente dependente do pH.

De forma geral, os solos brasileiros apresentam um pH em torno de 5,5. No Estado de São Paulo quase 90% dos solos apresentam pH abaixo de 6,0, sendo que o pH considerado adequado para o desenvolvimento da maioria das culturas é de 6,5. Valores extremos de pH, sejam pelo excesso de acidez ou de alcalinidade, dificultam a absorção de elementos como nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio (SILVA; SOUZA, 1998).

A determinação de pH em água foi considerada o método padrão por muito tempo, porém, quando as amostras são coletadas úmidas tem-se o risco de aumento a concentração de sais durante o processo de armazenamento até a análise, afetando a determinação de pH. Desta forma, a leitura em CaCl_2 permite leituras mais estáveis, reduzindo a variação sazonal, já que em uma época mais seca, um solo pode apresentar pH em água mais baixo do que na época chuvosa e ainda reduz o efeito do uso de fertilizantes salinos nas leituras de pH (RONQUIM, 2010).

Os teores de pH das áreas de estudo apresentam oscilação considerável, buscando a manutenção dos valores ótimos de produtividade, em especial em Vera Cruz, este comportamento se dá pela correção da acidez do solo no cafezal, por meio da calagem. Porém, é possível identificar uma maior ocorrência de valores de pH elevado, entre 4,4 e 5,0, não atingindo em nenhum momento valores próximos de 6,5 e 7,0 que são os mais indicados para o desenvolvimento das plantas e com valores mais ácidos no solo de Vera Cruz do que no de Getulina. De forma geral, identificou-se nas áreas que os maiores índices de precipitação se associam com a diminuição do pH, ou seja, com o aumento da acidez do solo.

As maiores limitações dos solos ácidos estão nos altos teores de H^+ e Al^{3+} ativos na solução do solo, a baixa capacidade de troca catiônica, baixa atividade orgânica e biológica no solo, alta capacidade da fase sólida de absorver ânion (SILVA; SOUZA, 1998).

A alternativa para o desenvolvimento das plantas seria medidas que promovam a neutralização da acidez dos solos, para valores próximos de 7.

A calagem constitui-se em um dos procedimentos mais utilizados para a correção e neutralização da acidez, por meio da adição de calcário, em que a quantidade a ser empregada é calculada em função do valor do pH e da CTC, bem como pelo conhecimento dos teores de alumínio trocável, cálcio e magnésio, quanto maior a quantidade de alumínio, maior a necessidade de emprego de calcário. O teor de matéria orgânica também afeta a quantidade de calcário a ser utilizada, considerando que quanto maior a presença de matéria orgânica, maior a necessidade de emprego do calcário, já que a mesma dificulta a mudança de pH dos solos (SILVA; SOUZA, 1998).

A calagem promove a diminuição de elementos tóxicos por meio da diminuição de Al e Mn trocáveis em solo; aumenta o pH, a soma de bases e a Capacidade de Troca Catiônica CTC, que se dá pela diminuição da capacidade de absorção do ânion, favorecendo a atividade biológica, a floculação dos colóides e a mineralização dos

componentes orgânicos, possibilitando a maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas; além de elevar os teores de Ca e Mg contidos no calcário; aumenta o teor de fósforo extraível e favorece as condições físicas do solo, promovendo o arejamento e circulação de água (CAMARGO et al., 1997; SILVA; SOUZA, 1998).

A adsorção e troca de cátions dos minerais de argila e da matéria orgânica, ou seja, a capacidade de troca catiônica dos colóides do solo, apresenta-se como uma propriedade de caráter fundamental, por determinar o armazenamento e disponibilidade de nutrientes para as plantas, relacionando-se com atributos como matéria orgânica, textura e mineralogia da fração argila (LUCHESE et al. 2002; FERRAZ et al., 2008).

Segundo Duarte e Casagrande (2006) a CTC seria a propriedade química mais importante do solo, responsável pelo impedimento da lixiviação de cátions (Na, K, Ca e Mg), mantendo-os próximos ao sistema radicular. Tornando-se ainda mais relevante e crítica em solos arenosos que apresentam menor quantidade de matéria orgânica e argila, diminuindo a CTC e a formação de agregados, o que afeta a microporosidade e a capacidade de retenção de água.

Analisando os valores de CTC das áreas de estudo, observa-se que eles variaram, em praticamente todo o período, entre baixo e muito baixo, sendo os menores valores atribuídos a Vera Cruz e com uma tendência a diminuição do início do monitoramento ao final. Esta característica somada com a textura arenosa do horizonte superficial tanto de Getulina como de Vera Cruz e a baixa quantidade de matéria orgânica, que foi classificada como baixa em praticamente todo o período, indica uma menor capacidade de absorção de nutrientes. Identificou-se também uma tendência a correlação entre as maiores precipitações registradas e a diminuição do CTC em ambas as áreas de estudo.

De forma geral, os solos com argila de baixa reatividade, baixa CTC e matéria orgânica não retém cátions, os solos arenosos tendem a apresentar baixo teor de matéria orgânica e CTC, fazendo com que os nutrientes estejam mais suscetíveis à lixiviação. Neste sentido, a grande relevância da presença de matéria orgânica no solo é que a mesma é formada por cargas negativas e dependentes do pH do solo, mantendo as cargas negativas na superfície (LUCHESE et al. 2002; DUARTE; CASAGRANDE, 2006; FERRAZ et al., 2008).

A CTC também varia com o pH do solo, graças a quantidade de cargas negativas dependentes do pH existentes na superfície dos colóides. As cargas elétricas negativas, responsável pela troca de íons no solo, são originadas pelos minerais de argila, matéria

orgânica, óxidos de ferro e alumínio, bem como pelas alofanas (silicatos de alumínio amorfos) (EMBRAPA, 2010).

Outro fator de grande relevância enquanto indicativo de fertilidade do solo é a Soma de Bases trocáveis, que está relacionada com a soma dos teores de cátions permutáveis, com exceção do H^+ e Al^{3+} . O uso da calagem ou da correção, por exemplo, influem na SB do solo, elevando a disponibilidade de nutrientes e indicando, portanto, o número de cargas negativas dos colóides que estão ocupadas pelos cátions básicos trocáveis (EMBRAPA, 2010).

A soma de base de Getulina e de Vera Cruz também indicam uma tendência a diminuição das bases do início ao fim do período de monitoramento, com valores menores em Vera Cruz. Em geral, as maiores precipitações estiveram associadas com a diminuição da soma de base nas áreas de estudo, já as maiores perdas de solo estão mais associadas com maiores registros de soma de base.

Já a saturação por base do solo (V%) está relacionada com a proporção de cátions básicos trocáveis em relação a capacidade total de troca ocupada com as bases, sendo a mesma calculada dividindo-se a soma de bases (S) pela capacidade de troca de cátions (CTC) ($V\% = 100.S/T$), sendo um bom indicativo das condições gerais de fertilidade do solo. A saturação de bases do solo (V) e a capacidade de troca catiônica (CTC) devem ser consideradas de forma conjuntiva, indicando boas condições quando ambas apresentam valores elevados.

Ela representa a participação das bases trocáveis em relação ao total de cátions, sendo utilizada para a classificação de solos como eutróficos ou distróficos. Solos com alta saturação aplica-se para aquelas com saturação por base igual ou superior a 50%, considerando Eutróficos (alta fertilidade) e a baixa saturação para aqueles com valores inferiores a 50% (Distróficos) (baixa fertilidade), relacionando-se com a fertilidade natural dos solos e a necessidade de adubação para o uso agrícola (RONQUIM, 2010).

Os solos distróficos podem ser pobres em Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , apresentando alto teor de alumínio trocável, sendo classificados como solos álicos (muito pobres) Al trocável ≥ 3 mmol/dm³ e m% $\geq 50\%$. Quando V é baixo indica que há pequenas quantidades de cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , havendo saturação das cargas negativas dos colóides e neutralização das mesmas por H^+ e Al^{3+} . A maioria das culturas apresentam boa produtividade em solos com V% entre 50-80% (RONQUIM, 2010).

De forma geral, a saturação por base em Getulina e Vera Cruz apresentou considerável variação, entre muito alto, alto e médio, com uma tendência a ter valores

elevados em Vera Cruz, ultrapassando muitas vezes o valor limite de 80% para uma boa produtividade das plantas. No caso de Getulina, a grande maioria dos valores encontram-se dentro do intervalo de 50 a 80%. Com relação a precipitação, identificou-se que as menores precipitação estão associadas com maiores valores de saturação por base, já as maiores perdas de solo registradas se associam com menores valores de saturação.

Com relação aos principais macronutrientes do solo tem-se, a seguir, a relevância dos mesmos para o desenvolvimento das plantas e como indicativo das condições químicas dos solos.

O fósforo é oriundo da mineralização da matéria orgânica, solubilização de minerais fosfáticos, ou pela incorporação de fertilizantes. No caso do fósforo orgânico o mesmo é proveniente da decomposição de resíduos animais e vegetais. Os íons fosfatados encontram-se em solução em pH baixo, de forma combinada com outros elementos como Fe, Ca e Al, dependendo do pH e da quantidade de minerais da fração argila. De forma geral, em solos ácidos sua combinação predominante é com Fe e Al, já em solos alcalinos com Ca e metais (RAIJ, 1991).

O mesmo atua na fotossíntese, respiração e transferência de energia, divisão celular, crescimento das células, desenvolvimento das raízes, aumento da resistência ao frio, stress hídrico e doenças, sendo fundamental para o crescimento vegetal, por transferir a energia na síntese de substâncias orgânicas (ROSSI; POLIDORO, 2008).

Porém, para que haja a disponibilidade de fósforo necessita-se de um conjunto de fatores como: que o pH do solo esteja acima de 5,5, sendo a fixação menor em solo mais ácidos; temperatura, sendo mais fixado em temperaturas elevadas; tipo de argila e da reação envolvida; umidade do solo, sendo que esta favorece a fixação; não pode haver redução no solo, ou seja, ele deve estar arejado e apresentar bioestrutura grumosa (arejamento) com quantidades suficientes de matéria orgânica e cálcio, para possibilitar o abastecimento das plantas e a presença de cobertura morta, também aumenta os níveis de fósforo disponível (MELLO et al., 1983; PRIMAVESI, 2002; ROSSI; POLIDORO, 2008).

No caso do fósforo a necessidade de adubação fosfatada, por exemplo, objetiva a minimização da absorção de íon fosfato pelo alumínio e componentes de ferro, abundantes em solos ácidos, no qual a calagem do solo também é responsável por favorecer a eficiência da adubação fosfatada (SILVA; SOUZA, 1998).

O Potássio está, de forma geral, mais presentes em climas secos e em solos argilosos, pelo fato dos minerais potássicos serem intemperizados rapidamente dando

origem as argilas. O mesmo é encontrado de forma variada como minerais primários, potássio trocável ou solúvel, constituinte de argilas e da matéria orgânica etc. (MELLO et al., 1983).

No caso do potássio solúvel, oriundo dos minerais primários, o mesmo encontra-se disponível para as plantas na forma de cátion trocável, tendo sua concentração dependente de fatores como material de origem; tipo de argila e sua quantidade, considerando que quanto mais argila maior sua fixação; concentração de potássio solúvel; umidade do solo, matéria orgânica, pH que quanto mais ácido mais reduz a fixação de K; temperatura; aeração e a presença de outros elementos como o Ca, N, P e Al, sendo que Ca, P e N favorecem sua eficiência e fixação (MELLO et al., 1983).

A fixação de potássio é responsável pela resistência vegetal ao frio, seca, salinidade e doenças, por aumentar a respiração e com isso a absorção de outros nutrientes, beneficiando também a qualidade da planta e seu valor nutritivo (PRIMAVESI, 2002; ROSSI; POLIDORO, 2008).

O Cálcio é mais presente na forma de minerais primários, carbonatos de cálcio, sulfato de cálcio, cálcio solúvel ou trocável e da matéria orgânica. A sua disponibilidade vai ser determinada por alguns fatores como tipo de argila e a natureza do colóide; quantidade de cálcio saturado no complexo coloidal; a natureza das plantas etc. sua ausência interfere, por exemplo, no crescimento das raízes dificultando a absorção de nutrientes e de água e no controle do pH e, conseqüentemente, da CTC (MELLO et al., 1983).

Ele é fundamental por integrar a parede celular e por ser requerido para a divisão e alongação celular, sendo fundamental também para a germinação do grão de pólen e o crescimento do tubo polínico. Na sua ausência o crescimento radicular é cessado (ROSSI; POLIDORO, 2008).

Com relação ao cálcio se trabalha com a apresentação dos mínimos desejáveis para as culturas, o limite superior refere-se ao necessário para as plantas mais exigentes do nutriente, sem considerar a questão da calagem. Tem-se uma grande dificuldade de isolar a deficiência de cálcio do problema da acidez excessiva dos solos, já que os solos deficientes de cálcio, em geral, são muito ácidos. Por isso, a calagem é responsável pela correção da acidez e por suprir o cálcio em teores considerados suficientes (RONQUIM, 2010). Portanto, o mesmo deve ser considerado concomitantemente com os teores de alumínio, já que solos ácidos associados, por exemplo, com excesso de alumínio, são

deficientes em nutrientes como o cálcio, promovendo restrições ao desenvolvimento vegetal.

Com relação ao Magnésio os solos ácidos de ambientes úmidos e mais arenosos apresentam maior deficiência do que os solos de ambientes mais secos e de textura fina. O mesmo é absorvido pelas plantas como íon bivalente dissolvido na solução do solo ou como magnésio trocável. A quantidade absorvida vai depender do tipo de argila; da natureza dos íons trocáveis; do teor de Mg disponível no solo; da quantidade de sais totais, quanto maior a quantidade maior a deficiência; dos teores elevados de potássio e cálcio, por exemplo, que podem prejudicar a absorção; da umidade do solo etc. (MELLO et al., 1983).

Sua principal função é compor a célula de clorofila; a ativação de enzimas, favorecendo a respiração, fotossíntese; aumenta a absorção de P. componente central da molécula de clorofila (ROSSI; POLIDORO, 2008).

Por fim a matéria orgânica constitui-se em toda substância morta no solo proveniente de resíduos animais e vegetais em distintos estágios de decomposição e é responsável pela melhoria de condições físico-químicas do solo como, por exemplo, a capacidade de troca catiônica. Em solos tropicais a matéria orgânica pode representar mais de 80% do valor total da CTC, além disso, tem-se a formação de ácidos húmicos relevantes na formação de macroporos que favorecem a aeração e a penetração de água no solo (RONQUIM, 2010).

A sua relevância está na estabilidade de agregados e estrutura; infiltração e retenção de água pela porosidade; resistência a erosão pelo agente cimentante; melhoria das condições de densidade, porosidade e aeração; diversidade biológica, por elevar a CTC e a disponibilidade de nutrientes e diminuição da toxicidade de poluentes. Em solos tropicais, a matéria orgânica pode representar mais de 70% do CTC total do solo (DUARTE; CASAGRANDE, 2006). Considerando esta inter-relação entre matéria orgânica e CTC vê-se que os baixos valores de matéria orgânica nas áreas de estudo interferem nos valores também baixos de CTC.

No caso da perda de nutrientes em Getulina e Vera Cruz a mesma pode estar associada, principalmente, com a retirada de cobertura vegetal e lixiviação das bases (Ca, K, Mg e Na), havendo uma tendência a perda destes elementos durante o período de monitoramento:

Observa-se maiores teores de fósforo em Vera Cruz, podendo estar associado com a relevância da aplicação de fertilizantes para a cultura do café em comparação com a

manutenção da pastagem em Getulina. Porém, observa-se oscilações consideráveis em períodos mensais, o que pode indicar a perda do mesmo em pouco tempo, resultando na necessidade constante de aplicação para manutenção dos níveis desejados, em especial por conta da lixiviação. Tem-se, portanto, uma relação entre os maiores teores de fosforo registrado e as menores perdas de solo, bem como os menores teores em períodos mais chuvosos.

No caso do potássio, ele apresentou uma oscilação considerável, mas com uma tendência a queda do início para o fim do período de monitoramento e com valores menores em Vera Cruz quando comparado com Getulina. Estes menores valores em Vera Cruz também são influenciados com relação a sua disponibilidade às plantas pela menor quantidade de matéria orgânica e argila. Com relação ao potássio, identificou-se uma correlação entre os menores teores com os períodos de maiores perdas de solo, bem como os menores teores com os períodos de maior precipitação.

O cálcio, durante todo o período experimental, apresentou praticamente em todas as amostras os teores muito baixo ou baixo, sendo que a tendência também é de valores menores em Vera Cruz. Considerando que ele é um elemento relevante no controle do pH e da CTC, percebe-se que esta menor presença em Vera Cruz corrobora com o pH com tendência mais ácida e com a menor CTC deste solo. As correlações entre os menores teores registrados e os períodos de maiores precipitações, bem como de seu aumento com os períodos de queda da perda de solo também se aplica para o cálcio.

O magnésio apresentou uma queda abrupta no decorrer dos meses, saindo de valores considerados altos até apresentar em sua totalidade valores baixos, sendo que a tendência é de valores ainda menores em Vera Cruz. Geralmente, foi identificado uma correlação entre os maiores teores de magnésio com os menores registros tanto de precipitação como de perda de solo.

De forma geral, esta tendência de menor presença de nutrientes e, especialmente, de sua queda considerável ao longo do tempo, pode estar associado justamente com o menor percentual de cobertura vegetal na área de estudo de Vera Cruz, no qual os arruamentos do café são mantidos durante períodos consideráveis do ano sem vegetação. Associado a este aspecto tem-se a precipitação mais elevada do que a de Getulina, potencializando esta tendência a lixiviação das bases e a um solo ácido, dada pelo impacto direto das gotas de chuva, o arraste de partículas de solo, identificada inclusive pela maior quantidade de solo perdido na parcela de Vera Cruz, e pelo caráter arenoso de seu horizonte superficial.

