UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA

CAHIO GUIMARÃES SEABRA EIRAS

Mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos – SP.

São Carlos – SP

2017

CAHIO GUIMARÃES SEABRA EIRAS

Mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos – SP.

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Pós Graduação em Geotecnia

VERSÃO CORRIGIDA

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Augusto Filho

São Carlos – SP

2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E34m Eiras, Cahio Guimarães Seabra
Mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos SP. / Cahio Guimarães Seabra Eiras; orientador Oswaldo Augusto Filho. São Carlos, 2017.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Geotecnia -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.

1. Enchentes/Inundações. 2. Movimentos de encosta. 3. Erosão Pluvial. 4. Solos colapsíveis. 5. Probabilidade inicial. 6. SIG. 7. Defesa Civil. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: **CAHIO GUIMARÃES SEABRA EIRAS**

Título da dissertação: "Mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos – SP"

Data da defesa: 07/07/2017

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Associado **Oswaldo Augusto Filho**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Prof. Dr. **José Augusto de Lollo**
(Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP – Ilha Solteira)

Aprovado

Prof. Dr. **Reinaldo Lorandi**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia:
Prof. Dr. **Edmundo Rogério Esquivel**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Luis Fernando Costa Alberto**

*A Deus, pela presença em todos os momentos da
minha vida e aos meus pais, meus exemplos, pelo
constante apoio e amor incondicional.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela inspiração, estar comigo em todos os momentos da minha vida e sempre acreditar em mim.

Aos meus pais pelo amor incondicional, incentivo, apoio e exemplo, hoje tudo que sou, em grande parte, é graças a vocês. Aos meus irmãos pela amizade verdadeira, conselhos e companheirismo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Oswaldo Augusto Filho, pela oportunidade concedida, pela paciência em me orientar nesta pesquisa, apoio, conselhos, momentos de descontração e grande contribuição no meu crescimento profissional.

Ao Diretor da Defesa Civil de São Carlos - SP, Sr. Pedro Caballero pelo fundamental apoio dado a esta pesquisa e ensinamentos transmitidos.

Ao Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos pela infraestrutura oferecida, a todos os professores, em especial ao Prof. Lázaro, Prof. Jefferson, Prof. Rogério, Prof. Orêncio, Prof. Tarcísio e a Prof^a Valéria. Aos técnicos, em especial ao Álvaro, Maristela, Neiva, Zé Luis, Benedito e Oscar.

Aos amigos de São Carlos, em especial: Gabriel Pedroso, Monique Neves, Denis Watashi, Yara Barbosa, Heider Castro, Jean, Gabriel Steluti, João, Túlio Queijo, Ayla Craig e a todos os amigos do departamento de Geotecnia. Aos amigos de Ouro Preto e Belo Horizonte, em especial Stênio, Lucas Gomes, Lincoln, Ana Virgínia, Edgar, Daniara, Yanne e Lucas Magalhães pela grande amizade. A Sylvia por ser uma grande companheira e sempre estar do meu lado, sempre me apoiando.

Aos funcionários da câmara municipal de São Carlos - SP, pelo auxílio dado na aquisição de dados para o trabalho.

Ao aluno de iniciação científica Paulo Sérgio da Silva Júnior por enriquecer esta pesquisa com dados do seu trabalho.

Ao Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE), pelo suporte financeiro e aprendizado profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado concedida.

"O mundo é um livro, e quem fica sentado em casa lê somente uma página"

Santo Agostinho

RESUMO

EIRAS, Cahio Guimarães Seabra. **Mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos – SP.** 2017. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Departamento de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017

Com a urbanização crescente no Brasil, o mapeamento de eventos perigosos mostra-se cada vez mais necessário para que se reduzam transtornos socioeconômicos nos municípios brasileiros. O objetivo principal da pesquisa foi elaborar mapas de suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica, para a área urbana e de expansão urbana (148,97 Km²) do município de São Carlos – SP. A análise foi feita em ambiente de SIG (Sistemas de Informação Geográfica), e combinou abordagens qualitativas e quantitativas de mapeamento de eventos perigosos, propostas pelo *Working Group Committee on Risk Assessment* (1997). Como método, analisou-se a frequência dos eventos históricos em função da área (Km²) dos condicionantes cartografados nos mapas temáticos (probabilidades iniciais). Os condicionantes foram analisados isoladamente e combinados, na forma de classes de terreno. O inventário dos registros históricos (482 registros) dos eventos foi feito com os dados de jornais, defesa civil e imagens de satélite entre os anos de 1965 a 2016. Foram elaborados os mapas de suscetibilidade para: movimentos de encosta, erosão pluvial, solos colapsíveis e enchentes/inundações. O método utilizado mostrou-se eficiente, visto que os objetivos da pesquisa foram alcançados. Foi possível validar os mapas de suscetibilidade, com as características do meio físico observadas em trabalhos de campo e dados de ensaios geotécnicos. Os eventos mais críticos para o município são as enchentes/inundações e alagamentos, erosões pluviais e movimentos de encostas causam pequenos transtornos, principalmente em consequência do relevo suave da região. Apesar da base cartográfica estar na escala 1:10.000, os mapas são apresentados na escala 1:20.000, com o objetivo destes serem impressos em papéis no formato A1.

Palavras-chave: Enchentes/Inundações. Movimentos de encosta. Erosão pluvial. Solos colapsíveis. Probabilidade inicial. SIG. Defesa Civil.

ABSTRACT

EIRAS, Cahio Guimarães Seabra. **Susceptibility Mapping of geological and hydrological dangerous events in São Carlos - SP.** 2017. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Departamento de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017

With the increasing urbanization in Brazil, hazardous events mapping has become increasingly necessary to reduce socioeconomic disorders in Brazilian cities. The main goal of the research was to elaborate susceptibility maps to dangerous events of geological and hydrological nature, for the urban area and urban expansion (148,97 Km²) to the city of São Carlos - SP. The analysis was done in a GIS environment (Geographic Information Systems), and combined qualitative and quantitative approaches of hazardous events mapping, proposed by the Working Group Committee on Risk Assessment (1997). The frequency of historical events was analyzed according to the area of the conditioners mapped on the thematic maps (prior probabilities). The conditioners were analyzed separately and then combined, in the form of land classes. The inventory of historical records (482 records) of events was done with acquired data from newspapers, civil defense and satellite images between the years 1965 to 2016. Susceptibility maps were developed for slope movements, water erosion, collapsible soils and floods. This method proved to be efficient, since the research objectives were achieved. It was possible to validate the susceptibility maps, with the characteristics of the physical environment observed in field work and geotechnical data. The most critical events in São Carlos are floods, rainfall erosions and slope movements cause minor damage, as a result of the region's soft relief. Although the cartographic base is in the 1: 10.000 scale, the maps are presented in the 1: 20.000 scale, with the purpose of being printed on A1 format paper.

Keywords: Floods. Slope movements. Water erosion. Collapsible soils. Prior probabilities. GIS. Civil defense.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Número de pessoas afetadas por desastres naturais em todos os continentes (EM-DAT, 2016).....	29
Figura 2: Área urbana de São Carlos em destaque, com a respectiva localização no estado de São Paulo, e as folhas topográficas utilizadas na pesquisa.....	36
Figura 3: Média pluviométrica mensal para os anos de 1959 a 2016 (DAEE, 2016).....	38
Figura 4: Principais tipos de riscos ambientais com destaque para os de natureza geológica e hidrológica (Cerri 1993 apud Augusto Filho 2001).	45
Figura 5: Inundação em São Carlos no dia 23/11/2015. (EPTV. 2015).	52
Figura 6: Ilustração mostrando o movimento de A-rastejo; B- queda; C-corrida. Bobrowsky & Highland (2008).	58
Figura 7: Processo de escorregamento planar. Bobrowsky & Highland (2008).....	59
Figura 8: Características do leito do rio. Tucci (2005).	60
Figura 9: Tipos fundamentais de estrutura de dados digitais em SIG.....	63
Figura 10: Estrutura dual e atribuída ao objeto para dados vetoriais em SIG.....	64
Figura 11: Sequência de obtenção de informações para a elaboração de carta de suscetibilidade à erosão (PEJON; FERREIRA, 2015).	68
Figura 12: Método para elaboração de cartas de suscetibilidade para movimentos de encosta (AUGUSTO FILHO, 1995).....	69
Figura 13: Classes de terreno possíveis resultantes do cruzamento dos mapas temáticos.....	82
Figura 14: Malha de pontos no software ArcGis 10.3 [®] , em detalhe a imagem 1.	85
Figura 15: Mosaico de imagens de satélite obtidas a partir do Google Earth Pro [®]	86
Figura 16: Modelo digital de terreno (MDT) da área de estudos.....	87

Figura 17: Localização dos postos pluviométricos (SILVA JÚNIOR, 2016).....	94
Figura 18: Talude na avenida integração.....	97
Figura 19: (A) Local na cidade de Aracy, (B) talude na avenida Comendador Alfredo Maffei	97
Figura 20: (A) Rua no bairro Jardim das Torres, (B) rotatória do cristo.....	98
Figura 21: (A) Região do mercado municipal, (B) região do kartódromo.	98
Figura 22: (A) reportagem do dia 18 de fevereiro de 1967, (B) reportagem do dia 6 de fevereiro de 1973.	99
Figura 23: (A) reportagem do dia 3 de março de 2004, (B) reportagem do dia 23 de outubro de 2013.....	99
Figura 24: Mapa de compartimentos geotécnicos do município de São Carlos - SP.....	101
Figura 25: Mapa de uso e ocupação do município de São Carlos - SP.	103
Figura 26: Mapa de declividades do município de São Carlos - SP.....	105
Figura 27: Mapa de formas de encostas do município de São Carlos - SP.	107
Figura 28: Análise mensal dos eventos registrados.....	108
Figura 29: Análise por períodos dos eventos registrados.	109
Figura 30: Natureza dos eventos na região e quantidades registradas.....	109
Figura 31: Análise mensal dos eventos cadastrados feita separadamente.....	110
Figura 32: Frequência de todos os eventos cadastrados.	110
Figura 33: Frequência dos tipos de eventos cadastrados.	111
Figura 34: Mapa de concentração dos movimentos de encosta em São Carlos - SP.....	114
Figura 35: Mapa de concentração dos processos erosivos em São Carlos - SP	118
Figura 36: Mapa de concentração de colapso de solos em São Carlos - SP.....	122

Figura 37: Mapa de concentração das enchentes/inundações em São Carlos - SP.....	125
Figura 38: Mapa de concentração dos alagamentos em São Carlos - SP.....	128
Figura 39: Precipitação média anual (mm) para o município de São Carlos - SP (SILVA JÚNIOR 2016).....	130
Figura 40: Evolução do CCM no ano pluviométrico de 2015 a 2016 e registro dos eventos (SILVA JUNIOR, 2016).	131
Figura 41: Precipitação diária, CCM e eventos registrados em novembro de 2015 (SILVA JUNIOR, 2016).....	133
Figura 42: Precipitação diária, CCM e eventos registrados em janeiro de 2016 (SILVA JUNIOR, 2016).....	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Trabalhos analisados na área de estudo.....	43
Tabela 2: Definição dos principais termos utilizados na análise de risco (IUGS - Working Group Committee on Risk Assessment, 1997). Adaptado por AUGUSTO FILHO (2001).	47
Tabela 3: Terminologia usualmente empregada para designar os diferentes produtos cartográficos de caracterização do meio físico (CERRI, 1990).	49
Tabela 4: Tipos de mapas geotécnicos (BITAR et al., 1992 apud Augusto Filho, 2001).....	51
Tabela 5: Feições resultantes do escoamento superficial.	54
Tabela 6: Principais características dos solos colapsíveis (Ferreira; Vilar, 2015)	55
Tabela 7: Critérios de identificação de solos colapsíveis. Ferreira & Vilar, (2015).	56
Tabela 8: Principais tipos de movimentos de massa associados a encosta (AUGUSTO FILHO, 1992).	57
Tabela 9: Principais materiais utilizados na pesquisa.	73
Tabela 10: Etapas, atividades da pesquisa e produtos gerado.	74
Tabela 11: Valores atribuídos para cada classe de cada mapa temático.	83
Tabela 12: Elevações presentes na área e suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação.	87
Tabela 13: Ensaio de granulometria, Compartimento Botucatu. (AGUIAR, 1989; BARTOLOMEU, 2012).	89
Tabela 14: Ensaio de índices físicos, Compartimento Botucatu. (AGUIAR, 1989; BARTOLOMEU, 2012)	89
Tabela 15: Ensaio de granulometria, Compartimento Serra Geral. (AGUIAR, 1989; BARTOLOMEU, 2012)	90

Tabela 16: Ensaios de índices físicos, Compartimento Serra Geral. (AGUIAR, 1989; BARTOLOMEU, 2012).....	90
Tabela 17: Ensaios de granulometria, Compartimento Itaqueri. (AGUIAR, 1989; BARTOLOMEU, 2012).....	90
Tabela 18: Ensaios de índices físicos, Compartimento Itaqueri. (AGUIAR, 1989; BARTOLOMEU, 2012).....	91
Tabela 19: Ensaios de granulometria, Compartimento Aluvionar. (AGUIAR, 1989; BARTOLOMEU, 2012).....	92
Tabela 20: : Ensaios de índices físicos, Compartimento Aluvionar. (AGUIAR, 1989; BARTOLOMEU, 2012).....	92
Tabela 21: Dados dos postos pluviométricos (SILVA JÚNIOR, 2016).....	93
Tabela 22: Máxima diária e médias anuais (SILVA JÚNIOR, 2016).	95
Tabela 23: Médias mensais (SILVA JÚNIOR, 2016).	95
Tabela 24: Pontos levantados nas campanhas de campo.	96
Tabela 25: Compartimentos geotécnicos e suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação.	100
Tabela 26: Uso e ocupação e suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação.....	102
Tabela 27: Classes de declividades e suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação.	104
Tabela 28: Formas de encostas e suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação.....	106
Tabela 29: Índice de concentração de eventos por Km ² de cada bacia.	111
Tabela 30: Índice de concentração de movimentos de encosta para as classes de uso e ocupação.....	112
Tabela 31: Índice de concentração de movimentos de encosta para os compartimentos geotécnicos.....	112

Tabela 32: Índice de concentração de movimentos de encosta para as formas de encostas.	113
Tabela 33: Índice de concentração de movimentos de encosta para as classes de declividades.	113
Tabela 34: Quantificação de movimentos de encostas por bacias.	113
Tabela 35: Índice de concentração de processos erosivos para as classes de uso e ocupação.	115
Tabela 36: Índice de concentração de processos erosivos para os compartimentos geotécnicos.	116
Tabela 37: Índice de concentração de processos erosivos para as formas de encostas.	116
Tabela 38: Índice de concentração de processos erosivos para as classes de declividade.	116
Tabela 39: Quantificação de processos erosivos por bacias.	117
Tabela 40: Índice de concentração de solos colapsíveis para as classes de uso e ocupação.	119
Tabela 41: Índice de concentração de solos colapsíveis para os compartimentos geotécnicos.	119
Tabela 42: Grau de saturação e porosidade de amostras do compartimento itaqueri	120
Tabela 43: Índice de concentração de solos colapsíveis para as formas de encostas.	121
Tabela 44: Índice de concentração de solos colapsíveis para as classes de declividades.	121
Tabela 45: Quantificação de colapso de solos por bacias.	121
Tabela 46: Índice de concentração de enchentes/inundações para as classes de uso e ocupação.	123
Tabela 47: Índice de concentração de enchentes/inundações para os compartimentos geotécnicos.	123
Tabela 48: Índice de concentração de enchentes/inundações para as formas de encostas	124

Tabela 49: Índice de concentração de enchentes/inundações para as classes de declividades.	124
Tabela 50: Quantificação das enchentes/inundações por bacias.....	124
Tabela 51: Índice de concentração de alagamentos para as classes de uso e ocupação.	126
Tabela 52: Índice de concentração de alagamentos para os compartimentos geotécnicos...	126
Tabela 53: Índice de concentração de alagamentos para as formas de encostas.	127
Tabela 54: Índice de concentração dos alagamentos para as classes de declividades.....	127
Tabela 55: Quantificação dos alagamentos por bacias.	127
Tabela 56: Distribuição dos valores de CCM com registros de eventos e na série histórica em termos percentuais (SILVA JUNIOR, 2016).....	132
Tabela 57: Distribuição anual dos valores de CCM na série histórica (SILVA JUNIOR, 2016).	132
Tabela 58: Distribuição dos valores de precipitação diária em relação aos eventos registrados e a série histórica (SILVA JUNIOR, 2016).	133
Tabela 59: Classes de terreno com movimentos de encosta registrados.	135
Tabela 60: Áreas ocupadas pelas classes de suscetibilidade a movimentos de encostas.....	136
Tabela 61: Classes de terreno com erosões pluviais registradas.....	137
Tabela 62: Áreas ocupadas pelas classes de suscetibilidade a erosões pluviais.	138
Tabela 63: Classes de terreno com colapso de solos registrados.....	139
Tabela 64: Áreas ocupadas pelas classes de suscetibilidade a colapso de solos.	139
Tabela 65: Classes de terreno com enchentes/inundações registradas.	140
Tabela 66: Áreas ocupadas pelas classes de suscetibilidade a enchentes/inundações.....	141

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	29
2	OBJETIVOS.....	33
3	ÁREA DE ESTUDO	35
3.1	Unidades Geológico-Geotécnicas.....	38
3.1.1	Compartimento Botucatu.....	39
3.1.2	Compartimento Serra Geral.....	40
3.1.3	Compartimento Itaqueri.....	40
3.1.4	Compartimento Aluvionar.....	41
3.1.5	Compartimento Coluvionar	42
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	43
4.1	Trabalhos Anteriores na Área de Estudo Correlatos ao Tema Investigado.....	43
4.2	Conceitos Básicos	45
4.3	Tipos de Mapas Geotécnicos	48
4.4	Eventos Perigosos de Natureza Geológica-Hidrológica em São Carlos.....	51
4.4.1	Erosão pluvial	53
4.4.2	Solos colapsíveis	54
4.4.3	Movimentos de encosta	57
4.4.4	Enchentes/inundações.....	59
4.5	Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	61
4.6	Chuvas Como Agente Deflagrador.....	65
4.7	Mapeamento de Suscetibilidade	66
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	73
5.1	Materiais	73
5.2	Métodos	73
5.2.1	Planejamento	74
5.2.2	Revisão bibliográfica.....	75

5.2.3	Inventário	75
5.2.3.1	Elaboração da base cartográfica digital.	75
5.2.3.2	Levantamento de eventos perigosos	76
5.2.3.3	Levantamentos de campo	77
5.2.3.4	Caracterização da pluviometria	78
5.2.3.5	Elaboração dos mapas temáticos	78
5.2.4	Análise	80
5.2.4.1	Correlação entre índice pluviométrico e eventos de enchentes/inundações, alagamentos e movimentos de encosta	81
5.2.4.2	Elaboração de mapas de concentração de eventos	81
5.2.4.3	Elaboração dos mapas de suscetibilidade	82
5.2.5	Síntese	84
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	85
6.1	Base Cartográfica Digital	85
6.1.1	Mosaico de imagens de satélite.....	85
6.1.2	Modelo digital de terreno	87
6.1.3	Dados de ensaios geotécnicos	88
6.1.4	Dados pluviométricos	93
6.2	Trabalhos de Campo.....	95
6.3	Eventos Geológicos e Hidrológicos Cadastrados.....	98
6.4	Mapas Temáticos.....	100
6.4.1	Compartimentos geológico-geotécnicos	100
6.4.2	Uso e ocupação	102
6.4.3	Declividades (%).....	104
6.4.4	Forma das encostas	106
6.4.5	Documentação.....	108
6.5	Mapas de Concentração de Eventos	108

6.5.1	Movimentos de encosta	112
6.5.2	Processos erosivos	115
6.5.3	Solos colapsíveis	119
6.5.4	Enchentes/inundações.....	123
6.5.5	Alagamentos	126
6.6	Correlação entre Índices Pluviométricos e Eventos de Enchentes/Inundações, Alagamentos e Movimentos de Encosta.....	129
6.7	Mapas de Suscetibilidade.....	134
6.7.1	Movimentos de encosta	135
6.7.2	Erosão pluvial	136
6.7.3	Colapsos de solo	138
6.7.4	Enchentes/inundações.....	140
7	CONCLUSÕES	143
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147
	ANEXO A - Eventos correlacionados a índices pluviométricos.....	153
	APÊNDICE A - Eventos históricos registrados	161
	APÊNDICE B - Mapa de documentação	175
	APÊNDICE C - Classes de Terreno	177
	APÊNDICE D - Mapa de suscetibilidade a movimentos de encosta	187
	APÊNDICE E - Mapa de suscetibilidade a erosões pluviais	189
	APÊNDICE F - Mapa de Suscetibilidade a colapso de solos.....	191
	APÊNDICE G - Mapa de suscetibilidade a enchentes/inundações	193

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, o mapeamento dos eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica tais como, terremotos, erosão e sedimentação, enchentes e inundações, movimentos de encosta, colapsos, entre outros, é fundamental para que se evite transtornos socioeconômicos. As consequências relacionadas a estes eventos vêm aumentando devido ao crescimento desenfreado das cidades, às atividades antrópicas e a deficiência de políticas públicas de prevenção.

De acordo com o *The International Disaster Database* (EM-DAT, 2016) o número de pessoas afetadas por desastres naturais no planeta vem aumentando consideravelmente, e somente nos últimos 5 anos estes números começam a mostrar uma tendência de queda (Figura 1). Segundo este banco de dados, em 2015 foram reportados 346 desastres naturais de grandes proporções nas diferentes regiões da Terra, afetando mais de 90 mil pessoas, resultando em danos econômicos da ordem de 60 bilhões de dólares e danos sociais incalculáveis. Vale ressaltar que o número real é muito maior que os apresentados, visto que muitos casos ainda não são registrados. Bell (1999), observa que três milhões de pessoas foram mortas por desastres naturais entre os anos de 1960 e 1990, porém somente 0,7% foram mortos em países desenvolvidos, evidenciando a enorme disparidade existente entre as consequências ocorridas em países subdesenvolvidos e desenvolvidos, decorrente da maior vulnerabilidade do primeiro grupo.

Figura 1: Número de pessoas afetadas por desastres naturais em todos os continentes (EM-DAT, 2016).

As Nações Unidas por meio da *International Strategy for Disaster Reduction* (UN-ISDR, 2004), tem focado muito na questão da vulnerabilidade, que nada mais é que um estado

apontado pelas condições físicas, sociais, econômicas e ambientais, as quais podem acrescer a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto de eventos perigosos.

Os processos geológicos e hidrológicos tais como, movimentos de encosta, enchentes e inundações, erosão, assoreamento, subsidências e colapsos de solo, são os maiores responsáveis pela ocorrência de acidentes no território brasileiro. Os movimentos de encosta estão relacionados a grandes danos sociais, enquanto que as enchentes/inundações se relacionam a grandes danos econômicos. O acelerado processo de urbanização ocorrido no Brasil a partir da década de 70, e a ausência de recursos e de políticas sociais adequadas, têm gerado como consequência, a ocupação de áreas geologicamente desfavoráveis (surgimento de favelas), ocasionando graves situações de risco que consequentemente afeta, sobretudo a parcela mais pobre da população (Augusto Filho, 2001).

Um evento, que demonstra os danos sociais que podem ser causados por movimentos de encosta em nosso país, foi o megadesastre da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, que ocorreu entre os dias 11 e 12 de janeiro de 2011, afetando principalmente as cidades de Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis. Este evento, oficialmente, causou 947 mortes, com 300 desaparecimentos, mais de 50.000 desabrigados e afetando quase 1.000.000 de pessoas (Dourado *et al*, 2012).

De acordo com o *The International Disaster Database* (EM-DAT, op. cit.), o Brasil é um dos países mais afetados por enchentes e inundações, tendo em seus registros 94 casos desastrosos, cadastrados no período de 1960 a 2015, com 4.604 mortes e mais de 12 milhões de pessoas afetadas.

Em relação à distribuição espacial, grande parte dos desastres em decorrência de eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica acontecem nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Isto ocorre, pois estas regiões possuem as maiores densidades populacionais e condições ambientais que favorecem a deflagração desses processos.

Como consequência, órgãos das esferas federal, estadual e municipal vêm criando programas de planejamento e gestão para um crescimento ordenado e sustentável. O Ministério das Cidades, em seu *website*, disponibiliza uma cartilha de programas e ações relacionados a habitação, programas urbanos, saneamento ambiental, transporte e mobilidade e capacitação, neste documento há diretrizes referentes a prevenção e redução de riscos ambientais. Para isto, é fundamental que os municípios possuam mapas de suscetibilidade,

perigo, risco, entre outros, para desta forma planejar melhor sua expansão e evitar que se ocupe áreas que possuam características favoráveis a ocorrência de eventos perigosos.

Infelizmente, ainda há um grande desequilíbrio entre medidas de prevenção e ações emergenciais, predominando as do segundo tipo. Segundo Veyret (2007), isto se deve ao fato que medidas de urgência possuem uma visibilidade e impacto político muito mais abrangente que, medidas preventivas de redução de risco.

Em São Carlos – SP, acontecem vários eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica. Casos de inundações, assoreamento, erosão, solos colapsíveis e, em algumas áreas, movimentos de encosta ocorrem com certa frequência. Devido a acelerada expansão urbana, muito comum em cidades do interior brasileiro, estes eventos são intensificados, causando transtornos sociais e econômicos.

Em um trabalho preliminar, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (2015) apontou 8 áreas com risco de inundação na cidade, entre elas, a mais famosa é a rotatória do Cristo, e uma área de risco para movimentos de encosta. Segundo o jornal EPTV em reportagem exibida em 27/02/2015, a região do Cristo já foi alagada mais de 30 vezes desde 2005. Segundo Pons (2006), pelo menos 10 áreas da região urbana de São Carlos apresentam problemas de erosão. De acordo com Bartolomeu (2012), há uma grande probabilidade de, alguns vazamentos de postos de combustíveis terem sido condicionados por processos colapsíveis nos solos. Portanto, é importante e fundamental, o mapeamento e análise destes eventos com o objetivo de auxiliar a sua prevenção e remediação, bem como apoiar o planejamento de expansão da cidade de forma segura e sustentável.

O presente estudo foi voltado ao mapeamento da suscetibilidade a enchentes e inundações, movimentos de encosta, processos erosivos pluviais e colapsos de solo com base na análise do registro histórico destes eventos na área urbana e periurbana de São Carlos, SP. Os registros históricos foram obtidos de pesquisas em arquivos de jornais da cidade e da Defesa Civil municipal, bem como em imagens de satélite. As análises espaciais e mapas foram produzidos a partir de uma base de dados espacial na escala 1:10.000 em ambiente de SIG (Sistema de Informação Geográfica).

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi a elaboração de mapas de suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica, com base na análise dos registros históricos e da distribuição espacial destes eventos na área urbana e de expansão urbana de São Carlos, SP.

As análises foram conduzidas a partir da estruturação de uma base de dados espacial na escala 1:10.000 em ambiente de Sistema de Informação Geográfica.

3 ÁREA DE ESTUDO

São Carlos está localizado na região central do estado de São Paulo, entre as coordenadas 47°30' e 48°30' longitude oeste e 21°30' e 22°30' latitude sul (Figura 2). O município tem uma população total de 221.950 habitantes, uma área territorial de 1.137,303 Km² com uma densidade demográfica de 195,15 hab/Km² (IBGE, 2016). A área total de estudo possui 148,97 km², sendo que 54,30 km² são referentes a área urbana. Segundo Pons (2006), a urbanização em São Carlos (SP) aconteceu de forma bastante acelerada, como acontece na maioria das cidades de médio porte. É perceptível que a distribuição da população, no espaço urbano, se deu de forma desigual, acarretando no agravamento de problemas de caráter geológico e hidrológico.

Segundo levantamento do IPT (1981a), no município são encontrados Relevos de Degradação, em Planaltos Dissecados, representados por Relevo Colinoso, Relevo de Morros com Encostas Suavizadas, Relevos de Morros, Relevos Residuais suportados por litologias particulares e Relevos de Transição, representados por Encostas não Escarpadas.

No Relevo Colinoso prevalecem baixas declividades, de até 15% e amplitudes locais inferiores a 100m. Ocorrem Colinas Amplas, com topos extensos e aplainados e vertentes com perfis retilíneos a convexos, e Colinas Médias com características semelhantes, diferenciando-se apenas pela extensão dos topos.

No Relevo de Morros com Encostas Suavizadas predominam baixas declividades, de até 15% e amplitudes locais de 100 a 300m. É caracterizado por topos arredondados e achatados, e vertentes com perfis retilíneos a convexos.

No Relevo de Morros prevalecem declividades médias a altas, acima de 15% e amplitudes locais de 100 a 300m. É formado por Morros Arredondados, que exibem topos localmente achatados e vertentes com perfis convexos a retilíneos, localmente ravinadas.

No Relevo de Encostas não Escarpadas sobressaem declividades médias, entre 15 e 30% e amplitudes maiores que 100 m. Topos angulosos e arredondados e vertentes de perfis retilíneos estão associadas a este relevo.

Figura 2: Área urbana de São Carlos em destaque, com a respectiva localização no estado de São Paulo, e as folhas topográficas utilizadas na pesquisa.

Nishiyama e Zuquette (1994), caracterizam o relevo do município como grupos de encostas predominantemente suaves (declividades menores que 15°), separadas por uma zona de escarpas com declividade variando entre 45° e 70°.

De acordo com Oliveira (1996), São Carlos localiza-se sobre o divisor de águas que limita as bacias hidrográficas do Rio Mogi-Guaçu e Tietê. Como consequência, a grande maioria dos cursos d'água que cortam São Carlos e a totalidade dos que cortam a área urbanizada, possuem suas nascentes localizadas no próprio município, o que pode ser considerado um fator favorável para a gestão dos recursos hídricos da cidade. Ocorrem na área de estudos nove córregos, a saber: Córrego Monjolinho, Água Quente, Água Fria, Gregório, Cascatinha, Mineirinho, Tijuco Preto, Usina, Santa Maria Madalena e o Rio Monjolinho.

Segundo Gonçalves (1986), a vegetação natural dominante era o cerrado, caracterizado como uma formação não florestal herbáceo-lenhosa e herbáceo arbustiva. O cerrado expõe uma fisionomia que alterna desde campo cerrado até cerradão, atingindo até 6 metros de altura, porém atualmente tem sido alterado por atividades de reflorestamento, loteamentos e mineração, sendo nos dias de hoje reduzido a algumas porções florestais, sobretudo aos arredores do bairro Cidade Aracy (Oliveira, 1996). As pastagens tomam a maior parte das terras que estão em volta do núcleo urbano, com exceção do lado oeste, em direção a Ibaté, onde ocorrem culturas de cana-de-açúcar.

Segundo Campanelli (2012), o uso predominante do solo é para o cultivo de cana de açúcar. Esta atividade ao longo do tempo foi responsável por grandes alterações no uso do solo, reduzindo sensivelmente os remanescentes de vegetação nativa (cerrado), fazendo com que os mesmos se tornassem restritos ao longo de alguns cursos d'água.

O clima em São Carlos, pela classificação Koppen é o Cwa, caracterizado por um clima temperado úmido, com verão quente, e inverno seco, tendo uma temperatura média para o mês mais frio maior que 17°C, e para o mês mais quente maior que 22°C (Rolim *et al.* 2007). De acordo com os dados da estação D5-076, localizada na Fazenda Água Branca em São Carlos (lat -22° 04' 03"; lon -48° 02' 46"), apresentados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2016), pode-se observar que os meses do verão são os mais chuvosos, com as três médias maiores ocorrendo nos meses de janeiro, dezembro e fevereiro respectivamente (Figura 3).

Figura 3: Média pluviométrica mensal para os anos de 1959 a 2016 (DAEE, 2016).