4.3.3 Estimação da erodibilidade segundo Denardin (1990)

Para a determinação da erodibilidade pelo método de Denardin (1990) são considerados os seguintes parâmetros.

$$K = (6,08397 \cdot P + 8,34286 \cdot MO - 1,16162 \cdot AI - 0,37756 \cdot PART) / 1000 \quad (27)$$

Onde: K é expresso em (t.ha.h/ha.MJ.mm).

O primeiro a ser considerado na equação é a permeabilidade, adquirida por meio do Permeâmetro de Guelph, codificada de acordo com Wischmeier et al. (1970), que é o mesmo considerado no modelo EUPS.

Getulina apresentou uma permeabilidade de aproximadamente $5,5 \times 10^{-4}$ cm/s e Vera Cruz aproximadamente $1,1 \times 10^{-5}$ cm/s.

Os parâmetros estabelecidos pela EUPS para permeabilidade se dão em cm/h, com a conversão tem-se que os solos se enquadram nos seguintes códigos:

Getulina: P = 1,98cm/h = moderadamente lenta (4)

Vera Cruz: P = 0,0396 cm/h = muito lenta (6)

O segundo é a **Matéria Orgânica MO**, em porcentagem. Nas análises químicas realizadas a mesma é expressa em mg/dm^{-3} .

Para trabalhar com a diversidade de valores de matéria orgânica será aplicado o valor médio de MO da série de cada uma das áreas de pesquisa para o cálculo do parâmetro MO da erodibilidade do modelo Denardin (1990).

		MO	
		mg.dm-3	%
Vera Cruz	01/03/2015	9,6	0,96
	26/04/2015	2	0,02
	07/06/2015	2,2	0,22
	10/07/2015	2	0,02
	23/08/2015	3,9	0,39
	19/09/2015	5,1	0,51
	17/10/2015	3,5	0,35
	14/11/2015	4,8	0,48
	18/12/2015	6,4	0,64
	16/01/2016	4,8	0,48
	13/02/2016	8,9	0,89
	18/03/2016	5,7	0,57
	Getulina	01/03/2015	10,9
26/04/2015		12,2	1,22
06/06/2015		10,9	1,09
10/07/2015		6,7	0,67
23/08/2015		5,5	0,55
19/09/2015		16,6	1,66
17/10/2015		6,4	0,64
14/11/2015		10,8	1,08
18/12/2015		11,2	1,12
16/01/2016		8,3	0,83
13/02/2016		8,6	0,86
19/03/2016		8	0,8

Assim, tem-se que:

Getulina: MO = 0,97 %

Vera Cruz: MO = 0,46 %

O terceiro parâmetro é dado pelo teor de óxido de alumínio, em porcentagem. Eles foram adquiridos por meio da análise das amostras de solo realizadas pelo Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

Assim, tem-se que:

Getulina: Al = 2,56 %

Vera Cruz: Al = 0,97 %

O quarto fator a ser inserido na equação refere-se as partículas de diâmetros entre 0,5 a 2,0 mm, também em porcentagem.

De 2,0 a 0,5 mm	Getulina	Vera Cruz
Areia muito grossa	0,3044	0
Areia grossa	0,9698	6,0774

Assim, tem-se que:

Getulina: PART = 1,2742%

Vera Cruz: PART = 6,0774%

A inserção destes dados na equação resultaria em:

Getulina:

$$K = (6,08397 \cdot 4 + 8,34286 \cdot 0,97 - 1,16162 \cdot 2,56 - 0,37756 \cdot 1,2742)/1000 \quad (28)$$

$$K = 0,0289 \text{ (t.ha.h/ha.MJ.mm)}$$

Vera Cruz:

$$K = (6,08397 \cdot 6 + 8,34286 \cdot 0,46 - 1,16162 \cdot 0,97 - 0,37756 \cdot 6,0774)/1000 \quad (29)$$

$$K = 0,0369 \text{ (t.ha.h/ha.MJ.mm)}$$

4.3.4 Estimação da erodibilidade segundo Wischmeier et al. (1971) e National Soil Survey Handbook USDA (NSSH, 1996)

Para a determinação de erodibilidade é empregada a equação que se segue, já discutida anteriormente.

$$100 \cdot K = [10^{-4} \cdot 2,71 \cdot T^{1,14} \cdot (12 - MO)] + 4,2 \cdot (E-2) + 3,2 \cdot (P-3) \quad (30)$$

O primeiro parâmetro a ser considerado é a **Textura T** dada por:

$$T = [(100 - Ac) \cdot (L + Armf)] \quad (31)$$

Em que $L + Armf$ = silte mais areia muito fina, no intervalo de: [0,1 - 0,002 mm] e Ac refere-se a argila identificadas, neste caso, como partículas com <0,002 mm.

As dimensões das frações granulométricas empregadas na equação seguem o parâmetro estabelecido pela USDA, dada em milímetros, em que:

- Areia refere-se ao intervalo de 2,000 – 0,05:
 - Areia muito grossa: 2 – 1
 - Areia grossa: 1 – 0,5
 - Areia média: 0,5 – 0,25
 - Areia fina: 0,25 – 0,1
 - Areia muito fina: 0,1 – 0,05
- Silte: 0,05 – 0,002
- Argila: 0,002

Já o empregado no Brasil, considerando a metodologia da EMBRAPA e da SBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos), realiza os fracionamentos granulométrico com base em Wentworth (1927), como expresso por Suguio (1973), tendo as seguintes dimensões.

- Areia refere-se ao intervalo de 2,000 – 0,053:
 - Areia muito grossa: 2 – 1
 - Areia grossa: 1 – 0,5
 - Areia média: 0,5 – 0,25
 - Areia fina: 0,25 – 0,125
 - Areia muito fina: 0,125 – 0,053
- Silte: 0,053 – 0,002
- Argila: < 0,002

Para o cálculo de T utiliza-se das seguintes frações expressas em porcentagem:

Quadro 13: Frações granulométricas empregadas no cálculo de T (Textural) da erodibilidade do modelo EUPS

	Getulina	Vera Cruz
Argila	14,15	9,6
Silte	0,2	7,9
AMF	37,87205	25,5011

Fonte: Análise Textural e fracionamento de areia realizado no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da FCT/UNESP

Assim, tem-se que:

Getulina: T = 3268,48%

Vera Cruz: T = 3019,46%

O segundo parâmetro é **Matéria Orgânica MO**, em porcentagem. Serão também considerados o valor médio de MO da série de cada uma das áreas de pesquisa para o cálculo do parâmetro MO da erodibilidade do modelo EUPS.

	Getulina	Vera Cruz
MO	0,97	0,46

Assim, tem-se que:

Getulina: MO = 0,97 %

Vera Cruz: MO = 0,46 %

O terceiro parâmetro é a **Estrutura E**, que foi analisada após as coletadas de amostras de solo e as análises morfológicas, de acordo com a metodologia de Lemos e Santos (1996). A classificação se deu considerando os códigos e a descrição estabelecidos por Wischmeier et al. (1971).

Getulina caracteriza-se por uma estrutura em subsuperfície de blocos granulares e em grumos com mais de 2 milímetros, caracterizando-se como granular média e grossa, expressa com o código 3.

Já Vera Cruz apesar de apresentar, mais próximo de superfície, blocos granulares e em grumos, apresenta uma maior consistência dos grãos com uma estrutura mais próxima de blocos, expressa pelo código 4.

Assim, tem-se que:

Getulina: E = 3

Vera Cruz: E = 4

Por fim o quarto parâmetro é a permeabilidade:

Getulina: P = 1,98cm/h = moderadamente lenta (4)

Vera Cruz: P = 0,0396 cm/h = muito lenta (6)

Inserindo os dados na equação tem-se:

Getulina:

$$100 \cdot K = [10^{-4} \cdot 2,71 \cdot 3268,48^{1,14} \cdot (12 - 0,97)] + 4,2 \cdot (3-2) + 3,2 \cdot (4-3) \quad (32)$$

$$100 \cdot K = 30,3318 + 7,4$$

$$100 \cdot K = 37,7318$$

$$K = 37,7318/100$$

$$K = 0,3773 \text{ (Mg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h/ha} \cdot \text{hJ} \cdot \text{cm)}$$

$$K = 0,3773/10 \text{ (para estabelecer mesma unidade de medida que Denardin (1990))}$$

$$K = 0,0377$$

$K = 0,0377/1,317 = 0,0286 \text{ t.ha.h/ha.MJ.mm}$ (o valor 1,317 corresponde a conversão para o Sistema Internacional de Medidas)

$$\mathbf{K = 0,0286 t.ha.h/ha.MJ.mm}$$

Vera Cruz:

$$100 \cdot K = [10^{-4} \cdot 2,71 \cdot 3019,46^{1,14} \cdot (12 - 0,46)] + 4,2 \cdot (4-2) + 3,2 \cdot (6-3) \quad (33)$$

$$100 \cdot K = 28,9930 + 18$$

$$100 \cdot K = 46,9930$$

$$K = 46,9930/100$$

$$K = 0,4699 \text{ (Mg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h/ha} \cdot \text{hJ} \cdot \text{cm)}$$

$$K = 0,4699/10 \text{ (para estabelecer mesma unidade de medida que Denardin (1990))}$$

$$K = 0,0469$$

$K = 0,0469/1,317 = 0,0356 \text{ t.ha.h/ha.MJ.mm}$ (o valor 1,317 corresponde a conversão para o Sistema Internacional de Medidas)

$$\mathbf{K = 0,0356 t.ha.h/ha.MJ.mm}$$

Os fatores de grande relevância para a maior erodibilidade do solo de Vera Cruz foram a menor permeabilidade

Na EUPS tem-se a possibilidade de considerar no fator K os elementos grosseiros, que seria os fragmentos rochosos presentes sobre o solo por meio do fator corretivo, que é multiplicado pelo resultado (NSSH, 1996). Com os valor de K e com a porcentagem de elementos grosseiros na espessura de solo analisada é possível corrigir o fator K por meio de valores já estabelecidos e apresentados na figura 30, nos procedimentos metodológicos.

Considerando que a porcentagem de elemento grosseiro na amostra analisada atingiu porcentagens muito próximas de zero (Getulina com 0,012% e Vera Cruz com

0,77%), indicando solos com a quase ausência de fragmentos rochosos, a correção do Fator K não foi realizada.

Os valores atribuídos com as duas equações foram praticamente os mesmos mostrando uma correlação entre as duas metodologias para a estimativa da erodibilidade dos solos para as áreas de estudo.

Além disso, corroboram como os valores médios de erodibilidade para o grupo de Argissolos estabelecido por Bertoni e Lombardi Neto (1999), que varia de 0,0356 e 0,0235 t.ha.h/ha.MJ.mm nos horizontes A e B, e foram identificados como mais suscetíveis a erosão do que os Latossolos.

No caso da maior erodibilidade do solo de Vera Cruz se observa grande relevância da menor permeabilidade e da quantidade de matéria orgânica para o valor final.

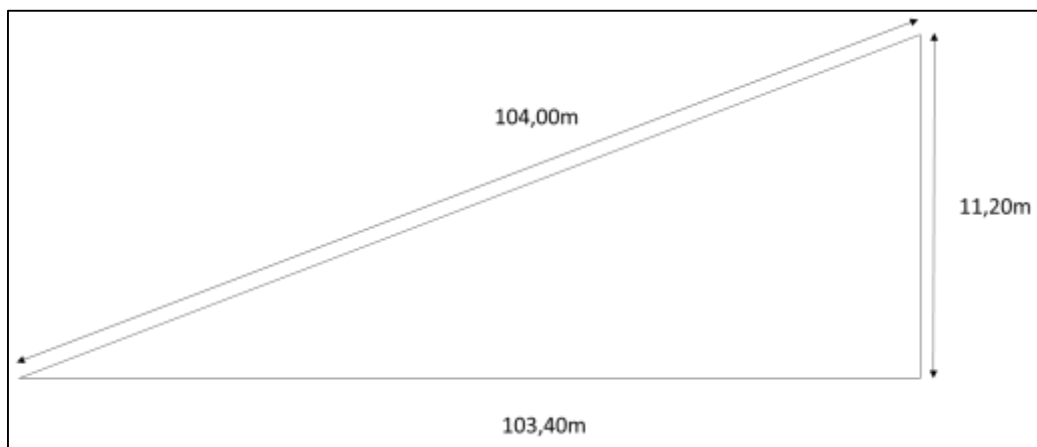
4.4 FATOR LS - FATOR TOPOGRÁFICO

A seguir apresenta-se a forma de obtenção dos dados em campo para aplicação no fator LS, bem como sua estimativa por meio de Renard et al. (1997) e Bertoni (1959).

4.4.1 Estimação do fator topográfico segundo Renard et al. (1997) – *RUSLE*

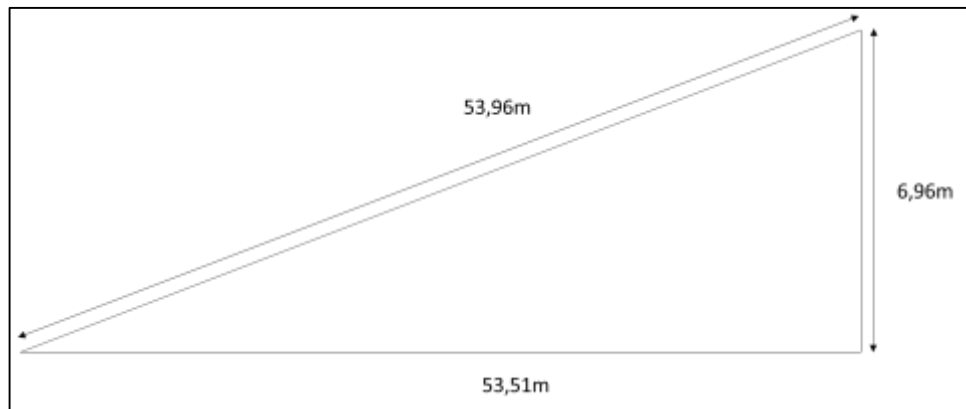
Em primeiro lugar foi estabelecido as características da vertente, que compreende o comprimento da rampa e a declividade.

Em Getulina tem-se uma vertente com as seguintes dimensões:



E uma declividade em porcentagem é de 10,83%.

Já em Vera Cruz as dimensões são:



Com uma declividade, em porcentagem, de 13,00%.

Neste caso considerando as formulações de Renard et al. (1997) ambas se enquadram na equação que se segue, por apresentar comprimento de rampa (λ) maior que 4,6 m e grau do declive de mais de 9%:

$$L = [\lambda/22,1]^m \quad (34)$$

$$S = 16,8 \text{ sen } \Theta - 0,50$$

De acordo com a declividade e com a ralação em sulcos e entressulcos baixa, considerando a característica das áreas de estudo, os valores de M são estabelecidos de acordo com a tabela a seguir, assim como o $\text{sen } \Theta$.

Relação de erosão em sulcos/entressulcos Baixa								
Ps %	θ (deg)	θ (rad)	$\text{SIN}\theta/0.0896$	$3\text{sin}\theta^{0.8} + .56$	β_0	ratio Factor	β	M
10	5,7106	0,0997	1,1105	1,0336	1,0745	0,5000	0,5372	0,3495
12	6,8428	0,1194	1,3297	1,1070	1,2012	0,5000	0,6006	0,3752

Portanto, tem-se para Getulina: m 0,3604 (calculado para Ps % = 10,83).

$$L = [103,40/22,1]^{0,3604} \quad (35)$$

$$L = 1,744$$

$$S = 16,8 \cdot 0,1076 - 0,50$$

$$S = 1,3085$$

$$LS: 2,28$$

E para Vera Cruz: $m = 0,3864$ (calculado para $Ps\% = 13,00$).

$$L = [53,51/22,1]^{0,3864} \quad (36)$$

$$L = 1,407$$

$$S = 16,8 \cdot 0,1194 - 0,50$$

$$S = 1,5060$$

$$LS = 2,11$$

Tem-se, portanto, um valor de L maior para Getulina e um valor de S maior para Vera Cruz, lembrando que Getulina apresenta um comprimento de rampa muito mais considerável que Vera Cruz, que por sua vez, apresenta como fator relevante a declividade na área de estudo. Neste caso, de acordo com os resultados da aplicação da equação o fator de maior relevância para a perda de solos por meio de LS foi o comprimento de rampa em Getulina.

4.4.2 Estimação do fator topográfico segundo LS por Bertoni (1959)

De acordo com Bertoni (1959) o efeito do declive nas perdas de solo se dão por meio da seguinte expressão:

$$T = 1,145 D^{1,18} \quad (37)$$

$$\text{Getulina: } T = 1,145 \cdot 10,83^{1,18} \quad T = 19,0400$$

$$\text{Vera Cruz: } T = 1,145 \cdot 13,00^{1,18} \quad T = 23,6188$$

Já o comprimento da rampa teria seu efeito sobre as perdas de solo expressa pela seguinte equação:

$$T = 0,166 C^{1,63} \quad (38)$$

$$\text{Getulina: } T = 0,166 \cdot 103,40^{1,63} \quad T = 318,9896$$

$$\text{Vera Cruz: } T = 0,166 \cdot 53,51^{1,63} \quad T = 109,0076$$

Estas expressões também indicam a maior relevância da declividade em Vera Cruz e do comprimento de rampa em Getulina que, pela diferenciação nos resultados, se apresenta como o elemento de maior peso na equação.

Portanto, os fatores LS de acordo com Bertoni (1959) é expresso por:

$$LS = 0,00984 C^{0,63} D^{1,18} \quad (39)$$

$$\text{Getulina: } LS = 0,00984 \cdot 103,40^{0,63} \cdot 10,83^{1,18} \quad LS = 3,0409$$

$$\text{Vera Cruz: } LS = 0,00984 \cdot 53,51^{0,63} \cdot 13,00^{1,18} \quad LS = 2,4909$$

Estas correlações corroboram com os dados apresentados por Renard et al. (1997) identificando a maior relevância do comprimento da rampa para Getulina e da declividade para Vera Cruz. Sendo que Getulina também apresentou o maior valor de LS.

Porém, quando se compara os resultados finais de LS pelas metodologias empregadas, observa-se valores maiores com a equação de Bertoni (1959), que também são mais discrepantes entre as áreas do que o apresentado por Renard et al. (1997).