3.1 Unidades Geológico-Geotécnicas

Regionalmente, a área estudada situa-se no contexto geológico da Bacia do Paraná, trata-se de uma unidade geotectônica constituída sobre a Plataforma Sul-Americana a partir do período Siluriano, sendo considerada uma bacia intracratônica (IPT, 1981b). No Brasil compreende os territórios dos estados do Mato Grosso, Paraná, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e parte dos estados de Minas Gerais e Goiás. Os principais tipos de estruturas que estão presentes na Bacia do Paraná são: falhas isoladas, sistemas lineares de falhas, horst e domos. De acordo com Soares (1973), falhas isoladas são comuns, apresentando pequena importância regional. As falhas mais comuns são normais, podendo ser observado falhas inversas também. Apesar de isoladas, alguns eventos como movimentos de encosta e erosões pluviais podem estar relacionados a presença destas falhas.

Localmente, vários autores como Zuquette (1981), Aguiar (1989), Nishiyama (1991) e Muro (2000), apresentaram mapas geológicos para a área de estudo. Foram identificadas pelos autores a Formação Botucatu, Serra Geral (basaltos) e Diabásios associados a esta formação e o Grupo Bauru. Vale ressaltar que estes mapas em geral, não cartografam estas unidades geológicas dentro dos limites da área urbana. Alguns autores, como Pons (2006) afirmam que onde ocorre o Grupo Bauru na região, trata-se na verdade da Formação Itaqueri.

A presente pesquisa utilizará a compartimentação geológico-geotécnica realizada por Bartolomeu (2012), que foi gerada a partir de dados de trabalhos anteriores, juntamente com dados obtidos através de um mapeamento realizado pelo autor na área. A base digital elaborada por Bartolomeu (op.cit) na escala 1:10.000, também foi utilizada no presente estudo. Os critérios adotados para a subdivisão em compartimentos geológicos-geotécnicos foram determinados de acordo com os limites litológicos mapeados e os materiais inconsolidados. Foram delimitados as Formações geológicas Botucatu, Serra Geral, Itaqueri, Aluvionar e Coluvionar. Para facilitar a compreensão, nomeou-se os compartimentos respectivamente como suas formações geológicas correspondentes, ou seja, os limites geológicos-geotécnicos da Formação Serra Geral, foram nomeados como Compartimento Serra Geral, onde é tratado não somente as propriedades geológicas, mas também as características relacionadas aos materiais inconsolidados e aos atributos geotécnicos.

3.1.1 Compartimento Botucatu

O compartimento Botucatu está presente em uma área de 40,09 km² (26,9%) e situa-se na porção sul da área de estudo. É caracterizada pela área aflorante da Formação de mesmo nome. A rocha presente é descrita como arenitos quartzosos com teor de finos variando normalmente de baixo a incipiente (< 15%) e geralmente foscas, há também a presença de alguns minerais máficos. Resultados de análises granulométricas mostram um nível considerável de silte (aproximadamente 18%) em poucas amostras, enquanto o restante é constituído por areais (≈ 80%), em sua maioria na fração fina (Aguiar, 1989). A Formação Botucatu é descrita por Milani (1997), como depósitos de grandes dunas, tendo sua gênese relacionada a processos de sedimentação eólica, com influencia fluvial na porção basal. Devido à grande quantidade da fração areia de origem eólica (granulometria bem selecionada), supõe-se que a condutividade hidráulica do compartimento seja consideravelmente elevada.

Este compartimento apresenta na área de estudo uma geomorfologia majoritariamente classificada como colinas médias. Ocorre também em vertentes de inclinação elevada na face da cuesta basáltica, que surge mais ao sul da área de estudos em contato com os basaltos da Formação Serra Geral. O compartimento Botucatu apresenta um elevado grau de alteração, no entanto isto não ocorre em algumas porções, devido a cimentação silicosa que oblitera a porosidade primária, deixando a rocha resistente ao intemperismo e pouco permeável.

3.1.2 Compartimento Serra Geral

O compartimento Serra Geral é referente a área aflorante da Formação Serra Geral, que segundo Milani (1997), deriva de um intenso vulcanismo mesozóico, que gerou uma espessa cobertura de lavas basálticas de composição toleítica de até 1000m e das intrusivas básicas correlatas a esta Formação. Totaliza uma área de 4,01 km² (2,7%), ocupando as regiões central e oeste da área de estudo, em cotas mais elevadas que o compartimento Botucatu, situando-se nas áreas de vales dos córregos Monjolinho e Gregório principalmente e de cuestas basálticas.

As rochas que o compõe, são em sua maioria basaltos de textura afanítica fina com coloração cinza a negra. Em pequenas áreas específicas afloram alguns diques de diabásio, cuja seção visível está presente em taludes de corte, possuindo coloração semelhante a dos basaltos, com grau de alteração insipiente a médio e textura fanerítica fina a média.

Este compartimento apresenta diversos graus de alteração, desde rocha sã, representado por basaltos com disjunção colunar, alterando para um solo residual jovem ainda com características da rocha de origem, à amostras em um avançado estado de intemperismo, tendo uma coloração majoritariamente marrom. Resultados de análises granulométricas do material inconsolidado mostra um elevado teor de finos, com teores em torno de 39% da fração argila e 27% da fração silte. A fração areia fina possui teores em torno de 29%, enquanto o restante é composto por uma pequena quantidade de areia grossa e pedregulho (Aguiar, 1989).

3.1.3 Compartimento Itaqueri

A formação Itaqueri não possui uma definição cronológica e genética clara na literatura, sendo muitas vezes confundida com depósitos do Grupo Bauru. O compartimento Itaqueri é composto por arenitos quartzosos e representa a maior área aflorante na região estudada, sendo responsável por 102,98 km² (69,1%), ocupando quase toda a área urbana.

Este compartimento, aparece em cotas maiores que o compartimento Serra Geral, os materiais inconsolidados possui uma transição marcada por uma coloração escura, com tons vermelho escuro a marrom, tem um elevado índice de óxidos e feldspatos intemperizados, também apresentando quartzo imaturo.

A feição mais frequente deste compartimento, possui textura de coloração variegada, com manchas acinzentadas em uma matriz marrom clara. Contém também camadas distintas, sendo uma camada de textura mais argilo siltosa e outra mais arenosa, ambas separadas por uma linha de seixos. Pode-se notar um elevado grau de alteração nas camadas tanto abaixo quanto acima da linha de seixos, evidenciando que a deposição ocorreu a um tempo considerável, e em seguida o pacote sedimentar sofreu alteração.

Resultados de análises granulométricas do material inconsolidado mostram um considerável teor de finos, com teores em torno de 29% da fração argila e 14% da fração silte. A fração areia fina possui proporções em torno de 44%, enquanto o restante é composto por uma pequena quantidade de areia média e grossa (Aguiar, 1989).

3.1.4 Compartimento Aluvionar

O compartimento Aluvionar aparece cartografado na região sul da área estudada, associado as planícies de inundação do rio Monjolinho, com uma área de 1,05 km² (0,7%), é constituído predominantemente por material de textura argilo-arenosa e saturada. A textura arenosa é predominantemente composta por grãos de quartzo, com coloração amarelada, por vezes cinza clara. Os grãos de areia apresentam-se tanto pouco retrabalhados, como com um bom arredondamento e esfericidade, indicando que o material deve possuir duas áreas fontes distintas principais.

Os grãos com boa esfericidade e arredondamento, são provenientes da Formação Botucatu, onde o aluvião se insere, e os grãos imaturos decorrem da Formação Itaqueri, que está estratigraficamente acima e abriga várias nascentes que são tributárias do rio Monjolinho.

Segundo Pons (2006), este compartimento tem ocorrência limitada na área, e é composto por materiais arenosos, argilosos, e siltosos de deposição recente, restrita as planícies aluvionares.

Resultados de análises granulométricas mostra um teor de finos elevado (> 50%). A fração areia fina possui teores em torno de 30%, enquanto o restante é composto por uma pequena quantidade de areia média a grossa e pedregulhos (Aguiar, 1989).

3.1.5 Compartimento Coluvionar

O compartimento Coluvionar, apresenta uma área cartografada de 0,84 km² (0,6%), e foi originado por movimentos de encosta nas cuestas basálticas. Os afloramentos apresentam morfologia típica de leque coluvial e são observados em vários pontos, ao longo da linha de cuesta basáltica. Este compartimento estratigraficamente, está sobre os arenitos da Formação Botucatu, onde a contribuição deste material é visível. No entanto, as características texturais são semelhantes as areias da Formação Itaqueri.

Este compartimento é composto por grãos de quartzo foscos e bem arredondados referentes a Formação Botucatu e grãos de quartzo relacionados a Formação Itaqueri. É possível observar também um teor considerável de óxidos relacionados a Formação Serra Geral, que por possuir um padrão facetado, evidencia que o material teve um curto transporte.

Segundo Pons (2006), os materiais desta unidade são derivados das encostas de basalto onde ocorre a mistura com areias relacionadas à alteração da Formação Botucatu. São áreas de instabilidade originadas por diversos fatores, como as declividades acentuadas e a heterogeneidade do material.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Trabalhos Anteriores na Área de Estudo Correlatos ao Tema Investigado

Buscou-se primeiramente revisar os trabalhos realizados na área de estudo referentes aos temas desta pesquisa, a Tabela 1 apresenta os trabalhos que foram analisados e os respectivos assuntos.

Tabela 1: Trabalhos analisados na área de estudo.

AUTOR	TIPO	TÍTULO DO TRABALHO	ANO	ASSUNTO
Lázaro Valentin Zuquette	Mestrado	Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos.	1981	Mapeamento geotécnico
Antonio Airton Bortolucci	Mestrado	Caracterização geológico-geotécnica da região urbana de São Carlos-SP, a partir de sondagens de simples reconhecimento	1983	Caracterização geológica-geotécnica
Marilza das Neves	Mestrado	Estudo da permeabilidade do solo colapsível da região de São Carlos.	1987	Solos colapsíveis
René Levy Aguiar	Mestrado	Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos-SP: contribuição ao planejamento.	1989	Mapeamento geotécnico
Luiz Nishiyama	Mestrado	Mapeamento geotécnico preliminar da quadricula de São Carlos - SP.	1991	Mapeamento geotécnico
René Levy Aguiar/Nilson Gandolfi/Antenor Braga Paraguassu	Trabalho de evento	Considerações gerais sobre a carta de potencial a erosão da região de São Carlos-SP.	1995	Erosão
José Augusto de Lollo/ Lázaro Valentin Zuquette	Artigo	Técnica de avaliação do terreno e suas possibilidades de aplicação no mapeamento geotécnico : exemplo de um sistema de terreno identificado na região de São Carlos (SP).	1996	Mapeamento geotécnico
Benedito José Imbiriba Carneiro	Doutorado	Comportamento de tubulões à céu aberto, instrumentados, em solo não-saturado, colapsível	1999	Solos colapsíveis
Marcos Fernando Macacari	Mestrado	Variação da capacidade de carga com a sucção e profundidade em ensaios de placa em solo colapsível.	2001	Solos colapsíveis
Cristina de Hollanda Cavalcanti Tsuha	Mestrado	Utilização de penetrômetro manual em solo colapsível e comparação com resultados de provas de carga em placa e em sapata	2003	Solos colapsíveis

Continuação - Tabela 1: Trabalhos analisados na área de estudo.

AUTOR	TIPO	TÍTULO DO TRABALHO	ANO	ASSUNTO
Regina Mambeli Barros	Doutorado	Previsão de enchentes para o plano diretor de drenagem urbana de São Carlos (PDDUSC) na bacia escola do córrego do Gregório	2005	Inundação
Nívea Adriana Dias Pons	Doutorado	Levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos - SP, com auxílio de geoprocessamento	2006	Proposta metodológica - Levantamento e diagnóstico geológico e geotécnicos de áreas degradadas
Regiane Veloso	Mestrado	Caracterização geológico-geotécnica do lixão desativado de São Carlos-SP, com auxílio da geofísica	2006	Caracterização geológico-geotécnica
Diogo Martino Fernandes Almeida	Monografia	Sistema de gestão de risco de inundações urbanas baseado em web mapping.	2010	Inundação
Melissa Cristina Pereira Graciosa	Doutorado	Modelo de seguro para riscos hidrológicos com base em simulação hidráulica hidrológica como ferramenta de gestão do risco de inundações	2010	Inundação
Júnio René Toledo Fagundes	Doutorado	Estudo integrado das características geológico-geotécnicas com vista à avaliação de recarga de aquífero: região de São Carlos-SP	2010	Caracterização geológico-geotécnica
Daniel Bartolomeu	Mestrado	Análise da vulnerabilidade dos recursos hídricos na região urbana de São Carlos (SP) por vazamento em postos de combustíveis, utilizando o método GOD e avaliação dos condicionantes geotécnicos	2012	Vulnerabilidade dos recursos hídricos
Thiago Galvão Tiradentes Decina	Mestrado	Análise de medidas de controle de inundações a partir da avaliação de cenários de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego do Gregório, São Carlos - SP	2012	Inundação
Henrique Taveira Pio	Monografia	Estudo da precipitação e índices de extremos climáticos na região de São Carlos - SP	2012	Precipitação
Liz Abreu Denúbila	Mestrado	Alterações ambientais associadas à mineração no município de São Carlos (SP), utilizando AHP e SIG	2013	Erosão

Como pode ser observado na Tabela 1, os trabalhos tratando de inundação e mapeamento são os mais frequentes. As enchentes, inundações e alagamentos, são os eventos perigosos que mais causam transtornos para a cidade, dentre estes estudos, destaca-se o de Barros (2005) e Graciosa (2010). Em relação a erosão, pode-se destacar o trabalho de Denúbila (2013), que gerou um mapa de suscetibilidade à erosão pluvial para todo o

município na escala 1:100.000. A análise de movimentos de encosta, é pouco frequente, consequência do relevo da cidade de São Carlos, normalmente este assunto é abordado superficialmente, nos estudos de mapeamento geotécnico. Quanto aos solos colapsíveis, a maioria dos trabalhos são relacionados a ensaios de laboratório, para análise do seu comportamento em fundações.

4.2 Conceitos Básicos

Inicialmente, é importante entender o que são riscos de natureza Geológica e Hidrológica. Cerri (1993) *apud* Augusto Filho (2001), apresenta uma classificação abrangente de riscos ambientais, que incluiu entre estes, os de origem hidrológica e geológica (Figura 4).

Figura 4: Principais tipos de riscos ambientais com destaque para os de natureza geológica e hidrológica (Cerri 1993 *apud* Augusto Filho 2001).

Para melhor compreensão, alguns conceitos que são relacionados ao estudo destes eventos devem ser definidos. O acontecimento em que não foram registradas perdas sociais e econômicas (inundação em área não habitada) é definido como evento, o acontecimento em que ocorre perdas sociais e econômicas (inundação em área habitada) é definido por acidente

(Zuquette, 1993). Portanto, o termo evento perigoso é utilizado na presente pesquisa para se referir a eventos de natureza geológica e hidrológica que ocorrem na cidade e têm o potencial de gerar perdas sociais e econômicas.

Quando uma área apresenta propriedades que tendem a favorecer a ocorrência de eventos perigosos, devido a suas características como o relevo, interferências antrópicas e regime de chuvas, esta região pode ser considerada suscetível a este tipo de evento, independentemente da previsão ou probabilidade para tal ocorrência, ou seja, a área tem suscetibilidade para que ocorra um evento perigoso.

Segundo Parise (2001), suscetibilidade é a capacidade de uma área à ocorrência de eventos perigosos em relação as condições locais do terreno, onde a probabilidade não é considerada. Para Fell (2008), suscetibilidade é uma análise qualitativa ou quantitativa de classificar a área e a distribuição espacial de eventos perigosos que possuem o potencial para ocorrer em determinada região. Apesar de se esperar que um evento perigoso ocorra mais frequentemente nas áreas mais suscetíveis, isto nem sempre pode ocorrer, visto que em estudos de suscetibilidade a variável tempo não é levada em conta. Sobreira e Souza (2012), afirmam que o termo suscetibilidade pode ser interpretado como a potencialidade de processos geológicos e hidrológicos acarretarem alterações no meio físico.

Em relação as pessoas que vivem nas cidades e as estruturas existentes, quando estas estão expostas a um possível evento perigoso, se diz que estas possuem uma certa vulnerabilidade ao evento. De acordo com Augusto Filho (2001), o termo vulnerabilidade está relacionado ao elemento ou sistema sob perigo (população e estruturas) sendo utilizado como um indicador da magnitude das possíveis consequências, no caso da ocorrência do evento perigoso. Segundo Zuquette (1993) e Fell (2008), vulnerabilidade é o grau de perda esperado para um certo elemento ou elementos dentro da área afetada pelo evento perigoso, sendo expressa em uma escala de 0 (sem perda) 1 (perda total). Portanto, é de se esperar que a vulnerabilidade para um certo evento aumentará em eventos catastróficos, visto que estes acarretarão em uma maior perda econômica e social.

Segundo o IUGS - *Working Group Committee On Risk Assessment* (1997), perigo é uma condição com potencial para gerar um dano desagradável, deve-se incluir em uma análise de perigo, características como, área afetada e a probabilidade de ocorrência em um dado período de tempo. De acordo com Smith (2004), o termo perigo é melhor descrito como sendo uma ocorrência natural, ou induzida pelo homem, com o potencial de gerar perdas. Para

Fell (2008) e Macedo & Bressani (2013), perigo é uma condição com um potencial para gerar uma consequência indesejável.

Zuquette (1993), afirma que risco é uma expressão do perigo em termos de danos/período de tempo por unidade monetária/ano. Segundo o *Working Group Committee On Risk Assessment (op. cit.)*, risco é uma medida da probabilidade e severidade de um efeito adverso para o ambiente. Risco é geralmente estimado pelo produto entre a probabilidade e as consequências. Pode-se afirmar, portanto, que a análise de risco, está sujeita a obtenção e avaliação de dois parâmetros: a probabilidade de um fenômeno ocorrer e a grandeza das consequências socioeconômicas associadas a este fenômeno (Augusto Filho, 2001).

Deve-se observar que uma avaliação de suscetibilidade, perigo e risco, é um estudo onde a complexidade aumenta gradualmente respectivamente. É necessário tomar grande cuidado com os termos que são utilizados, é bastante comum observar na literatura, trabalhos conceituados utilizando o termo “risco” para estudos que se quer utilizam dados de probabilidade. Um trabalho de risco é de grande complexidade, onde deve-se levar em conta vários fatores, e envolve várias áreas de atuação.

O *Working Group Committee on Risk Assessment (op. cit.)* reconhece que existe uma gama de definições relacionadas ao estudo de eventos perigosos, e expõe uma sugestão de conceituação no intuito de padronizar as definições. Esta proposta terminológica foi empregada como referência básica no comitê de avaliação de risco para escorregamentos, em encontro técnico realizado em Honolulu, em 1997. No entanto, o próprio comitê reconhece que os termos ainda não são uma unanimidade, exigindo mais trabalho e discussão para alcançar definições universais. A Tabela 2 apresenta um resumo de parte das principais definições propostas por este grupo de estudo. Vale ressaltar que apesar desta proposta ser para movimentos de encosta, esta pode ser totalmente aplicada aos outros eventos geológicos e aos hidrológicos também.

Tabela 2: Definição dos principais termos utilizados na análise de risco (IUGS - *Working Group Committee on Risk Assessment*, 1997). Adaptado por Augusto Filho (2001).

TERMO	DEFINIÇÃO
Risco (risk)	Uma medida da probabilidade e severidade de um efeito adverso para a saúde, propriedade ou ambiente. Risco é geralmente estimado pelo produto entre a probabilidade e as consequências. Entretanto, a interpretação mais genérica de risco envolve a comparação da probabilidade e consequências, não utilizando o produto matemático entre estes dois termos, para expressar os níveis de risco.

Continuação Tabela 2: Definição dos principais termos utilizados na análise de risco (IUGS - *Working Group Committee on Risk Assessment*, 1997). Adaptado por Augusto Filho (2001).

TERMO	DEFINIÇÃO
Processo perigoso (danger)	O fenômeno natural geometricamente e mecanicamente caracterizado (no caso, os fenômenos naturais seriam os diferentes tipos de eventos perigosos).
Perigo (hazard)	Uma condição com potencial para causar uma consequência desagradável. Alternativamente, o perigo é a probabilidade de um evento perigoso ocorrer num dado período de tempo.
Elementos sob risco (elements at risk)	A população, as edificações e as obras de engenharia, as atividades econômicas, os serviços públicos e a infra-estrutura na área potencialmente afetável pelos eventos perigosos.
Probabilidade – P (probability)	A probabilidade de um resultado específico, medido pela razão entre o número de resultados específicos e todos os resultados possíveis. A probabilidade é expressa como um número entre 0 e 1, com 0 indicando um resultado impossível, e 1 indicando que um resultado é certo.
Vulnerabilidade – V (vulnerability)	O grau de perda para um dado elemento ou grupo de elementos dentro de um área afetada por eventos perigosos. Ela é expressa em uma escala de 0 (sem perda) a 1 (perda total). Para propriedades, a perda será o valor da edificação; para pessoas, ela será a probabilidade de que uma vida seja perdida, em um determinado grupo humano que pode ser afetado pelos eventos.

4.3 Tipos de Mapas Geotécnicos

Primeiramente é importante diferenciar os termos mapa e carta, Oliveira (1983) aconselha o uso do termo carta para documentos cartográficos que apresenta uma maior confiança no que diz respeito a precisão das informações. Por outro lado o termo mapa, não necessariamente apresenta esta precisão, sendo assim documentos menos rigorosos em relação aos dados utilizados. Para Zuquette e Nakazawa (1998), o termo mapa, deve ser empregado para os documentos cuja informações registradas, são obtidas de um determinado meio físico, sem que haja necessariamente uma interpretação crítica dessas informações, carta é o documento que contém estas interpretações para um intuito específico. No presente trabalho se utilizará o termo mapa para todos os produtos cartográficos produzidos pelo estudo.

Segundo Zuquette (1993), mapeamento geotécnico é o conjunto de processos que procura investigar e avaliar as características do meio físico, com o objetivo de orientar o planejamento e ocupação de determinada região, de forma a auxiliar na prevenção de problemas em andamento e na prevenção de problemas posteriores.

O mapeamento de eventos perigosos prevê primeiramente a elaboração de mapas básicos, para depois poder gerar mapas interpretativos como os de suscetibilidade, perigo, risco, entre outros. A Tabela 3, apresenta a terminologia frequentemente empregada para definir os diferentes tipos de mapas utilizados para a caracterização do meio físico.

Tabela 3: Terminologia usualmente empregada para designar os diferentes produtos cartográficos de caracterização do meio físico (Cerri, 1990).

INFORMAÇÕES BÁSICAS	PRODUTO INTERMEDIÁRIO	PRODUTO FINAL
Mapas temáticos Mapas analíticos Mapas básicos	Mapas derivados Mapas interpretativos Mapas de síntese	Cartas geotécnicas Mapas geotécnicos Cartas de planejamento regional Cartas geo-ambientais Mapas de zoneamento ambiental Mapas de zoneamento geotécnico Mapas de zoneamento urbano Mapas de aptidão Cartas de vulnerabilidade Mapas de potencial natural Mapas de 1ª, 2ª, 3ª ... ordens Cartas de risco Zoneamento de risco

Segundo Pejon e Ferreira (2015), algumas informações do meio físico são imprescindíveis e básicas para qualquer estudo onde se queira gerar mapas interpretativos, enquanto outras específicas serão consideradas dependendo do intuito e dos objetivos do mapeamento. Alguns mapas básicos serão descritos a seguir.

Mapa de documentação

São informações fundamentais para a gestão da informação sobre a área de estudo e necessitam conter o registro cartográfico de informações precisas, como os pontos de amostragem, descrição de afloramentos entre outros. Esse documento tem como apoio o mapa topográfico com as curvas de nível, estradas, drenagens e pontos cotados, as vezes pode ainda conter a malha urbana do município.

Mapa geológico, litológico ou do substrato rochoso

São informações que tem por finalidade descrever as rochas sãs que ocorrem em certa área/zona. Um mapa geológico clássico traz um conjunto de informações referentes às rochas (litologia), estrutura, descontinuidades entre outras características. Quanto ao substrato rochoso, além das informações já descritas, são normalmente incluídas algumas específicas, como: mineralogia, densidade e porosidade aparentes, níveis de intemperismo, potencial de alteração, condutividade hidráulica e resistência.

Mapas de Solos ou materiais inconsolidados

O termo materiais inconsolidados, é o mais utilizado na Geotecnia, pois considera os materiais geológicos naturais (residuais e retrabalhados) que se localizam sobre o substrato rochoso pouco alterado até a superfície. Esses pacotes podem alcançar mais de 100 metros em regiões equatoriais, sendo que no Sudeste podem ter espessuras maiores que 50 metros.

Mapas das classes de declividades

Este mapa tem por finalidade quantificar a inclinação ou o declive do terreno, apresentando esse valor em porcentagem ou graus, em relação a um plano horizontal. É uma representação cartográfica de muita relevância em um estudo de eventos perigosos, visto que o manejo de áreas rurais e o gerenciamento do uso do solo urbano precisam de dados referentes a declividade. Muitos processos geológicos e hidrológicos ocorrem em consequência da existência de determinadas inclinações do terreno, como erosão, assoreamento, movimentos de encosta, inundações, entre outros.

Mapas geomorfológicos ou de formas do terreno

É um componente fundamental para algumas análises, como suscetibilidade e perigo, a forma do terreno, influencia alguns dos processos geológicos e hidrológicos e o planejamento do uso e ocupação. Existem diversos documentos que podem servir para análise desse fim, como mapas geomorfológicos, análise por forma de terreno, *landform* e análise por bacias ou encostas. Existem vários outros tipos de mapas básicos/temáticos, para cada tipo de análise, é necessário definir quais destes mapas serão fundamentais para o andamento do estudo.

Bittar *et al.* (1992) apud Augusto Filho (2001) exemplifica na Tabela 4 os mapas geotécnicos que podem ser gerados a partir de um estudo de eventos perigosos. Einstein (1988), sugere um procedimento de avaliação de risco de eventos perigosos em uma estrutura de 5 níveis de mapeamento:

Nível 1 – Mapas de Estado da Natureza (*state-of-nature maps*), são os que exibem os dados sem interpretação, também podendo ser descritos como mapas temáticos/básicos (geológico, topográfico, dados de precipitação, etc.);

Nível 2 – Mapas de Suscetibilidade ou de Tipologia ou Inventário de eventos perigosos, são aqueles que sugerem os principais e mais prováveis tipos e mecanismos destes eventos que podem ocorrer na área mapeada (inundações, movimentos de massa, solos colapsíveis, etc.);

Nível 3 – Mapas de Perigo (*hazard maps*), que devem apresentar as probabilidades dos tipos de eventos perigosos identificados no mapa de suscetibilidade (nível 2).

Nível 4 – Mapas de risco (*risk maps*), são aqueles que combinam o perigo de um evento perigoso com as perdas potenciais (danos potenciais em um determinado período de tempo); e

Nível 5 – Mapas de gerenciamento, onde devem ser exibidas as medidas de mitigação mais apropriadas aos tipos e níveis de risco identificados, dirigir a implantação de sistemas de monitoramento e emergência, e locais para execução de investigações complementares.

Tabela 4: Tipos de mapas geotécnicos (Bittar *et al.*, 1992 *apud* Augusto Filho, 2001)

MAPA GEOTÉCNICO	OBJETIVOS/CARACTERÍSTICAS
DIRIGIDA	a partir da identificação de problemas de natureza geológico-geotécnica decorrentes do uso do solo, expõem as limitações e potencialidades dos terrenos, estabelecem alternativas de solução destes problemas e apontam as diretrizes para o adensamento e a expansão da ocupação ante uma ou mais formas de uso do solo.
CONVENCIONAL	apresentam a distribuição geográfica das características dos terrenos, a partir de atributos do meio físico e de determinados parâmetros do meio físico e as diferentes formas de uso do solo.
SUSCETIBILIDADE	indicam a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso do solo, expressando a suscetibilidade segundo classes de probabilidade de ocorrência
RISCO	prepondera a avaliação de dano potencial à ocupação, expresso segundo diferentes graus de risco, resultantes da conjugação da probabilidade de ocorrência de manifestações geológicas naturais ou induzidas e das consequências sociais e econômicas decorrentes.

Este trabalho utilizará a estruturação proposta por Einstein (*op. cit.*), para gerar mapas até o nível 2.

4.4 Eventos Perigosos de Natureza Geológica-Hidrológica em São Carlos.

Bartolomeu (2012) em seu trabalho, ressaltou a probabilidade de que alguns vazamentos de postos possam ter ocorridos devido ao comportamento colapsível do solo em algumas regiões do município.

De acordo com Giardini e Lorandi (2004), o rápido processo de urbanização e o crescimento desordenado das cidades alteram drasticamente a paisagem, caracterizada por diferentes processos do meio físico, em geral relacionados a alguma degradação ambiental. Assim feições erosivas, derivadas da má gestão do uso do solo e do precário planejamento urbano, causam impactos ambientais, pela produção de sedimentos que vão assorear as drenagens, provocando a ocorrência de enchentes e inundações em períodos de chuva intensa. A população de São Carlos-SP vem crescendo consideravelmente, como consequência, é possível observar a implantação de novos loteamentos, normalmente de forma caótica, onde sérios problemas de erosão urbana podem ser observados como por exemplo, nos bairros Cidade Aracy, Antenor Garcia entre outros.

O IPT (2015) em um mapeamento com o foco em áreas de risco a deslizamentos e inundações no município de São Carlos– SP, identificou uma área de alto risco para movimentos de encosta, quatro áreas de alto risco e quatro áreas de risco médio para inundação. O local onde o risco a movimentos de encosta é alto, localiza-se no bairro Cidade de Aracy, trata-se de um talude rochoso, onde não há moradias, porém existe propostas de empreendimentos imobiliários para ocupar o talude.

Observando os jornais televisivos e escritos da região de São Carlos, é notável que o evento perigoso que mais gera transtornos para a cidade são as enchentes/inundações. Em reportagem publicada pela EPTV em 23/11/2015 é mostrado o grande poder de destruição que este evento causa à cidade (Figura 5).

Figura 5: Inundação em São Carlos no dia 23/11/2015. (EPTV. 2015).

Os próximos tópicos abordarão os eventos que mais causam transtornos à cidade de São Carlos, ou seja, erosão pluvial, solos colapsíveis, movimentos de encosta e enchentes/inundações.

4.4.1 Erosão pluvial

Segundo Vilar e Prandi (1993), erosão é um conjunto de ações pelas quais os materiais da crosta terrestre são desagregados, dissolvidos ou desgastados e sofrem transporte de um local ao outro na terra por agentes, como as geleiras, rios, mares, ventos ou chuvas. Neste trabalho, o foco principal será na erosão pluvial, visto que este tipo de processo erosivo é bastante frequente na cidade de São Carlos, gerando danos sociais e econômicos.

Em relação a este processo erosivo, pode-se destacar dois eventos iniciais fundamentais. Primeiramente, o impacto das gotas de chuva na superfície do solo, ocasionando a desagregação e liberação de suas partículas, e o escoamento superficial das águas, possibilitando o transporte das partículas liberadas. Quanto à forma na qual ocorre o escoamento superficial ao longo da vertente, podem-se desenvolver dois tipos de erosão: erosão laminar, que ocorre devido ao escoamento difuso das águas da chuva, gerando a remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes mais superficiais do solo; e erosão linear, que acontece em consequência da concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, gerando pequenas incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos, que com o aprofundamento podem evoluir para ravinas. Caso a erosão evolua por controle não somente das águas superficiais, mas também dos fluxos d'água subsuperficiais, em que se compreende o lençol freático, configura-se o processo conhecido por boçoroca. (Salomão e Iwasa, 1995)

O surgimento dos processos erosivos são conduzidos por diversos fatores, influenciados pelas condições naturais dos terrenos, evidenciando-se: a chuva, a cobertura vegetal, a topografia (formas de encosta e declividades) e os tipos de solo.