4.5 FATOR C - COBERTURA VEGETAL

4.5.1 *Estimação do fator C por Wischmeier (1975)*

O fator C se dá considerando o somatório da razão de perda de solo pela fração do índice de erosividade para cada estágio da cultura, o quociente de perda de solo para um determinado sistema de manejo se dá em comparação com o que ocorria em um solo descoberto.

No caso das áreas de estudo não observa-se grandes variações com relação aos estágios das culturas que altere suas características de forma tão relevante para a perda de solo. Em primeiro lugar considera-se o período de realização do monitoramento e coleta de dados do experimento que corresponde a um ano (de março de 2015 a março de 2016), pequeno para se observar grandes alterações de estágios na cultura do café como também nas pastagens. Em segundo, e em complemento com a informação anterior, observa-se em Getulina a presença da gramínea, a área foi isolada desde o momento de estabelecimento do experimento e nenhuma intervenção foi realizada no local, este fator permitiu a manutenção da cobertura vegetal.

No caso de Vera Cruz observou-se que o isolamento do local e a não intervenção favoreceu, além dos pés de café, a proliferação de vegetação rasteira, em especial a gramínea, que somados chegaram a representar o recobrimento de até 97% da parcela de erosão.

A variação de cobertura vegetal de Vera Cruz apresentou-se em três configurações principais, uma denominada de menor cobertura vegetal, com valores estimados de 20% de cobertura vegetal, somente com a presença de 10 pés de café ao longo da parcela com alturas de 10 a 30 cm e nenhum resíduo vegetal na superfície do solo. Observou-se também situações consideradas intermediárias com os pés de café citados acima chegando a 40 cm de altura e com resíduos vegetais da ordem de 35% até situações consideradas de cobertura vegetal máxima do período com os pés de café alcançando até 50 cm de altura e uma cobertura da superfície do solo por resíduos vegetais de 65%.

Considerando a realização do monitoramento mensal das porcentagens de cobertura vegetal superficial e arbórea das parcelas de monitoramento, foram estimados os valores de C para cada mês do período experimental.

Conhecendo-se as correlações apresentadas na tabela entre as porcentagens de cobertura superficial e arbórea resultando em um valor de C, foram calculados os valores correspondentes as porcentagens observadas nas parcelas de monitoramento.

A seguir apresenta-se a variação temporal da porcentagem de cobertura vegetal durante o ano de estudo, bem como as correlações estabelecidas entre as precipitações registradas e as perdas de solo.

Para as estimações do fator C utilizou-se como referência a tabela a seguir:

Tabela 13: Tabela para estimación do fator C por meio da porcentagem de cobertura superficial e arbórea desenvolvida por Wischmeier (1975)

Tipo y altura	% C.a.	Tipo	% Cobertura superficial					
			0	20	40	60	80	>95
Ninguna		G	0,45	0,2	0,1	0,042	0,012	0,003
		W	0,45	0,24	0,15	0,091	0,043	0,011
<i>Plantas herbáceas o</i>								
matorral bajo (0,5 m)	25	G	0,36	0,17	0,09	0,038	0,013	0,003
		W	0,36	0,2	0,13	0,083	0,041	0,011
	50	G	0,26	0,13	0,07	0,035	0,012	0,003
		W	0,26	0,16	0,11	0,076	0,039	0,011
	75	G	0,17	0,1	0,06	0,032	0,011	0,003
		W	0,17	0,12	0,09	0,068	0,038	0,011
<i>Arbustos, matorral</i>								
(2 m)	25	G	0,4	0,18	0,09	0,04	0,013	0,003
		W	0,4	0,22	0,14	0,087	0,042	0,011
	50	G	0,34	0,16	0,08	0,038	0,012	0,003
		W	0,34	0,19	0,13	0,082	0,041	0,011
	75	G	0,28	0,14	0,08	0,036	0,012	0,003
		W	0,28	0,17	0,12	0,078	0,04	0,011
<i>Árboles, sin cubierta</i>								
apreciable de matorral	25	G	0,42	0,19	0,1	0,041	0,013	0,003
		W	0,42	0,23	0,14	0,089	0,042	0,011
<i>Altura media de caída</i>								
de la gota 4 m	50	G	0,39	0,18	0,09	0,04	0,013	0,003
		W	0,39	0,21	0,14	0,087	0,042	0,011
	75	G	0,36	0,17	0,09	0,039	0,013	0,003
		W	0,36	0,2	0,13	0,084	0,042	0,011
% C.a. porcentaje de cobertura aérea								
% C.s. porcentaje de cobertura superficial. Porcentaje suelo cubierto.								
G: la cubierta superficial es césped o una acumulación de materia orgánica de un espesor considerable (5 cm).								
W: la cobertura superficial es de plantas espontáneas (con escaso entramado horizontal de raíces cerca de la superficie) o residuos vegetales no descompuestos.								

Fonte: Wischmeier (1975).

Os valores de C estão expressos abaixo, bem como as informações de cobertura superficial, cobertura superficial e arbórea, solo exposto e cobertura total. Os maiores valores de C estão relacionados com os meses com as menores porcentagens de cobertura vegetal. A média anual dos valores de C para Vera Cruz (cafezal) foi de 0,196, em oposição ao valor de 0,011 para Getulina (pastagem).

Este maior valor relacionado com o fator C do café pode ser entendido pela menor proteção do solo neste tipo de cultura quando comparado com uma área de pastagem.

Neste sentido, há um maior percentual de solo exposto a ação da erosividade das chuvas em um cafezal, no qual os pés são caracterizados por ser arbustivos e sem cobertura superficial considerável, além de ser cultivado com os arruamentos, em sua maioria das vezes associado com a ausência de vegetação.

Com relação a variação temporal da porcentagem de cobertura vegetal tem-se dois períodos de menor percentual, correspondente aos meses de abril a julho e de outubro a setembro. Foi atribuído a estes dois períodos de diminuição da cobertura vegetal superficial a aplicação de produto para combater a proliferação de erva daninhas nas ruas de café, nas áreas adjacentes da parcela. Considerando que as parcelas são abertas e que não é possível o controle de partes externas a ela, acredita-se que esta aplicação tenha contribuído para a diminuição de vegetação no interior da parcela.

Quando comparado com os dados de precipitação, observa-se que nos períodos de maiores chuvas, de abril a junho de 2015 e de novembro de 2015 a janeiro de 2016, seriam aqueles com a maior necessidade de presença de vegetação para impedir o impacto direto da água da chuva e o maior carreamento de sedimentos pelo escoamento superficial, porém, são os dois momentos com queda do percentual de cobertura, aumentando a tendência a perda de solo no local.

Também é possível identificar uma correlação entre os maiores picos de perda de solo, ao longo do ano, posteriormente aos maiores totais de precipitação. Em abril, junho, agosto, novembro e janeiro foram registradas as maiores perdas de solo, sempre antecedidas pelos totais de precipitação mais elevados.

Com relação a Getulina, como já exposto anteriormente, o percentual de cobertura vegetal foi praticamente o mesmo durante todo o período experimental. Por isso foi atribuído uma porcentagem para todo o ano.

Neste sentido, a correlação que se estabelece com a perda de solo para esta localidade é os totais mensais de precipitação. De forma geral, observa-se que os registros

de precipitações e perda de solo são inversamente proporcionais durante o período experimental em Getulina.

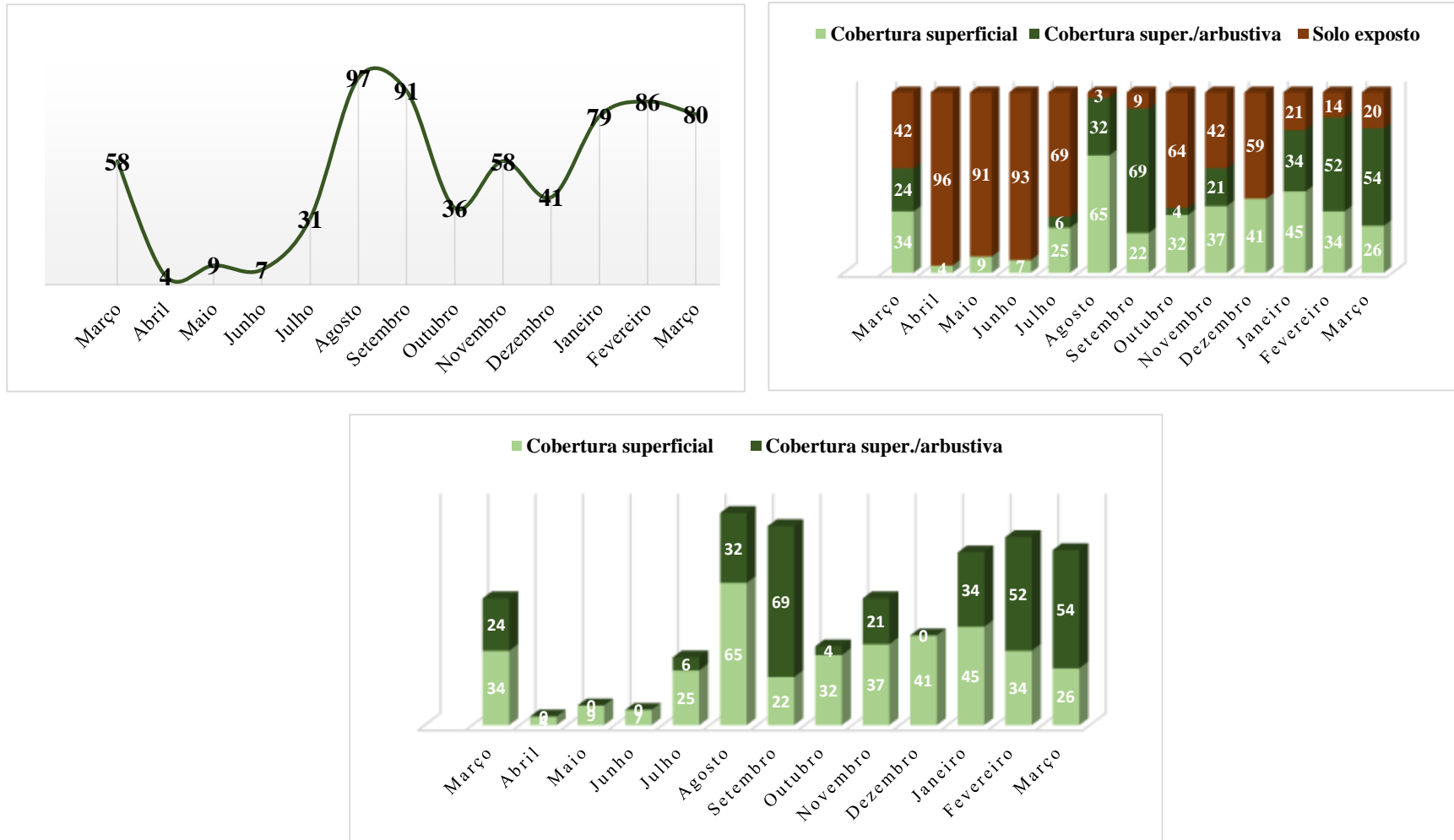
Quadro 14: Variação temporal de cobertura vegetal nas parcelas de monitoramento e estimação do fator C

Vera Cruz													
Meses	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
Cobertura superficial	34	4	9	7	25	65	22	32	37	41	45	34	26
Cobertura super./arbustiva	24	0	0	0	6	32	69	4	21	0	34	52	54
Solo exposto	42	96	91	93	69	3	9	64	42	59	21	14	20
Cobertura Total	58	4	9	7	31	97	91	36	58	41	79	86	80
Fator C	0,147	0,407	0,355	0,376	0,217	0,072	0,117	0,186	0,140	0,144	0,118	0,127	0,145

Getulina	
Cobertura superficial	>95
Cobertura super./arbustiva	0
Solo exposto	0
Cobertura Total	95
Fator C	0,011

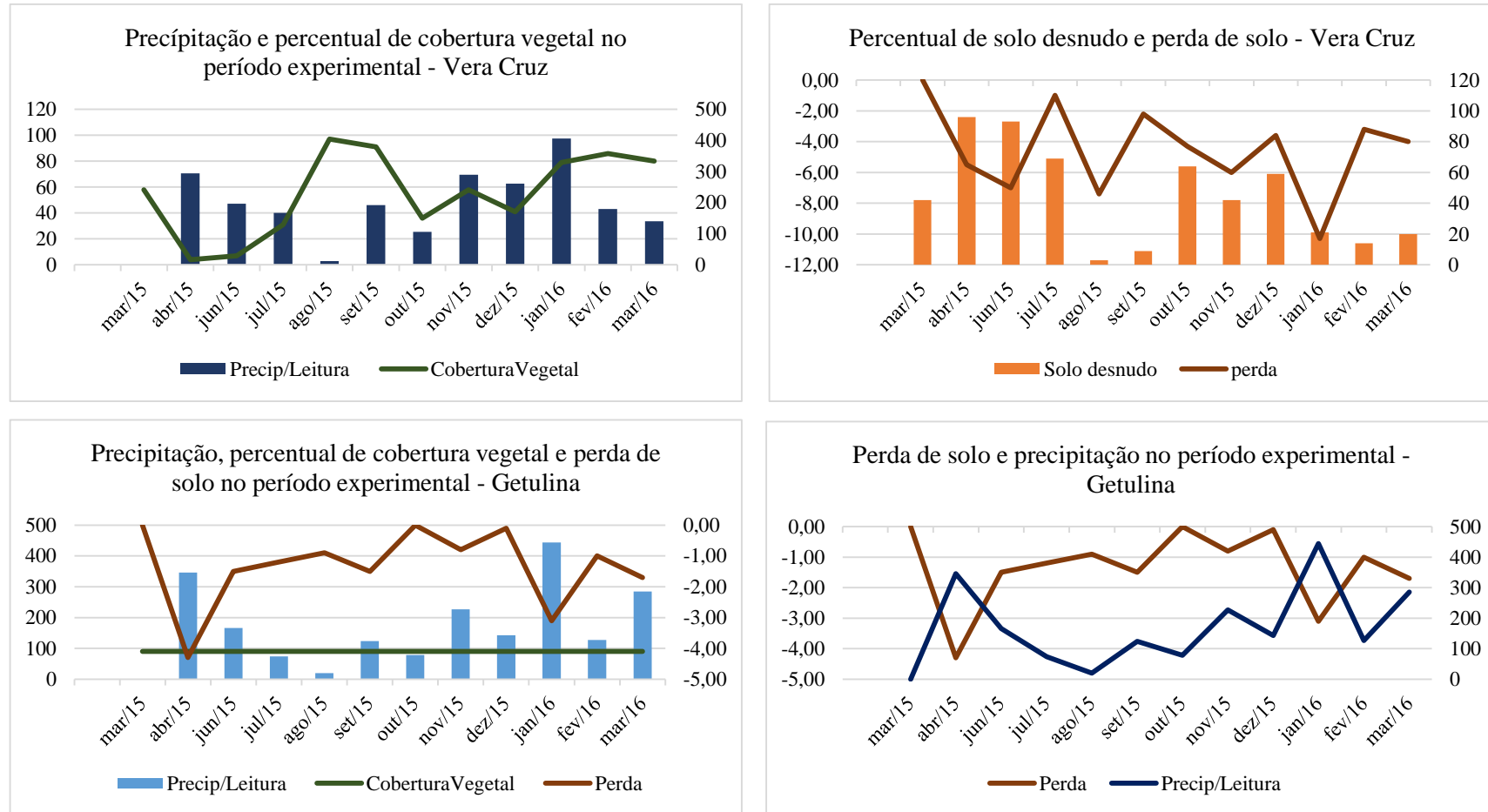
Fonte: Organização da autora.

Figura 88: Representações da variação temporal e percentual da cobertura vegetal em Vera Cruz



Fonte: Organização da autora.

Figura 89: Relação entre precipitação, cobertura vegetal e perda de solo



Fonte: Organização da autora.

4.5.2 Estimação do fator C por meio de pesquisas e referenciais brasileiros

Também foram considerados estudos desenvolvidos no Brasil que buscaram a estimação do fator C, em especial, para a cultura do café e para as pastagens.

A grande dificuldade de determinação deste fator, como expresso por Prochnow et al. (2005) é sua relevante correlação com a erosividade e erodibilidade para cada tipo de cultura e manejo empregado, neste sentido, estabelece-se diversas combinações possíveis entre erosividade, erodibilidade, cultura, tipos de preparo e manejo do solo.

Segundo este mesmo autor os estudos brasileiros com referência aos dados de perda de solo e água em culturas perenes é escasso, embora imprescindível para o planejamento conservacionista no país.

Para a obtenção do fator C, Prochnow et al. (2005) expressa a necessidade de considerar os estágios do ciclo das culturas, principalmente a porcentagem de cobertura do solo. Tanto no seu estudo como no de Lombardi Neto et al. (1976) o ciclo da cultura do café foi dividido em dois estágios: 60 meses iniciais do plantio e dos 60 meses em diante.

Em Vera Cruz a instalação do experimento se deu no mesmo mês de plantio dos pés de café, neste caso os mesmos ainda estão no início do primeiro período de 60 meses, expresso por como Lombardi Neto et al. (1976), Rufino et al. (1985) e Prochnow et al. (2005) como o mais crítico no que tange a perda de solo, pela ausência de cobertura vegetal, mantendo-se neste estágio até o fim do experimento.

O estudo de Rufino et al. (1985) apresenta a influência da cobertura vegetal e das práticas de manejo de cafeeiro na perda de solo no estado do Paraná, sendo observado que as perdas médias de solo foram maiores nos primeiros 62 meses, apresentando decréscimos anualmente após o plantio. Sendo esta redução relacionada principalmente com o emprego de práticas de manejo e com o crescimento da vegetação, promovendo uma maior proteção ao solo.

Lombardi Neto et al. (1976) ao estudar as perdas médias de solo em cafeeiros com diversos espaçamentos, observaram perdas anuais nos primeiros cinco anos inferiores a $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, sendo que as mesmas, após este período, foram inferiores a $0,1 \text{ Mg ha}^{-1}$. Segundo os autores supracitados, os primeiros 60 meses do plantio do café são os mais críticos com relação a perda de solo e água, nos estágios posteriores a 60 meses os cafeeiros já apresentam eficiência no controle das perdas de solo e água, sendo mais

relevante para este controle do que os manejos ou espaçamentos empregados, corroborando com o estudo de Rufino et al. (1985).

Bertoni et al. (1972) observaram maiores perdas em cafeeiros com tratamentos com cultivo mecânico, uso de herbicidas, sem arruação na colheita e com o emprego de grades de disco e as menores em locais com emprego de cobertura de palha de capim nas entrelinhas da cultura.

Em comparação com um solo descoberto, Prochnow et al. (2005) identificou uma redução média de 78% da perda de solo com o emprego da cultura do cafeeiro nos primeiros 60 meses, e de quase 100% no estágio posterior, dos 60 meses em diante. Redução também observada por Bertol et al. (1989), em estudo que incorporava diversos sistemas de manejo de solo, com e sem cobertura, com uma redução de perda de solo da ordem de 89% para aquelas áreas com cobertura superficial do solo e com resíduos vegetais de 60%.

De forma geral, o autor observou perdas relativamente baixas nos tratamentos com cafeeiro, sendo as maiores relacionadas com o espaçamento 3,0 x 0,5 m, possivelmente por apresentar um maior número de covas por área, o que significa maior revolvimento do solo para implementação do cultivo, deixando uma maior quantidade de solo susceptível ao arraste pela enxurrada. Considerando os distintos espaçamentos, também observou-se uma maior perda de água naqueles que apresentam maior espaçamento na linha e entrelinhas.

Estas menores perdas atribuídas a cultura do café estão relacionadas com a proteção do solo dada pela própria vegetação, em especial, quando a mesma apresenta maiores dimensões, raízes e folhas, ou mesmo quando mantem-se a cobertura de entrelinhas (gramínea e leguminosas, por exemplo), como também a água da chuva interceptada pela vegetação (PROCHNOW et al., 2005).

De acordo com Prochnow (2003), Prochnow et al. (2005) e Donzelli et al. (1992) o valor de C para a cultura do café foi estimado como 0,10 para os períodos com maior cobertura vegetal e como 0,20 para os períodos com menor cobertura.

Para a pastagem foi utilizado o valor de 0,01 considerando os estudos da FAO (1989), Donzelli et al. (1992), Vázquez-Fernández et al. (1996) e Galdino (2012).

Quando se compara os valores adquiridos com a metodologia de Wischmeier (1975) em que Vera Cruz indicou um valor médio anual de 0,196 e Getulina de 0,011, com os de referenciais brasileiros, observa-se a grande aproximação entre eles.

4.6 FATOR P – PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

As práticas de conservação resultam no valor do fator P que expressa a relação entre a quantidade de perda de solo com determinada prática de conservação e a quantidade que se perderia com uma cultura plantada no sentido do declive.

Em Vera Cruz observa-se nas áreas dos cafeeiros algumas ações de prevenção de perda de solos, como a diminuição dos roçados, a construção e manutenção das curvas de nível com vegetação, bacias de contenções e a procura por manter a gramínea nos carregadores pelo maior período de tempo possível, buscando incorporar a ceifa do mato.

Figura 90: Uso das curvas de nível como prática conservacionista



Fonte: Arquivo Pessoal.

Em muitos casos estas estão associadas com a manutenção dos carregadores com gramínea.

Figura 91: carregadores vegetados entre as ruas de café



Fonte: Arquivo Pessoal.

Porém, comparada com outras áreas de propriedade no qual o café já se apresenta como porte considerável, as áreas escolhidas para a instalação dos experimentos apresentam problemas com a manutenção das curvas de nível, bem como com a manutenção da cobertura vegetal nos carregadores que são roçados com maior frequência já que os pés de café ainda são muito pequenos.

A comparação entre as técnicas de manejo empregadas em outras áreas da propriedade e no local de instalação do experimento podem ser identificadas a seguir.

Figura 92: Comparação das medidas de manejo e conservação do solo na área de ocorrência dos sulcos erosivos (B) com outras áreas da propriedade agrícola de Vera Cruz (A)



Fonte: Arquivo Pessoal.

Neste caso, os próprios direcionamentos das curvas de nível estão favorecendo a concentração do escoamento superficial nos arruamentos com presença dos pés de café novos, sendo este escoamento favorecido pela ausência de vegetação nesta área, e pela declividade do terreno.

Figura 93: Sentido das curvas de nível



Fonte: Arquivo Pessoal.

Conseqüentemente, observa-se que os processos erosivos são iniciados de jusante a montante das linhas de plantio dos cafés novos, avançando com a ocorrência dos processos erosivos.

Figura 94: Direcionamento das curvas de nível



Fonte: Arquivo Pessoal.

No caso de Getulina a presença constante da pastagem se apresenta como relevante na cobertura do solo, as práticas de manejo e conservação do solo empregadas pelo produtor rural são, principalmente, uso de terraços, adubação verde e manejo do mato, esta última, segundo Lombardi Neto (1994) se refere ao corte de erva daninhas a uma pequena altura da superfície do solo, deixando intacto o seu sistema radicular e, conseqüentemente, mantendo a cobertura do solo. A ceifa é favorável ao controle de erosão por não desagregar as camadas do solo, mantém o sombreamento do solo, inibe o impacto das gotas de chuva etc.

O mesmo também mantém a permanência sazonal do gado nas áreas de pastagens, promovendo o pousio e diminuindo a ocorrência de processos erosivos pelo pisoteio animal. Foi em uma destas áreas de antiga lavoura de café com pés improdutivos, substituída pela pastagem com a presença de sulcos erosivos oriundos do pisoteio do gado que os experimento de controle erosão e de determinação de perda de solos estão implantados.

Na figura a seguir tem-se a área de instalação dos experimentos, onde pode ser observado o desencadeamento de sulcos erosivos associados com os caminhos preferenciais do pisoteio do gado, que vão promover a concentração de fluxo do escoamento superficial.

Com relação aos terraços, eles surtem pouco efeito na área, que apresenta um comprimento de rampa considerável, mas com terraços muito espaçados. O mais próximo da área localiza-se no topo da imagem, no ponto mais alto do relevo.

Figura 95: Presença de sulcos erosivos



Fonte: Arquivo Pessoal.

4.6.1 Estimação do Fator P de acordo com Wischmeier et al. (1978) e Kent-Mitchell e Budenzer (1980)

Para a estimação do fator P por meio desta metodologia foram considerados o declive, em porcentagem, o comprimento de rampa e o fato das áreas de estudo apresentarem os cultivos em nível, resultando em:

	Getulina	Vera Cruz
Declividade (%)	10,83	13,00
Comprimento de rampa (m)	103,40	53,51

Para a estimação se utilizou da tabela a seguir:

Tabela 14: Valores de P por Wischmeier et al. (1978) e Kant-Mitchell e Budenzer (1980)

Declividade (%)	Cultivo a nível		Cultivo em faixas	Cultivo em terraços
	Fator P	Máxima longitude	Fator P	Fator P
1-2	0,60	120	0,30	0,12
3-5	0,50	90	0,25	0,1
6-8	0,50	60	0,25	0,1
9-12	0,60	35	0,30	0,12
13-16	0,70	25	0,35	0,14
17-20	0,80	20	0,40	0,16
21-25	0,90	15	0,45	0,18

Fonte: Almorox et al. (2010).

Para a estimação deste fator observa-se que o elemento de maior peso é a declividade, neste sentido, Vera Cruz apresentou um valor de P maior que Getulina.

4.6.2 Estimação do fator P de acordo com pesquisas e referenciais brasileiros

Após os levantamentos sobre trabalhos que estimavam o fator P em áreas agrícolas, selecionou-se o referencial de grande aplicabilidade e coerência que refere-se as quatro principais práticas de conservação apresentados por Bertoni e Lombardi Neto (1999) que são:

Quadro 15: Práticas Conservacionistas Bertoni e Lombardi Neto (1999)

Práticas Conservacionistas	Valor de P
Plantio morro abaixo	1
Plantio em contorno/terraços	0,5
Alternância de campinas + plantio em contorno	0,4
Cordões de vegetação permanente	0,2

Fonte: Bertoni; Lombardi Neto (1999).

Ambas as áreas se enquadram no plantio em contorno, com valor de P de 0,5. Quando comparado com a metodologia de Wischmeier et al. (1978) e Kant-Mitchell e Budenzer (1980) os valores apresentados por Bertoni e Lombardi Neto (1990) se apresentam como menos detalhados, enquanto aquele estabelece maiores diferenciações com relação a declividade.

4.7 ESTIMAÇÃO DA PERDA DE SOLO PELA EUPS

Considerando os valores atribuídos a todos os fatores apresenta-se a seguir o cálculo da perda de solo por meio da EUPS:

Lembrando que a equação é expressa por:

$$A = R K L S C P$$

Onde A é a perda de solo média ($t \text{ ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);

R é o fator de erosividade da precipitação ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \text{ ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$);

K é a erodibilidade do solo ($t \cdot \text{ha} \cdot \text{h} / \text{ha} \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm}$);

LS é o fator topográfico considerando o comprimento da rampa (L) e o grau do declive (S);

C é o manejo do solo e cobertura vegetal;

P são as medidas de conservação do solo.

Considerando o objetivo de comparação das metodologias de grande aplicação mundial nos trabalhos relacionados com a determinação da perda de solo, com aquelas desenvolvidas para características similares as áreas de estudo em pesquisas brasileiras, será calculado, primeiramente, a perda de solo com o uso dos resultados dos referenciais brasileiros e, posteriormente, dos outros referenciais. Esta comparação somente não se aplica para a erosividade das chuvas, considerando que ela foi calculada com duas equações de regressão desenvolvidas para áreas do Estado de São Paulo. Neste sentido, foram aplicados, primeiro, os resultados de Tommaselli et al. (1997) e, depois, os resultados de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992).

- Referenciais Brasileiros

Getulina

$$A = R K L S C P$$

$$A = 7109 \cdot 0,0289 \cdot 3,0409 \cdot 0,01 \cdot 0,5 \quad \text{Tommaselli et al. (1997)} \quad (40)$$

$$A = 3,12 \text{ (t ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}\text{)}$$

$$A = 6299 \cdot 0,0289 \cdot 3,0409 \cdot 0,01 \cdot 0,5 \quad \text{(LN/M,1992)} \quad (41)$$

$$A = 2,76 \text{ (t ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}\text{)}$$

Vera Cruz

$$A = R K L S C P$$

$$A = 7834 \cdot 0,0369 \cdot 2,4909 \cdot 0,10 \cdot 0,5 \text{ Tommaselli et al. (1997)} \quad (42)$$

$$A = \mathbf{36,00 (t ha^{-1} \cdot ano^{-1})}$$

$$A = 7031 \cdot 0,0369 \cdot 2,4909 \cdot 0,10 \cdot 0,5 \text{ (LN/M,1992)} \quad (43)$$

$$A = \mathbf{32,31 (t ha^{-1} \cdot ano^{-1})}$$

- Outros referenciais

Getulina

$$A = R K L S C P$$

$$A = 7109 \cdot 0,0286 \cdot 2,28 \cdot 0,011 \cdot 0,6 \text{ Tommaselli et al. (1997)} \quad (44)$$

$$A = \mathbf{3,05 (t ha^{-1} \cdot ano^{-1})}$$

$$A = 6299 \cdot 0,0286 \cdot 2,28 \cdot 0,011 \cdot 0,6 \text{ (LN/M,1992)} \quad (45)$$

$$A = \mathbf{2,71 (t ha^{-1} \cdot ano^{-1})}$$

Vera Cruz

$$A = R K L S C P$$

$$A = 7834 \cdot 0,0356 \cdot 2,11 \cdot 0,196 \cdot 0,7 \text{ Tommaselli et al. (1997)} \quad (46)$$

$$A = \mathbf{81 (t ha^{-1} \cdot ano^{-1})}$$

$$A = 7031 \cdot 0,0356 \cdot 2,11 \cdot 0,196 \cdot 0,7 \text{ (LN/M,1992)} \quad (45)$$

$$A = \mathbf{72,46 (t ha^{-1} \cdot ano^{-1})}$$

Figura 96: Apresentação dos resultados de perda de solo por meio da EUPS e das parcelas de monitoramento

Técnicas Aplicadas		Getulina		Vera Cruz	
E U P S	Fator R (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)	Tommaselli et al. (1997) 7109	LN&M (1992) 6299	Tommaselli et al. (1997) 7834	LN&M (1992) 7031
	Fator K (t.ha.h/ha.MJ.mm)	Wischmeier et al. (1971) 0,0286	Denardin (1990) 0,0289	Wischmeier et al. (1971) 0,0356	Denardin (1990) 0,0369
	Fator LS (Adimensional)	Renard et al. (1997) 2,28	Bertoni (1959) 3,0409	Renard et al. (1997) 2,11	Bertoni (1959) 2,4909
	Fator C (Adimensional)	Wischmeier (1975) 0,011	Referenciais Brasileiros 0,01	Wischmeier (1975) 0,196	Referenciais Brasileiros 0,10
	Fator P (Adimensional)	Wischmeier et al. (1978) 0,60	Bertoni e Lombardi Neto (1999) 0,5	Wischmeier et al. (1978) 0,70	Bertoni e Lombardi Neto (1999) 0,5
	Perda (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Tommaselli et al. (1997) + Referenciais Brasileiros = 3,12 Tommaselli et al. (1997) + Outros Referenciais = 3,05 LN/M (1992) + Referenciais Brasileiros = 2,76 LN/M (1992) + Outros Referenciais = 2,71		Tommaselli et al. (1997) + Referenciais Brasileiros = 36,00 Tommaselli et al. (1997) + Outros Referenciais = 80,73 LN/M (1992) + Referenciais Brasileiros = 32,31 LN/M (1992) ++ Outros Referenciais = 72,46	
Parcelas/Pinos de Erosão (T/ha)		227		691	

Fonte: Organização da autora.

Após a obtenção dos resultados de perda de solo nas propriedades agrícolas de Getulina e Vera Cruz, algumas considerações se fazem necessárias.

Em primeiro lugar as medições estimadas por meio das parcelas de monitoramento permitem uma visão mais dinâmica da complexidade socioespacial em que a perda está ocorrendo, bem como permite apreender as variações que ocorrem durante o período analisado.

A grande limitação vinculada com a implementação das parcelas de campo vincula-se ao custo e a demanda pelo seu monitoramento constante, o que dificulta sua disseminação. Neste sentido, o uso dos pinos de erosão com o intuito de identificar por meio das medições volumétricas a entrada e saída de sedimentos dentro das parcelas, vinculada com o monitoramento das precipitações diárias e a variação percentual mensal da cobertura vegetal, se colocaram como uma possibilidade de análise de situação de campo indicando, para além do valor numérico, os elementos que podem condicionar ou não a maior ou menor perda de sedimento e, conseqüentemente, subsidiar ações que visem a recuperação ou conservação de áreas degradadas pela erosão hídrica.

No caso da EUPS ela possibilita a análise dos fatores de forma independente, possibilitando a identificação, no caso comparativo, dos maiores ou menores valores adquiridos por cada um destes fatores de acordo com a equação empregada.

Neste exercício identifica-se, portanto, a maior erosividade das chuvas em Vera Cruz corroborando, principalmente, com o maior total pluviométrico registrado no município; a maior erodibilidade do solo de Vera Cruz favorecida pela menor

permeabilidade e quantidade de matéria orgânica, que contribuiria para a agregação das partículas, em especial em superfície, que caracteriza-se por ser muito arenosa; a relevância do comprimento de rampa para o valor de LS mais elevado em Getulina; a oscilação no percentual de cobertura vegetal em Vera Cruz e o cultivo do café para o maior valor de C em detrimento da gramínea e da pastagem em Getulina que lhe permite uma maior cobertura do solo; e a relevância da declividade para o maior valor de P pelo método de Wischmeier et al. (1978) para Vera Cruz, bem como sua igualdade com o valor de Getulina pelo método de Bertoni e Lombardi Neto (1999) que evidencia a forma de plantio em sua determinação.

A diferenciação dos valores atribuídos a cada um dos fatores em cada metodologia aplicada evidencia a sensibilidade da equação com a calibração e polidez das informações empregadas. Neste sentido, uma pequena alteração em um dos fatores modifica, consideravelmente, o produto final. Esta sensibilidade, bem como sua característica de empregar variáveis dependentes, de grande correlação entre si, lhe atribui um caráter geográfico de apreensão da complexidade das dinâmicas envolvidas na perda de solo, embora suas limitações de formulação e aplicação expressem a simplificação da realidade inerente aos modelos de predição.

Este aspecto fundamenta a necessidade de considerar que a análise dissociada de um fator, enquanto responsável pelo desencadeamento de processos erosivos ou pela potencialização da perda de solos, enquanto degradações do ambiente, empobrece a análise e resulta em equívocos sobre a complexidade do real. O que fica evidente, inclusive, nos resultados empíricos das análises e das equações, que expressam correlações ou tendências entre os fatores e a perda de solo resultante, mas que, ao mesmo tempo, enfatiza a importância do todo, da busca pela análise conjuntiva.

Neste sentido, as precipitações não dão conta de explicar as oscilações nas perdas de solo registradas nas parcelas de monitoramento, considerando que os solos atingidos são distintos, bem como seus manejos, sua proteção pela cobertura vegetal varia com o tempo e o tipo de vegetação, etc.; assim como a erodibilidade dos solos não se explica somente pela maior ou menor quantidade de matéria orgânica ou pela sua estrutura, podendo um solo mais susceptível ser fisicamente, quimicamente e biologicamente alterado visando sua maior proteção e resistência; um terreno mais declivoso não significa, necessariamente, que se registrará uma maior perda, dependendo do tipo de solo, de sua cobertura, das características das chuvas que o atinge, do seu comprimento de rampa, do emprego de técnicas de conservação ou não etc.; a eficiência da cobertura

vegetal na proteção do solo vai depender de inúmeros fatores como suas características, o regime pluviométrico, a erodibilidade, as técnicas de conservação, etc. por fim, as práticas conservacionistas também vão estar associadas com as outras características da área de estudo, que lhe atribuirão ou não eficiência no controle da perda de solo.