Com relação a chuva, a água gera a erosão do solo por meio do impacto das gotas sobre a superfície, caindo com velocidade e energia variáveis, e através do escoamento da água. Sua ação erosiva está diretamente relacionada a distribuição pluviométrica no tempo e espaço, e de sua intensidade. A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão, pois, protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, dispersa e diminui a

energia da água no escoamento, aumenta a infiltração pela produção de poros no solo, devido as raízes e aumenta a capacidade de retenção de água. A topografia influencia a intensidade do processo erosivo em decorrência principalmente, da declividade, comprimento da rampa e a forma da encosta, como consequência, estas características influenciam a velocidade do escoamento. Já as propriedades físicas do solo, entre elas, textura, estrutura, permeabilidade, e densidade, e as características químicas, biológicas e mineralógicas, interfere de várias formas no processo erosivo, ao atribuir maior ou menor resistência a ação das águas (Salomão e Iwasa, *op. cit.*).

A Tabela 5 sintetiza as principais feições que ocorrem em decorrência do escoamento superficial (Rotta e Zuquette, 2015).

Tabela 5: Feições resultantes do escoamento superficial.

EROSÃO	FEIÇÕES	CARACTERÍSTICAS
LAMINAR	Intersulcos	Processo erosivo que acontece nas áreas entre sulcos/canais ao longo de uma vertente ou talude escavado, sendo que o destacamento de partículas, se dá principalmente devido ao impacto da gota de chuva. O transporte dos sedimentos se dá por ação da queda das gotas de chuva em conjunto com o fluxo do escoamento superficial.
	Sulcos	São pequenos canais bem definidos, em consequência do escoamento concentrado em vertentes. Em relação à suas dimensões, considera-se que sua profundidade e largura não ultrapassam 50 centímetros, no entanto podem se estender por comprimentos da ordem de dezenas de metros.
LINEAR	Ravinas	É resultado da evolução dos sulcos, sendo consideradas feições cuja recuperação se torna mais complicada por uso de equipamentos mecânicos simples. Considera-se que estas possuem largura superior a 1 metro e profundidades superiores a 50 centímetros, mas menores que um metro.
	Boçorocas	É o estágio evolutivo de maior complexidade das erosões lineares. De uma maneira geral, estas podem ser descritas como canais de paredes íngremes, com a possibilidade de fluxo de água permanentemente, caso aconteça a interceptação do lençol freático, ou efêmero, durante eventos chuvosos, e com cabeceiras bem definidas.

4.4.2 Solos colapsíveis

Segundo Pinto (2006), solos colapsíveis são solos não saturados que possuem uma considerada e acelerada compressão quando submetidos a um acréscimo de umidade sem variar a tensão total a que são submetidos.

De acordo com Lollo e Rodrigues (2008), quando certos tipos de solos, sofrem um acréscimo de água em seus vazios, ou são umedecidos depois de sofrerem sobrecargas, estes podem vir sofrer uma diminuição de volume, demonstrada por uma variação do índice de

vazios, sem que fundamentalmente tenha havido aumento de cargas aplicadas. Estes tipos de solo têm recebido o nome de solos colapsíveis.

Segundo Ferreira e Vilar (2015), nos solos de baixa densidade, o acréscimo de umidade implica em uma decréscimo da resistência nos contatos inter partículas, normalmente por diminuição da sucção, uma recolocação estrutural e uma nova condição de equilíbrio sob a carga influente. A esta condição do solo de demonstrar uma redução de volume quando umedecido, tem-se dado o nome de solo colapsível. As principais características dos solos colapsíveis são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: Principais características dos solos colapsíveis (Ferreira e Vilar, 2015)

Características dos Solos Colapsíveis
Solos não saturados.
Solos com estrutura porosa ou instável, com partículas interligadas por argila, óxido de ferro, alumínio ou carbonatos.
Solos de origem recente e de fácil drenagem de regiões tropicais úmidas com lixiviação dos horizontes superficiais.
Solos em regiões onde a evapotranspiração excede a precipitação, regiões de alternância de estações secas e chuvas intensas e concentradas.

De acordo com Pinto (*op. cit.*), o colapso do solo ocorre em consequência da destruição dos meniscos capilares, responsáveis pela tensão de sucção, ou a um amolecimento do cimento natural que sustenta as partículas e os agregados de partículas unidas. Fisicamente, o fenômeno do colapso está firmemente ligado a perda de resistência dos solos não saturados.

Segundo Lollo e Rodrigues, (*op. cit.*), o fenômeno da colapsividade pode ocorrer por ação conjunta ou simples de dois mecanismos: acréscimo do teor de umidade nos vazios do solo e/ou tensões que excedem o valor limite. Os solos da região centro-sul brasileiro (interior de São Paulo e Paraná) são solos porosos residuais, solos sedimentares ou colúvios com características de solos colapsíveis.

Para Lollo e Oliveira (2008) o colapso de solos representa hoje um dos maiores problemas geotécnicos da maioria da região sudeste do Brasil e, em particular, uma parcela expressiva do interior do estado de São Paulo.

Dudley (1970), aponta duas características principais que configura um solo como colapsível: uma estrutura porosa (composta por um elevado índice de vazios) e uma umidade menor que a necessária para sua inteira saturação.

Segundo Cintra (1998) os solos colapsíveis tem os seguintes indicadores:

- Baixos valores de SPT (≤ 4 golpes);
- Baixos valores de CPT($q_c \leq 1,0$ Mpa);
- Granulometria aberta (ausência de fração silte);
- Baixo grau de saturação ($S_r \leq 60\%$);
- Grande porosidade ($n \geq 40\%$)

As condições existentes para a identificação de solos colapsíveis seguem essencialmente, algumas medidas como, critérios “regionais” formulados para certas ocorrências de solos ou regiões, onde leva-se em conta conceitos empíricos e de alguns testes rápidos, critérios estes, fundamentados nos limites de consistência ou nas condições de compacidade do solo. Na Tabela 7, são exibidas alguma dessas condições (Ferreira e Vilar, op. cit.).

Tabela 7: Critérios de identificação de solos colapsíveis. Ferreira e Vilar, (2015).

REFERÊNCIA	EXPRESSÃO	LIMITES
DENISOV (1951) citado por REGINATTO (1970)	$K = \frac{e_1}{e_0}$	<ul style="list-style-type: none"> • $0,5 < K < 0,75$, altamente colapsível • $K = 1$, não colapsível • $1,5 < K < 2$, não colapsível
FEDA (1966)	$KI = \frac{\left(\frac{w_0}{S_0}\right) - w_p}{w_l - w_p}$	Se $S_0 > 80\%$ e $KI > 0,85$, o solo é colapsível
PRIKLONSKIJ (1952) citado por FEDA (1966)	$Kd = \frac{w_l - w_0}{w_l - w_p}$	<ul style="list-style-type: none"> • $Kd < 0$, altamente colapsível, • $Kd > 0,5$, colapsível e • $Kd > 1$, expansivo
GIBBS & BARA (1962)	$R = \frac{w_{sat}}{w_l}$	$R > 1$, colapsível
KASSIF e HENKIN (1967)	$K = \gamma_d \cdot w$	$K < 15$, colapsível
JENNINGS e KNIGHT (1975)	Cascalho fino	<ul style="list-style-type: none"> $S_r < 6\%$, colapsível $S_r > 10\%$, não colapsível
	Areia fina	<ul style="list-style-type: none"> $S_r < 50\%$, colapsível $S_r > 60\%$, não colapsível
	Silte argiloso	<ul style="list-style-type: none"> $S_r < 90\%$, colapsível $S_r > 95\%$, não colapsível
Código de obras da URSS (1977) citado por RESNIK (1989)	$CI = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0}$ $S_r < 80\%$	Ocorre colapso para: <ul style="list-style-type: none"> • $1\% \leq w_p \leq 10\%$, $CI < 0,1$ • $10\% \leq w_p \leq 14\%$, $CI < 0,17$ • $14\% \leq w_p \leq 22\%$, $CI < 0,24$

σ_{vi} - tensão de inundação no ensaio edométrico; e_1 - índice de vazios (amolgado) correspondente ao limite de liquidez; S_r - grau de saturação; e_0 - índice de vazios natural; γ_d - peso específico seco; w , w_0 - umidade natural; w_p - limite de plasticidade; w_l - limite de liquidez; K - coeficiente de subsidência; KI - coeficiente de colapsibilidade; PC - potencial de colapso.

4.4.3 Movimentos de encosta

Para Cruden (1991) *apud* Cruden e Varnes (1996) movimentos de encosta podem ser descritos como: movimento de massa de rocha, detritos ou solo por uma encosta.

Segundo Varnes (1978) e Augusto Filho (1992), são identificados quatro subgrupos básicos de movimentos de encosta: rastejos (*creep*); escorregamentos (*slide*); quedas (*falls*) e corridas (*flows*). A Tabela 8, exemplifica estes movimentos e suas características.

Tabela 8: Principais tipos de movimentos de massa associados a encosta (Augusto Filho, 1992).

PROCESSOS	DINÂMICA/GEOMETRIA/MATERIAL
Rastejos (<i>creep</i>)	vários planos de deslocamento (internos); velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade; movimentos constantes, sazonais ou intermitentes em solo, depósitos, rocha alterada/fraturada; geometria indefinida.
Escorregamentos (<i>slides</i>)	poucos planos de deslocamento (externos); velocidades médias (m/h) a altas (m/s); pequenos a grandes volumes de material; geometria e materiais variáveis: Planares – solos pouco espessos, solos e rochas com 1 plano de fraqueza; Circulares – solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; Em cunha – solos e rochas com dois planos de fraqueza.
Quedas (<i>falls</i>)	sem planos de deslocamento; movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado; velocidades muito altas (vários m/s); material rochoso; pequenos a médios volumes; geometria variável: lascas, placas, blocos, etc; Rolamento de matacão; Tombamento.
Corridas (<i>flows</i>)	muitas superfícies de deslocamento; movimento semelhante ao de um líquido viscoso; desenvolvimento ao longo das drenagens; velocidades médias a altas; mobilização de solo, rocha, detritos e água; grandes volumes de material; extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

Para rastejo, quedas e corridas serão utilizadas as definições de Bobrowsky e Highland (2008).

Rastejos

Rastejo é caracterizado por ser um movimento de massa bem lento, muitas vezes imperceptível, em taludes de solo e rocha. O movimento é consequência de uma tensão de cisalhamento suficiente para causar uma deformação permanente, porém insatisfatória para produzir o rompimento do talude. Existem três tipos de rastejo: (1) sazonal, onde o movimento é em uma certa profundidade do solo, sendo afetado pelas mudanças de umidade e temperatura; (2) contínua, onde a tensão de cisalhamento contínua excede a resistência do material e (3) progressiva, onde a encosta alcança o ponto de falha, como outros tipos de movimento. Rastejo é reconhecido em campo, por troncos de árvores curvadas, cercas desalinhadas e postes inclinados. A Figura 6a demonstra um movimento de rastejo.

Quedas

Quedas são movimentos de massa de materiais geológicos, como rochas e pedregulhos, que se destacam de encostas íngremes ou penhascos (Figura 6b). O rompimento ocorre ao longo de discontinuidades como fraturas, juntas e planos de dobra, e o movimento se dá em queda livre, saltando e rolando encosta abaixo. Esses movimentos são fortemente influenciadas pela gravidade, intemperismo mecânico, e a presença de água intersticial.

Corridas

Esse tipo de movimento pode ser descrito como um movimento de massa muito rápido, sendo uma combinação de solo, rocha, material orgânico, ar e água, mobilizados como uma pasta fluida, que escoam encosta abaixo (Figura 6c). São normalmente causadas por intenso fluxo de água na superfície, devido a fortes precipitações, que destrói e mobiliza terra solta e pedaços de rocha pelas encostas. Corridas tem um grande poder de alcance e destruição, podendo se estender por quilômetros, até perder energia e se depositar nas áreas mais planas.

Figura 6: Ilustração mostrando o movimento de A-rastejo; B- queda; C-corrida. Bobrowsky e Highland (2008).

Escorregamentos

De acordo com Varnes (1978), este tipo de movimento consiste no cisalhamento e rompimento ao longo de uma ou várias superfícies que são visíveis, ou pelo menos possam ser inferidas. O movimento pode ser progressivo, ou seja, o plano de cisalhamento não ocorre instantaneamente, mas sim se propaga até causar a ruptura.

Os dois principais tipos de escorregamentos são o rotacional, e o translacional.

- Rotacional – Nos escorregamentos rotacionais (Figura 7a), o material geológico movimentado não é muito deformado e, em geral, ocorre em perfis mais homogêneos. A superfície de ruptura deste movimento é curva e com concavidade apontada para a superfície do talude
- Planares – Os escorregamentos planares (Figura 7b), se individualizam por exibirem uma superfície de ruptura com forma mais ou menos planar, acompanhando de maneira geral as descontinuidades existentes nos materiais geológicos.

Figura 7: Processo de escorregamento planar. Bobrowsky e Highland (2008).

4.4.4 Enchentes/inundações

Segundo Tucci (2005), o escoamento pluvial pode gerar inundações e consequências negativas nas áreas urbanas, por meio de dois processos, que acontecem sozinhos ou em conjunto, sendo as inundações em áreas ribeirinhas e devido a urbanização. Em áreas ribeirinhas, ocorre devido ao fenômeno natural, em que o rio ocupa a sua planície de inundação, acarretando impactos adversos quando há uma ocupação inadequada do espaço urbano. Em cidades de relevo acidentado, as áreas mais propícias para a população ocupar, são as partes planas e baixas, consequentemente, as mais atingidas durante as cheias dos rios.

Já nas áreas urbanas, ocorre nas drenagens em consequência da impermeabilização do solo, canalização do fluxo ou obstruções ao escoamento.

De acordo com Amaral e Ribeiro (2009), inundações e enchentes são eventos naturais que acontecem frequentemente nos cursos d'água, em decorrência quase sempre de chuvas fortes e rápidas ou de longa duração. Além dos conceitos de inundação e enchente, há também os conceitos de alagamento e enxurrada, muito utilizados em áreas urbanas. Assim, definem-se:

Inundação: caracterizado pelo transbordamento das águas de um curso, alcançando a planície de inundação;

Enchentes ou cheias: originadas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem em consequência do aumento de vazão, atingindo a cota máxima do leito menor, porém sem extravasar;

Alagamento: acúmulo rápido de águas em certos locais por impermeabilização, por consequência da deficiência de drenagem da superfície;

Enxurrada: escoamento superficial concentrado com grande energia de transporte, estando ou não associado a drenagens.

De acordo com Augusto Filho (2016), os processos de escoamento superficial relacionados as linhas de drenagens naturais são normalmente chamados de cheia, inundação e enchente. Para distinguir estes processos, observa-se a seção inundada do canal de drenagem. Os termos cheia e enchente são considerados sinônimos, e relacionam-se a elevação do nível d'água das drenagens acima dos valores médios, porém sem extravasar além do leito menor. O termo inundação, é utilizado quando o volume de água atinge o leito maior (planície de inundação), a até mesmo os terraços mais elevados (Figura 8).

Figura 8: Características do leito do rio. Tucci (2005).

De acordo com Infanti Jr e Fornasari Filho (1998), o processo de inundação mais frequente na área urbana de São Carlos (SP), é devido a urbanização, que ocorre devido ao extravasamento das águas de um curso d'água para as áreas adjacentes, quando a vazão escoada é maior que a capacidade de descarga da região.

Segundo Amaral e Ribeiro (op. cit.), a frequência de inundações e enchentes são dependentes da combinação de condicionantes naturais e antrópicos. Entre os naturais pode-se destacar:

- Formas do relevo;
- Características da rede de drenagem da bacia hidrográfica;
- Características do solo e o teor de humidade;
- Presença ou ausência da cobertura vegetal;
- Intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas.

É importante observar que os quatro primeiros condicionantes estão relacionados a bacia hidrográfica, enquanto que o último a precipitação.

Dentre os condicionantes antrópicos pode-se destacar:

- Disposição inadequada de lixo e entulho próximo ao curso d'água;
- Impermeabilização dos solos;
- Assoreamento;
- Retificações e canalizações.

4.5 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Segundo Tomlin (1990), Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um elemento que permite, analisar, apresentar e interpretar os dados relacionados a superfície da Terra. Um SIG é um conjunto de *software e hardware*, projetado especificamente para a aquisição, gerenciamento e uso de dados cartográficos.

Star e Estes (1990), define um SIG como sendo um sistema de informação desenhado para trabalhar com dados referenciados mediante coordenadas espaciais ou geográficas. Em outras palavras, um SIG é tanto um sistema de base de dados com capacidades específicas

para dados georreferenciados, quanto um conjunto de operações para trabalhar com estes dados.

Um SIG permite a realização das seguintes operações (Olaya, 2011):

- Leitura, edição, armazenamento e, em termos gerais, gestão de dados espaciais;
- Análise dos dados. Isto inclui, desde consultas simples a elaboração de modelos complexos, e pode ser realizada tanto em relação a componente espacial dos dados como em relação a componente temática;
- Geração de resultados como, mapas e gráficos, entre outros.

Segundo Olaya (op. cit.), um SIG é formado por uma série de subsistemas, sendo que cada um é encarregado de uma série de funções particulares. O autor cita três subsistemas fundamentais:

- Subsistema de dados. Se encarrega das operações de entrada e saída de dados, e a gestão destes, dentro do SIG. Permite aos outros subsistemas ter acesso aos dados e realizar suas funções baseados neles;
- Subsistema de visualização e criação cartográfica. Cria representações a partir dos dados (mapas, legendas), permitindo a interação entre eles. Incorpora também as funcionalidades de edição;
- Subsistema de análise. Contém métodos e processos para as análises dos dados geográficos.

Segundo Augusto Filho (2015), apesar da existência de vários programas de SIG disponíveis no mercado, é possível estabelecer relações comuns entre eles, dentre as quais pode-se apontar: utilização dos meios digitais; necessidade de uma base de dados integrada, georreferenciada e com controle do erro; inclusão de funções de análise desses dados e efetivação de operações algébricas simples, complexas e lógicas. As diferenças conceituais dos vários programas de SIG hoje em dia disponíveis, podem ser correlacionadas com a maneira como eles lidam com os dois tipos fundamentais de arquiteturas de dados espaciais digitais: vetorial e matricial (Figura 9). Na arquitetura vetorial, cada elemento é determinado por uma lista ordenada de coordenadas x, y (dados discretos), e na matricial (raster), os elementos, são compilados na forma de uma matriz, e a cada elemento da malha (grid), é conferido um valor (dados contínuos).

Figura 9: Tipos fundamentais de estrutura de dados digitais em SIG.

De acordo com Augusto Filho (op. cit.), outra característica fundamental dos programas de SIG para dados vetoriais, são suas estruturas dual, onde é possível relacionar uma tabela aos dados vetoriais. Como pode ser observado na Figura 10, existe uma tabela para os pontos cotados e outra para as curvas de nível, que apresenta as características para cada ponto e linha biunivocamente.

A utilização de maneira correta do SIG requer o conhecimento de alguns princípios fundamentais da engenharia cartográfica, com ênfase para os sistemas de projeção cartográfica e as escalas de trabalho. O domínio das principais características dos sistemas de projeção cartográfica e a adoção de escalas de trabalho ajustadas às condições de contorno do projeto de SIG são imprescindíveis para a estruturação correta da base de dados digitais e o controle do erro.

Figura 10: Estrutura dual e atribuída ao objeto para dados vetoriais em SIG.

Esta ferramenta de gerenciamento de dados, suporta bancos de informações espacializadas e georreferenciadas, tornando-se uma ferramenta formidável para mapeamentos temáticos, rápida tomada de decisão, assim como a realização de análises multicritérios. O sistema permite também, uma visualização e impressão em diversas escalas. Atualmente nos trabalhos onde é necessário gerar mapas, o uso de um Sistema de Informação Geográfica, é cada vez mais comum. Augusto Filho (2001) utilizou o ambiente SIG para gerar uma carta de risco de escorregamentos em Caraguatatuba (SP). Graciosa (2010), confeccionou um modelo de seguro para riscos hidrológicos usando softwares hidrológicos e hidráulicos integrados com um SIG para a bacia do Gregório em São Carlos (SP). Lollo e Sena (2013), utilizaram o Sistema de Informações Geográficas para estabelecer a suscetibilidade a erosões.

Como pode ser visto, o SIG é uma ferramenta muito poderosa, onde pode-se trabalhar dados dos mais simples aos mais complexos, para gerar mapas dos mais simples, como um

topográfico, ou de drenagens, até mapas mais complexos como os de perigo e risco. Nesta pesquisa será utilizado o *software* ArcGis® 10.3, devido à sua alta eficiência e grande aplicabilidade.

4.6 Chuvas Como Agente Deflagrador

Um modo de se avaliar a relação das chuvas com a deflagração de eventos perigosos geológicos e hidrológicos é procurar definir valores limite de um certo índice pluviométrico acima dos quais esses eventos têm uma maior probabilidade de ocorrer. Uma aplicação baseada em métodos empíricos foi realizada por Chleborad *et al.* (2006), na análise de movimentos de encostas em Seattle, nos Estados Unidos. A partir da avaliação de dados históricos de 91 movimentos de encosta entre 1933 e 1997 determinou-se o *cumulative rainfall threshold* (CT), índice que relaciona as chuvas acumuladas dos últimos 3 e 15 dias.

No Brasil, Guidicini e Iwasa (1977) analisaram movimentos de encostas em nove diferentes regiões do país, que ocorreram em decorrência de grandes volumes de chuvas, com durações entre algumas horas até dois ou três dias. O estudo indicou a relevância da relação do ciclo de precipitação e o evento associado, e definiu o coeficiente do ciclo (CC) e o coeficiente do evento (CE). O CC é determinado como a precipitação acumulada até a data do evento, dividida pela precipitação anual média, enquanto o CE é obtido a partir da relação entre a precipitação registrada durante o evento e a precipitação anual média. A soma dos dois coeficientes resulta no coeficiente final (CF). Os autores observaram que os movimentos de encostas eram mais prováveis de deflagrarem, quando a precipitação acumulada tinha um acréscimo de porcentagem (8-17%) em relação a precipitação média anual.

No trabalho de Tatizana *et al.* (1987) foram usados dados de chuvas diárias para análise da correlação entre as precipitações e os movimentos de massa na Serra do Mar, em Cubatão. No processo de desestabilização do talude, foram consideradas como eficazes, chuvas acumuladas de 4 dias. No estudo estabeleceu-se uma função entre a intensidade horária e a acumulada antecedente, classificada como envoltória de escorregamentos, a partir do qual foi gerado o CPC (coeficiente de precipitação crítica) que avalia a suscetibilidade a deslizamentos com o desenvolvimento da precipitação, sendo atribuído pela relação entre a energia da chuva horária e a energia crítica para a ocorrência destes eventos.

Cerri *et al.* (1990) com a objetivo de implantar um plano preventivo na defesa civil para diminuir os problemas gerados por movimentos de massa em municípios na baixada santista e litoral norte do estado de São Pulo, empregaram uma adaptação do coeficiente de ciclo, chamada coeficiente de ciclo móvel (CCM).

A mudança da proposta foi dividir o acumulado de chuva do período considerado pelo acumulado de chuva normal para o mesmo período, segundo a Equação 1:

$$CCM = \frac{\text{acumulado de chuva de junho até o dia } i}{\text{acumulado normal de chuva no mesmo período}} \quad (1)$$

A partir dos valores acumulados de precipitações normais mensais, obteve-se o acumulado normal de chuva. A chuva normal é obtida pela divisão da precipitação acumulada média mensal pelo número de dias do mês correspondente, como se chovesse a mesma quantidade todos os dias ao longo do mês. O acumulado de precipitações até o dia *i*, significa a soma das chuvas equitativamente distribuídas desde 1º de junho (começo no ano hidrológico) até o dia *i* (dia em que se quer fazer a análise), levando em conta que o ano hidrológico vai até maio do ano subsequente. Por levar em conta os dados normais de precipitação, O CCM incorpora em seu cálculo as características da região analisada. Assim sendo, a deflagração de escorregamentos é mais provável para valores superiores a 1, ou seja, quando a chuva acumulada é maior do que a média aguardada para aquele período. Vale ressaltar que o cálculo do CCM pode gerar valores pouco representativos para o começo do mês de junho, de maneira que chuvas intensas logo no começo do ano pluviométrico geram valores muito altos de CCM. Por outro lado, enquanto não forem anotadas chuvas (numerador da equação 1 igual a 0), o CCM será 0. Com o passar do ano pluviométrico os valores de CCM tendem a se normalizarem.

4.7 Mapeamento de Suscetibilidade

Existem vários métodos de mapeamento com o objetivo de gerar mapas de suscetibilidade. Para a geração de cartas de suscetibilidade quanto a processos erosivos, Lollo e Sena (2013), sugerem levar em conta informações relacionadas ao substrato rochoso, materiais inconsolidados, declividade, landforms e ocupação do solo, buscando hierarquizar as áreas em função da sua potencialidade em desenvolver processos erosivos. Os pesos para cada atributo na avaliação de suscetibilidade à erosão na região, é dado levando em conta

fatores multiplicadores, que variam em consequência da importância considerada que o atributo desempenha no processo erosivo na área, caso por caso.

Para a erosão Laminar foi desenvolvida nos Estados Unidos da América – EUA em 1978 a Equação Universal de Perdas de Solo, amplamente utilizada (Salomão e Iwasa, 1995). É expressa pela Equação 2:

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

A = representa a estimativa de perda média anual de solo em determinada área, em condições específicas de uso e ocupação do solo.

R = Erosividade da chuva.

K = Erodibilidade do solo.

L = Comprimento de rampa.

S = Declividade de rampa.

C = Uso e manejo do solo.

P = Práticas conservacionistas.

Segundo Salomão e Iwasa (op.cit.), a determinação dos valores de perda de solo provocados pela erosão laminar, deve ser expresso em t/ha, e realizado a partir do cálculo dos índices de cada componente da Equação 2. Este cálculo é tanto mais preciso quanto menor a parcela da área estudada, levando em consideração as variações espaciais usualmente observadas nos terrenos, em relação aos fatores analisados.

Pejon e Ferreira (2015), propõe uma sequência de procedimentos a serem adotados para a elaboração de cartas de suscetibilidade a erosão, que podem ser observadas na Figura 11.

Figura 11: Sequência de obtenção de informações para a elaboração de carta de suscetibilidade à erosão (Pejon e Ferreira, 2015).

Quanto a movimentos de encosta, Augusto Filho (1995), propõe o seguinte método (Figura 12).

Figura 12: Método para elaboração de cartas de suscetibilidade para movimentos de encosta (Augusto Filho, 1995).

O IUGS *Working Group – Committee on Risk Assessment* (1997), propõe oito métodos principais para a análise de suscetibilidade e perigo quanto a movimentos de encosta:

- Através de dados históricos, ou seja, eventos e acidentes decorrentes de movimentos ocorridos na área de estudo;
- Através de métodos empíricos, fundamentados em relações de acordo com sistemas de ranqueamento do grau de instabilidade das encostas;
- Através do uso de evidência geomorfológica, combinada com dados históricos ou abalizada no julgamento;
- Através da correlação da frequência dos eventos versus o agente deflagrador;

- Através da avaliação direta fundamentada na avaliação de especialistas, a qual pode ser realizada tendo como base um modelo conceitual, como por exemplo o uso da árvore de falha;
- Através da modelagem de variáveis primárias, como correlações entre pressões neutras versus deflagração do escorregamento, combinado com diversos níveis de informação sobre a geometria da ruptura e a resistência ao cisalhamento;
- Através da utilização de métodos probabilísticos formais, considerando as incertezas associadas a geometria da encosta, parâmetros de resistência, mecanismo de deslizamento, e pressões atuantes;
- Através da combinação dos métodos descritos acima.

Augusto Filho (2001) utilizou o método de sobreposição de mapas (método overlay) que consiste no cruzamento de mapas temáticos, para auxiliar na geração de mapas de risco de escorregamentos em Caraguatatuba.

Uma das análises quanto a suscetibilidade, em relação à inundação, é obter uma correlação entre chuvas e inundações, e cruzar estes resultados com os mapas básicos, um dos métodos utilizados é o Racional. Segundo Augusto Filho (2016), tal método foi introduzido em 1889 e é amplamente utilizado nos Estados Unidos e em outros países.

Os princípios fundamentais desta metodologia, de acordo com Tucci (1993), são:

- Considera-se a duração da precipitação intensa, igual ao tempo de concentração. Assim, aceita-se que a bacia é consideravelmente pequena, já que a duração é inversamente proporcional a intensidade. Em bacias de pequeno porte, eventos críticos ocorrem em consequência de fortes chuvas em um curto espaço de tempo;
- Considera-se um coeficiente único de perdas, chamado de C, determinado, levando em conta as características da bacia;
- O volume de cheia e a distribuição temporal das vazões não são analisados.

No método racional, as vazões máximas em relação a intensidade pluviométrica são obtidas pela Equação 3, que emprega um fator de correção para a distribuição de chuvas na bacia:

$$Q = 166,67 \times C \times i \times A \times D \quad (3)$$

onde,

- Q = vazão máxima (l/s);
- C = coeficiente de escoamento superficial;
- I = intensidade da chuva crítica (mm/min);
- A = área da bacia de contribuição (ha);
- D = coeficiente de distribuição da chuva.

Para $A < 50$ ha, $D = 1$; para $A > 50$ ha, $D = 1 - 0,009 L/2$, onde: L comprimento do talvegue (km).

Algumas condições básicas são seguidas quando se aplica o Método Racional (PMSP, 1999, *apud* Augusto Filho, 2016):

- O pico do ESD (Escoamento Superficial Direto) do local de estudo é função do tempo de concentração, bem como da magnitude da precipitação;
- As características de permeabilidade superficiais da bacia ficam constantes durante a precipitação;
- O pico de ESD acontece quando a área total de drenagem, a montante da área de pesquisa passa a contribuir no escoamento.

Alguns autores como Benini *et al.* (2004), já utilizaram o método racional aliado ao SIG para prever vazões de bacias. No caso, o autor utilizou o método para a cidade de São Carlos.

Segundo o DNIT (2005), o método racional tem sido empregado preferencialmente em bacias com pequenas áreas de drenagem, mas não há indícios de que não possa ser adaptado para bacias maiores, prática bastante comum em outros países.

Para a identificação e análise de suscetibilidade quanto a colapsividade de materiais geológicos Ferreira e Fucale (1999), utilizaram como base ensaios de campo (ensaios SPT em sondagens de simples reconhecimento) e laboratório (ensaios endométrico). Oliveira e Lollo (2001) fizeram um zoneamento de materiais colapsíveis em Ilha Solteira (SP) utilizando como base a identificação de materiais inconsolidados a partir de landforms e registro de processos históricos de colapsos.

Augusto Filho e Ridente Junior (1999) *apud* Lollo (2012), utilizaram para a área urbana de São José do Rio Preto, a krigagem de dados de sondagens de simples reconhecimento e ensaios SPT de 64 locais prospectados, com o propósito inicial de representar espessura de solos da área, e de resistência a penetração de acordo com o número de golpes do SPT. Apesar deste objetivo inicial, a pesquisa possibilitou interpretações quanto a colapsividade, visto que alguns resultados mostraram valores muito baixos de compacidade para os materiais inconsolidados.

Mendes e Lorandi (2002) prepararam uma carta para fundações rasas como subsídio para o planejamento urbano em São José do Rio Preto. Os autores se fundamentaram em dados de sondagens de simples reconhecimento (profundidade do nível d'água e índice N_{spt}) analisados em função da declividade dos terrenos e informações de ensaios de penetração de cone (CPT). O mapa final mostrou grandes porções da área urbana suscetíveis a colapsividade, com mais de 70% da área classificada nas classes moderada e severa.

Para gerar os mapas de suscetibilidade, esta pesquisa se fundamentará em itens propostos pelo IUGS Working Group – Committee on Risk Assessment (op.cit.), que visa a obtenção de dados históricos dos eventos e acidentes ocorridos na área de estudo e a correlação da frequência dos eventos versus as áreas dos condicionantes.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Materiais

Os materiais utilizados na presente pesquisa foram: documentos cartográficos; imagens de satélite (*Google Earth Pro*[®]); equipamentos para campo; programas de computador; jornais e ocorrências registradas na defesa civil (Tabela 9).