Comparando os dois municípios observa-se que a grande diferença entre as estimativas de perda de solo se dão, principalmente, em função do fator C (Cobertura Vegetal), que apresenta grande variação. Esta sensibilidade de alteração nos fatores também favorece a superestimação ou subestimação da perda de solo quando comparado com as medições das parcelas de monitoramento.

O que se deve levar em consideração é que a EUPS se coloca como uma sinalização de uma maior ou menor perda de solo em determinada localidade, identificando a relevância de determinados fatores na sua potencialização ou não e possibilitando ações que objetivem o seu controle. Mais do que um valor numérico, a EUPS se coloca como uma ferramenta de relevância para o planejamento e conservação do solo, indicando possíveis caminhos e ações a serem tomadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da presente pesquisa evidencia a complexidade dos processos e dinâmicas relacionadas com a degradação do solo e que devem ser consideradas para a apreensão de sua totalidade. Este exercício demanda o entendimento de como o próprio conceito de natureza foi constituído e de que a sociedade deve ser abordada como agente ativo na transformação do meio, interferindo nas dinâmicas naturais e não somente na forma.

A degradação dos solos não se restringe a produtividade agrícola, relacionado com a sua perda e a sua funcionalidade, socialmente construída, mas gera o empobrecimento do meio rural, a poluição e assoreamento de cursos d'água, a dependência financeira e tecnológica dos sujeitos sociais etc.

Esta complexidade de fatores leva a necessidade de abordar o solo no espaço rural de forma articulada com a apropriação do mesmo, por meio das demandas, interesses e funcionalidades que extrapolam aquelas que se processam em escala local. Por isso não devem ser entendidos de forma desvinculada das conjunturas globais como o novo modelo de agricultura moderna, que exprime inúmeras modificações como na forma de produção e manejo do solo, nas relações socioeconômicas, bem como entre a cidade e o campo e entre a natureza e a sociedade, mediada pela técnica. Técnica esta que também apresenta uma heterogeneidade estrutural, ou seja, com o acesso diferenciado entre os sujeitos sociais.

A atual forma de racionalizar a apropriação da natureza somada as demandas crescentes de consumo pela sociedade resultam no que muitos consideram como uma crise ambiental, associada com as formas de uso e a degradação, bem como uma crise paradigmática, pelos vieses de incorporação da natureza como recurso e do modo de produção. Este debate possibilita novas formas de conceber a natureza, a sustentabilidade, o tempo, o progresso, as relações sociais etc.

A determinação da perda de solos se coloca como relevante na obtenção de parâmetros para o planejamento e manejo conservacionista, bem como no entendimento dos fatores que interferem na maior ou menor degradação, enquanto variáveis controladoras de seus mecanismos. Conhecer como este processo se dá permite a intervenção consciente tanto para a recuperação como conservação de áreas degradadas.

Para isso cada um dos métodos de determinação deve ser aplicado de forma consciente, considerando a variação espacial e temporal dos parâmetros de formulação,

os dados requeridos, a possibilidade de extrapolação, os processos considerados etc. Estas características exemplificam a necessidade de considerar os estudos comparativos entre distintos métodos, para entendimento de suas limitações e/ou potencialidades em abarcar certos fatores ou relações.

No presente trabalho este exercício comparativo foi realizado com a aplicação das parcelas de monitoramento, como método direto, e a aplicação da EUPS, enquanto método indireto, possibilitando a articulação entre os principais elementos considerados e os resultados encontrados.

De forma geral, observa-se a grande relevância de cada um dos fatores na equação de perda de solo, uma pequena alteração de um ou mais valores atribuídos representa uma resposta com diferença significativa, mostrando o cuidado que deve ser tomado com a calibração dos valores e o rigor metodológico durante todo o processo. No caso das parcelas experimentais, a análise se dá com situações de campo. Quando se compara as informações resultantes percebe-se o processo de homogeneização dos dados aplicados na equação, por utilizar-se, principalmente de dados médios, ou mensais ou anuais, diferenciando-se dos apresentados nos experimentos de campo.

Estes fatores expressam a característica de estimação da perda de solo com a aplicação da equação, apresentando, qualitativamente, aspectos que favorecem ou não a perda em determinada condição ambiental. Neste sentido, os valores estimados devem ser considerados e analisados conjuntamente e não apropriados como valores absolutos.

A característica comparativa também se estende para as conjunturas socioespaciais das áreas de estudo, considerando características climáticas, pedológicas e geomorfológicas diferenciadas, bem como as formas de uso e ocupação. A contribuição destas comparações possibilita entender como estes diferentes elementos podem potencializar ou não a degradação dos solos e sua perda.

De forma geral, em Vera Cruz observou-se as maiores perdas. Esta característica está associada tanto com sua tendência as maiores concentrações de chuva, como a diferença textural, de porosidade e consistência entre os horizontes do solo, favorecendo sua exposição e perda pelo escoamento superficial, também associa-se com a variação da cobertura vegetal na área, ligada com o processos de uso e ocupação da mesma e a declividade mais acentuada que favorece o transporte pelo escoamento.

Portanto, uma variação em um ou mais componentes seja do solo e seu comportamento, da chuva, do relevo, da cobertura vegetal ou da forma com que o mesmo

é ocupado, bem como seu uso, altera os processos envolvidos na degradação do solo e fundamenta a necessidade de considerar dinâmicas naturais e sociais de forma conjuntiva para o entendimento da totalidade e sua complexidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A. W. et al. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p.153-160, 2005.
- ALBUQUERQUE, A. W et al. Parâmetros erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo de um solo bruno não-cálcico vértico em Sumé (PB). **R. Bras. Ci. Solo**, 22, p. 743-749, 1998.
- ALBUQUERQUE, J. A. et al. Variabilidade espacial em parcelas experimentais de perda de água por chuva natural. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, n.2, p. 2069-273, 1994.
- ALBUQUERQUE, A. W. et al. Parâmetros erosividade da chuva, da enxurrada e da chuva-enxurrada correlacionados com as perdas de solo de um luvisolo. **R. Bras. Ci. Solo**, 26, p. 695-703, 2002.
- ADRIOLO, M. V. et al. Calibração do modelo SWAT para a produção e transporte de sedimentos. In: **VI Simpósio Brasileiro Sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas**, Belo Horizonte - MG, 21 a 25 de Abril de 2008, p. 1-18.
- AGUIAR, A. B. de. **O emprego do permeâmetro de Guelph na determinação da permeabilidade do solo, de camadas de lixo e sua cobertura**. 67 f. Dissertação (Mestre em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- ALATORRE, L. C.; BEGUERÍA, S. Identification of Eroded Areas Using Remote Sensing in a Badlands Landscape on Marls in the Central Spanish Pyrenees. **Catena**, 76, 182-190, 2009.
- ALEXANDRE, G.R. **Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de belo horizonte a partir de métodos estatísticos e modelos climáticos**. (2009). Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/REPA-82TJGL>.
- ALMEIDA, C. O. S. et al. Potencial erosivo da chuva de Cuiabá, MT: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.2, p.178-184, 2011.
- ALMEIDA, M. A. de. et al. 1980b. Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos estados de Mato Grosso do Sul e Paraná. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**. Camboriú. Anais Camboriú, SBG. v. 5, p. 2799-2812, 1980.
- ALONSO, A de S. Erosión hídrica en campos de agricultura extensiva. **Cuad. Soco Esp. Cien. For.** v.13, p. 183-190, 2002.
- ALONSO, A de S. et al. Erosión y manejo del suelo. Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antrópicos. **Agríc. Ecológica**, v. 7, p. 13-38, 2011.
- ALMOROX ALONSO, J. et al. Utilización de los sistemas de información geográfica para la estimación automática de la escorrentía directa. **Ingeniería del Agua**, v. 8, n. 3, 2001.
- ALMOROX ALONSO, J. et al. **La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de estimación**. Murcia: Universidad de Murcia, 2010. p.384.
- ALVES, A.; SOUZA, F. J. de.; MARQUES, M. Avaliação do potencial à erosão dos solos: uma análise comparativa entre Lógica Fuzzy e o Método USLE. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2011-2018.
- AMARAL, J. A. do. et al. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um cambissolo húmico da região do planalto sul-catarinense. **R. Bras. Ci. Solo**, 32, p. 2145-2155, 2008.
- AMORIM, J. M. de. Uma Análise da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Revista Mirante** v. 06, n.06, 2009.
- AMORIM, R. S. S. et al. Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE E WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.30, n.6, p.1046-1049, nov./dez. 2010.

- ANDRADE, N. S. F. de. et al. Impacto técnico e econômico das perdas de solo e nutrientes por erosão no cultivo da cana-de-açúcar. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 539-550, maio/jun, 2011.
- ANDRADES, T. O; GANIMI, R. N. Revolução Verde e a apropriação capitalista. **CES Revista**, Juiz de Fora, v.21,2007.
- ANDRELO, A. C. et al. Uso do Césio-137 para avaliar taxas de erosão em cultura de soja, café e pastagem. **R. Bras. Ci. Solo**, 27, p. 223-229, 2003.
- ANGULO-MARTINEZ, M.; BEGUERIA, S. Estimating rainfall erosivity from daily precipitation records: A comparison among methods using data from the Ebro Basin (NE Spain). **Journal of Hydrology**, 379(1-2), pp. 111-121, 2009.
- ANTONELI, V. **Dinâmica do uso da terra e a produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na bacia hidrográfica do Arroio Boa Vista- Guamiranga-PR**. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2011.
- ARAÚJO, F. S. et al. Estimativa da Erodibilidade de Latossolos do Piauí. **Scientia Plena**, v. 7, n. 10, p. 1-6, 2011.
- ARAÚJO, G. H. S. et al. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2010. 322 p.
- ARNOLDUS H. M. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. M. De Boodt; D. Gabriels. In: **Assessment of Erosion**. Wiley, Chichester, UK, 1980.
- ARRUDA, W.C et al. Estimativa de Erosão em Clareiras através da Mudança do relevo do Solo por Meio de Pinos. In: **Workshop de avaliação técnica e científica da rede CTPETRO Amazônia**, 2006, Manaus. Workshop... Manaus: INPA, 2006. 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.projetos.inpa.gov.br>.
- AVANZI, J. C. et al. Calibração e aplicação do modelo MUSLE em uma microbacia hidrográfica nos Tabuleiros Costeiros brasileiros. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.6, p.563-569, 2008.
- BAGLI, P. Rural e urbano: harmonia e conflito. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão; WHITACKER, Arthur Magon (org.). **Cidade e Campo: relações e contradições entre o urbano e rural**. 1ªed. São Paulo: Expressão Popular, 2006. p.81-110.
- BALDASSARINI, J. S. A importância da atividade cafeeira no município de Marília: contribuições e impasses. In: XVII Encontro Nacional de Geógrafos, 2012, Belo Horizonte. **Anais do XVII Encontro Nacional de Geógrafos**. Belo Horizonte, 2012. p.1-12.
- BALDASSARINI, J. S. **Recuperação de áreas degradadas por erosão hídrica em propriedades produtoras de café nos municípios de Getulina e Vera Cruz-SP**. 2014. 192p. Monografia (Bacharel em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- BALSADI, O. V. et al. A demanda regional da força de trabalho agrícola no Estado de São Paulo e sua sazonalidade. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.25, n.6, p.19-30, jun. 1995.
- BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Campo-território: revista de geografia agrária**. Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006.
- BARRETTO, A. G de O. P. et al. Bibliometria da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo: instituições, temas, espaço e cronologia. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 33, p. 1845-1854, 2009.
- BATEZELLI, A. **Redefinição litoestratigráfica da unidade Araçatuba e da sua extensão regional na Bacia Bauru no Estado de São Paulo**. 1998. 110f. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.
- BAZZANO, M.G.P. et al. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1205-1217, 2007.

BERNARDELLI, M. L. F. H. O caráter urbano das pequenas cidades da região canavieira de Catanduva – SP. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão; WHITACKER, Arthur Magon (org). **Cidade e Campo: relações e contradições entre o urbano e rural**. 1ªed. São Paulo: Expressão Popular, 2006. p.217-247.

BERTOL, I.; ALMIDA, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. **R. Bras. Ci. Solo**, 24, p. 657-668, 2000.

BERTOL, I. et al. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 31, p. 133-142, 2007.

BERTOL, I. et al. Parâmetros relacionados com a erosão hídrica sob taxa constante da enxurrada, em diferentes métodos de preparo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 30, p. 715-722, 2006.

BERTOL, I. et al. Erodibilidade de um nitossolo háplico alumínico determinada em condições de campo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31, p. 541-549, 2007.

BERTOL, I. et al. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). **R. Bras. Ci. Solo**, 26, p. 455-464, 2002.

BERTOLANI, F. C. **Caracterização física dos solos em uma microbacia degradada em Vera Cruz, SP**. 1998. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas.

BERTONI, J. O espaçamento de terraços em culturas anuais, determinado em função das perdas por erosão. **Bragantia**, Campinas, SP. 18: 113-140, 1959

BERTONI, J. Sistemas coletores para determinações de perdas por erosão. **Bragantia**, v. IX, p.147-155.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2007. p.177-241.

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. Embasamento técnico do programa estadual de microbacias hidrográficas. In: LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. (Coord.) **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas, 1994. 15p.

BEZERRA, M. Â. et al. Análise Geoambiental da região de Marília, SP: Suscetibilidade a processos erosivos frente ao histórico de ocupação da área. **Revista Geociências**, São Paulo - UNESP, v.28, n.4, p. 425-440, 2009.

BLAINSKI, E. et al. Aplicação o Modelo Hidrológico Swat (Soil And Water Assessment Tool) para a simulação da perda de solo e da disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica não instrumentada. In: **X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, Fortaleza - CE, 16 e 19 de Nov. de 2010, p. 1-11.

BLOISE, G. de L. F. et al. Avaliação suscetibilidade natural à erosão dos solos na Bacia do Olaria-DF. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 33 (1): 29-34, 2003.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. 264 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BORGES, C.Z. **Erosão marginal no rio paraná após a conclusão do reservatório da UHE Sérgio Motta (Porto Primavera) a jusante da barragem**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2004.

BORGES, K. M. R. **Avaliação da susceptibilidade erosiva da Bacia do Rio Carinhanha (MG/BA) por meio da EUPS – Equação Universal de Perda de Solos**. 2009. 80p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia. Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo (contribuição à Carta de solos do Brasil)**. Rio de Janeiro, 1960. 634 p. (Boletim do SNPA, n. 12).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Plano diretor para a utilização dos recursos hídricos do Estado do Paraná - relatório setorial - volume J. **Capítulo 3: Atual perda bruta do solo**. Brasília, 2003. Disponível na internet (acesso em 18 de junho de 2003):http://www.hidricos.mg.gov.br/ufparana/volume_j/indice.htm.

BUENO, C. R. P. et al. A análise multivariada na determinação do risco de erosão em solos sob irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n 1, p. 23935, jan-mar, 2010.

CALVO-CASES, A., BOIX-FAYOS, C., IMESON, A.C. Runoff generation, sediment movement and soil water behaviour on calcareous (limestone) slopes of some Mediterranean environments in southeast Spain. **Geomorphology** v. 50 (1e3), 269-291, 2003.

CAMARGO, O. A. et al. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, **Instituto Agronômico**, 2009. 77 p.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.125-137, 2000.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Teste de uma equação simples da evapo(transpi)ração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura média do ar. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Campinas. Fundação Cargil, 1983. p. 229-244.

CAMARGO, A.P. O balanço hídrico no Estado de São Paulo. **Bol. Téc. Inst. Agron. Est.** Campinas 116, 15 p. 1960.

CAMARGO, A.P., **Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo**. 1961. 49f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAMPOS FILHO, O. R.; SILVA, I. de F.; ANDRADADE, A. P. de.; LEPRUN, J. C. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no agreste de Pernambuco. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.27, n.9, p.1363-1370, set, 1992.

CAMPOS, S. P. de; CARDOSO, L. G. **Cálculo do Fator LS da Equação Universal de Perdas de Solo**. 2004. Disponível em: <iflorestal.sp.gov.br/files/2004/01/IF-c08.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2015.

CANIL, K. Diagnóstico dos processos erosivos e impactos em bacias hidrográficas, município de Oscar Bressani, SP. In: **VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**, Goiânia -GO, 03 a 06 de maio de 2001, p. 1-8.

CAPECHE, L. C. et al. Degradação do solo e da água: impactos da erosão e estratégias de controle. In: TAVARES, Sílvio Roberto de Lucena [et al]. **Curso de recuperação de áreas degradadas: A visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicações de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. p.105-132.

CARDOSO, E. L. et al. Análise de solos: finalidade e procedimentos de amostragem. Corumbá: **Embrapa Pantanal**, 2009. 5 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 79. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/COT79.pdf> Acesso em: 12 dez.2009.

CARVALHO, M.P. **Erosividade da chuva: distribuição e correlação com as perdas de solo de Mococa - SP**. 1987. 104f. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARVALHO, M.P. et al. Parâmetros de erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Podzólico Vermelho-Amarelo de Pindorama. **R. Bras. Ci. Solo**, 21, p.279-286, 1997.