Tabela 9: Principais materiais utilizados na pesquisa.

Documentos cartográficos 1:10.000, digitalizados por - Bartolomeu (2012).	SF-23- Y-A-I-1-NO-B; SF-23- Y-A-I-1-NE-A; SF-23- YA- I-1-NO-D; SF-23-V-C-IV-3-SO-F; SF-23- V-C-IV-3- SE-E; SF-23- Y-A-I-1-NE-C
Mapa de compartimentos geológico-geotécnicos	Mapa produzido em pesquisa de mestrado por Bartolomeu (2012)
170 imagens de satélite (<i>Google Earth Pro</i> [®]) com datas variando de 2014 a 2016.	Imagens na escala 1:3.000 contendo toda a área de estudo, com datas variando de 2014 a 2016.
Principais equipamentos utilizados.	GPS Garmin 76S e máquina fotográfica.
Jornais.	Jornais (A Folha; A Tribuna; A Notícia local; EPTV, Primeira Página; Região em Destake; Revelando São Carlos; São Carlos Agora; São Carlos Dia e Noite; São Carlos em Rede) com datas entre 1965 a 2016.
Ocorrências da Defesa Civil.	Ocorrências registradas na Defesa Civil entre os anos de 2005 a 2012.
Principais programas utilizados.	ArcGis 10.3 [®] e Pacote Office [®] .

5.2 Métodos

O método combina abordagens qualitativas e quantitativas de mapeamento de eventos perigosos propostas pelo Working Group Committee on Risk Assessment (1997). Inicialmente, utilizou-se a análise histórica dos eventos hidrológicos e geológicos, e a frequência destes eventos, em função da área dos condicionantes cartografados nos mapas temáticos. Os condicionantes foram analisados isoladamente e sobrepostos, na forma de classes de terreno. Einstein (1988) denomina os níveis de suscetibilidade obtidos desta forma como probabilidades iniciais (prior probabilities). A pesquisa se apoiou nos trabalhos de Einstein (op. cit.), Augusto Filho (2001), Bartolomeu (2012), entre outros trabalhos e atividades realizadas na região.

Com base nestes pressupostos, a pesquisa foi desenvolvida seguindo as etapas e atividades descritas nos itens a seguir (Tabela 10).

Tabela 10: Etapas, atividades da pesquisa e produtos gerado.

ETAPAS	ATIVIDADES PRINCIPAIS	PRODUTOS
Planejamento	Definição dos objetivos, da área de estudo, dos processos a serem investigados, da linha metodológica e dos temas da revisão bibliográfica	Projeto de pesquisa
Revisão Bibliográfica	Pesquisa bibliográfica, busca de produtos cartográficos, de bases digitais e de ensaios geotécnicos	Bases conceituais para o desenvolvimento da pesquisa
Inventário	Confecção da base cartográfica digital; Levantamento dos eventos perigosos em São Carlos; Levantamentos de campo; Caracterização pluviométrica; Elaboração de mapas temáticos.	Base cartográfica digital; Banco de dados digital dos eventos perigosos ocorridos entre 1965 a 2016; Dados de campo; Dados de pluviometria; Mapa de declividades; Mapa de formas de encosta; Mapa de compartimentos geológico-geotécnicos; Mapa de uso e ocupação; Mapa de documentação.
Análise	Correlação entre os índices pluviométricos e enchentes/inundações, alagamentos e movimentos de encosta; Elaboração de mapas de concentração dos eventos; Elaboração dos mapas de suscetibilidade	Mapas de concentração para enchentes/inundações, alagamentos, movimentos de encosta, erosão pluvial e solos colapsíveis; Mapas de suscetibilidade para enchentes/inundações, movimentos de encosta, erosão pluvial e colapso de solos.
Síntese	Apresentação e discussão dos resultados; Redação da dissertação	Dissertação de mestrado

5.2.1 Planejamento

Foi realizada uma análise preliminar do problema em questão, considerando os eventos perigosos de natureza hidrológica e geológica mais comuns, e com potencial para causar transtornos (enchentes/inundações; processos erosivos; movimentos de encosta e solos colapsíveis) no município de São Carlos - SP. Nesta etapa, foi definida a área de estudos como sendo a mesma área estudada por Bartolomeu (2012), em consequência do autor em seu trabalho, ter gerado uma boa base de dados digitais, como a rede de drenagens, pontos cotados, curvas de nível e mapa geológico-geotécnico.

Foram organizados os tópicos inerentes ao trabalho proposto, para verificar a viabilidade da pesquisa, considerando o tema, estrutura do departamento e tempo disponível para a

pesquisa. Posteriormente definiu-se o objetivo principal da pesquisa, seguido pelo método a ser utilizado e os temas principais a serem abordados na revisão bibliográfica, por fim, redigiu-se o projeto de pesquisa.

5.2.2 Revisão bibliográfica

Nesta fase, foi realizada uma revisão bibliográfica, que teve como objetivo buscar em trabalhos de doutorado, mestrado, monografias, artigos, entre outros, informações relevantes, e inerentes aos seguintes temas: Trabalhos na Área de Estudo Anteriores Correlatos ao Tema Investigado; Conceitos Básicos; Tipos de Mapas Geotécnicos; Eventos Perigosos de Natureza Geológica-Hidrológica em São Carlos; Erosão Pluvial; Solos Colapsíveis; Movimentos de Massa; Enchentes/Inundações; Sistemas de Informação Geográfica (SIG); Chuvas como agente deflagrador e Mapeamento de Suscetibilidade.

Também foram levantadas informações fundamentais da área de estudo, como dados de ensaios de laboratórios (índices físicos e granulometria), histórico de chuvas de postos pluviométricos, informações referentes ao estado atual do meio físico (geológico, geotécnico, geomorfológico) e informações relacionadas ao meio socioeconômico, comprovando a relevância do estudo.

5.2.3 Inventário

5.2.3.1 *Elaboração da base cartográfica digital.*

Com os dados levantados no inventário e a atualização e complementação da base cartográfica realizada por Bartolomeu (2012), foi elaborada uma base cartográfica digital (curvas de nível, drenagens, bacias, pontos cotados, principais vias de acesso, modelo digital do terreno e mosaico de imagens de satélite) na escala 1:10.000.

A partir das curvas de nível, foi gerado o modelo digital do terreno (MDT). Foi empregado o método de interpolação, que considera as curvas de nível (espaçadas em 5 m), os pontos cotados e o sentido da rede de drenagem. O comando utilizado foi, “*Topo to raster*” dentro de *Raster Interpolation* do módulo *3D Analyst tools* do *ArcToolBox*. O espaçamento utilizado (grid) na interpolação foi de 5 metros.

A próxima etapa foi aplicar um filtro no MDT gerado, para eliminar possíveis ruídos (picos e buracos) decorrentes da interpolação. Esta ferramenta encontra-se em *Arctoolbox - Spatial Analyst Tools - Neighborhood - Filter*.

Posteriormente, para a validação do MDT, testou-o qualitativamente, com a ferramenta “*Raster Surface – Contour*” no *3D Analyst tools* do *Arctoolbox*. A partir do MDT foram geradas curvas de nível, para desta forma, comparar estas curvas com as originais, como as originais sobrepôs as obtidas no processo, o MDT foi elaborado corretamente.

O mosaico foi feito, utilizando 170 imagens de satélite (*Google Earth Pro*[®]), fornecidas pela empresa *Digital Globe*, na escala 1:3.000. Optou-se por capturar imagens na escala mencionada, devido a riqueza de detalhes necessária, visto que este mosaico foi imprescindível para a confecção do mapa de uso e ocupação, bem como o reconhecimento de cicatrizes de movimentos de encosta, e feições erosivas.

Foi criada uma malha 18x11 de 198 pontos no Excel[®], com coordenadas respeitando a escala adotada e abrangendo a área de estudo. Estas coordenadas foram exportadas para o ArcGis 10.3[®], e logo em seguida salva em "kml" (extensão compatível com o Google Earth Pro[®]).

No Google Earth Pro[®], com a malha de pontos aberta, foram capturadas 170 imagens (datas variando de 2014 a 2016), com cada imagem contendo 4 pontos da malha. Em seguida estas imagens foram exportadas para o SIG novamente, e georreferenciadas uma a uma. Foi, utilizado a ferramenta *Georeferencing*, que consiste em ligar os pontos das imagens aos pontos da malha.

Após georreferenciar as 170 imagens, foi utilizada uma ferramenta que por meio das interseções destas imagens uma com as outras, as unem, transformando-as em somente uma figura para toda a área. Esta ferramenta encontra-se em *ArcToolBox - Data Management Tools - Raster - Raster Dataset - Mosaic to New Raster*.

5.2.3.2 Levantamento de eventos perigosos

Foi realizado um levantamento dos eventos perigosos que geram transtornos para São Carlos (enchentes/inundações; processos erosivos; solos colapsíveis e movimentos de encosta) nas ocorrências diárias, registradas entre os anos de 2005 a 2012 na defesa civil da

cidade. Além disso, realizou-se uma busca criteriosa no mosaico de imagens de satélite com o objetivo de registrar feições erosivas e cicatrizes de movimentos de encosta.

Também foi feita uma investigação nos principais jornais do município. A pesquisa em jornais de papel, foi feita na biblioteca da câmara municipal, que possui um acervo dos jornais da cidade.

Primeiramente foi escolhido o jornal, "A Folha", por se tratar do jornal com registros mais antigos e de circulação diária. Os jornais estão encadernados por mês e ano, sendo que o caderno mais antigo é de janeiro do ano de 1965. A pesquisa foi feita em todos os jornais de 1965 a 2015. Observou-se que em alguns cadernos, faltavam algumas datas, ou até mesmo alguns cadernos em determinados anos, portanto, optou-se por pesquisar também no jornal, "A Tribuna", entre os anos de 1970 a 2009, no entanto só foi registrado os eventos que não haviam sido encontrados no primeiro jornal.

Também foi feita uma busca nos sites dos seguintes jornais: A Notícia local; EPTV; Primeira Página; Região em Destake; Revelando São Carlos; São Carlos Agora; São Carlos Dia e Noite; São Carlos em Rede.

Para cada jornal, foi realizada uma investigação dos registros mais antigos nos sites (meados da década de 2000 até 2016). Todos os eventos registrados (papel e meio eletrônico) foram planilhados em Excel[®], de acordo com as seguintes características: data; evento; local e jornal. Como é comum um evento ser noticiado em vários jornais, adotou-se como critério, registrar a notícia que fornecesse as informações mais completas.

5.2.3.3 *Levantamentos de campo*

Esta etapa ocorreu durante grande parte da pesquisa, do inventário até a fase final de análise dos resultados. Foram realizados levantamentos de campo, com o coordenador municipal da Defesa Civil, para verificar os pontos mais críticos em relação aos eventos perigosos investigados neste trabalho. Os pontos observados foram fotografados e registrados com o uso do GPS Garmin 76S.

Após a elaboração dos mapas temáticos, realizou-se mais trabalhos de campo, para a checagem das feições cartografadas nos mapas de declividades, formas de encosta, compartimentos geológico-geotécnicos e de uso e ocupação. Aproveitou-se esta etapa

também, para conferir algumas localizações de eventos perigosos, que nos jornais, não tinham os endereços completos.

Por fim, foram feitas etapas de campo para a validação dos mapas de suscetibilidade obtidos, e checar se as feições estavam condizentes com os resultados alcançados.

5.2.3.4 Caracterização da pluviometria

Foi utilizada a caracterização pluviométrica realizada por Silva Júnior (2016), que a partir da seleção de postos pluviométricos e uma estruturação do banco de dados de pluviometria, analisou a variabilidade espacial das chuvas na região de estudo, calculando quatro índices pluviométricos, sendo eles, a média mensal, a precipitação máxima mensal, a precipitação máxima diária e a precipitação anual média, sendo que nesta pesquisa somente os dois últimos foram utilizados. Os índices foram calculados para cada posto pluviométrico, de acordo com o alcance de suas respectivas séries históricas.

Para gerar o mapa de distribuição espacial das médias anuais, efetuou-se uma interpolação dos resultados obtidos de cada posto pluviométrico. Os valores foram distribuídos em 5 intervalos, com base no método estatístico de quebras naturais (*natural breaks*), onde as classes são determinadas, ao encontrar pares de características adjacentes entre os quais, existe uma diferença relativamente grande no valor dos dados (ESRI 2017a). Os índices foram divididos em 5 categorias de intensidade (muito baixa; baixa; média; alta e muito alta).

5.2.3.5 Elaboração dos mapas temáticos

- Mapa de declividades

A partir do Modelo Digital do Terreno gerado, foi feito o mapa de declividades (*raster*). Foi utilizado a ferramenta dentro do *software*, que está disponível no comando “*slope*” dentro de “*Raster Surface*” do módulo *3D Analyst tools* do *ArcToolBox*, e utilizou-se as medidas de declividade em porcentagem. Foram definidos 5 intervalos (0 a 5%; 5 a 10%; 10 a 18%; 18 a 33% e > 33%) utilizando o método estatístico de classificação *Natural Breaks*.

Para cada um destes intervalos foi definida a porcentagem que cada um ocupa na área. Utilizou-se a ferramenta *Reclassify* dentro de *Reclass* do módulo *Spatial Analyst Tools* do

ArcToolBox. Esta opção reclassifica o raster e mostra quantos pixels cada classe ocupa, tornando simples a conversão para porcentagem e unidades de área.

- Mapa de formas de encosta

A partir do Modelo Digital do Terreno, foi gerado o mapa de forma de encosta (raster), este mapa mostra se as encostas são coletoras, dispersoras ou planas. Foi utilizado o método dentro do software, que está disponível no comando “*curvature*” dentro de “*Raster Surface*” do módulo *3D Analyst tools* do *ArcToolBox*. Segundo o *Help* do próprio ArcGis 10.3[®], valores negativos do *raster* representam encostas coletoras, valores positivos, encostas dispersoras, enquanto valores igual a 0 representam encostas planas.

Para cada uma destas encostas foi definida a porcentagem que cada um ocupa na área. Utilizou-se a ferramenta *Reclassify* dentro de *Reclass* do módulo *Spatial Analyst Tools* do *ArcToolBox*.

- Mapa de compartimentos geológico-geotécnicos

Foi utilizado o mapa de compartimentos geológico-geotécnicos (vetorial) gerado por Bartolomeu (2012). Este mapa foi elaborado a partir de um mapeamento realizado pelo autor, onde foram identificados os compartimentos: Coluvionar; Aluvionar; Itaqueri; Serra Geral e Botucatu. Esta subdivisão em compartimentos foi definida de acordo com os limites litológicos mapeados e os materiais inconsolidados.

Para cada compartimento, foi calculada a área que o mesmo ocupa na região de estudo, utilizou-se a ferramenta dentro da tabela de atributos, *calculate geometry*, que fornece a área na unidade desejada.

- Mapa de uso e ocupação

A partir da análise do mosaico de imagens de satélite, foi realizado o mapa de uso e ocupação (vetorial). Foram definidas 6 classes (agricultura; área de expansão; área urbana; fragmento de mata, indústria e reflorestamento), em consequência destas serem as mais representativas na área de estudo. Com o uso da ferramenta *Editor - Construction Tools - Polygon*, foram criados os polígonos para cada classe de uso.

Para cada uma das classes foi calculada a área, utilizou-se a ferramenta dentro da tabela de atributos, *calculate geometry*.

- Mapa de documentação

O mapa com a localização dos eventos perigosos, foi realizado utilizando os dados coletados na etapa, "pesquisa dos eventos perigosos em São Carlos". Com base nos endereços colhidos nos jornais e defesa civil, demarcou-se os pontos utilizando o Google Earth Pro® e o Google Maps®. Todos os pontos, após registrados, foram exportados para SIG. As feições erosivas e cicatrizes de movimentos de encosta, observadas no mosaico foram diretamente demarcadas no ArcGis 10.3®.

Devido a dificuldade de ser feita alguma diferenciação tanto nas notícias de jornais quanto nos registros da defesa civil, os eventos hidrológicos enchente e inundação, foram agrupados em enchente/inundação, e os que não se enquadraram neste grupo, foi classificado como alagamento.

Vale ressaltar que o Google Earth Pro® utiliza o sistema de coordenadas geográficas "WGS 1984", portanto foi utilizada a seguinte ferramenta: *ArcToolBox - Data Management Tools - Projections and Transformations - Feature - Project*, para passar todos os pontos para o sistema de coordenadas UTM Córrego Alegre 23S, mesmo sistema utilizado em todos os mapas da pesquisa.

5.2.4 Análise

Em um primeiro momento utilizou-se o Excel®, para analisar a porcentagem de cada evento em relação ao total de eventos registrados. Verificou-se também a distribuição temporal, em relação aos anos, décadas e meses, e espacial em relação às bacias hidrográficas.

Em seguida, foi utilizado a ferramenta *Extract Multi Values to Points* dentro de *Extraction - Spatial Analyst Tools - ArcToolBox* para extrair as informações de declividade, formas de encosta, uso e ocupação e compartimentos geotécnicos relacionados a cada evento cadastrado.

Posteriormente, utilizando a ferramenta *Select By Attributes*, contabilizou-se o número de eventos que ocorrem em cada classe (eventos/Km²) de cada condicionante (probabilidades

iniciais). Dados de ensaios de laboratório de Aguiar (1989) e Bartolomeu (2012) também foram planilhados para a análise de certos critérios como porosidade e grau de saturação, para assim determinar se o solo possui ou não comportamento colapsível.

5.2.4.1 Correlação entre índice pluviométrico e eventos de enchentes/inundações, alagamentos e movimentos de encosta

Esta etapa foi realizada por Silva Júnior (2016), cujo projeto de iniciação científica, "Estudo da pluviometria para análise de eventos perigosos de natureza hidrológica e geológica em São Carlos - SP" foi vinculado a presente pesquisa. Foram utilizados os valores de chuvas diárias e o CCM diário (Equação 1), nas correlações com os eventos de enchentes/inundações, alagamentos e movimentos de encosta.

Os valores de CCM relacionados aos eventos e suas relativas precipitações acumuladas em 24h foram inseridos em gráficos. Foram plotados gráficos de evolução do CCM nos anos de 2014 a 2016, enfatizando os eventos ocorridos, e gráficos relacionando o CCM com os acumulados em 24h relativos aos eventos. Essas análises possibilitaram relacionar o CCM e a precipitação diária com a deflagração de eventos perigosos na região da pesquisa, além de permitir a definição inicial de valores limites de CCM para deflagrar esses eventos.

5.2.4.2 Elaboração de mapas de concentração de eventos

Estes mapas foram gerados utilizando a seguinte ferramenta: *ArcToolBox - Spatial Analyst Tools - Density - Kernel Density*. Segundo a ESRI (2017b), este método calcula a magnitude por unidade de área para cada ponto, usando uma função de Kernel para criar uma superfície que é suavizada do núcleo para a borda, ou seja, esta ferramenta faz uma busca, por cada ponto (evento) no raio determinado, para verificar a existência de um outro ponto na proximidade. Definiu-se o raio de pesquisa como sendo de 1 Km², devido a análise dos eventos por classes dos condicionantes terem sido feitas por Km², esta função é importante pois considera a influência de pontos próximos, criando uma superfície contínua, desta forma representando as regiões com mais eventos. Foi gerado mapas de concentração para todos os eventos mapeados na pesquisa.

5.2.4.3 Elaboração dos mapas de suscetibilidade

Foi utilizado o método da sobreposição de mapas (método overlay), onde foi feito o cruzamento de mapas temáticos para gerar as classes de terreno (Figura 13). Em seguida utilizou-se a concentração dos registros históricos dos eventos em cada classe de terreno (evento/Km²), como quantificador da suscetibilidade, desta forma, gerando os mapas de suscetibilidade. Apesar da base cartográfica estar na escala 1:10.000, os mapas são apresentados na escala 1:20.000, com o objetivo destes serem impressos em papéis no formato A1.

O mapa de classes de terreno foi elaborado pelo cruzamento dos mapas de declividade, formas de encosta, compartimentos geotécnicos e de uso e ocupação. Das 450 classes teóricas possíveis, resultantes da combinação de 5 classes de declividade (0% a 5%; 5% a 10%; 10% a 18%; 18% a 33% e > 33%) com 3 tipos de formas de encostas (coletora; dispersora e plana) com 6 classes de uso e ocupação (agricultura; área de expansão; área urbana; fragmento de mata; indústria e reflorestamento) e com 5 classes de compartimentos geotécnicos (Coluviões; Aluviões; Itaqueri; Serra Geral e Botucatu), foram verificadas a ocorrência de 305 classes.

Declividade (5 classes)	×	Formas de encostas (3 classes)	×	Uso e ocupação (6 classes)	×	Compartimentos geotécnicos (5 classes)
0% a 5%				Agricultura		Coluviões
5% a 10%		Coletora		Área de expansão		Aluviões
10% a 18%		Dispersora		Área urbana		Itaqueri
18% a 33%		Plana		Fragmento de mata		Serra Geral
> 33%				Indústria		Botucatu
				Reflorestamento		
5 x 3 x 6 x 5 = 450 classes teóricas						
305 verificadas						

Figura 13: Classes de terreno possíveis resultantes do cruzamento dos mapas temáticos.

Para o cruzamento, primeiramente cada mapa temático foi reclassificado, foi utilizado o comando *Reclassify - Reclass - Spatial Analyst Tools* - do *ArcToolBox* e atribuiu-se um *Gridcode (Cod)* para cada classe de cada mapa temático (Tabela 11). Utilizando esta ferramenta todos os mapas passam a ser do tipo raster.

Tabela 11: Valores atribuídos para cada classe de cada mapa temático.

Uso e ocupação	Cod	Compartimentos Geotécnicos	Cod	Forma de Encosta	Cod	Classes de Declividade	Cod
Agricultura	1000	Coluvionar	100	Coletora	10	0% a 5%	1
Área de Expansão	2000	Aluvionar	200	Plana	20	5% a 10%	2
Área Urbana	3000	Itaqueri	300	Dispersora	30	10% a 18%	3
Fragmento de Mata	4000	Serra Geral	400			18% a 33%	4
Indústria	5000	Botucatu	500			> 33%	5
Reflorestamento	6000						

Após, utilizou-se o comando *Raster calculator - Map Algebra - Spatial Analyst Tools - do ArcToolBox* para somar estes mapas e conseqüentemente verificar as classes existentes na área (305 classes).

Após, utilizou-se a ferramenta *Raster to Polygon* dentro de *From Raster* em *Conversion Tools* do *ArcToolBox*, para transformar o produto obtido na etapa anterior (raster) em polígono (vetorial). Foram gerados 235.142 polígonos, posteriormente utilizou-se a ferramenta *Dissolve* dentro de *Geoprocessing*, para unir as classes de terrenos iguais, obtendo assim, 305 polígonos, cada um representando uma classe de terreno.

Em seguida, utilizou-se a ferramenta *Join - Join data form another layer based on spatial location*, que conta o numero de pontos (eventos) inseridos em cada classe de terreno. Após, para cada evento separadamente, dividiu-se o numero de eventos pertencentes a cada classe de terreno, pelas suas respectivas áreas, criando assim um índice de suscetibilidade para cada classe de terreno. Finalmente, utilizando estes índices, compartimentou-se os mapas em 5 intervalos de suscetibilidade (Muito alta; Alta; Média; Baixa; Muito baixa), utilizando o método "intervalos geométricos". Este método é recomendado quando mais de 50% dos registros são iguais a 0, como no caso do presente trabalho, onde, para todos os eventos, em mais de 50% das classes de terrenos não há a ocorrência de eventos perigosos. (ESRI, 2017a)

Depois com o objetivo de deixar o mapa mais continuo e mais refinado na versão impressa, utilizou-se a ferramenta *Eliminate Polygon Part - Generalization - Data Management Tools - ArcToolBox*, para eliminar os polígonos com menos de 10.000 m² (0,5 cm² em escala de impressão), pois regiões com esta área são desprezíveis na escala adotada. Este comando incorpora os polígonos com a área especificada que estão inseridos dentro de outros polígonos maiores.

5.2.5 Síntese

Nesta etapa, os resultados alcançados nas fases anteriores foram sistematizados, analisados e discutidos. Buscou-se analisar, se os objetivos propostos foram alcançados para posteriormente formular as conclusões, juntamente com sugestões de continuidade da pesquisa para futuros trabalhos. Como produto final, gerou-se a dissertação de mestrado.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Base Cartográfica Digital

A base cartográfica digital é composta pelos seguintes arquivos vetoriais: curvas de nível (m); rede de drenagens; principais vias; pontos cotados (m) e identificação da área urbana. Estas informações estão apresentadas no Apêndice B, em conjunto com o mapa de documentação. Como complemento foi gerado um modelo digital de terreno, essencial para a confecção de alguns dos mapas temáticos, bem como um mosaico com imagens de satélite do Google Earth Pro[®]. A área de estudo possui no total, 148,97 Km².

6.1.1 Mosaico de imagens de satélite

Primeiramente foi criada uma malha de pontos (Figura 14), que com o seu auxílio, foi feito um mosaico com 170 imagens de satélite obtidas a partir do Google Earth Pro[®] (Figura 15), as imagens foram capturadas em uma escala de detalhe de 1:3.000, georreferenciadas e agrupadas para formar uma só imagem. Este mosaico foi utilizado para a confecção do mapa de uso e ocupação.

Figura 14: Malha de pontos no software ArcGis 10.3[®], em detalhe a imagem 1.

Figura 15: Mosaico de imagens de satélite entre os anos 2014 e 2016, obtidas a partir do Google Earth Pro®.

6.1.2 Modelo digital de terreno

O Modelo digital do terreno (Figura 16) foi gerado a partir de curvas de nível, pontos cotados e a rede de drenagens, resultando em altitudes de 658 até 935 metros. Após, fez-se a validação deste MDT, pelo método qualitativo.

O MDT foi dividido em 5 classes usando o "natural breaks", com a intenção de se ter uma noção das altitudes predominantes da área. Como é observado na Tabela 12 as altitudes maiores são dominantes na região, onde mais de 50% da área possui elevações entre 827 metros a 935 metros.

Figura 16: Modelo digital de terreno (MDT) da área de estudos.

Tabela 12: Elevações presentes na área e suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação.

Altitudes (m)	Área (Km ²)	%
658,05 - 736,31	13,83	9,28
736,31 - 786,31	19,35	12,99
786,31 - 827,61	32,28	21,67
827,61 - 862,39	53,00	35,58
862,39 - 935,21	30,52	20,49
Total	148,97	100,00

6.1.3 Dados de ensaios geotécnicos

Aguiar (1989) e Bartolomeu (2012) realizaram ensaios¹ de granulometria e índices físicos, referentes a várias amostras coletadas na área de estudo, cujos os resultados são sintetizados a seguir:

Compartimento Botucatu – composto por arenitos quartzosos com teor de finos variando de baixo a incipiente e geralmente foscos, há também a presença de alguns minerais máficos, presença de solo residual maduro. Os ensaios de granulometria e índices físicos, referentes a este compartimento são expostos nas Tabelas 13 e 14 respectivamente.

Compartimento Serra Geral – composto por basaltos de textura afanítica fina, em alguns pontos com disjunção colunar, diques de diabásio fanerítico fino a médio e intrusivas básicas correlatas a esta Formação, há também a presença de solos residuais maduros. Os ensaios de granulometria e índices físicos, referentes a este compartimento são expostos nas Tabelas 15 e 16 respectivamente.

Compartimento Itaqueri – composto por arenitos com tons vermelho escuro a marrom, seu solo, contém camadas distintas, com porções mais silto argilosas e outras mais arenosas. Os ensaios de granulometria e índices físicos, referentes a este compartimento são expostos nas Tabelas 17 e 18 respectivamente.

Compartimento Aluvionar – constituído predominantemente por material de textura arenosa, texturalmente imatura, e saturada com ocorrência relacionada a planícies de inundação e margens do rio Monjolinho. Os ensaios de granulometria e índices físicos, referentes a este compartimento são expostos nas Tabela 19 e 20 respectivamente.

Compartimento Coluvionar - compartimento composto por grãos de quartzo foscos e bem arredondados referentes a Formação Botucatu e grãos de quartzo relacionados a Formação Itaqueri. Não há dados de ensaios nos trabalhos mencionados para este compartimento.

¹ Os pontos com as iniciais "RA" foram amostrados por Aguiar (1989), enquanto que os com a inicial "B" por Bartolomeu (2012).

Tabela 13: Ensaios de granulometria, Compartimento Botucatu. (Aguiar, 1989 e Bartolomeu, 2012).

Ponto	Coordenadas		Profundidade (m)	Granulometria - ABNT (%)					
	X	Y		Pedr.	Ar. Grossa	Ar. Média	Ar. Fina	Silte	Argila
RA014	196043	7560425	0,80	0,00	0,10	27,50	60,80	3,90	7,70
RA025	197767	7558262	0,80	0,00	0,90	26,10	60,80	3,60	8,60
RA027	198083	7559955	0,80	0,00	0,20	16,60	73,10	3,30	6,80
RA035	196962	7559137	0,80	0,00	0,10	25,70	61,20	4,20	8,70
RA042	197107	7557171	1,00	0,00	0,30	18,30	65,40	3,20	12,70
RA047	197714	7558086	1,00	0,00	0,70	31,70	56,40	2,40	8,90
RA060	199653	7557021	0,80	0,00	0,40	14,10	52,70	8,00	24,90
RA062	199064	7557694	0,80	0,00	0,40	18,20	62,30	5,90	13,20
RA074	200647	7557831	0,80	0,00	0,20	19,10	67,90	2,30	10,50
RA083	199715	7558675	1,00	0,00	0,40	15,60	73,00	4,40	6,60
RA159	203598	7557356	0,80	0,00	0,00	14,60	77,50	3,50	4,50
RA191	205468	7557400	0,80	0,00	0,00	8,30	73,50	5,00	13,20
RA246	206074	7558108	1,00	0,00	0,10	8,60	73,40	7,20	10,60
RA747	198558	7558737	0,80	0,00	0,30	13,20	78,80	2,30	5,40
RA753	198928	7557008	2,00	0,00	0,00	5,30	23,50	17,60	53,60
RA760	205881	7556718	2,00	0,00	0,00	9,60	81,70	3,50	5,20
RA770	196293	7558635	0,80	0,00	0,30	23,40	68,70	3,10	4,50
B187	202379	7556939	-	0,00	8,00	50,00	24,00	18,00	0,00

Tabela 14: Ensaios de índices físicos, Compartimento Botucatu. (Aguiar, 1989 e Bartolomeu, 2012)

Ponto	Profundidade (m)	Massa Específica (g/cm³)			Índice de vazios	Umidade (%)		Limites de Atterberg (%)		
		Sólido	Seca	Solo		Natural	Higroscópica	LL	LP	IP
RA014	0,80	2,631	1,554	1,711	0,693	10,10	2,10	np	np	np
RA025	0,80	2,655	ne	ne	ne	7,30	2,00	np	np	np
RA027	0,80	2,636	1,416	1,533	0,862	8,20	1,50	np	np	np
RA035	0,80	2,669	ne	ne	ne	8,50	2,60	np	np	np
RA042	1,00	2,641	1,500	1,635	0,761	9,00	2,10	np	np	np
4A047	1,00	2,648	1,649	1,739	0,606	5,40	1,70	np	np	np
RA060	0,80	2,716	1,590	1,834	0,708	15,40	6,10	32,40	23,80	8,60
RA062	0,80	2,655	ne	ne	ne	9,60	4,40	np	np	np
RA074	0,80	2,620	1,598	1,710	0,640	7,00	2,80	np	np	np
RA083	1,00	2,631	1,606	1,731	0,638	7,80	1,10	np	np	np
RA159	0,80	2,623	ne	ne	ne	5,80	1,10	np	np	np
RA191	0,80	2,623	1,548	1,695	0,694	9,50	3,00	np	np	np
RA246	1,00	2,648	1,522	1,669	0,740	9,70	2,50	np	np	np
RA747	0,80	2,627	ne	ne	ne	7,00	2,10	np	np	np
RA753	2,00	2,928	1,407	1,611	1,081	14,50	13,40	46,70	35,50	11,20
RA760	2,00	2,663	ne	ne	ne	4,60	0,80	np	np	np
RA770	0,80	2,629	ne	ne	ne	8,00	3,00	np	np	np
B187	-	2,687	1,794	1,885	0,500	5,07*		28,00	17,00	11,00

Tabela 15: Ensaios de granulometria, Compartimento Serra Geral. (Aguiar, 1989 e Bartolomeu, 2012)

Ponto	Coordenadas		Profundidade (m)	Granulometria - ABNT (%)					
	X	Y		Pedr.	Ar. Grossa	Ar. Média	Ar. Fina	Silte	Argila
RA017	198528	7560645	0,80	0,00	0,10	1,10	52,80	16,50	29,50
RA077	199086	7559959	0,80	0,40	0,10	2,60	26,80	24,80	45,20
RA108	198127	7561419	0,80	0,90	1,20	4,90	31,20	35,80	26,00
RA741	199205	7562053	0,80	0,00	0,00	3,70	20,70	26,60	50,00
B126	202533	7561799	0,20	0,30	0,70	9,00	15,00	30,00	45,00

Tabela 16: Ensaios de índices físicos, Compartimento Serra Geral. (Aguiar, 1989 e Bartolomeu, 2012).