- CARVALHO, D.F. et al. Rainfall patterns and erosion indices at Seropedica and Nova Friburgo, Rio de Janeiro — Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 9, p.7–14, 2005.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.146 p.
- CASSETI, V. **Estudos dos efeitos morfodinâmicos pluviais no planalto de Goiânia**. São Paulo, 1983. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CASSOL, E.A. et al. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32(3), p. 1239-1251, 2008.
- CASTRO NETO, P. **Desenvolvimento e avaliação de equipamentos e metodologia para determinação de parâmetros físicos do solo relacionados a dias trabalháveis com máquinas agrícolas**. 155 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- CAVALIERI, A. **Erodibilidade do solo: avaliação por meio de propriedades físicas e químicas**. 1994. Dissertação (Mestrado), Universidade de Campinas, Campinas.
- CECÍLIO, R. A. et al. Aplicação dos modelos Rusle e Wepp para a estimativa da erosão hídrica em microbacia hidrográfica de Viçosa (MG). **Revista Verde**, Mossoró, v.4, n.2, p. 39 - 45 abr/jun, 2009.
- CERDÀ, A. Erosión hídrica del suelo en el Territorio Valenciano. El estado de la cuestión através de la revisión bibliográfica. **Geoforma Ediciones**, Logroño, 79p, 2001.
- CERDÀ, A. **Erosión y degradación del suelo agrícola en España**. Universitat de València Estudi General, Valencia, 238 p, 2008.
- CERDÀ, A. The effect of season and parent material on water erosion on highly eroded soils in eastern Spain. **Journal of Arid Environments**, 52, 319-337, 2002.
- CERDÀ, A. Simuladores de lluvia y su aplicación a la Geomorfología. Estado de la cuestión. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, XXV, 45-84, 1999.
- CHAUI, M. Ciências Humanas. IN: CHAUI, Marilena. **Convite à Filosofia**. São Paulo: Ática, 1994. p. 345-353.
- CHAVES, H. M. L. Incertezas na predição da erosão com a USLE: impactos e mitigação. **R. Bras. Ci. Solo**, 34, p. 2021-2029, 2010.
- CHEPTULIN, Alexandre. **A dialética materialista. Categorias e leis da dialética**. São Paulo: Alfa-Ômega, 1982, p. 157-333.
- COELHO, M. R. et al. **Levantamento pedológico semidetalhado (1:25.000) da microbacia da Água Três Unidos, município de Vera Cruz (SP)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 120p, 2002.
- COGO, N. P. **Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural**. I Sugestões gerais, medição de volume, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada (I aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO 2, Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p.75-87.
- COGO, N. P. et al. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 27. P. 743-753, 2003.
- COLODRO, G. et al. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio. **R. Bras. Ci. Solo**, 26, p. 809-818, 2002.
- CONTE, B. **La révolution verte**, 2003. Disponível em: <http://conte.u-bordeaux4.fr/>. Acesso em 01 de maio de 2014.
- CONTI, J. B. Resgatando a “fisiologia da paisagem”. **Revista do Departamento de Geografia**. FFCLH. n.14. São Paulo, 2001.

- CORRÊA, E. A. **Caracterização da cobertura vegetal na equação universal de perda de solos (fator C) por meio de geotecnologias**. 166 f. Dissertação (Mestrado em Geografia).
- CORRÊA, G. T. (2004) Avaliação dos processos de erosão marginal no arquipélago Floresta-Japonesa (alto rio Paraná) no período de 1999 a 2001. Tese de Doutorado (inédito) UEM/Pós graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais. Maringá. 73p.
- CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. **Solos agrícolas**. Campina Grande: EDUFPG, 178 p. 2006.
- CRUZ, C. **Análise comparativa da evolução das boçorocas nos anos de 1962 e 1999 nos municípios de Pompéia e Oriente, SP**. 2001. 105f. Dissertação (mestrado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- CRUZ, P.T da. 100 Barragens Brasileiras. Casos Históricos, Materiais de Construção e Projetos. **Oficina de Textos**. São Paulo, 1996.
- CUNHA, C. M. L. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro –SP.
- DAEE/IPT. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas**. São Paulo, DAEE/IPT, 1989. 92 p.
- DE ALBA, S. Implicaciones geomorfológicas de la redistribución y erosión del suelo por las prácticas de laboreo: Tillage erosion. In: VI Reunión Nacional de Geomorfología. **Sociedad Española de Geomorfología**. SEG-Universidad Complutense de Madrid, 2000.
- DE ALBA, S. Metodologías para el estudio de la erosión en parcelas experimentales: relaciones erosión-desertificación a escala de detalle. En I Ibáñez, B.L. Valero Garcés y C. Machado (Eds.). El paisaje mediterráneo a través del espacio y del tiempo. Implicaciones en la desertificación. Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), **Geoforma Ediciones**. Logroño, pp. 259-293, 1997.
- DE ALBA, S. **Procesos de degradación del suelo por erosión en ecosistemas agrícolas de condiciones ambientales mediterráneas en la región central de España**. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, 590 p., 1998.
- DE ALBA, S. Redistribución y erosión del suelo por las prácticas agrícolas de laboreo en laderas cultivadas. En A. Gómez Ortiz y F. Salvador Franch. (Ed.). **Investigaciones recientes de la Geomorfología española**. Sociedad Española de Geomorfología. Logroño, pp. 471-482, 1998.
- DE ALBA, S. de. et al. Erosión hídrica en campos de agricultura extensiva de clima mediterráneo. Influencia del manejo del suelo en Castilla-la Mancha. **Edafología**, v. 10, n. 3, p. 103-113, 2003.
- DE ALBA, S. et al. El barbecho convencional, una práctica convencional que intensifica la degradación del suelo por erosión hídrica en los sistemas agrícolas de ambientes semiáridos. **Congreso Europeo de Agricultura Sostenible en Ambientes Mediterráneos**. Escuela de Ingenierías Agrarias de la Universidad de Extremadura - Junta de Extremadura. pp. 262-266, 1999.
- DE ALBA, S. et al. Erosión de suelo en episodios de lluvia de elevada intensidad versus episodios de moderada y baja intensidad y elevada frecuencia en ambientes semiáridos. In A. GÓMEZ ORTIZ Y F. SALVADOR FRANCH. (Ed.). **Investigaciones recientes de la Geomorfología española**. Sociedad Española de Geomorfología, Logroño, p. 483-492, 1998.

- DE ALBA, S., LÓPEZ FANDO, C., PÉREZ GONZÁLEZ, A. Erosión hídrica en sistemas agrícolas. Diseño experimental y resultados preliminares. **III Reunión Nacional de Geomorfología**, Logroño, Tomo II, pp. 55-68, 1994.
- DE ALBA, S. et al. Erosión hídrica en sistemas de agricultura extensiva de clima mediterráneo. Influencia del manejo del suelo en Castilla-La Mancha. In R. BIENES Y M.J: MARQUÉS (eds.) **Control de la Erosión y Degradación del suelo**. Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentación (CAM), Madrid, p.71-74, 2003.
- DE ALBA, S., BENITO, G. Effects of soil surface management on erosion during extreme rainfall events in semiarid agricultural lands (Central Spain). In: Abstracts symposium: **The Significance of Soil Surface Characteristics in Soil Erosion**, UE-COST 623 “Soil Erosion and Global Change”, Strasbourg, 2002.
- DE MARIA, I. C. Cálculo da erosividade da chuva. In: _____ **Manual de programas de processamento de dados de campo e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo**. Campinas: IAC-SCS, 1994.
- DE MARIA, I. C. **Razão da perda de solo para alguns sistemas de manejo da cultura do milho**. 1995. 93f. (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- DE MARIA, I.C.; LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.263-270, 1997.
- DE PLOEY, J. e GABRIELS, D.. Measuring soil loss and experimental studies. In: **Soil Erosion**. Eds. M.J.Kirkby e R.P.C. Morgan. p. 63-108, 1980.
- DEDECEK, R. A. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 23(12), p. 1431-1438, dez. 1988.
- DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimada através de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 113p. (Tese de Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP, Piracicaba.
- DESTEFANI, E. V. Caracterização da erosão marginal no Rio Paraná: período pré e pós-barragem de Porto Primavera. 2001. Monografia. DGE/UEM, Maringá, Brasil.
- DIAZ, J. S. **Control de erosion em zonas tropicales**. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial Santander, 2001. 555 p.
- DÍAZ, A. R. et al. Tasas de erosión hídrica en la región de Murcia. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, n. 56, p. 129-153, 2011.
- DISSMEYER G, G FOSTER. A guide for predicting sheet and rill erosion on forest land. **USDA Forest Service**, p.7-19, 1983.
- DJAIL SANTOS, D. et al. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 33, n. 2, p.183-189, fev. 1998.
- DOMINGUES, Á. **A paisagem revestida**. Finisterra, Lisboa, v.36, n.72, p.55-66, 2001.
- DONZELI, P.L. et al. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para o planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. Campinas, **Documentos IAC**, v. 29, p.91-119,1992.
- DONZELI, P.L. et al. de. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **R. Bras. Ci. Solo**, 37, p. 796-803, 2013.
- EDUARDO, E. N. et al. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **R. Bras. Ci. Solo**, 37, p. 796-803, 2013.

ELTZ, F. L. F. et al. Perdas de solo e água em entressulcos em um argissolo vermelho-amarelo submetido a quatro padrões de chuva. **R. Bras. Ci. Solo**, 25, p. 485-493, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: 2006, 306 p.

ENDLICH, Â. M. Perspectivas sobre o urbano e o rural. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão; WHITACKER, Arthur Magon (org). **Cidade e Campo: relações e contradições entre o urbano e rural**. 1ªed. São Paulo: Expressão Popular, 2006. p.11-31.

EVANGELISTA, A. W. P. et al. Potencial erosivo das chuvas em lavras, MG: distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno. **Irriga**, v. 11, n. 1, jan./mar., 2006.

FAO. 1989. **Evaluación de los estados de erosión hídrica de los suelos y delimitación de áreas críticas por pérdida del horizonte A en la cuenca del Río Reventazón**. Gobierno de Costa Rica. Informe Técnico No. 1-E. Roma: FAO. 133 p.

FARINASSO, M. et al. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – equação universal da perda de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba-PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n.2, p.73-85, 2006.

FERNANDES, D. S. et al. **Evapotranspiração: uma revisão sobre os métodos empíricos**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010.

FERNANDES, E. N. et al. Erosys: sistema de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2002.

FERNANDEZ, O.V.Q. **Mudanças no canal do Rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico (PR)**.1990. Dissertação de mestrado. IGCE, UNESP, Rio Claro.

FERNANDEZ, M. N. **Preenchimento de falhas em séries temporais**. 2007. p.106. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica). FURG – Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

FERRAZ, R. P. D. Fundamentos de morfologia, pedologia, física e químicos do solo de interesse no processo de recuperação de área degradada. In: TAVARES, Sílvio Roberto de Lucena [et al]. **Curso de recuperação de áreas degradadas: A visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicações de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. p.9-62.

FERREIRA, F. R B. **Análise integrada de dados no estudo da dinâmica da terra em uma bacia hidrográfica: o caso do Rio Balsinhas - MA**. 2006. 111 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

FIGUEIREDO, M.; GUERRA, A. J. T. Influência das propriedades físicas e químicas dos solos nos processos erosivos na gleba facção no município de Cáceres/MT. In: **VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**, Goiânia - GO, 03 a 06 de mai. de 2001, p. 1-8.

FILL, H. D. Informações hidrológicas. In: BARTH, F. T.; POMPEU, C. T.; FILL, H. D.; TUCCI, C. E. M.; KELMAN, J. BRAGA JÚNIOR, B. P. F. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo: Nobel/ABRH, 1987. p.95-202.

- FOSTER G.R. Y MEYER L.D. 1975. **Mathematical simulation of upland erosion by fundamental erosion mechanism**. USDA-ARS-S-40, 1975. 190p.
- FOSTER G.R. Y WISCHMEIER W.H. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. Trans, **ASAE**, v.17, p.305-309, 1974.
- FOSTER, G.R. et al. Support practice factor (P). In: K.G. RENARD, G.R. FOSTER, G.A. WEESIES, D.K. MCCOOL; D.C. YODER. (Ed.). Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). **Agriculture Handbook**. United States Department of Agriculture, n.703, p.183-251, 1997.
- FOSTER, J. B. **A Ecologia de Marx - Materialismo e Natureza**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.
- FOURNIER, F. Climat et erosion. Paris, **Press Universitaire de France**, 1960. 201p.
- FRANCISCO, A. B. **O processo de voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia-SP: sua dinâmica e as propostas de recuperação**. 2011. 120f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.
- FRANCISCO, A. B. A erosão de solos no extremo oeste paulista e seus impactos no campo e na cidade. Revista **GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, v. 02, n.2, p.57 – 68, jul/dez, 2011.
- FREIRE. O. **Solos das regiões tropicais**. Botucatu: FEPAE, 2006.
- FREIRE, O. Uso agrícola do solo: Impactos Ambientais, Perspectivas e Soluções. In: TAUKTORNISIELO, S. M., GOBBI, N., FORESTI, C., LIMA, S. T. **Análise Ambiental: Estratégias e Ações**. Rio Claro, T. A. Queiroz/Fundação Salim Farah Maluf. Rio Claro (SP): Centro de Estudos Ambientais – UNESP, 1995.
- FREITAS, L. F. de. et al. Determinação do potencial de erosão a partir da utilização da EUPS na bacia do Rio Preto. **Espaço & Geografia**, v.10, n. 2, p. 431-452, 2007.
- FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP**. 2012. 141f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.
- GALDINO, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do alto Taquari - MS/MT**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola, 2012.
- GALHARTE, C. A. et al. Estimativa da produção de sedimentos em função da mudança de uso e cobertura do solo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.2, p.194–201, 2014.
- GARBATE, M. V. et al. Erosão em entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **R. Bras. Ci. Solo**, 35, p. 2145-2155, 2011.
- GARCÍA MORENO, R. et al. Shadow analysis: A method for measuring soil surface roughness. **Geoderma** 146 (1-2), p. 201-208, 2008.
- GARCÍA RUÍZ, J. M.; LOPÉZ BERMÚDEZ, F. La erosión del suelo en Españã. **Sociedad Española de Geomorfología (SG)**, Zaragoza, p.441, 2009.
- GEIB, H.V. A new type of installation for measuring soil and water losses from control plots. Journal of the American Society of Agronomy, **Washington, D.C.**, v.25, p.429-440, 1933.
- GORENDER, J. **Gênese e desenvolvimento do capitalismo no campo brasileiro**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1987. 27ªed. 64p.
- GRAZIANO DA SILVA, J. Do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: GRAZIANO DA SILVA, J. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. Campinas: UNICAMP/IE, 1996.
- GRAZIANO DA SILVA, J. **O novo rural brasileiro**. Campinas: UNICAMP, Instituto de Economia, 1999.
- GREGORY, K.J. **A natureza da geografia física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

- GUERRA, A. J. T. A erosão de solos no contexto social. **Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 17, p.14-23, 1994.
- GUERRA, A. Experimentos e Monitoramentos em Erosão dos Solos. **Revista do Departamento de Geografia**. n.16, p.32 – 37, São Paulo, 2005.
- GUERRA, A. J. T. et al. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.
- GUERRA, T. A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 19, p. 93-114, 1996.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos (org.)**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.458p.
- GUERRA, A.J.T. (1996). Técnicas e métodos utilizados no monitoramento dos processos erosivos. **Sociedade e Natureza**, 15. p. 15-19.
- GUERRA, A.J.T. (2002). Processos Erosivos nas Encostas. In: **Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Orgs. S.B. Cunha e A.J.T. Guerra. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2.ed. p. 139-155.
- GUERRA, A.J.T. (2005). Processos Erosivos nas Encostas. In: **Geomorfologia – uma Atualização de Bases e Conceitos**. Orgs. A.J.T. Guerra e S.B. Cunha. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 6. ed. p. 149-209.
- GURGEL, R.S. et al. Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do emprego da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos no município de Riachão das Neves – BA. **Revista Geografia Ensino e Pesquisa**. Santa Maria: UFSM, v. 15, n. 3, p. 93-102, 2011.
- HATUM, I. S. **Análise de processos erosivos pluviais em argissolos através de parcelas experimentais para o município de Presidente Prudente-SP**. 2009. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado - Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- HERNANI, L.C. et al. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E. & PERES, J.R.R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**, Rio de Janeiro, EMBRAPA, 2002, p.47-60.
- HERNANI, L. C. O manejo e conservação de solo e água. **Revista Ação Ambiental**, v.6, n.24, 2003. p.14-17.
- HESPANHOL, A. N.; HESPANHOL R. A. de M. **Dinâmica do Espaço Rural e Novas Perspectivas de Análise das Relações Campo-Cidade no Brasil**. Terra Livre, v.27, p.133-148. 2006.
- HOLLOWAY, T. H. **Imigrantes do Café: café e sociedade em São Paulo**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1984. 297p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 2ª edição.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Noções Básicas de Cartografia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. 2. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geológico do Estado de São Paulo: 1:500.000**. São Paulo: IPT, vol. I, 1981, p.46-8; 69 (Publicação IPT 1184).
- JACOBS, G.A. **Erodibilidade de dois Latossolos Vermelho-Escuro (textura argilosa e média) em relação a erosividade**. 1995. 86f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- JAVIER, R. V **Cálculo de producción de sedimentos em la subcuena del Río Ahuehuepan, Taxco Guerrero**. 79 f. Tese (Engenharia Florestal) - Universidad Autónoma Chapingo. México, 2012.
- KENT MITCHELL, J.; BUBENZER, G. D. Soil loss estimation, In: **Soil Erosion**. M. J. Kirkby & R. P. C. Morgan. John Wiley, New York, USA, p.51-54, 1980.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo – planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- LACERDA, R. D. de. et al. Avaliação de um TDR para determinação do conteúdo de água do solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n.1, jan/jul, 2005.
- LAFLEN, J. M. et al. WEPP soil erodibility experiments for rangeland and cropland soils. **Soil Water Cons**. 46(1): 39-44, 1991.
- LAL, R. **Soil erosion in the tropics**. McGraw Hill, Inc., p. 581, 1990.
- LAWLER, D. M. **The use of erosion pins in river banks**. Swansea Geographer, 1978.
- LAWLER, D. M. The Measurement of River Bank Erosion and Lateral Channel Change: A Review. **Earth Surface Processes And Landforms**. v. 18, p.777-821, 1993.
- LEFF, E. **Epistemologia Ambiental**. São Paulo: Cortez, 2002, p.240.
- LEFF, E. **Saber ambiental. Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: PNUMA e Ed. Vozes, 2001.
- LEIVAS, J. F. et al. Risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.397-407, 2006.
- LEMONS, R. C. de.; SANTOS, R. D. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 3. ed. Campinas: 1996. 84 p.
- LEPSCH, I. F. 19 Lições de pedologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LEPSCH, Igo. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.
- LEPSCH, Igo. F. Solos do Estado de São Paulo. In: LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. (Coord.) **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: 1994. p.70-120.
- LIMA, J. de S. **A modernização da agricultura e as implicações nas relações de trabalho no campo: os trabalhadores volantes no município de Fernandópolis – SP**. 2004. 176f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- LIMA, J. M. et al. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de latossolos. **R. bras. Cio Solo**, 14, p. 85-90, 1990.
- LIMA, W. de P. Escoamento superficial, perdas de solo e de nutriente em microparcelas reflorestadas com eucalipto em solos arenosos no município de São Simão, SP. **IPEF**, n.38, p.5-16, abr,1988.
- LIMA, J. E. F. W.; et al. Desenvolvimento e verificação de métodos indiretos para a estimativa da erodibilidade dos solos da bacia experimental do Alto Rio Jardim – DF. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.8, n.2, p.23-36, 2007.

- LIMA, J.M.; CURI, N.; RESENDE, M. & SANTANA, D.P. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade em latossolos. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 14:85-90, 1990.
- LOMBARDI NETO, F. Adubação Verde. In: LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. (Coord.) **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: 1994. p.43-47.
- LOMBARDI NETO, F. Alternância de capinas. In: LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. (Coord.) **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: 1994. p.55-56.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, 51, p. 189-196, 1992.
- LOMBARDI NETO, F. Ceifa de mato. In: LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. (Coord.) **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: 1994. p.57-58p.
- LOMBARDI NETO, F. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para o planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. Campinas, **Documentos IAC**, v. 29, p.91-119,1992.
- LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O. M. de. Tecnologias disponíveis para aumentar a cobertura vegetal e a infiltração de água no solo. In: LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. (Coord.) **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: 1994. p.01-32.
- LOMBARDI NETO, F. et al. Terraceamento agrícola. In: LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. (Coord.) **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: 1994. p.11-35.
- LOMBARDI NETO, F. et al. Práticas conservacionistas em cafezal e as perdas por erosão em solos podzolizados. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.559-562.
- LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. 1977. 53f. Dissertação de Mestrado. West Lafayette, Purdue University.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. Erosión del suelo e intervención humana en las regiones mediterráneas de la Península Ibérica. In A.J. CAMPESINO; C. VELASCO (Eds.) **España-Portugal: Ordenación Territorial del Sureste Comunitario**. Universidad de Extremadura, Cáceres, 141-170, 1996.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. Incidencia de la erosión hídrica en la desertificación de una cuenca fluvial mediterránea semiárida: Cuenca del Segura. España. En: **Degradación de zonas áridas en el entorno mediterráneo espyearl**. Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente, MOPU, Madrid, pp. 63-81, 1989.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. et al. Medidas de flujos de agua y sedimentos en parcelas experimentales. Cuadernos Técnicos de la SEG, nº 6, **Geoforma Ediciones**, 38p., 1993.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; ROMERO, LÓPEZ BERMÚDEZ; F. Erosión y Desertificación. **Heridas de la Tierra**. Editorial Nivola, Tres Cantos, 189 p., 2002.
- LÓPEZ-BERMÚDEZ, F.; ALBADALEJO, J. Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea. En: J. Albaladejo, M.A. Stocking, E. Díaz (Eds.). **Degradación**

- y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas.** Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Murcia, p.15-45, 1990.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. et al. Medidas de flujos de agua y sedimentos en parcelas experimentales. Cuadernos Técnicos de la S.E.G. **Sociedad Española de Geomorfología.** Geoforma Ediciones, n.6, p.38, 1993.
- LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo, teoria e pratica.** 2ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 182p. 2002.
- MAGALHÃES FILHO, F. J. C. et al. Integrando SIG e USLE para mapeamento da perda de solo em área de proteção ambiental. **Revista Agrarian,** Dourados, v. 7, n. 26, p. 552-559, 2014.
- MAGALHÃES, R. A. Erosão: definições, tipos e formas de controle. In: **VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão,** Goiânia - GO, p. 1 -11, 2001.
- MANNIGEL, A. R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum,** Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
- MARQUES, J. J. G. S. M. et al. Adequação de métodos indiretos para estimativa da erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. **R. bras. Ci. Solo,** Viçosa, n. 21, p. 447-456, 1997.
- MARQUES, J. J. G. S. M. et al. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados - primeira aproximação. **R. bras. CiSolo,** Viçosa, 21, p. 427-434, 1997.
- MARQUÉS, M.A. Soil erosion research: experimental plots on agricultural and burnt environments near Barcelona. In: M. SALA, J.L RUBIO AND J.M. GARCÍA-RUIZ (Eds.), **Soil Erosion Studies in Spain.** Geoforma Ediciones, Logroño, p. 153-164, 1991.
- MARTINS, J. de S. **O Cativoiro da Terra.** 3º ed. São Paulo: Hucitec, 1986.
- MARTINS, S. G. et al. Erodibilidade do solo nos tabuleiros costeiros. **Pesq. Agropec. Trop.,** Goiânia, v. 41, n. 3, p. 322-327, jul./set, 2011.
- MARTINS, S. G. et al. Perda de solo por erosão em decorrência da ação de adubação fosfatada corretiva sobre a estabilidade de agregados. **Semina: Ciências Agrárias,** v.32, n.4, p.1297-1306, 2011.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas.** Aprenda Fácil Editora. Viçosa. 2009. 270p.
- MARTÍNEZ, J. M. A. Soil erosion in semi-arid Mediterranean environment. El Ardal experimental field (Murcia, Spain). In: M. SALA, J.L RUBIO, J.M. GARCÍA-RUIZ (Eds.), **Soil Erosion Studies in Spain.** Geoforma Ediciones, Logroño, pp. 137-152, 1991.
- MARTÍNEZ RAYA, A. et al. Evaluation of soil protection with different types of plant cover. In GARCÍA-TORRES, L.; BENITES, J.; MARTÍNEZ VILELA, A. (Eds.) **Conservation agriculture.** A worldwide challenge. I World Congress on Conservation Agriculture, 431-434, 2001.
- MATOS, O. N. de. **Café e Ferrovias: a evolução ferroviária de São Paulo e o desenvolvimento da cultura cafeeira.** São Paulo: Alfa - Omega, 1981. 3º ed. 178p.
- MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea;** Publicação original: 1997 [tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. – São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. 569 p.
- MCCOOL, D. K. et al. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers,** v.30, p.1387-1396, 1987.
- MCCOOL, D. K. et al. Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation, **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers,** v.32, p.1571-1576, 1989.

- MCCOOL, D.K., Wischmeier, W.H. and Johnson, L.C. Adapting the Universal Soil Loss Equation to the Pacific Northwest. Transactions, **American Society of Agricultural Engineers**, 26, p.928-934, 1982.
- MELLO, A. F. et al. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983.
- MELLO, C.R. et al. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesq. Agropec. Bras.**, 42:537-545, 2007.
- MENDONÇA, F. Geografia socioambiental. In: MENDONÇA, F; KOSEL, S. (orgs.) Elementos da epistemologia da Geografia contemporânea. UFPR, 2002.
- MENDONÇA, P.V.E. Sobre o novo método de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather. In: **congresso luso-espanhol para o progresso das ciências**, 24, 1958, Madrid, Acta, Madrid, 1958. p.415-425.
- MERRITT, W.S. et al. A review of erosion and sediment transport models. **Environmental Modelling and Software**. v.18, 761-799, 2003.
- MEYER, L. D. & WISCHMEIER, W. H. Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. **Trans. Am. Soc. Agric. Engrs**, v. 12, p.754-758, 1969.
- MILLIET, S. **Roteiro do Café e outros ensaios: contribuição para o estudo da história econômica e social do Brasil**. São Paulo: HUCITEC, 1982. 4ªed.183p.
- MINELLA, J. P. G. et al. Utilização de métodos de representação espacial para cálculo do fator topográfico na equação universal de perda de solo revisada em bacias hidrográficas. **R. Bras. Ci. Solo**, 34, p. 1455-1462, 2010.
- MIQUELONI, D. P.; BUENO, C. R. P.; FERRAUDO, A. S. Análise espacial dos fatores da equação universal de perda de solo em área de nascentes. **Pesq. agropec. bras.** v.47, n.9, p.1358-1367, 2012.
- MITASOVA, H., J. et al. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. **Int. Journal of Geographical Information Science**, 10(5), 629-641, 1996.
- MITAS, L.; H. MITASOVA. Distributed erosion modeling for effective erosion prevention. **Water Resources Research**, 34(3), 505-516, 1998.
- MONBEIG, P. **Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: Hucitec & Polis, 1984. 392p.
- MONTEIRO, C. A. de F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo - estudo geográfico sob forma de atlas**. São Paulo: Universidade de São Paulo/ Instituto de Geografia. p. 129. 1973.
- MONTEIRO, C. A. F. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. Série Teses e Monografias, São Paulo: USP/IGEOG, n.28, 1976. 54p.
- MOPT. **Medio Ambiente en España 1991**. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid: 1992.
- MORAIS, L. F. B.; COGO, N. P. Comentários críticos de rampa para diferentes manejos de resíduos culturais em sistema de semeadura direta em um argissolo vermelho da depressão central (RS). **R. Bras. Ci. Solo**, 25, p. 1041-1051, 2001.
- MORAIS, L.F.B. et al. Índice EI30 e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **R. Bras. Ci. Solo**, 15:339-344, 1991.
- MORGAN, R.P.C. (2005). **Soil erosion and conservation**. Blackwell Publishing, Inglaterra, 3.ed. 304p.
- MORGAN, R. P. C. et al. The European soil erosion model (EUROSEM): a process-based approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. **Earth Surface Processes and Landforms**, 23, 527-544, 1998.

- MOREIRA, E. V. **As múltiplas fontes de renda e a Pluriatividade nos bairros aeroporto, Cedro, córrego da onça, ponte alta e Gramado no município de Presidente Prudente SP.** 2007. 265f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- MOREIRA, M C. et al. Desenvolvimento e análise de uma rede neural artificial para estimativa da erosividade da chuva para o estado de São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**, 30, p. 1069-1076, 2006.
- MOREIRA, Ruy. **Para onde vai o pensamento geográfico?: por uma epistemologia crítica.** São Paulo: Contexto, 2006, p.191.
- MOREIRA, Ruy. **O que é geografia.** São Paulo: Brasiliense. 1994, p.113.
- MOREIRA, Ruy. **Pensar e ser em geografia: ensaios de história, epistemologia e ontologia do espaço geográfico.** São Paulo: Contexto, 2007, p.188.
- MOREIRA, Ruy (Org.). **Geografia: teoria e crítica – O saber posto em questão.** 1º ed. Petrópolis (RJ): Vozes, 1982.
- MORETI, D. et al. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, 27, p. 713-725, 2003.
- MOZOYER, M; ROUDART, L. **Histórias das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea.** São Paulo: Editora UNESP, 2010.
- MOTTA, I. H. H. da. **O uso da terra no município de Marília.** 1972. 205f. Tese (Doutorado em Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell Soil Color Charts.** Baltimore, 2000.
- MOZOYER, M; ROUDART, L. **Histórias das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea.** São Paulo: Editora UNESP, 2010.
- NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, 15 (43), 2001.
- NORONHA, E. O. **O Espaço rural no contexto da urbanização difusa: o estudo da pluratividade nos Bairros Rurais Roseira e Toca no Município de Jundiá – SP.** 2008. 252f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- NSSH. Soil Survey Staff. **Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Handbook.** Washington, D. C., U. S. Government Printing Office, 1996.
- NUNES, J. O. R. **Práxis geográfica e suas conjunturas.** 2014. 150f. Tese (Livre-docência) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.
- NUNES, J. O. R et al. **A influência dos métodos científicos na Geografia Física.** Terra Livre, Presidente Prudente, v. 2, n. 27, p.119-130, jul./dez. 2006.
- OLIVEIRA, A. H. et al. Escoamento superficial e perdas de solo em florestas de eucalipto no Rio Grande do Sul. **XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Uberlândia – MG, 27 de jul. – 5 de ago. 2012, p. 1-4.
- OLIVEIRA, A. M. M. de. **Aplicação de geotecnologias e do modelo EUPS como subsídio ao planejamento do uso da terra: estudo de caso no alto curso da microbacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, Iracemápolis, S.P.** Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- OLIVEIRA, J. B. de. **Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 112 p.
- OLIVEIRA, J. B. de. et al. **Classes gerais de solo do Brasil: guia para reconhecimento.** 2ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

- OLIVEIRA, L. F. C. de. et al. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande/PB. v. 14. n. 11. p. 1186 – 1192, 2010.
- OLIVEIRA, P. F. de. et al. Aplicação da equação universal de perdas de solo para as principais ordens de solos do estado da Paraíba. In: **XIII Congresso dos Pós-graduandos da UFLA**. 14 a 17 de set. 2004, p. 33-41.
- OLIVEIRA, P. T. S. et al. Erosion risk mapping applied to environmental zoning. **Water Resources Management**, v. 25, p.1021–1036, 2011.
- OLIVEIRA, P.T.S. et al. Rainfall erosivity in Brazil: a review. **Catena**, v.100, p.139-147, 2012.
- OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solo do Brasil: guia para reconhecimento**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- OSAKI, F. Calagem e adubação. 2. ed. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. PAES, F. da S. et al. Espacialização da perda de solo nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí (MG). **Geociências**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 589-601, 2010.
- PANACHUKI, E. et al. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, n.2, p.261–268, 2006.
- PARANHAS FILHO, A. C. et al. Avaliação multitemporal das perdas de solos na bacia do Rio Taquarizinho-MS. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 52, p. 49-59, 2003.
- PEREIRA, A. R. Determinação da perda de solo. **Boletim Técnico**, Belo Horizonte, p. 20, n. 001, mar. 2006
- PEREIRA, A. R. Determinação de perda de solo. In: SIMPÓSIO DE EROSÃO, Anais... Belo Horizonte: **Sociedade Mineira de Engenheiros (SME)**, 1999. 27 p.
- PEREIRA, M. C. Brito. Revolução Verde. IN: CALDART, R. S. (org.). **Dicionário da Educação no Campo**. Rio de Janeiro: Expressão Popular / FIOCRUZ, 2012.
- PEREIRA, K. N. **Avaliação da Fragilidade Ambiental na Microbacia do Ribeirão de Imaruí/SC: uma análise comparativa entre o modelo da Fragilidade Empírica dos Ambientes e o Método da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE)**. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- PESSOA, L.M. **Variação Espacial e Sazonal do Banco de Sementes do Solo em uma área de Caatinga, Serra Talhada, PE**. Dissertação (Mestrado em Botânica). 2007. Universidade Federal Rural de Pernambuco – PPGB/UFRPE, Recife.
- PINTO, H. S. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Rev. Bras. Agrometeorologia**, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.495-500, 2001.
- PIRES, A. **Ruralidades em transformação: agricultores, caseiros e moradores de condomínios**. São Paulo: Annablume, 2007, 242p.
- PORTO-GONÇALVES, C. W. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.
- PORTO-GONÇALVES, C. W. **Os descaminhos do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2006, p.148.
- PORTO-GONÇALVES, C. V. **O desafio ambiental**. Rio de Janeiro: Record, 2011, p.179.
- PRADO JÚNIOR, C. **História econômica do Brasil**. 13ªed. Rio de Janeiro: Editora Brasiliense, 1970. 354p.
- PRADO, J. P. B. do; NÓBREGA, M. T. de. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da

- Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) **Acta Sci. Technol**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 33-42, jan/jun, 2005.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE GETULINA. **Plano municipal de desenvolvimento rural sustentável (PMDRS)**. Getulina: Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010. 29p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE VERA CRUZ. **Plano municipal de desenvolvimento rural sustentável (PMDRS)**. Vera Cruz: Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010. 46p.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 2002.
- PROCHNOW, D. **Perdas de terra e água em sistemas de manejo na cultura do café no Oeste do Estado de São Paulo**. 2003. 119f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas.
- PROCHNOW, D. et al. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, 29: 91-98, 2005.
- PROCHNOW, L. I.; ROSSI, F. **Análise de solo e recomendação de calagem e adubação**. Viçosa: CPT, 1999.
- PRUSKI, F. F. et al. Modelo hidrológico para estimativa do escoamento superficial em áreas agrícolas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.301-307, 2001.
- QUAINI, Massimo. **Marxismo e Geografia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979, p. 25-64.
- QUEIROZ NETO, J. P. de. Erosão dos solos tropicais e seu controle: o exemplo do estado de São Paulo. **VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Goiânia, p.1-11, 2001.
- RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1981, p. 142.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991.
- RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996.
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- REIS-DUARTE, R. M.; CASAGRANDE, J. C. Interação solo-vegetação na recuperação de áreas degradadas. In: **Manual para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares do estado de São Paulo**. São Paulo, Instituto de Botânica de São Paulo, p.60-77, 2006.
- RENARD K.G. et al. Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Erosion (RUSLE). **USDA Agr. Hbk**, n.703, 1997.
- RENARD, K.G., FREIMUND, J.R. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. **Journal of Hydrology**, 157, 287-306, 1994.
- REYNOLDS, W. D. et al. A reexamination of the constant head well permeameter method for measuring saturated hydraulic conductivity above the water table. 1983. **Soil Science**, v. 136, n.4, p.250-268.
- RIBAS, A. D. et al. **Marxismo e Geografia: paisagem e espaço geográfico - uma contribuição para o entendimento da sociedade contemporânea**. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, p.102-123, 1999.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, MG, **CFSEMG/UFV**, 1999. 359p.
- RIBEIRO, G. F. et al. Estudo comparativo entre métodos de cálculo da condutividade hidráulica através de ensaios com permeâmetro Guelph. In: **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Campo Grande – MS, 22 a 26 de Nov. de 2009, p. 1-15.
- RIGHETTO, A.M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998. 840 p.