Ponto	Profundidade (m)	Massa Específica (g/cm ³)			Índice de vazios	Umidade (%)		Limites de Atterberg (%)		
		Sólido	Seca	Solo		Natural	Higroscópica	LL	LP	IP
RA017	0,80	2,765	1,340	1,593	1,063	18,90	10,10	30,10	21,20	9,00
RA077	0,80	3,004	1,375	1,774	1,185	29,00	17,70	42,40	33,00	9,40
RA108	0,80	2,840	ne	ne	ne	25,00	14,40	37,60	29,70	7,90
RA741	0,80	2,946	1,372	1,711	1,147	24,70	14,40	42,30	32,90	9,40
B126	0,20	3,042	1,298	1,572	1,340	21,08*		49,00	33,00	16,00

Tabela 17: Ensaios de granulometria, Compartimento Itaqueri. (Aguiar, 1989 e Bartolomeu, 2012)

Ponto	Coordenadas		Profundidade (m)	Granulometria - ABNT (%)					
	X	Y		Pedr.	Ar. Grossa	Ar. Média	Ar. Fina	Silte	Argila
RA003	197147	7563522	0,80	0,00	0,00	15,90	44,90	6,30	32,90
RA005	197446	7562127	0,80	0,00	0,00	4,80	22,90	23,60	48,70
RA124	196381	7563728	0,80	0,00	0,00	15,00	47,40	9,20	28,30
RA132	197912	7562330	0,80	0,00	0,10	10,70	37,60	15,30	36,30
RA309	205907	7562268	0,80	0,00	0,00	10,20	44,00	10,80	35,00
RA316	205745	7564120	0,80	0,00	0,00	13,40	52,80	6,40	27,40
RA434	204109	7567678	0,80	0,00	0,00	30,80	45,60	4,60	18,90
RA446	202363	7567752	1,50	0,00	0,00	11,20	40,60	15,00	33,10
RA447	202657	7566921	0,80	0,00	0,10	19,80	41,60	7,10	31,40
RA478	206400	7567876	1,00	0,00	0,20	12,30	51,50	7,60	28,40
RA492	206387	7565993	0,80	0,00	0,00	10,90	40,70	9,50	38,90
RA527	204117	7566231	0,80	0,00	0,10	6,90	58,50	13,60	20,90
RA533	203418	7565927	2,00	0,00	0,90	4,10	24,40	27,80	42,70
RA540	204597	7563953	0,80	0,00	0,10	12,70	56,20	11,80	19,20
RA546	204368	7565474	1,00	0,20	0,60	9,40	24,10	22,20	43,40
RA557	204966	7562453	5,20	0,00	0,20	11,00	42,60	22,30	23,80
RA564	201800	7566446	0,80	0,00	0,00	4,50	32,10	21,40	42,00
RA578	199952	7568157	0,80	0,00	0,20	18,40	42,60	9,30	29,50
RA621	198611	7566605	0,80	0,00	0,10	12,20	51,00	9,60	27,10
RA625	196223	7567924	0,80	0,00	0,10	16,00	54,70	7,40	21,80
RA645	197586	7567343	0,80	0,00	0,10	12,10	47,30	14,50	26,00
RA655	199372	7567357	0,80	0,00	0,00	12,20	45,80	9,60	32,50
RA662	199579	7566605	0,80	0,00	0,00	9,20	47,40	12,80	30,50

Tabela 17 continuação: Ensaios de granulometria, Compartimento Itaqueri. (Aguiar, 1989 e Bartolomeu, 2012).

Ponto	Coordenadas		Profundidade (m)	Granulometria - ABNT (%)					
	X	Y		Pedr.	Ar. Grossa	Ar. Média	Ar. Fina	Silte	Argila
RA665	197142	7566802	0,80	0,00	0,00	12,30	46,50	10,20	31,00
RA667	198050	7565762	1,00	0,00	0,00	14,30	42,60	10,80	32,20
RA671	201008	7567651	0,80	0,00	0,30	15,10	45,20	15,20	24,20
RA704	196201	7566099	0,80	0,00	0,10	14,80	50,80	9,80	24,50
RA709	196689	7565936	0,80	0,00	0,00	14,30	51,50	15,90	18,30
RA710	196386	7565140	0,80	0,00	0,30	12,70	46,50	9,70	30,90
RA717	199086	7565633	0,80	0,00	0,30	9,90	49,80	11,30	28,60
RA720	199702	7565575	0,80	0,00	0,00	15,30	50,40	17,60	16,70
RA724	197644	7564784	0,80	0,00	0,10	14,50	47,00	17,30	21,10
RA726	196663	7564515	0,80	0,00	0,00	15,50	48,10	15,50	20,90
RA727	197617	7563873	0,80	0,00	0,10	28,30	42,10	8,70	20,80
RA731	198013	7562871	0,80	0,00	0,10	13,00	54,60	10,90	21,40
RA734	199117	7563135	0,80	0,00	0,10	13,60	46,10	20,00	20,20
RA736	198514	7562756	0,80	0,00	0,10	13,40	40,00	13,50	33,10
RA738	197762	7563319	0,80	0,00	0,10	15,80	55,20	6,90	22,00
RA743	197028	7561564	0,80	2,00	3,50	6,60	36,30	40,50	11,10
RA761	206132	7564995	0,80	0,00	0,30	6,40	30,10	15,80	47,70
RA764	205124	7567299	0,80	0,00	0,80	11,50	37,60	10,00	40,10
RA769	196526	7567079	0,80	0,00	0,00	15,20	43,70	10,60	30,50
RA774	202116	7565540	0,80	0,00	0,00	13,10	54,60	15,30	17,00
RA775	202780	7565316	0,80	0,00	0,00	15,40	57,10	7,80	19,70
RA779	197432	7562611	0,80	0,00	0,00	12,60	45,60	10,60	31,20
7	204588	7565440	-	0,00	0,50	22,30	18,20	18,60	40,40
6	204588	7565440	2,00		0,40	8,00	10,60	36,00	45,00

Tabela 18: Ensaios de índices físicos, Compartimento Itaqueri. (Aguiar, 1989 e Bartolomeu, 2012).

Ponto	Profundidade (m)	Massa Específica (g/cm ³)			Índice de vazios	Umidade (%)		Limites de Atterberg (%)		
		Sólido	Seca	Solo		Natural	Higroscópica	LL	LP	IP
RA003	0,80	2,693	1,208	1,471	1,229	21,80	8,70	30,30	24,80	5,50
RA005	0,80	2,899	1,128	1,419	1,570	25,80	12,70	41,90	30,80	11,10
RA124	0,80	2,661	ne	ne	ne	17,60	9,10	33,00	22,80	10,20
RA132	0,80	2,739	1,449	1,742	0,890	20,20	9,80	30,70	19,10	11,60
RA309	0,80	2,694	1,577	1,870	0,708	18,60	13,80	30,60	23,10	7,50
RA316	0,80	2,647	1,384	1,586	0,913	14,60	9,90	np	np	np
RA434	0,80	2,631	1,404	1,680	0,874	19,70	10,00	np	np	np
RA446	1,50	2,724	1,242	1,537	1,193	23,80	16,80	33,70	27,10	6,60
RA447	0,80	2,629	1,439	1,725	0,827	19,90	11,40	31,30	22,00	9,30
RA478	1,00	2,670	ne	ne	ne	17,30	9,90	30,20	20,20	10,00
RA492	0,80	2,670	ne	ne	ne	20,80	12,40	35,90	25,50	10,40
RA527	0,80	2,656	ne	ne	ne	15,50	8,40	25,60	16,90	8,80
RA533	2,00	2,906	1,309	1,701	1,220	29,90	27,10	53,30	40,40	12,90
RA540	0,80	2,682	1,641	1,880	0,634	14,60	13,40	np	np	np
RA546	1,00	2,864	ne	ne	ne	30,10	23,50	48,90	34,80	14,10
RA557	5,20	2,669	1,397	1,680	0,911	20,30	9,20	37,40	28,10	9,30
RA564	0,80	2,867	1,227	1,555	1,337	26,70	15,00	44,20	35,30	8,90

Tabela 18 continuação: Ensaios de índices físicos, Compartimento Itaqueri. (Aguiar, 1989 e Bartolomeu, 2012).

Ponto	Profundidade (m)	Massa Específica (g/cm ³)			Índice de vazios	Umidade (%)		Limites de Atterberg (%)		
		Sólido	Seca	Solo		Natural	Higroscópica	LL	LP	IP
RA578	0,80	2,660	1,383	1,589	0,923	14,90	8,60	31,20	25,00	6,20
RA621	0,80	2,636	ne	ne	ne	18,00	9,60	39,70	27,00	12,70
RA625	0,80	2,659	1,486	1,727	0,789	16,20	5,10	np	np	np
RA645	0,80	2,680	ne	ne	ne	15,70	8,90	31,90	23,90	8,00
RA655	0,80	2,668	ne	ne	ne	15,10	8,50	32,20	23,70	8,50
RA662	0,80	2,781	ne	ne	ne	23,10	13,90	np	np	np
RA665	0,80	2,650	1,352	1,591	0,960	17,70	11,30	30,90	24,90	6,00
RA667	1,00	2,682	1,306	1,546	1,054	18,40	11,80	np	np	np
RA671	0,80	2,617	ne	ne	ne	16,40	8,90	29,40	21,10	8,30
RA704	0,80	2,665	ne	ne	ne	18,90	10,30	28,20	24,10	4,10
RA709	0,80	2,673	ne	ne	Ne	14,70	7,40	27,40	21,00	6,40
RA710	0,80	2,663	1,410	1,688	0,889	19,70	12,60	36,70	28,30	8,40
RA717	0,80	2,687	1,301	1,562	1,065	20,00	7,30	42,00	27,70	14,30
RA720	0,80	2,666	ne	ne	Ne	16,10	8,80	35,80	25,40	10,40
RA724	0,80	2,663	ne	ne	Ne	18,30	10,80	31,80	25,60	6,20
RA726	0,80	2,642	ne	ne	Ne	20,20	12,30	33,30	26,10	7,20
RA727	0,80	2,562	1,572	2,317	0,630	13,50	9,20	np	np	np
RA731	0,80	2,658	ne	ne	Ne	16,00	8,80	30,20	19,60	10,60
RA734	0,80	2,703	1,403	1,685	0,927	20,10	11,40	34,40	24,30	10,10
RA736	0,80	2,739	1,649	1,860	0,661	12,80	11,40	32,80	23,80	9,00
RA738	0,80	2,667	1,459	1,733	0,828	18,80	7,20	30,60	21,40	9,20
RA743	0,80	2,871	ne	ne	Ne	38,50	25,50	49,30	40,10	9,20
RA761	0,80	2,784	ne	ne	Ne	29,60	23,40	46,10	30,20	15,90
RA764	0,80	2,667	ne	ne	Ne	19,40	10,70	40,10	26,90	13,20
RA769	0,80	2,656	ne	ne	Ne	16,50	8,60	np	np	np
RA774	0,80	2,677	1,429	1,624	0,873	13,70	7,90	np	np	np
RA775	0,80	2,665	1,428	1,623	0,866	13,70	7,30	25,70	19,00	6,70
RA779	0,80	2,649	ne	ne	Ne	18,00	9,90	31,80	25,10	6,70
7	-	2,801	1,742	2,014	0,61	15,66*		53,00	24,00	28,00
6	2,00	2,997	1,527	1,990	0,960	30,36*		70,00	44,00	26,00

Tabela 19: Ensaios de granulometria, Compartimento Aluvionar. (Aguiar, 1989 e Bartolomeu, 2012)

Ponto	Coordenadas		Profundidade (m)	Granulometria - ABNT (%)					
	X	Y		Pedr.	Ar. Grossa	Ar. Média	Ar. Fina	Silte	Argila
RA011	197600	7560808	2,00	0,60	0,90	0,90	23,70	26,60	47,80
RA071	200691	7558367	1,80	0,00	2,70	11,10	35,90	12,40	37,90

Tabela 20: Ensaios de índices físicos, Compartimento Aluvionar. (Aguiar, 1989 e Bartolomeu, 2012)

Ponto	Profundidade (m)	Massa Específica (g/cm ³)			Índice de vazios	Umidade (%)	
		Sólido	Seca	Solo		Natural	Higroscópica
RA011	2,00	2,908	1,146	1,588	1,538	38,60	17,30
RA071	1,80	2,790	1,313	1,647	1,123	25,40	11,40

6.1.4 Dados pluviométricos

Silva Júnior (2016) em seu trabalho vinculado a esta pesquisa, inventariou os postos pluviométricos do município de São Carlos. Os dados relativos a estes postos e a abrangência de suas séries históricas, bem como a localização dos postos pluviométricos são apresentados na Tabela 21 e na Figura 17 respectivamente.

Tabela 21: Dados dos postos pluviométricos (Silva Júnior, 2016)

Posto Pluviométrico	Município	Prefixo	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Abrangência Da Série Histórica
Água Vermelha (Cpéf)	São Carlos	C4-022	800	21° 53' 00"	47° 53' 00"	1939 - 1961
Fazenda Da Barra	São Carlos	C4-092	610	21° 53' 08"	47° 47' 09"	1960 - 2014
Cabaceiras	São Carlos	C4-101	620	21° 47' 00"	47° 57' 00"	1972 - 1996/1998 - 2000
Vila Carmem	São Carlos	D4-015	820	22° 01' 00"	47° 54' 00"	1937 – 1994/1997 - 1998
São Carlos (Inmet)	São Carlos	D4-017	830	22° 01' 00"	47° 53' 00"	1954 - 1971/ 2008 - 2016
Monjolinho (Cpéf)	São Carlos	D4-045	660	22° 02' 00"	47° 58' 00"	1940 - 1968
São Carlos - Saae	São Carlos	D4-075	815	21° 59' 12"	47° 52' 33"	1970 – 1995/2014 – 2015
Fazenda Santa Bárbara	São Carlos	D4-106	789	22° 05' 38"	47° 58' 30"	1979 - 2015
Fazenda Água Branca	São Carlos	D5-076	598	22° 04' 03"	48° 02' 46"	1961 - 2015
Ibaté	Ibaté	C5-035	830	21° 57' 00"	48° 00' 00"	1939 - 1999
Usina Do Lobo	Itirapina	D4-033	690	22° 10' 00"	47° 54' 00"	1938 - 1997
Visconde De Rio Claro	Itirapina	D4-037	760	22° 08' 54"	47° 47' 42"	1937 – 1999/2004 - 2015
Analândia	Analândia	D4-035	643	22° 07' 47"	47° 40' 03"	1937 - 2015

Os dados referentes a precipitação média anual e as máximas diárias bem como as médias mensais são mostrados nas Tabelas 22 e 23 respectivamente.

Como pode-se observar a média anual histórica para o município de São Carlos varia de 1090,8 mm a 1588,0 mm. Como já era de se esperar os meses mais chuvosos são os do verão, estando de acordo com a classificação Koppen (Cwa) para a região de estudos, o que equivale a um clima temperado úmido, com verão quente e úmido e inverno seco.

Figura 17: Localização dos postos pluviométricos (Silva Júnior, 2016)

Tabela 22: Máxima diária e médias anuais (Silva Júnior, 2016).

Posto	Máxima diária (mm)	Média anual (mm)
C4-022	140	1090,8
C4-092	186,1	1451,4
C4-101	110,4	1498,7
D4-015	155,6	1410,6
D4-017	116,6	1439,5
D4-045	106,0	1318,7
D4-075	149,0	1546,1
D4-106	183,2	1588,0
D5-076	185,3	1458,8
C5-035	169,0	1491,7
D4-033	142,5	1425,7
D4-037	127,0	1356,9
D4-035	157,2	1370,0

Tabela 23: Médias mensais (Silva Júnior, 2016).

Posto	Média mensal (mm)											
	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
C4-022	33,4	14,2	20,3	37,8	87,4	122,7	147,8	191,6	154,5	145,6	49,3	38,7
C4-092	35,4	24,8	28	62,4	129,3	162	251,3	259,7	192,5	173,1	78,2	57,2
C4-101	37,3	31,4	28,9	72,1	132,7	158,6	259,3	257,9	206,9	166	85,5	62,1
D4-015	46,6	26,3	26,8	63,2	125,4	151,8	243,9	241,6	199,4	162,1	69,5	60,7
D4-017	49,2	27	35,7	61	122,8	149,1	256,4	262,1	192,2	150,7	72,9	60,4
D4-045	44,9	21,4	18,7	41,7	122,4	141,1	218,7	242,2	205,1	166,6	53,5	42,5
D4-075	47,5	35,2	35,7	80,1	130,2	154,7	261,5	238	215,7	185,2	90,4	71,9
D4-106	50,7	29,1	30,7	79,5	127,7	163,6	251,3	291,6	220	179,5	92,7	71,7
D5-076	44,6	24,2	29,2	67,2	128,8	163	230,6	263,8	209,7	156,2	78,5	58,4
C5-035	40,4	23,7	22,1	61,2	122,3	171,2	252,8	254,9	218,4	179,6	68,2	56,6
D4-033	43	27,4	27,4	62,8	136,5	162	212,8	248,5	207,5	159,1	69,1	60,1
D4-037	40,1	25,6	23,7	56	120,9	157,6	219,1	239,4	205,9	156,7	65,4	56,4
D4-035	41,7	26,5	27,8	61,8	123,9	155,5	213,1	244,3	210,6	156,1	64,6	55

6.2 Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo, foram realizados desde a etapa inicial do trabalho até a análise dos resultados. Alguns dos campos foram realizados junto ao coordenador municipal da defesa civil de São Carlos. As coordenadas dos pontos registrados durante toda a pesquisa e sua distribuição espacial, estão apresentadas na Tabela 24 e Apêndice B respectivamente.

Tabela 24: Pontos levantados nas campanhas de campo.

Ponto	Córrego Alegre 23S	
	X	Y
1	200700	7558428
2	199563	7557945
3	200678	7558891
4	200703	7558896
5	201622	7561522
6	201529	7561868
7	201183	7562271
8	201019	7562419
9	199482	7562334
10	199384	7562440
11	199276	7562212
12	199186	7561850
13	199450	7562504
14	199932	7563070
15	199932	7563069
16	200194	7563370
17	200234	7563400
18	200591	7564101
19	200567	7564149
20	200607	7564289
21	200733	7564389
22	200843	7564482
23	202974	7565918
24	202976	7565909
25	202424	7565907
26	201478	7561448
27	201535	7561025
28	205557	7560260
29	200840	7558768
30	200903	7559046
31	200145	7562553
32	200283	7562536
33	199548	7562621
34	199247	7562405
35	198920	7560842
36	198833	7560430
37	198807	7560561
38	198188	7560783
39	197541	7560811
40	197808	7560766
41	195776	7560598

Tabela 24 continuação: Pontos levantados nas campanhas de campo.

Ponto	Córrego Alegre 23S	
	X	Y
42	194840	7560214
43	196893	7567982
44	201536	7562091

Todos os pontos registrados no campo, mostraram que a localização dos eventos levantados nos jornais, defesa civil e imagens de satélite estão condizentes, além disso, verificou-se que os mapas temáticos e de suscetibilidades gerados, estão de acordo com as características do meio físico. As Figuras 18 a 21 apresentam alguns dos pontos visitados.

Figura 18: Talude na avenida integração. **Figura 19:** (A) Local na cidade de Aracy, (B) talude na avenida Comendador Alfredo Maffei

Figura 20: (A) Rua no bairro Jardim das Torres, (B) rotatória do cristo

Figura 21: (A) Região do mercado municipal, (B) região do kartódromo.

6.3 Eventos Geológicos e Hidrológicos Cadastrados

Como parte fundamental do trabalho, foi realizada uma extensa pesquisa nos registros de ocorrências diárias da defesa civil entre os anos de 2005 a 2012, nos jornais do município entre os anos de 1965 a 2016, e nas imagens antigas de satélite do Google Earth Pro[®]. Os dados referentes a estes eventos são apresentados no Apêndice A, e a distribuição espacial, no mapa de documentação (Apêndice B). Ao todo foram registrados 482 eventos no período pesquisado.

Algumas das publicações de jornais, referentes aos eventos perigosos podem ser observadas nas Figuras 22 e 23.

Figura 22: (A) reportagem do dia 18 de fevereiro de 1967, (B) reportagem do dia 6 de fevereiro de 1973.

Figura 23: (A) reportagem do dia 3 de março de 2004, (B) reportagem do dia 23 de outubro de 2013.

Para os eventos cadastrados a partir do mosaico, adotou-se a data de captura da imagem pelo satélite, tornando este método impreciso, visto que um evento registrado na imagem pode ter ocorrido muito tempo antes da data de captura pelo satélite.

6.4 Mapas Temáticos

6.4.1 Compartimentos geológico-geotécnicos

Foi utilizado a compartimentação geológica-geotécnica (Figura 24) feita por Bartolomeu (2012). Na Tabela 25 pode-se observar as áreas e porcentagem em relação ao total, que cada compartimento ocupa na região.

O compartimento Itaqueri composto por arenitos, com algumas porções mais silto argilosas, ocupa quase que totalmente a região centro-norte da região de estudos, representando aproximadamente 70,0% do total, sendo que a área urbana está quase que totalmente inserida nesta formação.

A região sul é basicamente composta pelo compartimento Botucatu, composta por arenitos quartzosos com teor de finos incipientes e representa 26,9% da área. Uma das regiões mais pobres do município (Cidade Aracy) está inserida nesta formação.

O compartimento Serra Geral é composta por basaltos afaníticos e por solos argilosos, representa 2,7% da área, e no centro da cidade está associado aos vales e leitos de rios.

O compartimento coluvionar é constituídos por material de textura arenosa, imatura, e saturada e o aluvionar (argilo-arenoso) é composto por finos e grãos de quartzo referentes a Formação Botucatu e grãos de quartzo relacionados a Formação Itaqueri, juntos os dois representam menos de 2,0% da região estudada.

A análise deste mapa é fundamental, visto que eventos como movimentos de encosta, processos erosivos e colapso de solos estão diretamente ligados ao tipo de solo e rocha do local de ocorrência.

Tabela 25: Compartimentos geotécnicos e suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação.

Compartimentos	Área	
	(Km ²)	%
Coluvionar	0,84	0,6
Aluvionar	1,05	0,7
Compartimento Itaqueri	102,98	69,1
Compartimento Serra Geral	4,01	2,7
Compartimento Botucatu	40,09	26,9
Total	148,97	100,0

Figura 24: Mapa de compartimentos geológico-geotécnicos do município de São Carlos - SP.

6.4.2 Uso e ocupação

O mapa de uso e ocupação (Figura 25) foi gerado a partir da análise do mosaico de imagens de satélite. A área de estudo foi dividida em 6 classes de uso e ocupação (agricultura; área de expansão; fragmento de mata; indústria; reflorestamento e área urbana). As áreas ocupadas por cada classe assim como a porcentagem são apresentadas na Tabela 26.

Tabela 26: Uso e ocupação e suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação.

Uso e Ocupação	Área	
	(Km ²)	%
Agricultura	38,67	26,0
Área de Expansão	24,57	16,5
Área Urbana	54,30	36,5
Fragmento de mata	17,59	11,8
Indústria	1,85	1,2
Reflorestamento	11,99	8,0
Total	148,97	100,0

Como pode-se observar a área urbana ocupa a maior região na área de estudos, sendo responsável por 54,30 Km² (36,5%), sendo que em seu entorno há uma área de expansão que abrange 24,57 Km² (16,5%) , juntas, estas duas classes representam mais de 50% da área estudada.

A agricultura ocupa quase que toda região a oeste da área urbanizada e uma parte ao norte também, sendo responsável por 38,67 Km² (26,0%) do total. Os principais produtos são a cana-de-açúcar e a laranja.

Há duas grandes áreas de reflorestamento (eucalipto) uma a sudeste outra a nordeste, sendo que as duas juntas ocupam 11,99 Km² (8,0%). As indústrias ocupam 1,85 Km² (1,2%), e situam-se uma na região sul e outras duas na região sudeste.

O restante é representado por fragmentos de mata nativa (cerrado), que abrangem 17,59 Km² (11,8%), na maioria das vezes esses fragmentos estão associados as redes de drenagem e fora da área urbanizada.

Figura 25: Mapa de uso e ocupação do município de São Carlos - SP.

6.4.3 Declividades (%)

A Tabela 27 sintetiza a distribuição das classes de declividades, enquanto que a Figura 26 ilustra o produto cartográfico. Este mapa, é de grande importância, e possui uma relação direta com todos os eventos mapeados nesta pesquisa.

Declividades maiores aumentam as chances de ocorrência de movimentos de encostas, enquanto que processos erosivos ocorrem normalmente em declividades intermediárias, já colapso de solos, inundações e alagamentos ocorrem usualmente em declividades baixas.

Tabela 27: Classes de declividades e suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação.

Declividades (%)	Área	
	(Km ²)	%
0 - 5	68,69	46,1
5 - 10	52,02	34,9
10 - 18	21,71	14,6
18 - 33	5,26	3,5
>33	1,30	0,9
Total	148,97	100,00

Observando a Tabela 27 e Figura 26, nota-se que a classe predominante é a de 0 a 5% ocupando uma área de 68,69 Km² (46,1%), as classes de relevo pouco íngreme, de 0 a 10% abrangem uma área de 120,71 Km² (81,0%), evidenciando que a área de estudo possui um relevo predominantemente suave.

Declividades acima de 18% ocupam uma área de 6,56 Km² (4,4%) e ocorrem em sua maioria na região sul e sudoeste, associados normalmente no contato do compartimento Serra Geral e Botucatu (Figura 24).

Figura 26: Mapa de declividades do município de São Carlos - SP.

6.4.4 Forma das encostas

O mapa foi dividido em três tipos de formas de encostas, coletora, dispersora e plana. A Tabela 28 apresenta a distribuição em área das formas das encostas do terreno e a Figura 27 ilustra o mapa para a área de estudos.

Tabela 28: Formas de encostas e suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação.

Forma de Encostas	Área	
	(Km ²)	%
Coletora	55,58	37,4
Plana	18,81	12,6
Dispersora	74,58	50,0
Total	148,97	100,00

Encostas do tipo coletora ocupam uma área de 55,58 Km² (37,4%). Estas encostas são responsáveis por concentrarem o fluxo de água, desta forma, são mais favoráveis ao surgimento de processos erosivos e movimentos de encostas, e estão associadas a fundo de vales e drenagens

Encostas dispersoras são caracterizadas por desacelerarem e dispersarem o fluxo d'água, sendo menos favoráveis ao surgimento de processos erosivos e movimentos de encosta e mais favoráveis a deposição de sedimentos. Abrangem uma área de 74,58 Km² (50,0%).

Figura 27: Mapa de formas de encostas do município de São Carlos - SP.

6.4.5 Documentação

O mapa de documentação (Apêndice B) é composto por 482 eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica cadastrados entre os anos 1965 a 2016, pelos pontos levantados em campo e pelos pontos que foram amostrados e ensaiados por Aguiar (1989) e Bartolomeu (2012). Estes pontos são apresentados em conjunto com a base cartográfica digital. É importante ressaltar que um ponto no mapa pode representar mais de um evento, porém ocorridos em datas distintas.

6.5 Mapas de Concentração de Eventos

Primeiramente, foi feita uma análise da distribuição de cada evento na área de estudos. Analisou-se também a distribuição temporal de cada evento em relação aos anos, períodos e meses. Os eventos analisados foram as enchentes/inundações, alagamentos, movimento de encosta, processos erosivos e colapsos de solo.

Ao todo foram catalogados 482 eventos perigosos entre os anos de 1965 a 2016, vale ressaltar que vários eventos podem ocorrer no mesmo dia, em locais diferentes do município. O principal agente natural deflagrador, principalmente para os movimentos de encosta, processos erosivos, enchentes/inundações e alagamentos são as chuvas concentradas. Os meses mais críticos são Fevereiro, Janeiro e Dezembro, justamente os meses mais chuvosos (Figura 28).

Figura 28: Análise mensal dos eventos registrados.

Como pode se observar na Figura 29, mais de 50% dos eventos registrados ocorreram a partir do ano de 2000, isto ocorre basicamente por dois fatores, antes dos anos 70 a cidade tinha uma população pequena e consideravelmente rural, a partir dos anos 70 a urbanização começa a se intensificar, muitas vezes, sem o devido controle, contribuindo para a ocorrência desses eventos. Outro fator é que quanto mais perto do presente, maior a riqueza de detalhes e registros dos eventos, devido ao uso cada vez mais intenso de tecnologia para registrar-los.

Figura 29: Análise por períodos dos eventos registrados.

O evento que possui mais registros na cidade são as enchentes/inundações, mais que o dobro do 2º mais freqüente (alagamentos), seguido pelos processos erosivos, colapso de solos e movimentos de encosta (Figura 30). Este resultado já era esperado, o mapa de declividades (Figura 26), apresenta um relevo suave, com poucas regiões na área que possuem declividades acima de 18%.

Figura 30: Natureza dos eventos na região e quantidades registradas.

Analizando a distribuição mensal de cada evento separadamente (Figura 31), fica claro que os meses de verão (chuvosos) realmente são os mais críticos, evidenciando a contribuição das chuvas como agente deflagrador.

Figura 31: Análise mensal dos eventos cadastrados feita separadamente.

Em relação as bacias hidrográficas, a que se mostra mais crítica é a do Gregório, tendo mais que o dobro de eventos registrados que a do Médio Monjolinho, a segunda mais critica. As Figuras 32 e 33 apresentam a frequência de todos os eventos cadastrados e dos tipos de eventos cadastrados respectivamente, em relação as bacias hidrográficas.

Figura 32: Frequência de todos os eventos cadastrados.

Figura 33: Frequência dos tipos de eventos cadastrados.

Analisando o número de eventos em relação a área de cada bacia (Tabela 29), para observar a sua influência na ocorrência destes eventos, obteve-se um índice de concentração (IC). Nesta análise ocorre uma inversão, onde a bacia do Médio Monjolinho torna-se mais crítica que a bacia do Gregório, isto ocorre em decorrência da área da bacia do Médio Monjolinho ser sete vezes menor.

Tabela 29: Índice de concentração de eventos por Km² de cada bacia.

Bacias	Área (Km ²)	Eventos/Km ²
Bacia do Alto Monjolinho	26,38	0,53
Bacia do Feijão	11,93	0,42
Bacia do Gregório	18,34	13,90
Bacia do Baixo Monjolinho	41,10	0,63
Bacia do Mineirinho	5,83	0,51
Bacia do Quilombo	2,81	0,00
Bacia do Tijuco Preto	3,53	5,67
Bacia Santa Maria Madalena	11,29	1,95
Bacia da Água Quente	12,92	4,26
Bacia da Água Fria	12,31	0,57
Bacia do Médio Monjolinho	2,54	29,53

Em seguida realizou-se uma análise de quantificação de cada evento por cada classe, de cada condicionante (probabilidades iniciais), a fim de se obter as classes mais críticas para cada evento. Esta é uma análise inicial, onde cada condicionante foi verificado separadamente. Ao fim de cada análise, foi gerado um mapa de concentração de eventos.

6.5.1 Movimentos de encosta

Foi analisado a quantidade de movimentos de encosta, por cada classe dos seguintes condicionantes: uso e ocupação; compartimentos geotécnicos; formas de encostas e declividades. As informações obtidas no inventário, descrevem a maioria dos movimentos como escorregamento, com exceção de alguns em que houve também a queda de blocos.

A Tabela 30 apresenta os índices para cada classe de uso e ocupação. Como pode-se observar, 73,5% dos movimentos de encostas ocorrem em fragmentos de mata, principalmente na serra de Aracy, sendo a classe com o maior índice de concentração também. Este fato contraria o senso comum de que áreas cobertas por vegetação são menos propícias a movimentos de encosta, porém nestes pontos de ocorrências, ocorrem as maiores declividades da área. É importante observar que 17,7% destes eventos ocorreram na área de expansão, ou seja, regiões que podem vir a ser ocupadas no futuro, necessitando um maior cuidado no manejo, quando isto vier a ocorrer.

Tabela 30: Índice de concentração de movimentos de encosta para as classes de uso e ocupação.

Uso e ocupação	Área		Movimentos de Encosta		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Agricultura	38,67	26,0	0	0,0	0,00
Área de expansão	24,57	16,4	6	17,7	0,24
Área Urbana	54,30	36,5	3	8,8	0,06
Fragmento de Mata	17,59	11,8	25	73,5	1,42
Industria	1,85	1,2	0	0,0	0,00
Reflorestamento	11,99	8,1	0	0,0	0,00

Em relação aos compartimentos geológico-geotécnicos, (Tabela 31) o mais crítico, quanto ao número de eventos, é o Botucatu, seguido pelo Serra Geral. As maiores declividades da região se encontram na serra de Aracy, onde ocorre o contato do destes dois compartimentos, justificando a maior frequência de movimentos. No entanto, em relação ao índice de concentração ocorre uma inversão, onde o mais crítico passa a ser o Serra Geral, seguido pelo Coluvionar, isto ocorre devido a grande diferença de dimensão dos compartimentos Serra Geral e Coluvionar em relação ao Botucatu.

Tabela 31: Índice de concentração de movimentos de encosta para os compartimentos geotécnicos.

Compartimentos geológico-geotécnicos	Área		Movimentos de Encosta		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Coluvionar	0,84	0,6	1	2,9	1,19
Aluvionar	1,05	0,7	0	0,0	0,00
Itaqueri	102,98	69,1	6	17,7	0,06
Serra Geral	4,01	2,7	8	23,5	2,00
Botucatu	40,09	26,9	19	55,9	0,47

Quanto as formas de encostas, a mais crítica é a coletora, tanto para a quantidade de eventos, quanto para o índice de concentração (Tabela 32). Este resultado está de acordo com o esperado, pois encostas coletoras concentram o fluxo d'água, propiciando assim, a ocorrência de movimentos de encosta.

Tabela 32: Índice de concentração de movimentos de encosta para as formas de encostas.

Formas de encosta	Área		Movimentos de Encosta		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Coletora	55,58	37,3	24	70,6	0,43
Plana	18,81	12,6	0	0,0	0,00
Dispersora	74,58	50,1	10	29,4	0,13

Como o esperado, as declividades acima de 33% são as mais críticas, onde 61,8% dos eventos ocorrem nesta faixa (Tabela 33). Como a área ocupada por estas declividades são muito pequenas, o seu índice de concentração é 8 vezes maior que o somatório dos índices das classes restantes, portanto, fica claro como a declividade é um fator determinante para a ocorrência destes eventos.

Tabela 33: Índice de concentração de movimentos de encosta para as classes de declividades.

Declividades (%)	Área		Movimentos de Encosta		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
0 - 5	68,69	46,1	0	0,00	0,00
5 - 10	52,02	34,9	3	8,8	0,06
10 - 18	21,71	14,6	4	11,8	0,18
18 - 33	5,26	3,5	6	17,6	1,14
>33	1,30	0,9	21	61,8	16,21

A bacia onde há o maior índice de concentração é a da Água Quente (Tabela 34), que situa-se na porção sul da área, justamente onde localiza-se a serra de Aracy.

Tabela 34: Quantificação de movimentos de encostas por bacias.

Bacias	Área (Km ²)	Eventos/Km ²
Bacia do Alto Monjolinho	26,38	0,04
Bacia do Feijão	11,93	0,08
Bacia do Gregório	18,34	0,05
Bacia do Baixo Monjolinho	41,10	0,24
Bacia do Mineirinho	5,83	0,00
Bacia do Quilombo	2,81	0,00
Bacia do Tijuco Preto	3,53	0,00
Bacia Santa Maria Madalena	11,29	0,00
Bacia da Água Quente	12,92	1,55
Bacia da Água Fria	12,31	0,00
Bacia do Médio Monjolinho	2,54	0,39

A Figura 34, apresenta o mapa de concentração de movimentos de encosta. Os eventos se concentram na serra de Aracy, onde as declividades são maiores que 33%, a vegetação é nativa, e ocorre o contato entre os compartimentos Serra Geral e Botucatu.

Figura 34: Mapa de concentração dos movimentos de encosta em São Carlos - SP

6.5.2 Processos erosivos

Foi analisado o número de processos erosivos, por cada classe dos seguintes condicionantes: uso e ocupação; compartimentos geotécnicos; forma de encostas e declividades. Vale ressaltar que o interesse desta pesquisa são as erosões pluviais, porém também foram identificadas erosões fluviais, que foram incluídas nesta quantificação inicial. Para o mapa de suscetibilidade considerou-se apenas as erosões pluviais.

Observando a Tabela 35, nota-se que o uso com a maior quantidade de eventos e maior IC, é a área urbana, sendo que 75,0% dos processos erosivos ocorrem nesta classe, seguido pelos fragmentos de mata e área de expansão. Apesar de normalmente a vegetação proteger o solo de erosões, os pontos onde foram registrados esses processos, são caracterizados por declividades mais elevadas. Oito erosões (9,1%) ocorrem na área de expansão, ou seja, regiões que podem vir a ser ocupadas no futuro, necessitando um maior cuidado no manejo, quando isto vier a ocorrer.

Tabela 35: Índice de concentração de processos erosivos para as classes de uso e ocupação.

Uso e ocupação	Área		Erosões		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Agricultura	38,67	26,0	0	0,0	0,00
Área de expansão	24,57	16,4	8	9,1	0,33
Área urbana	54,30	36,5	66	75,0	1,22
Fragmento de Mata	17,59	11,8	12	13,6	0,68
Industria	1,85	1,2	0	0,00	0,00
Reflorestamento	11,99	8,1	2	2,3	0,17

Quanto ao compartimento geotécnico, o com mais ocorrências é o Itaqueri (44,3%), seguido pelo Serra Geral e Botucatu, porém o com maior índice de concentração é o Serra Geral, em consequência da pequena área que este compartimento ocupa na região (Tabela 36).

Entre os compartimentos que estão na região, o menos propício a ocorrência de erosões pluviais é o Serra Geral, por possuir um solo basicamente argiloso (alta coesão), ao contrário dos mais favoráveis Itaqueri (arenoso com presença de finos) e Botucatu (arenoso). Solos arenosos, devido a porosidade alta e a sua coesão zero ou próxima disso, são mais fáceis de erodirem. Arenitos do compartimento Botucatu, em algumas áreas, são uma exceção, por possuírem cimentação silicosa, que oblitera a porosidade primária, deixando a rocha mais resistente aos processos erosivos.

Observou-se que vários pontos de erosão inventariados no Serra Geral, estavam muito próximos das drenagens, muitas vezes nas próprias margens, indicando serem na verdade

erosões fluviais. Ao todo 26 erosões indicaram ser fluviais, sendo que 22 delas ocorreram no Serra Geral, portanto, para erosões pluviais o Botucatu e Itaqueri são os mais críticos.

Tabela 36: Índice de concentração de processos erosivos para os compartimentos geotécnicos.

Compartimentos geológico-geotécnico	Área		Erosões		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Coluvionar	0,84	0,6	0	0,0	0,00
Aluvionar	1,05	0,7	2	2,3	1,90
Itaqueri	102,98	69,1	39	44,3	0,38
Serra Geral	4,01	2,7	28	31,8	6,98
Botucatu	40,09	26,9	19	21,6	0,47

Em relação as formas de encostas, a com maior quantidade de eventos e maior índice de concentração é a coletora. Isto é consequência destas encostas concentrarem o fluxo d'água, favorecendo assim, a ocorrência de processos erosivos. Como esperado, as encostas dispersoras são as menos propícias a ocorrência de erosões, pois estas, dispersam o fluxo, favorecendo a deposição e não a erosão (Tabela 37).

Tabela 37: Índice de concentração de processos erosivos para as formas de encostas.

Formas de encosta	Área		Erosões		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Coletora	55,58	37,31	56	63,6	1,01
Plana	18,81	12,63	11	12,5	0,58
Dispersora	74,58	50,07	21	23,9	0,28

Quanto as declividades, a faixa com maior numero de eventos é a de 0 a 5%, no entanto como citado anteriormente, várias erosões registradas são fluviais e se encaixam neste intervalo. Analisando o índice de concentração, a faixa com o maior valor, é a de 10 a 18% seguida pela de 18 a 33%, intervalos estes, mais comuns de ocorrerem erosões pluviais (Tabela 38).

Tabela 38: Índice de concentração de processos erosivos para as classes de declividade.

Declividades (%)	Área		Erosões		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
0 - 5	68,69	46,11	42	47,7	0,61
5 - 10	52,02	34,92	19	21,6	0,37
10 - 18	21,71	14,57	22	25,0	1,01
18 - 33	5,26	3,53	5	5,7	0,95
>33	1,30	0,87	0	0,00	0,00

A bacia com maior IC é a do Médio Monjolinho (levando em consideração todos os processos erosivos), contabilizando somente as erosões pluviais, a com maior índice de concentração passa a ser a da Água Quente, devido as maiores declividades da região de estudo se inserir nela, e grande parte de sua área ser composta pelo compartimento com características mais favoráveis a erosão pluvial, o Botucatu (Tabela 39).

Tabela 39: Quantificação de processos erosivos por bacias.

Bacias	Área (Km ²)	Eventos/Km ²
Bacia do Alto Monjolinho	26,38	0,15
Bacia do Feijão	11,93	0,34
Bacia do Gregório	18,34	1,58
Bacia do Baixo Monjolinho	41,10	0,27
Bacia do Mineirinho	5,83	0,00
Bacia do Quilombo	2,81	0,00
Bacia do Tijuco Preto	3,53	1,70
Bacia Santa Maria Madalena	11,29	0,27
Bacia da Água Quente	12,92	1,39
Bacia da Água Fria	12,31	0,24
Bacia do Médio Monjolinho	2,54	3,94

Na Figura 35 é possível observar uma alta taxa de concentração de eventos na porção central do município, associadas as redes de drenagens, portanto, tratam-se na maior parte das vezes, de erosões fluviais.

A um grande acúmulo de eventos na parte sul de São Carlos, mais precisamente em Cidade Aracy, que se insere sobre o compartimento Botucatu, cujo solo é bastante arenoso. Apesar de alguns dos eventos nesta região, estarem associados as redes de drenagens, o que prevalece são os de origem pluvial.

6.5.3 Solos colapsíveis

Não ha registros diretos, tanto em jornais quanto na defesa civil, a respeito de solos colapsíveis, o critério adotado inicialmente, partiu do princípio que todos os casos registrados, em que casas estavam com a fundação cedendo e paredes trincando fossem consequência da colapsividade do solo.

Com base neste critério, analisou-se a quantidade de colapsos, por cada classe dos seguintes condicionantes: uso e ocupação; compartimentos geotécnicos; formas de encostas e declividades.

Como o critério adotado para identificar o colapso do solo, foi o de considerar as fundações cedendo e paredes com trincas, é de se esperar que a maioria das ocorrências ocorressem em área urbana. Observando a Tabela 40, verifica-se que 100% dos eventos foram em área urbana, com uma concentração de 0,9 eventos/Km².

Tabela 40: Índice de concentração de solos colapsíveis para as classes de uso e ocupação.

Uso e ocupação	Área		Colapsos		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Agricultura	38,67	26,0	0	0,0	0,00
Área de expansão	24,57	16,4	0	0,0	0,00
Área Urbana	54,30	36,5	49	100,0	0,90
Fragmento de Mata	17,59	11,8	0	0,0	0,00
Industria	1,85	1,2	0	0,0	0,00
Reflorestamento	11,99	8,1	0	0,0	0,00

Quanto ao compartimento geotécnico, o com mais ocorrências é o Itaqueri (93,9%), seguido pelo Botucatu e Serra Geral (Tabela 41).

Tabela 41: Índice de concentração de solos colapsíveis para os compartimentos geotécnicos.

Compartimentos geológico-geotécnico	Área		Colapsos		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Coluvionar	0,8	0,6	0	0,0	0,00
Aluvionar	1,1	0,7	0	0,0	0,00
Itaqueri	103,0	69,1	46	93,9	0,45
Serra Geral	4,0	2,7	1	2,0	0,25
Botucatu	40,1	26,9	2	4,1	0,05

Analisando os resultados dos ensaios de granulometria e índices físicos realizados por Aguiar (1989) e Bartolomeu (2012), nas Tabelas 17 e 18 respectivamente, nota-se que o solo do compartimento Itaqueri é composto na maioria das vezes por uma areia argilo-siltosa, onde

a proporção de argila em varias amostras é pelo menos o dobro da de silte. Dos ensaios geotécnicos, pode-se extrair algumas informações que são apresentadas na Tabela 42.

Tabela 42: Grau de saturação e porosidade de amostras do compartimento Itaqueri

Ponto	Grau de saturação (%) ²	Porosidade (%) ³
RA003	47,77	55,14
RA005	47,64	61,09
RA132	62,17	47,09
RA309	70,77	41,45
RA316	42,33	47,73
RA434	59,30	46,64
RA446	54,34	54,40
RA447	63,26	45,27
RA533	71,22	54,95
RA540	61,76	38,80
RA557	59,47	47,67
RA564	57,25	57,21
RA578	42,94	48,00
RA625	54,60	44,10
RA665	48,86	48,98
RA667	46,82	51,31
RA710	59,01	47,06
RA717	50,46	51,57
RA727	54,90	38,65
RA734	58,61	48,11
RA736	53,04	39,80
RA738	60,56	45,30
RA774	42,01	46,61
RA775	42,16	46,41

Segundo Cintra (1998) o solo com um grau de saturação < 60%, porosidade > 40% e com uma granulometria aberta (ausência de silte) pode ter o comportamento colapsível. Observando a Tabela 17, nota-se que em quase todas as análises granulométricas do compartimento Itaqueri, a fração silte é a de menor quantidade, e como mostra a Tabela 42, a maior parte das amostras apresentam características favoráveis ao comportamento de solo colapsível. Evidenciando que os registros podem ter relação com este evento.

Em relação as formas de encostas (Tabela 43), não há o predomínio de nenhuma classe quanto ao índice de concentração, mostrando que este condicionante não é

² Obtido a partir da equação $\frac{\rho_s \cdot w}{e \cdot \rho_w}$, onde ρ_s = massa específica do sólido; ρ_w = massa específica da água e w = umidade

³ Obtido a partir da equação $\frac{e}{1+e}$, onde e = índice de vazios

preponderante para a ocorrência de solos colapsíveis.

Tabela 43: Índice de concentração de solos colapsíveis para as formas de encostas.

Formas de encosta	Área		Colapsos		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Coletora	55,58	37,3	20	40,8	0,36
Plana	18,81	12,6	6	12,2	0,32
Dispersora	74,58	50,1	23	47,0	0,31

Quanto a declividade (Tabela 44), a faixa que apresenta mais ocorrências é a de 0 a 5%, enquanto que a com maior índice de concentração é a de 10 a 18%, pois a taxa ocupada por essa classe é muito pequena. Declividades mais suaves, favorecem o colapso de solo, visto que a taxa de infiltração em relevos aplainados são maiores.

Tabela 44: Índice de concentração de solos colapsíveis para as classes de declividades.

Declividades (%)	Área		Colapsos		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
0 - 5	68,69	46,1	42	47,7	0,61
5 - 10	52,02	34,9	19	21,6	0,37
10 - 18	21,71	14,6	22	25,0	1,01
18 - 33	5,26	3,5	5	5,7	0,95
>33	1,30	0,9	0	0,0	0,00

A Tabela 45, apresenta o IC de solos colapsíveis por bacias, onde a com valor mais elevado é a do Médio Monjolinho, seguida pela pelo a do Gregório. A Figura 36 apresenta o mapa de concentração de solos com colapsos.

Tabela 45: Quantificação de colapso de solos por bacias.

Bacias	Área (Km ²)	Eventos/Km ²
Bacia do Alto Monjolinho	26,38	0,15
Bacia do Feijão	11,93	0,00
Bacia do Gregório	18,34	1,20
Bacia do Baixo Monjolinho	41,10	0,02
Bacia do Mineirinho	5,83	0,51
Bacia do Quilombo	2,81	0,00
Bacia do Tijuco Preto	3,53	1,13
Bacia Santa Maria Madalena	11,29	0,18
Bacia da Água Quente	12,92	0,54
Bacia da Água Fria	12,31	0,00
Bacia do Médio Monjolinho	2,54	2,36

Figura 36: Mapa de concentração de colapso de solos em São Carlos - SP

6.5.4 Enchentes/inundações

Nesta etapa, analisou-se a quantidade de enchentes/inundações por cada classe dos seguintes condicionantes: uso e ocupação; compartimentos geotécnicos; formas de encostas e declividades. Dos eventos que ocorrem em São Carlos, as enchentes/inundações são os mais críticos e o que há mais tempo causam transtornos a cidade. Locais como o mercado municipal, rotatória do Cristo e kartódromo são constantemente atingidos por estes eventos. Na área de estudos, 100% das ocorrências são em área urbana (Tabela 46). Vale ressaltar que enchentes/inundações são processos naturais e podem ocorrer em áreas não habitadas, porém no município estes processos estão ligados principalmente a impermeabilização do solo, canalização do fluxo e obstruções ao escoamento.

Tabela 46: Índice de concentração de enchentes/inundações para as classes de uso e ocupação.

Uso e ocupação	Área		Enchente/Inundação		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Agricultura	38,67	26,0	0	0,0	0,00
Área de expansão	24,57	16,4	0	0,0	0,00
Área urbana	54,30	36,5	208	100,0	3,83
Fragmento de Mata	17,59	11,8	0	0,0	0,00
Indústria	1,85	1,2	0	0,0	0,00
Reflorestamento	11,99	8,1	0	0,0	0,00

Várias drenagens na região central encontram-se sobre o compartimento Serra Geral, cujo solo é argiloso e com baixa permeabilidade comparado aos solos dos outros compartimentos. Observando a Tabela 47, nota-se que 158 (76,0%) enchentes/inundações ocorrem neste compartimento, deixando-o com um índice de concentração de 39,4 enchentes/inundações/Km².

Tabela 47: Índice de concentração de enchentes/inundações para os compartimentos geotécnicos.

Compartimentos geológico-geotécnico	Área		Enchente/Inundação		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Coluvionar	0,84	0,6	0	0,0	0,00
Aluvionar	1,05	0,7	0	0,0	0,00
Itaqueri	102,98	69,1	50	24,0	0,49
Serra Geral	4,01	2,7	158	76,0	39,40
Botucatu	40,09	26,9	0	0,00	0,00

As formas de encostas, demonstra ser um condicionante importante ao analisar as enchentes/inundações, visto que na Tabela 48 é possível observar que 88,4% ocorrem em encostas do tipo coletora, cujo formato é responsável por concentrar o fluxo d'água.

Tabela 48: Índice de concentração de enchentes/inundações para as formas de encostas

Formas de Encosta	Área		Enchente/Inundação		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Coletora	55,58	37,3	184	88,4	3,31
Plana	18,81	12,6	2	1,0	0,11
Dispersora	74,58	50,1	22	10,6	0,29

Em relação as declividades, 88,4% das enchentes/inundações, são em relevos muito suaves e quase planos, na faixa de 0 a 5% (Tabela 49). O resultado está dentro do esperado, pois, estes eventos surgem em locais de baixas declividades.

Tabela 49: Índice de concentração de enchentes/inundações para as classes de declividades.

Declividades (%)	Área		Enchente/Inundação		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
0 - 5	68,69	46,1	184	88,4	2,68
5 - 10	52,02	34,9	20	9,6	0,38
10 - 18	21,71	14,6	4	2,0	0,18
18 - 33	5,26	3,5	0	0,00	0,00
>33	1,30	0,9	0	0,00	0,00

A bacia com o maior IC é a do Médio Monjolinho (Tabela 50), onde está localizado a rotatória do cristo, região muito atingida por enchentes/inundações ao longo do tempo na cidade de São Carlos. Em seguida está a bacia do Gregório, onde situa-se o mercado municipal, local que sofre com estes eventos a mais tempo na cidade. A Figura 37 apresenta o mapa de concentração de enchentes/inundações.

Tabela 50: Quantificação das enchentes/inundações por bacias.

Bacias	Área (Km ²)	Eventos/Km ²
Bacia do Alto Monjolinho	26,38	0,08
Bacia do Feijão	11,93	0,00
Bacia do Gregório	18,34	6,49
Bacia do Baixo Monjolinho	41,10	0,10
Bacia do Mineirinho	5,83	0,00
Bacia do Quilombo	2,81	0,00
Bacia do Tijuco Preto	3,53	2,83
Bacia Santa Maria Madalena	11,29	1,59
Bacia da Água Quente	12,92	0,00
Bacia da Água Fria	12,31	0,00
Bacia do Médio Monjolinho	2,54	21,65

Figura 37: Mapa de concentração das enchentes/inundações em São Carlos - SP

6.5.5 Alagamentos

Foi analisado a quantidade de alagamentos, por cada classe dos seguintes condicionantes: uso e ocupação; compartimentos geotécnicos; formas das encostas e declividades.

Alagamentos, ocorrem essencialmente em áreas urbanas, pois, estão diretamente relacionados a impermeabilização excessiva do solo em conjunto com um crescimento urbano sem planejamento. Para a área de estudos, 103 alagamentos (100%) ocorreram na área urbana (Tabela 51). Os pontos com maior frequência são na praça Itália e rotatória do CDHU

Tabela 51: Índice de concentração de alagamentos para as classes de uso e ocupação.

Uso e ocupação	Área		Alagamento		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Agricultura	38,67	25,96	0	0,00	0,00
Área de expansão	24,57	16,49	0	0,00	0,00
Área urbana	54,30	36,45	103	100,00	1,90
Fragmento de Mata	17,59	11,81	0	0,00	0,00
Industria	1,85	1,24	0	0,00	0,00
Reflorestamento	11,99	8,05	0	0,00	0,00

Em relação aos compartimentos geotécnicos, o Itaqueri é o que mais tem ocorrências (87,4%) e o maior índice de concentração (0,87 eventos/Km²). Isto é consequência de que, quase toda a área urbana de São Carlos se insere sobre este compartimento (Tabela 52).

Tabela 52: Índice de concentração de alagamentos para os compartimentos geotécnicos.

Compartimentos geotécnicos	Área		Alagamento		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Coluvionar	0,84	0,6	0	0,0	0,00
Aluvionar	1,05	0,7	0	0,0	0,00
Itaqueri	102,98	69,1	90	87,4	0,87
Serra Geral	4,01	2,7	0	0,0	0,00
Botucatu	40,09	26,9	13	12,6	0,32

Observando a Tabela 53, nota-se que 50,6% dos alagamentos ocorrem em encostas coletoras, o que é de se esperar, pois, estas encostas concentram o fluxo de água. Vale ressaltar que este efeito é potencializado em uma superfície impermeabilizada.

Tabela 53: Índice de concentração de alagamentos para as formas de encostas.

Formas de encosta	Área		Alagamento		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
Coletora	55,58	37,3	52	50,5	0,94
Plana	18,81	12,6	14	13,6	0,74
Dispersora	74,58	50,1	37	35,9	0,50

Em relação as declividades (Tabela 54), 95,1% dos eventos são em faixas de 0 a 10%, onde o surgimento de alagamentos, é mais favorável. A Tabela 55 apresenta a quantificação destes eventos em relação as bacias. A bacia do Gregório que, por se situar na área central, e por tanto ser a mais urbanizada e impermeabilizada, é a que apresenta o maior IC. A Figura 38 apresenta o mapa de concentração de alagamentos.

Tabela 54: Índice de concentração dos alagamentos para as classes de declividades.

Declividades (%)	Área		Alagamento		Índice de concentração (eventos/Km ²)
	(Km ²)	%	Nº	%	
0 - 5	68,69	46,1	68	66,0	0,99
5 - 10	52,02	34,9	30	29,1	0,58
10 - 18	21,71	14,6	5	4,9	0,23
18 - 33	5,26	3,5	0	0,0	0,00
>33	1,30	0,9	0	0,0	0,00

Tabela 55: Quantificação dos alagamentos por bacias.

Bacias	Área (Km ²)	Eventos/Km ²
Bacia do Alto Monjolinho	26,38	0,11
Bacia do Feijão	11,93	0,00
Bacia do Gregório	18,34	4,53
Bacia do Baixo Monjolinho	41,10	0,00
Bacia do Mineirinho	5,83	0,00
Bacia do Quilombo	2,81	0,00
Bacia do Tijuco Preto	3,53	0,00
Bacia Santa Maria Madalena	11,29	0,00
Bacia da Água Quente	12,92	0,77
Bacia da Água Fria	12,31	0,32
Bacia do Médio Monjolinho	2,54	1,18

Figura 38: Mapa de concentração dos alagamentos em São Carlos - SP

6.6 Correlação entre Índices Pluviométricos e Eventos de Enchentes/Inundações, Alagamentos e Movimentos de Encosta

A chuva é um agente deflagrador dos eventos registrados neste trabalho, principalmente enchentes/inundações, alagamentos, erosões e movimentos de encosta. Os eventos que foram analisados, suas datas de ocorrência, valores de precipitação acumulada em 24 horas (posto pluviométrico D4-017) e CCM correspondentes são apresentados no Anexo A.

A Figura 39 apresenta a precipitação média anual (mm) para o município de São Carlos - SP. Nota-se que na área de estudos, na cabeceira do rio do Monjolinho, é o local que mais chove, favorecendo a ocorrência de enchentes/inundações a jusante.

Dos 482 eventos cadastrados foram selecionados 179, 103 são enchentes/inundações (58%), 65 são alagamentos (36%) e somente 11 (6%) são movimentos de encosta. Dos eventos considerados, 23% ocorreram a uma distância de até 1 Km do posto pluviométrico escolhido (D4-017), 72% entre 1 e 5 Km e apenas 5% entre 5 e 10 Km. Portanto, a maioria dos eventos estão próximos do posto pluviométrico.

A evolução do CCM durante os anos pluviométricos de 2015-2016 é apresentado na Figura 40, evidenciando as datas de ocorrências de enchentes/inundações, alagamentos e movimentos de encosta. O CCM permanece abaixo de 1 entre junho e julho, com apenas um alagamento registrado neste período. Em julho o CCM sofre um forte aumento, subindo para 1,4, diminuindo até setembro para menos de 1, quando outra vez sofre um forte aumento para 1,2 e um novo alagamento ocorre. De setembro em diante O CCM sofre oscilações, porém sempre permanece acima de 1. Vários eventos, principalmente hidrológicos são observados de novembro em diante até o final de março, isoladamente é observada uma enchente/inundação em maio com CCM mais próximo de 1.

Figura 39: Precipitação média anual (mm) para o município de São Carlos - SP (SILVA JÚNIOR, 2016).

Da análise da figura, nota-se que um dos eventos ocorre com CCM inferior a 1, ou seja quando se choveu menos que o normal para o período. Isto pode ser em decorrência de chuvas isoladas porem de alta intensidade.

Figura 40: Evolução do CCM no ano pluviométrico de 2015 a 2016 e registro dos eventos (SILVA JUNIOR, 2016).

A Tabela 56 exibe a distribuição dos valores de CCM totais da série histórica e dos valores em termos percentuais dos eventos registrados. Durante toda série histórica o CCM é superior a 1 em aproximadamente 50% do tempo. Para os meses de novembro a abril, de fato, o CCM é superior a 1 em 50% das vezes, considerando o posto pluviométrico utilizado (Tabela 57).

Tabela 56: Distribuição dos valores de CCM com registros de eventos e na série histórica em termos percentuais (Silva Junior, 2016).

CCM	Enchentes/Inundações	Alagamentos	Movimentos de encosta	Série Histórica
<1	23%	28%	64%	54%
>1	78%	72%	36%	46%
>1,2	51%	35%	9%	24%

Tabela 57: Distribuição anual dos valores de CCM na série histórica (Silva Junior, 2016).

CCM	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
<1	61%	57%	67%	63%	59%	47%	48%	47%	49%	48%	50%	51%
>1	39%	43%	33%	37%	41%	53%	52%	53%	51%	52%	50%	49%
>1,2	35%	33%	20%	29%	32%	31%	23%	23%	14%	13%	17%	16%

Entre junho e outubro o CCM é inferior a 1 mais da metade das vezes. Valores com CCM superior a 1,2 são registrados com maior frequência nos meses iniciais do ano pluviométrico, pois, chuvas nestes meses tendem a gerar picos de CCM.

Em relação as enchentes/inundações e alagamentos, a maioria destes eventos ocorreram em valores de CCM acima de 1, em 78% e 72% das vezes respectivamente, já para movimentos de encostas apenas 36% ocorreram sobre essas circunstâncias. Valores de CCM acima de 1,2 ocorrem em 51% das inundações, 35% dos alagamentos e 9% dos movimentos de encostas. Para valores de CCM menores que 1, somente 23% das inundações e 28% dos alagamentos ocorrem nesta situação, já para os movimentos de encostas, mais da metade ocorre nesta circunstância. Vale ressaltar que apesar de o CCM ser maior que 1,2 somente em 24% do tempo na série histórica, mais da metade das inundações ocorrem nestas condições.

Apesar de na maioria dos eventos registrados os valores de CCM serem maiores que 1, faz-se necessário fazer esta análise combinada com outras variáveis, principalmente considerando as ocorrências com valores inferior a 1. Desta forma, realizou-se análise em relação a precipitação diária. A Tabela 58 apresenta a distribuição dos valores de precipitação diária para os eventos registrados e série histórica.

Tabela 58: Distribuição dos valores de precipitação diária em relação aos eventos registrados e a série histórica (SILVA JUNIOR, 2016).

PPT em 24h (mm)	Inundações	Alagamentos	Movimentos de encostas	Série histórica
PPT < 20	24%	62%	82%	93%
20 < PPT < 40	33%	23%	0%	5%
PPT > 40	43%	15%	18%	2%

Em relação a série histórica, 93% das precipitações diárias ocorrem na faixa menor que 20mm diários, a maioria dos movimentos de encosta (82%) e alagamentos (62%) e apenas 24% das inundações ocorrem sobre estas condições. As precipitações de 20 a 40mm representam apenas 5% da série histórica, nestas condições ocorrem 33% das inundações e 23% dos alagamentos. Embora precipitações acima de 40mm ocorram somente em 2% da série histórica, quase a metade das inundações (43%) acontecem nesta faixa. A estas condições estão associados 15% dos alagamentos e 18% dos movimentos de encostas.

Nas análises dos dados, observou-se a ocorrência de eventos onde a precipitação diária foi igual a 0mm. Esta situação verifica-se em eventos mais distantes do posto pluviométrico utilizado, desta forma, a deflagração pode ter sido causada por chuvas localizadas que não foram registradas pelo posto. Mesmo assim, nessas ocasiões os valores de CCM correlativos podem ser altos, indicando um período mais chuvoso na região, ainda que nestas datas especificamente o posto tenha registrado pouca ou ausência de chuva. As precipitações iguais a 0 verificadas também podem ser consequência de falhas nos sistemas de medição.