- ROCHA, P. C. **Erosão Marginal em canais associados ao Rio Paraná na região de Porto Rico, PR**. 1995. Dissertação de mestrado. Departamento de Biologia. Maringá, Brasil.
- ROCHA, P. C. **Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. 2002. Tese de Doutorado. NUPELIA – UEM, Maringá, Brasil.
- RODRÍGUEZ MARTÍNEZ-CONDE, R. et al. La erosión en campos cultivados en Galicia (NW España). **IV Reunión de Geomorfología**, O Castro (La Coruña), p.147-162, 1996.
- ROLIM, G.S. et al. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.
- RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas: 26 p. 2010.
- ROQUE, C.G. et al. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:147-156, 2001.
- ROSA, Antônio Vitor. Agricultura e meio ambiente. São Paulo: **Atual**, 1998.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. S. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. 2.ed. São Paulo: USP-FFLCH/IPT-LCGGA/FAPESP, 1997 v.1: 64p., mapas.
- ROSSI, C. Q; POLIDORO, J. C. Ciclos dos Nutrientes e sua Relação com a Nutrição de Plantas. In: TAVARES, S. R. de L. [et al]. **Curso de recuperação de áreas degradadas: A visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicações de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. p.64-87.
- RUBIO, L.L. et al. Metodología de evaluación hídrica en suelos del área mediterránea. **I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo**. Vol II, p. 827-836, 1984.
- RUFINO, R.L. et al. Influência das práticas de manejo e cobertura vegetal do cafeeiro nas perdas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.277-280, 1985.
- RUFINO, R.L. et al. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná através da pluviometria: terceira aproximação. **R.Bras. Ci. Solo**, 17:439-444, 1993.
- SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S., BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999.
- SALLUN, A.E.M; SUGUIO, K. **Depósitos quaternários da região entre Marília e Presidente Prudente (SP)**. São Paulo: Revista Brasileira de Geociências, 36(3), p.385-395, 2006.
- SANCHO, C. et al. Agujas de Erosión y Perfiladores Microtopográficos. **Cuadernos Técnicos de la Sociedad Española de Geomorfología**. Geoforma Ediciones, Logroño, n.2, p.28, 1991.
- SANTANA, M. A.; QUEIROZ NETO, J. P. **Fatores responsáveis pela sensibilidade à erosão linear em Marília**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v.9, p.21-33, 1995.
- SANT'ANNA NETO, J. L. A erosividade das chuvas no estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v.9, p. 35-49, 1995.
- SANTOS, L. J. C. et al. O comportamento físico-hídrico de coberturas com latossolos e argissolos e suas relações com o desenvolvimento dos processos erosivos lineares na região

de Bauru (SP). In: **VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**, Goiânia - GO, 03 a 06 de mai. de 2001, p. 1-5.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002. 384p.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. São Paulo: Hucitec. 1996. 157p.

SANTOS, Milton. **Por uma Geografia nova**. São Paulo: Hucitec, 1978, p. 155-219.

SANTOS, Milton; SILVEIRA, Maria Laura. **Território e sociedade no início do século XXI**. Rio de Janeiro: Record, 2001.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, p.174, 2000.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia**. 1º ed. São Paulo: Hucitec, 1988.

SANTOS, G. G. et al. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.2, p.115–123, 2010.

SAQUET, M. A. Por uma abordagem territorial das relações urbano-rural no Sudoeste paranaense. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão; WHITACKER, Arthur Magon (org). **Cidade e Campo: relações e contradições entre o urbano e rural**. 1ºed. São Paulo: Expressão Popular, p.157-186, 2006.

SARCINELLI, O. et al. Custos e benefícios da adoção de práticas e medidas para conservação do solo agrícola: um estudo de caso na microbacia hidrográfica do córrego Oriçanguinha. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n.4, abr. 2009.

SECRETARIA DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO. Governo do Estado de São Paulo. **11º Região Administrativa – diagnóstico**. 1971.

SERRA, E. **Contribuições ao estudo do cooperativismo na agricultura do Paraná: o caso da Cooperativa de cafeicultores e Agropecuaristas de Maringá**. 1986. 251f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

SCHAEFER, C. E. R. et al. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 37, n. 5, p.669-678, mai. 2002.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **R. Bras. Ci. Solo**, 24, p. 427-436, 2000.

SCHULTZ, G B. et al. Avaliação do ARCMUSLE para estimativa da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do alto Rio Negro, região sul brasileira. **Bol. geogr.**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 131-141, mai/ago, 2013.

SILINGOVSKI, T. M.; RODRIGUES, S. C. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para a avaliação do potencial natural erosivo da sub-bacia do Rio Araguari. **Horizonte Científico**, v. 2, n. 1, out. 2008.

SILVA, A. M. da. et al. Erosividade da chuva e erodibilidade de cambissolo e latossolo na região de lavras, sul de Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, 33, p. 1811-1820, 2009.

SILVA, A. M. da.; ALVARES, C. A. Levantamento de informações e estruturação de um banco dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo. **Geociências**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2005.

SILVA, A. M. et al. Perdas por erosão e erodibilidade de cambissolo e latossolo roxo no sul de Minas Gerais – resultados preliminares. In: **VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão Goiânia (GO)**, 03 a 06 de maio de 2001, p. 1-8.

SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, Amsterdam. v.57, n.3, p.251-259, 2004.

- SILVA, C. R. da. et al. Calibração e validação da Equação Universal de Perda de Solos Modificada (MUSLE) utilizando dados hidrossedimentológicos locais. **R. Bras. Ci. Solo**, 35, p. 1431-1439, 2011.
- SILVA, C. R. da; SOUZA Z. M. de. **Eficiência Do Uso De Nutrientes Em Solos Ácidos: Manejo De Nutrientes E Uso Pelas Plantas**. Trabalho apresentado em abril de 1998 na Disciplina de Problemas de Fertilidade dos Solos da FEIS/UNESP - Ilha Solteira sob responsabilidade do Prof. Dr. Francisco Maximino Fernandes. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/acido.htm>. Acesso em: 10 de junho de 2016.
- SILVA, E. C. N. **Formação de depósitos tecnogênicos e relações com o uso e ocupação do solo no perímetro urbano de Presidente Prudente –SP**. 2012. 183f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.
- SILVA, F. das G B. da. et al. Previsão da perda de solo na Fazenda Canchim – SP (EMBRAPA) utilizando geoprocessamento e o USLE 2D. **Eng Sanit Ambient**, v.15, n.2, p. 141-148abr/jun, 2010.
- SILVA, I. de F. et al. Característica da chuva e perdas de solo e água por erosão em função de três sistemas de cultivo de mandioca. **Agropecuária Técnica**, Areia, v.20, n.1, p. 20-27, 1999.
- SILVA, J.R.C.; DIAS, A.S. A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE): II - correlação com o coeficiente de chuva e atualização do fator R no período de 1962 a 2000. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:347-354, 2003.
- SILVA, M. L N. et al. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.35, n.6, p.1207-1220, jun, 2000.
- SILVA, M.L.N. et al. Erosividade das chuvas na região dos tabuleiros costeiros, Município de Aracruz (ES) – Primeira aproximação. In: **Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água**, 13. 2000. Ilhéus, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. CD-ROM
- SILVA, M. L. N. et al. Comparação entre métodos diretos e indiretos para determinação da erodibilidade em latossolos sob cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.11, p.1751-1761, 1994.
- SILVA, M.L.N. et al. Índice de erosividade de chuva da região de Goiânia (GO). In: **Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água**, 11, Águas de Lindóia, 1996. Águas de Lindóia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. CD-ROM.
- SILVA, R. B. da. et al. Proposição e validações de equações para estimativa da erosividade de dois municípios do estado de São Paulo. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 533-547, out/dez, 2009.
- SILVA, R. M. da. **Análise da perda de solos na Bacia do Rio Tapacurá mediante previsão climática e modelos de erosão**. 133 f. Tese (Dourado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 2010.
- SILVA, R. P. da. **Recanto do Sertão Paulista**. São Paulo: Hennies & Cia, 1943. 268p.
- SILVA, V. C da. Cálculo automático do fator topográfico (LS) da EUPS, na bacia do Rio Paracatu. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 33 (1), p. 29-34, 2003.
- SINGER, P. **Economia política da urbanização**. São Paulo: Brasiliense, 1973.
- SOJA, E. W. **Geografias pós-modernas. A reafirmação do espaço na teoria social crítica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993, p. 57-116.
- SOUZA, C. F. et al. Comparação dentre estimativas de produção de sedimentos na bacia do Rio Potiribu. In: **VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos**, Porto Alegre – RS, 20 a 24 de nov. de 2006, p. 1-20.
- SPOSITO, Eliseu Savério. **Geografia e Filosofia**. São Paulo: Unesp, 2004.
- SPOSITO, M. E. B. A questão cidade-campo: perspectivas a partir da cidade. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão; WHITACKER, Arthur Magon (org). **Cidade e Campo: relações**

- e contradições entre o urbano e rural.** 1ª ed. São Paulo: Expressão Popular, 2006. p.111-130.
- STEIN, D.P., et al. Potencial de Erosão Laminar, Natural e Antrópico, na Bacia do Peixe – Paranapanema. In: **Simpósio Nacional de Controle de Erosão**, 4, 1987, Marília, Anais. São Paulo: S.C.P., 1987.
- STOLCKE, V. **Cafecultura: homens, mulheres e capital (1850-1980)**. São Paulo: Brasiliense, 1986. 410p.
- SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia física (?) ou geografia e ambiente(?); In: MENDONÇA, Francisco; KOZEL, Saete. **Elementos da epistemologia da Geografia contemporânea**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2002.
- SUERTEGARAY, D. M. A. Notas sobre a epistemologia da geografia. In: CFH/UFSC. **Cadernos Geográficos**. n. 12. Florianópolis: 2005.
- SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. **A natureza da Geografia Física**. Rev. Terra Livre, São Paulo, n. 17, p.11-27, 2001.
- SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço Geográfico Uno e Múltiplo. **Rev. Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Universidad de Barcelona, n.93, 2001.
- TAVARES, S. R. de L. Áreas degradadas: conceitos e caracterização do problema. In: TAVARES, Sílvia Roberto de Lucena [et al]. **Curso de recuperação de áreas degradadas: A visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicações de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. p.1-8.
- TEIXEIRA, A.E. (2003) Avaliação dos processos erosivos no canal do Rio Paraná a jusante da barragem de Porto Primavera. (PR). Monografia. DGE/UEM, Maringá, Brasil.
- TOMAZ, E. P.; RUSLE- **Equação revisada universal de perda de solo**. 2008. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo23_rusle.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2015.
- THORNTHWAITE, C.W. Na approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, 38: 55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, R.J. The water Balance. **Laboratory of climatology**, New Jersey, v.8, 1955, 104p. (Publication in Climatology).
- TOMMASELLI, J.T.G. **Balanço hídrico seriado**. 2001.
- TOMMASELLI, J. T. G. et al. Erosividade da chuva da Região Oeste do estado de São Paulo: Sua distribuição e relação com a precipitação. **Bol. Climatológico**. Presidente Prudente: FCT/UNESP. n.3, p.131-135, 1997.
- TOMMASELLI, J. T. G.; FREIRE, O. **Erodibilidade de alguns solos do oeste do estado de São Paulo: métodos indiretos**. Relatório de pesquisa apresentado ao Departamento de Física, Química e Biologia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 1999. *Pen Drive* (não publicado).
- 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**. v. 57/03, p. 235-244, 2005.
- TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. Determinação da capacidade de uso do solo de bacia hidrográfica através da sistematização da EUPS no SPRING. **Geociências**, São Paulo, v. 26, n. 4. p. 323-332, 2007.
- TORRALBA, María Álcazar. **Evaluación de la erosión hídrica en parcelas experimentales en campos agrícolas de secano mediterráneo**. Tese de Doutorado. Universidad Politécnica de Madrid. p.426, 2013.
- TRIVIÑOS, Augusto N. Silva. **Introdução à pesquisa em Ciências Sociais**. São Paulo: Atlas, 1995, p. 30-74.

- VALLADARES, G. S. et al. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.9, p.1376-1383, set. 2012.
- VALENTE, A. L. S. et al. Estimativa da suscetibilidade potencial à erosão laminar devido a fatores naturais: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Porto Alegre (RS). **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n. 2, p. 85-92, mai, 2001.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: 2006. Versão Digital, 443p.
- VÁZQUEZ-FERNÁNDEZ, G. A. et al. Determinação de Sequências Culturais em Microbacia Hidrográfica para Caracterização do Fator C da EUPS, Utilizando Fotografia Aérea. In: **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 63-67.
- VESENTINI, J. W. **Geografia, natureza e sociedade**. 4ªed. São Paulo: Contexto, 1997.
- VETORATTO, J. A. **Mapeamento da fertilidade do solo utilizando Sistema de Informação Geográfica**. Botucatu, 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônomicas) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
- VITTE, A. C. **O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física**. Revista Mercator, UFC, v. 06, n. 11, 2007.
- WEILL, M. de A. M; PIRES NETO, A. G. Erosão e assoreamento. In: SANTOS, Rozely Ferreira dos (org.). **Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos**. Brasília: MMA. p.39-58, 2007.
- WEILL, M. de A.M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na Microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). I – Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.801-814, 2008.
- WENTWORTH, C.K. (1927). The accuracy of mechanical analysis. **Amer. Journal of Sci.**, 13:399-408.
- WHITE, R. E. **Princípios e práticas da ciência do solo: o solo como recurso natural**. 4. ed. Editora Andrei. p.426, 2009.
- WILLIAMS, J. R. Sediment yield prediction with Universal Equation using runoff energy factor. In: **Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources**. Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, ARS-S-40, p.244-252, 1975.
- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 23:246-249, 1959.
- WISCHMEIER, W.H. Estimating the soil loss equation's cover and management factor for undisturbed areas. In: **Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources**. **USDA-Sci. and Educ. Admin.** ARS-S-40, p.118-124, 1975.
- WISCHMEIER, W. H. Rainfall erosion potencial. **Agr. Eng.** v.43. p.212-214, 1962.
- WISCHMEIER, W.H. Use and misuse of the universal soil loss equation. **J. Soil Water Conserv.** 31:5-9, 1976.
- WISCHMEIER, W.H. et al. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.26, n.5, p.189-193, 1971.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: **Agriculture Handbook**, n. 537, 1978.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Trans. Am. Geophys. Union**, 39:285- 291, 1958.
- WISHCMEIER, W. H. et al. Evaluation of Factors in the Soil-Loss Equacion. **Agricultural Engineering**. Transactions of the ASAE. v.1. n.1 Michigan. p.458-462, 1958.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall-erosion loss from cropland east of the Rocky Mountains-Guide for selection of practices for soil and water conservation. **USDA-Agr**, Handbk, n.282, 1965.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses. **Agriculture Handbook**. United States Department of Agriculture, Washington, n.537, 1978.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, v. 39, n. 2, p.285-291, 1985.

WISCHMEIER, W.H.; MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. **Soil Science Society of America. Proceedings**, Madison, v.33, n.1, p.131-137, Jan./Feb. 1969.

YAN, Z. et al. Effect of different vegetation types on soil erosion by water. **ACTA Bot. Sin.**, 45 (10): 1204-1209, 2003.

YOUNG, R. A. et al. Temporal variations in soil erodibility. **Catena Supplement**, n.17, p.41-53, 1990.

ZAMBERLAM, J. e FRONCHETI, A. **Agricultura ecológica: preservação do pequeno agricultor e do meio ambiente**. Petrópolis, Vozes, 2001. 214p.

ZOCCAL, J. C. Soluções caderno de estudos em conservação do solo e água. Presidente Prudente: **CODASP**, v. 1, n.1, mai. 2007.

Sites consultados:

ARRUDA, W.C. **Estimativa de Erosão em Clareiras através da Mudança do relevo do Solo por Meio de Pinos**. Disponível em: <http://www.projetos.inpa.gov.br>.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. Art. 2º, XIII. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 29 de setembro de 2013.

Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura: **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 20 de outubro de 2012.

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE – Informações Municipais. Disponível em: < <http://www.seade.sp.gov.br>>. Acesso em: 15 fevereiro de 2012.

GOOGLE EARTH. Acesso em: 17 de abril de 2013.

EMBRAPA. **Agência Embrapa de informação tecnológica: Plintita**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_31_2212_200611548.html. Acesso em: 10 de outubro de 2013.

EMBRAPA. **Curso de recuperação de áreas degradadas: A visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/curso_rad_2008.pdf>. Acesso em: 24 maio de 2013.

QUEIROZ NETO, J. P. **Erosão dos solos tropicais e seu controle: o exemplo do estado de São Paulo**. In: VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Goiânia (GO), 03-06 mai. 2001, p. 1-11. Disponível em: <www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposioerosao/textos/P0401.rtf>. Acesso em: 08 mai. 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <www.ibge.com.br>. Acesso em: fevereiro de 2012.

Prefeitura Municipal de Getulina: **Histórico do Município**. Disponível em: <<http://www.getulina.sp.gov.br/>>. Acesso em: 21 de outubro de 2012.

Prefeitura Municipal de Vera Cruz: **Fundação do município**. Disponível em: <<http://www.veracruz.sp.gov.br/municipio.htm>>. Acesso em: 21 de outubro de 2012.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia **Agrícola. Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>.

SÃO PAULO. Lei - 8.421, de 23 de novembro de 1993. **Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.defesaagropecuaria.sp.gov.br/www/legislacoes/popup.php?action=info&idleg=320>>. Acesso em: 29 de setembro de 2013.

SÃO PAULO. Lei Nº 6.171, de 4 de julho de 1988. **Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.defesaagropecuaria.sp.gov.br/www/legislacoes/popup.php?action=info&idleg=321>>. Acesso em: 29 de setembro de 2013.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S. Estudo da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico sob cultivo de café arábica por meio de geoestatística. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2010000400020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09 set. 2012.

SILVA, V. R. et al. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1013-1020, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n6/19195.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2013.

TOMAZ, E. P.; RUSLE- **Equação revisada universal de perda de solo**. 2008. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo23_rusle.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2015.