As Figuras 41 e 42 apresentam a relação do CCM e das precipitações diárias com a ocorrência de inundações nos meses de novembro de 2015 e janeiro de 2016.

Figura 41: Precipitação diária, CCM e eventos registrados em novembro de 2015 (Silva Junior, 2016).

Figura 42: Precipitação diária, CCM e eventos registrados em janeiro de 2016 (Silva Junior, 2016).

A deflagração de eventos está melhor relacionada com as precipitações diárias. Nota-se que normalmente os eventos ocorrem em dias de precipitação diária elevada. Entretanto, alguns eventos ocorrem em precipitações diárias relativamente baixas, isto pode ocorrer devido a ausência de registro da intensidade da chuva ao longo do dia ou associadas a dias anteriores chuvosos (CCM alto). Outro ponto a se levar em conta é que chuvas concentradas por localidades podem não ser bem registradas em postos pluviométricos mais distantes da ocorrência.

6.7 Mapas de Suscetibilidade

Nas análises anteriores os condicionantes foram avaliados individualmente, esta primeira etapa foi importante para se ter uma idéia de como os eventos se comportam nas diversas classes de uso e ocupação; compartimentos geotécnicos; formas de encosta e declividades. Porém, sabemos que na realidade um condicionante nunca atua sozinho, portanto, para o mapeamento da suscetibilidade foi realizada uma análise em conjunto, para assim verificar quais as combinações de condicionantes são mais susceptíveis a ocorrência de cada evento.

Foi utilizado o método da sobreposição de mapas (método overlay), onde foi feito o cruzamento dos mapas temáticos para gerar o mapa de classes de terreno. Das 450 classes teóricas possíveis, verificou-se somente 305 (Apêndice C). Em seguida calculou-se o índice de suscetibilidade (eventos/classes de terreno), com estes índices gerou-se os mapas de suscetibilidade para os seguintes eventos: movimentos de encosta, erosão pluvial, colapso de

solos e enchente/inundação. Para alagamento não foi realizado a análise de suscetibilidade, pois este é um evento muito mais relacionado ao uso e ocupação que as outras características do meio físico.

6.7.1 Movimentos de encosta

Para o mapa de suscetibilidade a movimentos de encostas foram verificados eventos em 17 classes de terrenos (Tabela 59). A classe de terreno com o índice de suscetibilidade (eventos/Km²) maior (161,8) foi a " *Fragmento de Mata - Coluvionar - Coletora - 5 a 10%* ", porém só um evento foi registrado nesta classe, o que contribuiu para o elevado índice foi a sua área, muito pequena, tendo pouca representatividade na região de estudos. A classe de terreno com mais eventos (9) foi a "*Fragmento de Mata - Botucatu - Dispersora - > 33%*", ocupando uma área de 190.694,4 m² e com um índice de suscetibilidade de 47,20 movimentos de encosta/Km².

Tabela 59: Classes de terreno com movimentos de encosta registrados.

Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geológico-geotécnico - encosta - declividades)	Área (m ²)	Movimentos de encosta	Índice de suscetibilidade (eventos/Km ²)
Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 5 a 10%	8666135,9	1	0,12
Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 5 a 10%	6517879,5	1	0,15
Fragmento de Mata - Botucatu - Dispersora - 10 a 18%	1059993,5	1	0,94
Fragmento de Mata - Botucatu - Coletora - 10 a 18%	1037408,2	2	1,93
Fragmento de Mata - Itaqueri - Coletora - 18 a 33%	314827,8	1	3,18
Área de expansão - Itaqueri - Dispersora - 18 a 33%	296760,7	1	3,37
Área Urbana - Serra Geral - Coletora - 10 a 18%	260087,4	1	3,84
Fragmento de Mata - Itaqueri - Dispersora - 18 a 33%	452609,0	2	4,42
Fragmento de Mata - Serra Geral - Dispersora - > 33%	223858,1	1	4,47
Fragmento de Mata - Serra Geral - Coletora - > 33%	163849,1	1	6,10
Fragmento de Mata - Itaqueri - Coletora - > 33%	61796,9	1	16,18
Área de expansão - Serra Geral - Coletora - 18 a 33%	110331,4	2	18,13
Fragmento de Mata - Botucatu - Coletora - > 33%	239363,1	6	25,07
Área de expansão - Serra Geral - Dispersora - > 33%	44502,7	2	44,94
Fragmento de Mata - Botucatu - Dispersora - > 33%	190694,4	9	47,20
Área de expansão - Botucatu - Coletora - > 33%	9589,7	1	104,28
Fragmento de Mata - Coluvionar - Coletora - 5 a 10%	6180,7	1	161,80

Observando a Tabela 60 e o mapa de suscetibilidade a movimentos de encosta (Apêndice D) obtido a partir dos índices de suscetibilidade, nota-se que grande parte da área (85,7%) tem a suscetibilidade muito baixa a movimentos de encosta, o que corrobora com o

mapa de declividades (Figura 26) que mostra que a área de estudo possui um relevo suave e com declividades acima de 33% cobrindo menos de 1% da região. As classes "Alta" e "Muito Alta" concentram-se parte sul da região mais precisamente na serra de Aracy, que em praticamente toda sua extensão é coberta por vegetação nativa. A presença de vegetação a princípio ajudaria na estabilidade das encostas, porém os movimentos de encosta nessas áreas estão também associados a altas declividades, evidenciando que este fator é preponderante sobre o uso do solo.

Na área urbanizada o que predomina são regiões de muito baixa e baixa suscetibilidade, próximo ao shopping e ao SESC há pequenas regiões de média suscetibilidade. Os limites da área urbana, ao sul, sudeste e oeste, estão próximos a pequenas áreas de alta e muito alta suscetibilidade, portanto deve-se ter cuidado com a ocupação destas áreas sem que antes haja uma avaliação prévia.

Em um trabalho executado para a defesa civil, o IPT (2015) indicou como área de risco a movimentos de encosta um trecho da Serra de Aracy, corroborando os resultados apresentados no mapa.

Tabela 60: Áreas ocupadas pelas classes de suscetibilidade a movimentos de encostas.

Suscetibilidade a movimentos de encostas	Área (Km ²)	%
Muito baixa	127,64	85,7
Baixa	16,69	11,2
Média	3,12	2,1
Alta	1,27	0,8
Muito alta	0,25	0,2

6.7.2 Erosão pluvial

Para a gerar o mapa de suscetibilidade a erosão pluvial, primeiramente foram excluídos da análise 26 pontos caracterizados como erosão fluvial. Ao todo, foram verificados eventos em 32 classes de terrenos (Tabela 61). A classe de terreno com o índice de suscetibilidade (42,56 eventos/Km²) maior foi a "*Área Urbana - Serra Geral - Plana - 0 a 5%*" porém só um evento foi registrado nesta classe, o que contribuiu para o elevado índice foi a sua área muito pequena. A classe de terreno com mais eventos (10) foi a "*Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 0 a 5%*", ocupando uma área de 7.418.255,6 m² e com um índice de suscetibilidade de 1,35 eventos/Km².

Tabela 61: Classes de terreno com erosões pluviais registradas.

Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geológico-geotécnico - encosta - declividade)	Área (m²)	Erosões Pluviais	Índice de suscetibilidade (eventos/Km²)
Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 0 a 5%	13137835,2	2	0,15
Área de expansão - Itaqueri - Dispersora - 5 a 10%	2525445,0	1	0,40
Área de expansão - Itaqueri - Coletora - 0 a 5%	2138397,3	1	0,47
Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 5 a 10%	8666135,9	5	0,58
Área Urbana - Itaqueri - Plana - 0 a 5%	5011805,6	3	0,60
Área de expansão - Itaqueri - Dispersora - 0 a 5%	3320289,2	2	0,60
Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 5 a 10%	6517879,5	5	0,77
Área de expansão - Botucatu - Dispersora - 10 a 18%	1248893,7	1	0,80
Área de expansão - Itaqueri - Dispersora - 10 a 18%	1220967,3	1	0,82
Fragmento de Mata - Botucatu - Coletora - 5 a 10%	1209490,4	1	0,83
Área de expansão - Itaqueri - Retilínea - 0 a 5%	1115436,2	1	0,90
Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 10 a 18%	2042202,7	2	0,98
Área de expansão - Botucatu - Coletora - 10 a 18%	971159,4	1	1,03
Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 0 a 5%	7418255,6	10	1,35
Área Urbana - Itaqueri - Plana - 5 a 10%	1439680,3	2	1,39
Área Urbana - Botucatu - Coletora - 0 a 5%	606528,7	1	1,65
Fragmento de Mata - Botucatu - Dispersora - 0 a 5%	585259,0	1	1,71
Fragmento de Mata - Botucatu - Dispersora - 10 a 18%	1059993,5	2	1,89
Fragmento de Mata - Botucatu - Coletora - 10 a 18%	1037408,2	2	1,93
Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 10 a 18%	2539890,8	5	1,97
Fragmento de Mata - Botucatu - Dispersora - 18 a 33%	480567,8	1	2,08
Reflorestamento - Botucatu - Coletora - 5 a 10%	409388,3	1	2,44
Reflorestamento - Itaqueri - Dispersora - 10 a 18%	404404,3	1	2,47
Área Urbana - Botucatu - Dispersora - 10 a 18%	352732,2	1	2,84
Área Urbana - Botucatu - Coletora - 5 a 10%	1022674,2	3	2,93
Área Urbana - Botucatu - Coletora - 10 a 18%	314932,0	1	3,18
Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 18 a 33%	299828,4	1	3,34
Fragmento de Mata - Serra Geral - Coletora - 18 a 33%	231375,6	1	4,32
Fragmento de Mata - Botucatu - Plana - 0 a 5%	158763,8	1	6,30
Fragmento de Mata - Botucatu - Plana - 10 a 18%	68936,3	1	14,51
Área Urbana - Botucatu - Coletora - 18 a 33%	25811,0	1	38,74
Área Urbana - Serra Geral - Plana - 0 a 5%	23495,8	1	42,56

Observando a Tabela 62 e o mapa de suscetibilidade a erosões pluviais (Apêndice E) obtido a partir dos índices de suscetibilidade, nota-se que grande parte da área de estudos tem a suscetibilidade muito baixa (52,60%) a erosões pluviais. A área urbana demonstra ser um condicionante preponderante, visto que as áreas de suscetibilidade muito baixa concentram-se fora da área urbanizada. Muitos dos processos erosivos ocorrem em faixas menores de

declividades, portanto, o que pode estar influenciando na deflagração destas erosões é o manejo inadequado do solo. Locais com alta e muito alta suscetibilidade a erosão ocupam 1,56% da área e concentram-se na região sul do mapa, mais precisamente no bairro Cidade Aracy, região onde o compartimento Botucatu (solos arenosos) se insere.

Na área urbana de São Carlos, o que predomina é a média suscetibilidade a erosões pluviais, reforçando mais uma vez que o uso inadequado do solo deve influenciar fortemente nestes processos.

Deve-se ressaltar que o fato de grande parte da área em torno da região urbana possuir suscetibilidade muito baixa a erosão pluvial, não queira dizer necessariamente que o solo desta região não seja suscetível a erosão. No entanto, como o mapa foi relacionado aos registros históricos, e a maioria deles ocorreram na área urbana, isto fez com que áreas periurbanas fossem consideradas pouco suscetíveis a este evento. Este resultado mostra que o método, para este evento, tem uma certa limitação de análise para fora da área urbanizada.

Tabela 62: Áreas ocupadas pelas classes de suscetibilidade a erosões pluviais.

Suscetibilidade a erosões pluviais	Área (Km ²)	%
Muito baixa	78,36	52,6
Baixa	38,61	25,9
Média	29,68	19,9
Alta	2,28	1,5
Muito alta	0,05	0,1

6.7.3 Colapsos de solo

Para o mapa de suscetibilidade a colapsos de solo, foram verificados eventos em 10 classes de terrenos (Tabela 63). A classe de terreno com o índice de suscetibilidade (eventos/Km²) maior (1,65) foi a "*Área Urbana - Botucatu - Coletora - 0 a 5*", no entanto somente um evento foi registrado nesta classe. A com segundo maior índice é a "*Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 5 a 10*" com 9 eventos registrados. Os índice de suscetibilidade para solos colapsáveis estão muito próximos, onde a diferença do maior para o menor é menos que 1 evento/Km², isto demonstra que os registros estão bem espalhados na área, ou seja, não se concentram em algumas regiões.

Por se tratar de um evento predominantemente relacionado ao tipo de solo e ao uso inadequado do mesmo, as ocorrências são todas em área urbana e majoritariamente no

compartimento Itaqueri, compartimento este que conforme a Tabela 42 possui características favoráveis a comportamento colapsível. Quanto a declividades, os eventos estão relacionados a áreas de relevo suave.

Tabela 63: Classes de terreno com colapso de solos registrados.

Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geológico-geotécnico - encosta - declividade)	Área (m ²)	Colapso de solos	Índice de suscetibilidade (eventos/Km ²)
Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 0 a 5	13137835,2	9	0,69
Área Urbana - Itaqueri - Plana - 5 a 10	1439680,3	1	0,69
Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 10 a 18	2539890,8	2	0,79
Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 10 a 18	2042202,7	2	0,98
Área Urbana - Itaqueri - Plana - 0 a 5	5011805,6	5	1,00
Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 0 a 5	7418255,6	8	1,08
Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 5 a 10	8666135,9	10	1,15
Área Urbana - Botucatu - Dispersora - 0 a 5	778857,5	1	1,28
Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 5 a 10	6517879,5	9	1,38
Área Urbana - Botucatu - Coletora - 0 a 5	606528,7	1	1,65

Observando a Tabela 64 e o mapa de suscetibilidade de colapsos de solo (Apêndice F) obtido a partir dos índices de suscetibilidade, nota-se que a maioria da área de estudos (66,6%) possui uma suscetibilidade muito baixa para o colapso do solo. As demais classes estão espalhadas na área urbana mais homogeneamente, de forma que não há o predomínio de nenhuma delas.

Tabela 64: Áreas ocupadas pelas classes de suscetibilidade a colapso de solos.

Suscetibilidade a colapso de solos	Área (Km ²)	%
Muito baixa	99,28	66,6
Baixa	15,42	10,4
Média	9,98	6,7
Alta	17,15	11,5
Muito alta	7,14	4,8

Destaca-se no Campus I da USP que o mapa apresenta áreas de muito alta suscetibilidade ao colapso, o que está de acordo com o trabalho de Tsuha (2003) que afirma que o solo do campo experimental de fundações da USP possui o comportamento colapsível.

As áreas de expansão urbana foram consideradas de suscetibilidade muito baixa, devido ao fato do mapa ter sido relacionado aos registros históricos, como todos eles

ocorreram na área urbana, isto fez com que toda a área em torno da cidade possuísse suscetibilidade muito baixa ao colapso do solo. No entanto, isto não quer dizer que o solo desta região não tenha comportamento colapsável, e sim que o método, para este evento, tem uma certa restrição de análise para fora da área urbanizada.

6.7.4 Enchentes/inundações

Para o mapa de suscetibilidade a enchentes/inundações foram verificados eventos em 10 classes de terrenos (Tabela 65). A classe de terreno com o índice de suscetibilidade foi a "Área Urbana -Serra Geral - Coletora - 0 a 5", esta classe foi também a que mais teve eventos registrados (144). Nota-se pela quantidade de enchentes/inundações registradas, que este evento é o de maior incidência na área de estudo, e conseqüentemente o que mais gera transtornos sociais e econômicos.

O elevado índice de suscetibilidade das classes mais críticas mostram que estas ocorrências concentram-se principalmente sobre a área urbana no compartimento Serra Geral, em encosta coletora e em declividades de 0 a 5%. O compartimento Serra Geral de fato é o mais propício a ocorrência de enchentes/inundações, devido a sua composição argilosa, portanto de baixa permeabilidade, porém as notícias dos jornais mostram que o condicionante mais influente é o uso e ocupação. Obras na área urbana como a canalização dos córregos, ocupação de suas margens e impermeabilização do solo favorecem fortemente a ocorrência destes eventos.

O mapa de suscetibilidade a enchentes/inundações (Apêndice G) foi gerado apenas para as drenagens, em um raio de 50 metros para cada lado das margens, portanto o mapa mostra somente as drenagens mais suscetíveis. Ao todo, as drenagens (considerando o raio de 50 metros) ocupam 14,83 Km².

Tabela 65: Classes de terreno com enchentes/inundações registradas.

Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geológico-geotécnico - encosta - declividade)	Área (m ²)	Inundações	Índice de suscetibilidade (eventos/Km ²)
Reflorestamento - Itaqueri - Dispersora - 0 a 5	1939354,06	1	0,52
Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 5 a 10	6517879,53	5	0,77
Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 5 a 10	8666135,90	13	1,50
Área Urbana - Serra Geral - Coletora - 10 a 18	260087,43	1	3,84
Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 0 a 5	7418255,58	31	4,18
Área Urbana - Serra Geral - Coletora - 5 a 10	303152,39	3	9,90
Área Urbana - Serra Geral - Dispersora - 10 a 18	252461,17	3	11,88

Tabela 65 continuação: Classes de terreno com enchentes/inundações registradas.

Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geológico-geotécnico - encosta - declividade)	Área (m²)	Inundações	Índice de suscetibilidade (eventos/Km²)
Área Urbana - Serra Geral - Dispersora - 0 a 5	100298,48	5	49,85
Área Urbana - Serra Geral - Plana - 0 a 5	23495,76	2	85,12
Área Urbana - Serra Geral - Coletora - 0 a 5	307531,33	144	468,24

A tabela 66 mostra que 85,6% da área das drenagens possuem suscetibilidade muito baixa para enchentes/inundações, apenas 3,2% da área têm alta ou muito alta suscetibilidade, o que deixa claro que os eventos se concentram de forma intensa em poucas regiões. As regiões mais críticas em ordem crescente são o kartódromo, rotatória do cristo e baixada do mercado municipal. Dentro da Universidade Federal de São Carlos existe uma área com alta suscetibilidade. Apesar de nesta área existir poucas ocorrências, o controle e acompanhamento da mesma, além das demais já citadas é recomendado.

Tabela 66: Áreas ocupadas pelas classes de suscetibilidade a enchentes/inundações.

Suscetibilidade a enchentes/inundações	Área (Km²)	%
Muito baixa	12,69	85,6
Baixa	0,88	5,9
Média	0,79	5,3
Alta	0,18	1,2
Muito alta	0,29	2,0

Em um estudo realizado em 2015 pelo IPT, o órgão apontou as regiões do mercado municipal, rotatória do cristo e kartódromo como áreas de risco a enchentes/inundações, confirmando os resultados apresentados no mapa.

7 CONCLUSÕES

Esta pesquisa foi realizada na área urbana e de expansão urbana de São Carlos no estado de São Paulo, e apresenta o mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica para o município.

O mapa da suscetibilidade a movimentos de encosta mostrou-se coerente com as informações obtidas nos trabalhos de campo, com as características do meio físico e com o resultado de trabalhos anteriores. A região de estudo possui poucas áreas de alta ou muito alta suscetibilidade a movimentos de encosta. Os poucos eventos que ocorreram na região foram registrados como escorregamentos e em alguns locais quedas de blocos. Algumas áreas mais suscetíveis estão próximas da área urbanizada e também de áreas mais pobres, onde as construções muitas vezes são feitas de forma precária, as deixando mais vulneráveis a estes eventos. Sugere-se que haja o devido cuidado com a expansão da cidade nestas direções, afim de se evitar maiores problemas sociais e econômicos.

O mapa de suscetibilidade a erosões pluviais, também mostrou resultados congruentes com as informações obtidas nos trabalhos de campo e com as características do meio físico. O uso e ocupação do solo mostrou ser um condicionante preponderante nesta análise. As áreas mais suscetíveis estão localizadas ao sul da área, em um bairro mais pobre (Cidade Aracy) e vulnerável, onde já houve grandes processos erosivos. É importante monitorar esta área, pois o seu solo arenoso (compartimento Botucatu) em conjunto com uso e ocupação inadequado e instalações de infra-estrutura precárias podem vir a reativar processos erosivos outrora controlados. Vale ressaltar que este tipo de evento é mais comum na área rural e de expansão, visto que na área urbana os grandes eventos já foram controlados.

O mapa de suscetibilidade a colapso dos solos apresentou-se coeso com os dados coletados e resultados de trabalhos anteriores. Apesar de já se ter o conhecimento que o solo em São Carlos possui tal comportamento, não há registros históricos diretos de colapso do solo nos meios de pesquisa utilizados. Portanto, partiu-se do princípio que todos os registros históricos de construções com problemas nas fundações e com trincas na estrutura das casas, fossem em consequência de tal comportamento. Os parâmetros dos solos do compartimento Itaqueri, apresentaram algumas características favoráveis a colapsividade, estando coerente com o resultado obtido no mapa da suscetibilidade.

O mapa de suscetibilidade a enchentes/inundações, apresentou resultados conexos com as características do meio físico, com as informações obtidas nos trabalhos de campo e com resultados de trabalhos anteriores. Enchentes/inundações são os eventos mais frequentes e que causam mais transtornos no município de São Carlos. A área mais crítica é a baixada do mercado municipal, onde se tem registro de grandes inundações desde o ano de 1965, a rotatória do cristo e kartódromo também são locais de grande incidência.

O uso da análise histórica dos eventos geológicos e hidrológicos, e a frequência destes eventos, em função da área dos condicionantes cartografados nos mapas temáticos, para gerar mapas de suscetibilidade, mostrou-se satisfatório.

Verificou-se para todos os eventos, que a análise dos condicionantes sobrepostos é fundamental, visto que um condicionante desfavorável para a deflagração de um evento, quando combinado com outro condicionante, pode-se tornar favorável a deflagração, como ocorre na área de estudos com os fragmentos de mata que associados a altas declividades tornam-se suscetíveis aos movimentos de encosta.

No entanto o método possui algumas limitações, como: não considerar para os eventos a área afetada, simplificando todos os registros como ocorrências pontuais; por se basear em dados históricos e estes se concentrarem sobre a região urbanizada, a análise da suscetibilidade fora da área urbana fica prejudicada. Este fato pode ser observado principalmente para os mapas de colapso de solos e erosões pluviais.

A análise e uso dos CCMs é bastante utilizada para o estudo de suscetibilidade e perigo de movimentos de encosta e como critério de deflagração destes eventos, no entanto ela se mostrou muito eficaz quando aplicada a análise de enchentes/inundações, onde 78% destes eventos ocorreram em CCMs acima de 1, ou seja quando choveu mais que o normal para a época. Os dados de precipitação demonstraram ser bons indicadores para inundações, onde 43% das inundações ocorreram quando houve precipitações acima de 40 mm, apesar de estas chuvas só fazerem parte de 2% da série histórica. A aderência menor dos CCMs aos movimentos de encosta, pode ser devido aos registros terem sido obtidos também em imagens de satélite, o que prejudica a obtenção precisa das datas de ocorrência. Devido aos resultados obtidos, recomenda-se o uso dos CCMs em conjunto com os dados de precipitação diária como critério de deflagração para as inundações.

De forma geral os objetivos sugeridos no trabalho foram cumpridos com êxito, gerando produtos coerentes, que possuem uma grande utilidade, principalmente para o plano de expansão e uso da defesa civil do município de São Carlos. Seria interessante que trabalhos deste tipo fossem mais utilizados pelas autoridades públicas.

Devido a relevância do tema para a sociedade, é importante que seja dada continuidade a pesquisa, como sugestões de prosseguimento do trabalho, sugere-se:

- Manter o banco de dados sempre atualizados, registrando os eventos perigosos que ocorrerem após esta pesquisa;
- Identificar as áreas inundáveis nas enchentes/inundações;
- Identificar a área do material escorregado nos movimentos de encosta;
- Identificar a área do material erodido nas erosões pluviais;
- Ensaiar os solos em alguns pontos descritos como de alta suscetibilidade ao colapso e comparar com os resultados no mapa;
- Verificar a eficácia da utilização do CCM em mais eventos de inundação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R. L.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A. B. Considerações gerais sobre a carta de potencial a erosão da região de São Carlos-SP. **Anais..** São Paulo: Abge/Ipt, 1995.
- AGUIAR, R. L. **Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos - SP : contribuição ao planejamento.** Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.
- ALMEIDA, D. M. F. **Sistemas de gestão de risco de inundações urbanas baseado em web mapping.** 2010. 69 f. Monografia. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: **Imprensa Oficial do Estado de São Paulo**, 2009. p. 39-53
- AUGUSTO FILHO, O. - 1992. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PUCRJ, 1992, v.2, p.721-730.
- AUGUSTO FILHO, O. **Carta de Risco de Escorregamentos Quantificada em Ambiente de SIG como Subsídio para Planos de Seguro em Áreas Urbanas: Um Ensaio em Caraguatatuba (SP).** 196f. Tese (Doutorado – Geociências e Meio Ambiente) Universidade Estadual Paulista. Rio Claro (SP), 2001.
- AUGUSTO FILHO, O. **Geotecnia Ambiental: Aplicação de SIG em Geotecnia Ambiental.** São Paulo: Elsevier, 2015. 25 p.
- AUGUSTO FILHO, O. **Geotecnia Ambiental: Escorregamentos em Encostas Naturais e Ocupadas: Análise e Controle.** São Paulo: ABGE, 1995. 20 p.
- AUGUSTO FILHO, O. PROJ. PETROBRÁS: Alertas Meteorológicos para Riscos Geológico-Geotécnicos. São Carlos: Petrobrás, 2016. 47 p.
- BARROS, R. M. **Previsão de enchentes para o plano diretor de drenagem urbana de São Carlos (PDDUSC) na bacia escola do córrego Gregório.** 2005. 279 p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- BARTOLOMEU, D. **Análise da vulnerabilidade dos recursos hídricos na região urbana de São Carlos (SP) por vazamento em postos de combustíveis, utilizando o método GOD e avaliação dos condicionantes geotécnicos.** 2012. 173 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- BELL, F.G. **Geological Hazards.** New York: Routledge, 1999. 631 p.
- BENINI, R. M.; MARTIOLI, C.; MENDIONDO, E. M. Uso de SIG associado ao Método Racional para Previsão de Vazões na Bacia do Córrego do Mineirinho, São Carlos, SP. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste, 3, 2004, Goiânia, GO. **Anais...** Porto Alegre-São Paulo: ABRH-Aquacon, 2004. v. 1. p. 1-10.
- BOBROWSKY, P.; HIGHLAND, L. M. The Landslide Handbook— **A Guide to Understanding Landslides.** 1325. ed. Virginia: U.S. Geological Survey, 2008. p. 5-30.

BORTOLUCCI, A. A. **Caracterização geológico-geotécnica da região urbana de São Carlos-SP, a partir de sondagens de simples reconhecimento.** Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1983.

CAMPANELLI, L. C. **ZONEAMENTO (GEO)AMBIENTAL ANALÍTICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MONJOLINHO - SÃO CARLOS (SP).** 2012. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

CARNEIRO, B. J. I. **Comportamento de tubulões à céu aberto, instrumentado, em solo não saturado, colapsível.** 1999. 323 p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

CERRI, L.E.S. - 1990. Carta geotécnica: contribuições para uma concepção voltada às necessidades brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, Salvador. **Anais...** Salvador: ABGE, 1990. v.1, p.309-317.

CERRI, L.E.S.; MACEDO, E.S. de; OGURA, A.T.; NUNES, C.M.; CARNEIRO, S.R.R.; MODESTO, R.P. (1990). Plano preventivo de defesa civil para minimização das consequências de escorregamentos em municípios da Baixada Santista e Litoral Norte do Estado de São Paulo. In: **SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO**, 1º., São Paulo, SP. Anais. São Paulo, ABGE, p. 395, 408.

CHLEBORAD, A. F.; BAUM, R. L.; GODT, J. W. (2006). **Rainfall Thresholds for Forecasting Landslides in the Seattle, Washington, Area: Exceedance and Probability.** U.S Geological Survey Open File Report 2006-1064.

CINTRA, J.C.A. (1998). Fundações em Solos Colapsíveis. São Carlos, SP. **Projeto Reenge**, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 116p.

CRUDEN, D.M.; VARNES, D.J. Landslide types and processes. Landslides, Investigation and mitigation. **Transportation Research Board**, special report 247, p.36–75, 1996.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. (Org.). Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica. 2015. Disponível em: <<http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

DECINA, T. G. T. **Análise de medidas de controle de inundações a partir da avaliação de cenários de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego do Gregório, São Carlos - SP.** 2012. 177 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

DENÚBILA, L, A. **Alterações Ambientais Associadas À Mineração No Município De São Carlos (Sp), Utilizando AHP e SIG.** 2013. 314 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Departamento de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **Coordenação do Instituto de Pesquisas Rodoviárias.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. 133 p.

DOURADO, F. et al. O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro – as Causas do Evento, os Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição Espacial dos Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre. **Anuário Igeo-Ufrj**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p.43-54, dez. 2012. Instituto de Geociências - UFRJ.

DUDLEY, J.H. Review of Collapsing Soils. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**, v. 96, n. SM3, p. 925-947, 1970.

EINSTEIN, H.H. - 1988. Landslide Risk Assessment Procedure. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES**, 5. Proc... .Lausanne, Switzerland, A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 1988. Vol.2, p. 1075-1090.

EM-DAT Emergency Database. OFDA/CRED – The Office of US Foreign Disaster Assistance/Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Disponível em: <http://www.emdat.be/> Database. Acesso em fevereiro de 2016.

EPTV (São Carlos) (Org.). Veja fotos do alagamento causado pela chuva em São Carlos, SP. 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/fotos/2013/10/veja-fotos-do-alagamento-causado-pela-chuva-em-sao-carlos-sp.html>>. Acesso em: 25 jul. 2015.

ESRI (Estados Unidos da América). **Data classification methods**. Disponível em: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/mapping/symbols-and-styles/data-classification-methods.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

ESRI (Estados Unidos da América). **How Kernel Density Works**. Disponível em: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-density-works.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

FAGUNDES, J. R. T. **Estudo integrado das características geológico-geotécnicas com vista à avaliação de recarga de aquífero: região de São Carlos - SP**. 2010. 397 p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

FELL, R. et al. **Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning**. *Engineering Geology*, v.102, p.85-98, Dec. 2008.

FERREIRA, S. R. M.; VILAR, O. M. Solos não saturados no contexto geotécnico: Solos colapsíveis e expansivos. São Paulo: **Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (abms)**, 2015. p. 415-436.

FERREIRA, S.R.M.; FUCALÉ, S.T.; 1999. Características de variação de volume em solos colapsíveis do Estado de Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 9, **Anais**, São Pedro.

GIARDINI, F. P.; LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área peri-urbana de São Carlos-SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 56, v.01, 2004.

GONÇALVES, A. R. L. **Geologia ambiental da área de São Carlos**. Tese (Doutorado em Geociências). São Paulo, 1986. Universidade de São Paulo.

GRACIOSA, M, C, P. **Modelo de seguro para riscos hidrológicos com base em simulação hidráulico-hidrológica como ferramenta de gestão do risco de inundações**. 2010. 191 p. Tese (Doutorado) - Curso de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

GUIDICINI G., IWASA O.Y. (1977). Tentative correlation between rainfall and landslides in a humid tropical environment. **Bulletin International Association Engineering Geology** 16:13- 20.RRE

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Síntese das informações. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=354890>>. Acesso em: Fev de 2016.

INFANTI JR, N.; FORNASSARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. **Livro: Geologia de Engenharia**, ABGE, cap. 9, 131-152 p. 1998.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Folhas topográficas do Município de São Carlos.** (São Carlos), 2012. Escala 1:10.000

IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** Escala 1:500 000. Vol I. 1981a.

IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo.** Escala 1:500 000. Vol I. 1981b.

IPT. São Paulo. Mapeamento De Áreas De Alto E Muito Alto Risco A Deslizamentos E Inundações Do Município De São Carlos, SP. São Carlos: **Centro de Tecnologias Geoambientais – Ctgeo**, 2015. 146 p.

IUGS Working Group - Committee on Risk Assessment - 1997. Quantitative risk assessment for slopes and landslides – the state of the art. In: CRUDEN & FELL (ed.), **Landslide risk assessment. Proceedings of the International Workshop on Landslide Risk Assessment.** A.A. Balkema. p.3-14.

LOLLO, J. A.; OLIVEIRA, C. M. G. **SOLOS COLAPSÍVEIS** Identificação, comportamento, impactos, riscos e soluções tecnológicas: Avaliação de Riscos em Solos Colapsíveis. São Carlos: Cultura Acadêmica, 2008. 28 p.

LOLLO, J. A.; REVISÃO DOS MÉTODOS DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA DE MATERIAIS GEOLÓGICOS COLAPSÍVEIS. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, Ilha Solteira, v. 2, n. 2, p.99-116, maio 2012.

LOLLO, J. A.; ZUQUETTE, L. V. A técnica de avaliação do terreno e suas possibilidades de aplicação no mapeamento geotécnico: exemplo de um sistema de terreno identificado na região de São Carlos (SP). **Geociências**, v. 15, n. 1, p. 147-161, 1996.

LOLLO, J. A.; RODRIGUES, R. A. **Solos Colapsíveis** Identificação, comportamento, impactos, riscos e soluções tecnológicas: Características dos Solos Colapsíveis. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2008. p. 59-73.

LOLLO, J. A.; SENA, J. N. Estabelecimento de suscetibilidade a erosão - diferentes técnicas para diferentes etapas de tomada de decisão. **Augmdomus, La Plata**, v. 5, n. 3, p.1-16, jul. 2013.

MACACARI, M. F. **Variação da capacidade de carga com a sucção e profundidade em ensaios de placo em solo colapsível.** 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

MACEDO, E. S.; BRESSANI, L. A. (Org.). Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo. São Paulo: **ABGE; ABMS**, 2013. 88 p

MENDES, R.M.; LORANDI, R. 2002. Engineering geology mapping of the urban center area of São José do Rio Preto (Brazil) as an aid to urban planning. In: **IAEG Conference**, 9, Proceedings, Cape Town.

MILANI, E.J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do gondwana sul-ocidental.** 1997. 255f. Tese (Doutorado). Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS).

MURO, M. D. **Carta de zoneamento para seleção de áreas frente à instalação de aterros sanitários no município de São Carlos - SP - escala 1:50.000.** 2000. 201f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

NEVES, M. **Estudo da permeabilidade do solo colapsível da região de São Carlos**. 1987. 138 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

NISHIYAMA, L. **Mapeamento geotecnico preliminar da quadricula de São Carlos - sp**. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

NISHIYAMA, L.; ZUQUETTE, L. V. A importância da cartografia geotécnica para caracterização de áreas de vulnerabilidade de aquíferos livres: exemplo do aquífero Botucatu na quadricula de São Carlos - SP. **Revista de Geociências (UNESP)**, São Paulo, v. 13, n.01, p. 345-357, 1994.

OLAYA, V. **Sistemas de Informacion Geografica**. Madrid: 2011. p. 5-30.

OLIVEIRA, C. **Dicionário cartográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

OLIVEIRA, C. H. **Planejamento ambiental na Cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). São Carlos, 1996, Universidade Federal de São Carlos.

OLIVEIRA, C.M.G.; LOLLO, J.A. 2001. Uso da Avaliação do Terreno para o zoneamento de solos colapsíveis na área urbana de Ilha Solteira (SP). In: **Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica**, 4, Anais, Brasília.

PARISE, M. Landslide mapping techniques and their use in the assessment of the landslide hazard. **Physics and Chemistry of the Earth, Part C: Solar, Terrestrial & Planetary Science**, v.26, n.9, p.697-703, 2001.

PEJON, O, J; FERREIRA, M, D. **Geotecnia Ambiental: Mapas Geotécnicos e Geoambientais**. São Paulo: Elsevier, 2015. 32 p.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. 3ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. p. 345-347

PIO, H, T. Estudo de **Precipitação e Índices de Extremos Climáticos na Região de São Carlos - SP**. 2012. 47 p. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

PONS, N. A. D. **Levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos - SP, com auxílio de geoprocessamento**. 2006. 210 p. Tese (Doutorado) - Curso de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. L. **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas Agroclimáticas para o estado de São Paulo**. Bragantia, Campinas, v.66, n.4, 2007. p.711 720.

ROTTA, C, M, dos S; ZUQUETTE, L, V. **Geotecnia Ambiental: Processos Erosivos**. São Paulo: Elsevier, 2015. 37 p.

SALOMÃO, F, X, T.; IWASA, O, Y. **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente: Erosão e a Ocupação Rural e Urbana**. São Paulo: ABGE, 1995. 25 p.

SILVA JÚNIOR, P. S.; **Estudo Da Pluviometria Para Análise De Eventos Perigosos De Naureza Hidrológica E Geológica Em São Carlos - SP**. 66 p. Monografia - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

- SMITH, K. **Enviromental Hazards: Assessing Risk And Reducing Disaster**. 4. ed. New York: Routledge, 2004. 321 p.
- SOARES, P.C. **O Mesozóico Gondwânico no estado de São Paulo**. 1973. 52 f. Tese (Livre-Docência), IG/USP, São Paulo (SP).
- SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 79-97, 2012.
- STAR. J; ESTES. J. **Geographic Information Systems: An Introduction**. Prentice-Hall, 1990.
- TATIZANA, C.; OGURA, A.T.; CERRI, L.E.S.; ROCHA, M.C.M. (1987). Análise de Correlação entre Chuvas e Deslizamentos – Serra do Mar – Município de Cubatão. In: **Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia**, v.2, pp. 225-236, São Paulo.
- TOMLIN, C. D. **Geographic information systems and cartographic modelling**. Prentice Hall., 1990.
- TSUHA, C. H. C. **Utilização de Penetrômetro Manual em Solo Colapsível e Comparação com Resultados de Provas de Carga em Placa e em Sapata**. 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- TUCCI, C. E. M. Escoamento superficial. In: TUCCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. p. 391-441.
- TUCCI, Carlos E. M. Gestão de Inundações Urbanas. Porto Alegre: **Ministério das Cidades Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco**, 2005. 269 p.
- UN-ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction – Living with Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. United Nations. Geneva, Suíça. 2004. Disponível em http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm
- VARNES, D.J. Slope movement types and process. Landslides - analysis and control. **Transportation Research Board**, Special Report 176, p.11-13, 1978.
- VELOZO, R. **Caracterização geológico-geotécnica do lixão desativado de São Carlos - SP, com auxílio da geofísica**. 2006. 117 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- VEYRET, Y. 2007. Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente - São Paulo: **Contexto**. 1ª Edição, 1ª Reimpressão. 320 p.
- VILAR, O. M.; PRANDI, E. C. . Erosão dos Solos. In: J.C.A.Cintra; J.H.Albiero. (Org.). Solos do interior de São Paulo. São Carlos-SP: **ABMS**, 1993, v. 1, p. 177-206.
- ZUQUETTE, L. V. **A importância do mapeamento geotécnico no uso e na ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. 1993. 369p. Tese de Livre Docência, – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.
- ZUQUETTE, L. V. **Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1981.
- ZUQUETTE, L. V.; NAKAZAWA, V. A. Cartas de geologia de engenharia. São Paulo: **ABGE**, 1998. p. 283-30

ANEXO A - Eventos correlacionados a índices pluviométricos

Evento	Data	Local	Fonte	PPT em 24h (mm)	CCM
Enchente/Inundação	22/02/1965	Parte Baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	110,1	1,39
Enchente/Inundação	25/03/1965	Parte Baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	49,2	1,44
Enchente/Inundação	10/12/1965	Parte Baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	13,5	1,21
Enchente/Inundação	10/12/1965	Rua Geminiano Costa (Próximo ao mercado)	A Folha	13,5	1,21
Enchente/Inundação	17/11/1966	Parte Baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	37,8	1,15
Enchente/Inundação	17/11/1966	Ponte da Rua José Bonifácio	A Folha	37,8	1,15
Enchente/Inundação	17/11/1966	Rua 9 de Julho na parte baixa	A Folha	37,8	1,15
Enchente/Inundação	18/02/1967	Rua São Paulo	A Folha	33,2	1,14
Enchente/Inundação	18/02/1967	Rua Rui Barbosa.	A Folha	33,2	1,14
Enchente/Inundação	17/01/1968	Parte Baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	28,9	1,17
Enchente/Inundação	17/01/1968	Rua São Paulo	A Folha	28,9	1,17
Enchente/Inundação	17/01/1968	Rua Rui Barbosa	A Folha	28,9	1,17
Enchente/Inundação	20/01/1968	Parte Baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	18,8	1,18
Alagamento	20/01/1968	Rua General Osório esquina com Episcopal	A Folha	18,8	1,18
Enchente/Inundação	29/11/1968	Rua Dona Alexandrina entre ruas Sete de Setembro e Major José Inácio	A Folha	23,9	0,77
Enchente/Inundação	07/01/1969	Parte Baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	50,8	0,74
Enchente/Inundação	13/01/1970	Trecho entre Jesuino de Arruda e a Ponte do Gregório.	A Folha	31,9	1,13
Alagamento	13/01/1970	Rua São Paulo entre a Padre Texeira e a Treze de Maio.	A Folha	31,9	1,13
Enchente/Inundação	13/01/1970	Rua General Osório na baixada	A Folha	31,9	1,13
Alagamento	13/01/1970	Praça Itália	A Folha	31,9	1,13
Enchente/Inundação	15/01/1970	Entre Jesuino de Arruda e Geminiano Costa	A Folha	37	1,17
Enchente/Inundação	15/01/1970	Parte Baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	37	1,17
Enchente/Inundação	13/03/1970	Rua São Paulo	A Folha	50,8	1,27
Enchente/Inundação	13/03/1970	Parte Baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	50,8	1,27
Enchente/Inundação	13/03/1970	Confluência da General Osório com Episcopal	A Folha	50,8	1,27
Enchente/Inundação	13/03/1970	Geminiano Costa (Parte Baixa)	A Folha	50,8	1,27
Alagamento	01/10/2008	Avenida Getúlio Vargas	Defesa Civil	0	0,65
Enchente/Inundação	01/10/2008	Rua São Joaquim Esquina com Avenida Comendador Alfredo Maffei.	Defesa Civil	0	0,65
Alagamento	01/10/2008	Avenida Getúlio Vargas	Defesa Civil	0	0,65
Movimentos de encostas	05/11/2008	Serra do Cidade Aracy	Defesa Civil	0	0,63
Movimentos de encostas	06/02/2009	Queda de blocos na Avenida Integração na curva da Serra de Aracy	Defesa Civil	0	0,76
Alagamento	30/03/2009	Praça Itália	Defesa Civil	18,8	0,95
Enchente/Inundação	06/04/2009	Avenida São Carlos proximo ao Jáu Serve	Defesa Civil	38,2	0,98
Enchente/Inundação	06/04/2009	Avenida Francisco Pereira Lopes sentido centro/shopping	São Carlos Agora	38,2	0,98
Enchente/Inundação	12/10/2009	Praça do Mercado	Defesa Civil	9,6	1,85
Alagamento	26/10/2009	Rua Machado de Assis 80	Defesa Civil	23,2	1,7

Evento	Data	Local	Fonte	PPT em 24h (mm)	CCM
Alagamento	26/10/2009	Rua 26 Cidade Aracy	Defesa Civil	23,2	1,7
Alagamento	26/10/2009	Rua Rígiti Arab 267	Defesa Civil	23,2	1,7
Alagamento	26/10/2009	Praça Itália	Defesa Civil	23,2	1,7
Alagamento	26/10/2009	CDHU	Defesa Civil	23,2	1,7
Enchente/Inundação	26/10/2009	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	23,2	1,7
Movimentos de encostas	02/12/2009	Movimentos de encostas no morro da Cidade Aracy sobre a Avenida da Integração, obstruindo a via pública	Defesa Civil	1,2	1,57
Enchente/Inundação	16/12/2009	Kartódromo	Defesa Civil	60,6	1,69
Enchente/Inundação	29/12/2009	Avenida Francisco Pereira Lopes	Defesa Civil	90,4	1,6
Enchente/Inundação	29/12/2009	Rotatória do Cristo	Defesa Civil	90,4	1,6
Alagamento	29/12/2009	Avenida Getúlio Vargas 1405	Defesa Civil	90,4	1,6
Alagamento	31/12/2009	Praça Itália	Defesa Civil	12,6	1,6
Enchente/Inundação	14/03/2010	Rua Conde do Pinhal - Perto da creche Anita Costa	São Carlos Agora	66,8	1,38
Enchente/Inundação	14/03/2010	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	66,8	1,38
Enchente/Inundação	14/03/2010	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Agora	66,8	1,38
Enchente/Inundação	14/03/2010	Baixada do Mercado	São Carlos Agora	66,8	1,38
Alagamento	14/03/2010	Praça Itália	São Carlos Agora	66,8	1,38
Enchente/Inundação	03/04/2010	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	67,6	1,4
Enchente/Inundação	03/04/2010	Baixada do Mercado	São Carlos Agora	67,6	1,4
Enchente/Inundação	03/04/2010	Praça Itália	São Carlos Agora	67,6	1,4
Enchente/Inundação	03/04/2010	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Agora	67,6	1,4
Enchente/Inundação	03/04/2010	Comendador Alfredo Maffei, perto do Fórum Cível	São Carlos Agora	67,6	1,4
Enchente/Inundação	12/01/2011	Rotatória do Cristo	Defesa Civil	98,8	0,86
Alagamento	12/01/2011	Rua da Paz - CDHU	Defesa Civil	98,8	0,86
Movimentos de encostas	12/01/2011	Lourenço Inocentini próximo a rodovia Washington Luiz	Defesa Civil	98,8	0,86
Enchente/Inundação	29/01/2011	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	3	0,91
Alagamento	29/01/2011	CDHU	São Carlos Agora	3	0,91
Alagamento	31/01/2011	Rua Natalino Sampato (antiga 26) no Bairro Cidade Aracy II	São Carlos Dia e Noite	9	0,9
Enchente/Inundação	31/01/2011	Rua General Osório em frente à loja Pernambucanas.	Defesa Civil	9	0,9
Enchente/Inundação	31/01/2011	Rua José Bonifácio	Defesa Civil	9	0,9
Alagamento	31/01/2011	Rua Francisco Marmorato	Defesa Civil	9	0,9
Alagamento	31/01/2011	Rua 26 Cidade Aracy	Defesa Civil	9	0,9
Alagamento	31/01/2011	Rua Icarai	Defesa Civil	9	0,9
Alagamento	31/01/2011	CDHU	São Carlos Agora	9	0,9
Movimentos de encostas	31/01/2011	Avenida Integração Serra da Cidade Aracy	Defesa Civil	9	0,9
Enchente/Inundação	01/02/2011	Rua Episcopal na Área do Mercado	São Carlos Agora	0	0,9
Enchente/Inundação	02/02/2011	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	18,6	0,91

Evento	Data	Local	Fonte	PPT em 24h (mm)	CCM
Alagamento	02/02/2011	Linha Férrea na Travessa 8	São Carlos Agora	18,6	0,91
Alagamento	23/02/2011	Rua Reginaldo Ste Fanutte 1050	Defesa Civil	16,6	0,98
Alagamento	23/02/2011	Avenida Getulio Vargas (Rotatória)	Defesa Civil	16,6	0,98
Alagamento	23/02/2011	Rua Desembargador Julio de Faria 1913	Defesa Civil	16,6	0,98
Movimentos de encostas	23/02/2011	Rua 13 de maio	Defesa Civil	16,6	0,98
Enchente/Inundação	26/02/2011	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	35,8	1
Movimentos de encostas	28/02/2011	Cidade Aracy - Descida da Serra	Defesa Civil	1,4	1,04
Enchente/Inundação	12/03/2011	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	40,2	1,16
Enchente/Inundação	12/03/2011	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Agora	40,2	1,16
Enchente/Inundação	27/03/2011	Rotatória do Cristo	Defesa Civil	14	1,11
Movimentos de encostas	28/04/2011	Avenida Integração	Defesa Civil	1,2	1,14
Alagamento	07/12/2011	Praça Itália	Defesa Civil	0	0,8
Movimentos de encostas	07/12/2011	Serra de Aracy	Defesa Civil	0	0,8
Enchente/Inundação	31/12/2011	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	59	0,87
Enchente/Inundação	31/12/2011	Avenida Francisco Pereira Lopes	Defesa Civil	59	0,87
Alagamento	31/12/2011	CDHU	Defesa Civil	59	0,87
Movimentos de encostas	31/12/2011	Avenida Integração	Defesa Civil	59	0,87
Alagamento	31/12/2011	Praça Itália	São Carlos Agora	59	0,87
Enchente/Inundação	03/11/2012	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	39,4	1,5
Alagamento	05/11/2012	CDHU	Defesa Civil	0	1,45
Alagamento	05/11/2012	Praça Itália	Defesa Civil	0	1,45
Alagamento	25/11/2012	Rua Bento Carlos 1498	Defesa Civil	39	1,39
Alagamento	25/11/2012	Avenida Capitão Luiz Brandão 1677	Defesa Civil	39	1,39
Enchente/Inundação	09/12/2012	Rotatória do Cristo	Defesa Civil	57,2	1,31
Enchente/Inundação	09/12/2012	Tancredo Neves Rotatória Engelfort	Defesa Civil	57,2	1,31
Enchente/Inundação	09/12/2012	Kartódromo	São Carlos Agora	57,2	1,31
Enchente/Inundação	09/12/2012	Avenida Eliza Gonzales Rabello	São Carlos Agora	57,2	1,31
Enchente/Inundação	09/12/2012	Avenida Francisco Pereira Lopes, na região do Restaurante Casa Branca	São Carlos Agora	57,2	1,31
Enchente/Inundação	12/01/2013	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	95,4	1,27
Enchente/Inundação	12/01/2013	Kartódromo	São Carlos Agora	95,4	1,27
Enchente/Inundação	22/02/2013	Kartódromo	São Carlos Agora	70,4	1,15
Enchente/Inundação	22/02/2013	Rotatória do Cristo	Região Destake	70,4	1,15
Enchente/Inundação	22/02/2013	Cruzamento da Avenida Comendador Alfredo Maffei com a Rua Dom Pedro II	Região Destake	70,4	1,15
Enchente/Inundação	22/02/2013	Trabalhador São Carlense com Francisco Pereira Lopes próximo a Usp	Região Destake	70,4	1,15
Alagamento	22/02/2013	CDHU	Região Destake	70,4	1,15
Alagamento	25/02/2013	Praça Itália	São Carlos Dia e Noite	0	1,15

Evento	Data	Local	Fonte	PPT em 24h (mm)	CCM
Alagamento	25/02/2013	CDHU	São Carlos Dia e Noite	0	1,15
Alagamento	25/02/2013	Avenida Getúlio Vargas próximo a empresa Latina	São Carlos Dia e Noite	0	1,15
Enchente/Inundação	28/02/2013	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Agora	26,8	1,15
Alagamento	09/03/2013	Avenida Getúlio Vargas	Região Destake	31	1,14
Alagamento	09/03/2013	Praça Itália	Região Destake	31	1,14
Enchente/Inundação	25/03/2013	Regiao da Baixada do Mercado (Rua Episcopal)	Primeira Página	16,8	1,18
Alagamento	25/03/2013	Avenida Getúlio Vargas próximo a empresa Latina	Primeira Página	16,8	1,18
Enchente/Inundação	25/03/2013	Baixada do Mercado (Avenida Comendador Alfredo Maffei)	Primeira Página	16,8	1,18
Alagamento	25/03/2013	Praça Itália	São Carlos Agora	16,8	1,18
Enchente/Inundação	25/03/2013	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	16,8	1,18
Alagamento	25/03/2013	CDHU	São Carlos Agora	16,8	1,18
Alagamento	03/04/2013	CDHU	São Carlos Agora	0,4	1,17
Alagamento	03/04/2013	Praça Itália	São Carlos Agora	0,4	1,17
Alagamento	03/04/2013	Pontilhao da Travessa 8	São Carlos Agora	0,4	1,17
Alagamento	03/04/2013	Avenida Getúlio Vargas próximo a empresa Latina	São Carlos Agora	0,4	1,17
Alagamento	03/04/2013	Rotatória do posto de combustíveis do Maria Stella Faga	São Carlos Agora	0,4	1,17
Enchente/Inundação	03/04/2013	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Agora	0,4	1,17
Alagamento	28/05/2013	Rua Coronel Leopoldo Prado, linha ferrea	São Carlos Dia e Noite	62	1,17
Alagamento	29/05/2013	CDHU	São Carlos Agora	56	1,21
Enchente/Inundação	22/10/2013	Rotatória do Cristo	EPTV	46,2	1,38
Enchente/Inundação	22/10/2013	Baixada do Mercado	EPTV	46,2	1,38
Enchente/Inundação	22/10/2013	Avenida Comendador Alfredo Maffei	EPTV	46,2	1,38
Alagamento	22/10/2013	CDHU	EPTV	46,2	1,38
Enchente/Inundação	22/10/2013	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Agora	46,2	1,38
Enchente/Inundação	04/11/2013	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	49,6	1,33
Enchente/Inundação	04/11/2013	Rotatória entre as ruas Jose Bonifácio e Jesuino de Arruda	São Carlos Agora	49,6	1,33
Enchente/Inundação	31/12/2013	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	38,8	0,93
Enchente/Inundação	28/12/2014	Cidade Aracy	São Carlos Dia e Noite	1,6	0,87
Enchente/Inundação	23/01/2015	Cidade Aracy II	Primeira Pagina	0,2	0,75
Enchente/Inundação	25/02/2015	Rotatória do Cristo	Região Destake	35,8	0,78
Enchente/Inundação	27/02/2015	Avenida São Carlos na região do União Serv.	São Carlos Dia e Noite	10	0,78
Enchente/Inundação	11/03/2015	Avenida São Carlos na região do União Serv.	Primeira Página	9,6	0,78
Enchente/Inundação	11/03/2015	Cruzamento das Avenidas Liberdade e Elisa Gonzales Rabelo (Parque do Kartodromo)	Primeira Página	9,6	0,78
Enchente/Inundação	16/03/2015	Calçadão da General Osório (Baxada do Mercado)	São Carlos Agora	13,2	0,79
Enchente/Inundação	28/03/2015	Kartódromo	Primeira Página	15	0,84
Enchente/Inundação	28/03/2015	Rotatória do Cristo	Primeira Página	15	0,84

Evento	Data	Local	Fonte	PPT em 24h (mm)	CCM
Alagamento	05/06/2015	Benjamim Lopes Osorez, no condomínio Tecumseh Village	São Carlos Dia e Noite	0,2	0,22
Alagamento	08/09/2015	Rua João Martins França na Cidade Aracy	Primeira Página	46,6	1,23
Alagamento	04/11/2015	Rua João Martins França, Cidade Aracy 2	São Carlos Agora	2,6	1,27
Alagamento	04/11/2015	Rua santa Gertrudes (sentido rotatória do CDHU)	Primeira Página	2,6	1,27
Alagamento	04/11/2015	Rua João Martins França na Cidade Aracy	Primeira Página	2,6	1,27
Alagamento	04/11/2015	CDHU	Primeira Página	2,6	1,27
Alagamento	17/11/2015	Rua santa Gertrudes (sentido rotatória do CDHU)	São Carlos Dia e Noite	6,4	1,18
Enchente/Inundação	23/11/2015	Avenida Trabalhador São Carlense	Primeira Página	37,2	1,3
Enchente/Inundação	23/11/2015	Baixada do Mercado (9 de Julho com Comendador Alfredo Maffei)	Primeira Página	37,2	1,3
Enchente/Inundação	23/11/2015	Baixada do Mercado (Geminiado Costa com Episcopal)	Primeira Página	37,2	1,3
Enchente/Inundação	23/11/2015	Baixada do Mercado (Comendador Alfredo Maffei com Geminiano Costa)	Primeira Página	37,2	1,3
Alagamento	23/11/2015	Praça Itália	Primeira Página	37,2	1,3
Alagamento	23/11/2015	Rua Raimundo Correa	Primeira Página	37,2	1,3
Enchente/Inundação	23/11/2015	Rotatória do Cristo	Primeira Página	37,2	1,3
Enchente/Inundação	23/11/2015	Kartódromo	Primeira Página	37,2	1,3
Enchente/Inundação	23/11/2015	Região da Rodoviária	Primeira Página	37,2	1,3
Enchente/Inundação	23/11/2015	Rua Dona Alexandrina	A Folha	37,2	1,3
Enchente/Inundação	23/11/2015	Rua São Joaquim	A Folha	37,2	1,3
Enchente/Inundação	23/11/2015	Parque do Bicão	A Folha	37,2	1,3
Alagamento	23/11/2015	CDHU	Revelando São Carlos	37,2	1,3
Enchente/Inundação	23/11/2015	Avenida Francisco Pereira Lopes, na região do Restaurante Casa Branca	Revelando São Carlos	37,2	1,3
Alagamento	10/12/2015	Rua João Martins França na Cidade Aracy	São Carlos Em Rede	10,4	1,18
Alagamento	10/12/2015	Rua Raimundo Correia	EPTV	10,4	1,18
Alagamento	10/01/2016	Rua santa Gertrudes (sentido rotatória do CDHU)	São Carlos Em Rede	23,2	1,09
Enchente/Inundação	10/01/2016	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Em Rede	23,2	1,09
Enchente/Inundação	12/01/2016	Rotatória do Cristo	Região Destake	130,6	1,26
Enchente/Inundação	13/01/2016	Parque Ecologico	Revelando São Carlos	21,2	1,27
Enchente/Inundação	25/01/2016	Parque do Bicão	São Carlos Agora	15,6	1,27
Alagamento	25/01/2016	Rua Jose Bonifacio proximo a antiga Fabber	São Carlos Agora	15,6	1,27
Enchente/Inundação	25/01/2016	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	15,6	1,27
Alagamento	18/02/2016	Bairro Lagoa Serena	São Carlos Em Rede	14,6	1,19
Alagamento	18/02/2016	Praça Itália	São Carlos Em Rede	14,6	1,19
Movimentos de encostas	13/03/2016	Escorregamento em uma passagem que interliga Cidade Aracy 2 e a Avenida Integração	São Carlos Agora	0	1,13
Enchente/Inundação	16/05/2016	Avenida Francisco Pereira Lopes, na região do Restaurante Casa Branca	São Carlos Em Rede	51,2	1,03
Enchente/Inundação	19/01/1965	Parte Baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	76,6	1,4

APÊNDICE A - Eventos históricos registrados

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
19/01/1965	Enchente/Inundação	Parte baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	201551	7562083
22/02/1965	Enchente/Inundação	Parte baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	201551	7562083
25/03/1965	Enchente/Inundação	Parte baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	201551	7562083
10/12/1965	Enchente/Inundação	Parte baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	201551	7562083
10/12/1965	Enchente/Inundação	Rua Geminiano Costa (Próximo ao mercado)	A Folha	201552	7562066
17/11/1966	Enchente/Inundação	Parte baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	201551	7562083
17/11/1966	Enchente/Inundação	Ponte da Rua José Bonifácio	A Folha	201288	7562165
17/11/1966	Enchente/Inundação	Rua 9 de Julho na parte baixa, no cruzamento com a Geminiano Costa	A Folha	201399	7562056
18/02/1967	Enchente/Inundação	Rua São Paulo	A Folha	202116	7562052
18/02/1967	Enchente/Inundação	Rua Rui Barbosa.	A Folha	202012	7562068
17/01/1968	Enchente/Inundação	Parte baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	201551	7562083
17/01/1968	Enchente/Inundação	Rua São Paulo	A Folha	202116	7562052
17/01/1968	Enchente/Inundação	Rua Rui Barbosa	A Folha	202012	7562068
20/01/1968	Enchente/Inundação	Parte baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	201551	7562083
20/01/1968	Enchente/Inundação	Rua General Osório esquina com Episcopal	A Folha	201504	7561959
29/11/1968	Alagamento	Rua Dona Alexandrina entre ruas Sete de Setembro e Major José Inácio	A Folha	201692	7562528
07/01/1969	Enchente/Inundação	Parte baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	201551	7562083
13/01/1970	Enchente/Inundação	Trecho entre Jesuino de Arruda e a Ponte do Gregório.	A Folha	201288	7562165
13/01/1970	Alagamento	Rua São Paulo entre a Padre Teixeira e a Treze de Maio.	A Folha	202104	7562501
13/01/1970	Enchente/Inundação	Rua General Osório na baixada	A Folha	201558	7561962
13/01/1970	Alagamento	Praça Itália	A Folha	201636	7560747
15/01/1970	Enchente/Inundação	Entre Jesuino de Arruda e Geminiano Costa	A Folha	201500	7562089
15/01/1970	Enchente/Inundação	Parte baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	201551	7562083
13/03/1970	Enchente/Inundação	Rua São Paulo	A Folha	202116	7562052
13/03/1970	Enchente/Inundação	Parte baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	201551	7562083
13/03/1970	Enchente/Inundação	Confluência da General Osório com Episcopal	A Folha	201504	7561959
13/03/1970	Enchente/Inundação	Geminiano Costa (Parte Baixa)	A Folha	201552	7562066
13/03/1970	Erosão	Ponte da Rua São Paulo que cruza o Gregório	A Folha	202116	7562052
23/02/1972	Enchente/Inundação	Praça do Mercado toda inundada	A Folha	201551	7562083
23/02/1972	Enchente/Inundação	Rua Santa Cruz (Baixada da Cidade)	A Folha	201567	7561756
23/02/1972	Enchente/Inundação	Rua General Osório (Baixada da Cidade)	A Folha	201558	7561962
23/02/1972	Enchente/Inundação	Geminiano Costa (Baixada do Mercado)	A Folha	201552	7562066
23/02/1972	Enchente/Inundação	Rua Episcopal (Baixada do Mercado)	A Folha	201500	7562089
10/10/1972	Enchente/Inundação	Geminiano Costa com Episcopal	A Folha	201499	7562061
10/10/1972	Enchente/Inundação	General Osório com Episcopal	A Folha	201504	7561959
04/02/1973	Alagamento	Treze de Maio com Rui Barbosa	A Folha	202006	7562286
04/02/1973	Enchente/Inundação	Parte baixa nas margens do córrego Gregório (Baixada do Mercado)	A Folha	201551	7562083
04/02/1973	Enchente/Inundação	Rua Episcopal cruzamento com a Santa Cruz	A Folha	201512	7561755
04/02/1973	Alagamento	Rua Visconde de Inhaúma por volta do n 926	A Folha	200966	7562580
19/12/1973	Alagamento	Bairro Lagoa Serena	A Folha	201442	7561418
01/12/1976	Enchente/Inundação	Rua Riachuelo (Baixada da Cidade)	A Tribuna	201080	7562366

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
21/03/1977	Alagamento	Bairro Lagoa Serena	A Folha	201442	7561418
21/03/1977	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
21/03/1977	Enchente/Inundação	Rua General Osório (Baixada da Cidade)	A Folha	201504	7561959
21/03/1977	Enchente/Inundação	Episcopal entre Geminiano Costa e General Osório.	A Folha	201501	7562011
21/03/1977	Alagamento	Rua Francisco Marmorato	A Folha	201458	7561113
21/03/1977	Alagamento	Rua Machado de Assis	A Folha	201592	7561017
05/10/1977	Enchente/Inundação	Rua Episcopal na área do Mercado	A Folha	201500	7562089
09/01/1978	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
06/03/1979	Erosão	Rua Marcolino Pelicano perto do Senai	A Folha	200984	7561775
27/01/1987	Enchente/Inundação	Toda a baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
10/01/1988	Enchente/Inundação	Baixada do mercado, no calçadão da General Osório	A Folha	201558	7561962
31/12/1989	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
06/03/1990	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
06/03/1990	Alagamento	Praça Itália	A Folha	201636	7560747
17/10/1991	Enchente/Inundação	Baixada do mercado, no calçadão da General Osório	A Folha	201558	7561962
16/02/1993	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
16/02/1993	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
16/02/1993	Enchente/Inundação	Avenida Liberdade no Santa Paula,	A Folha	200600	7564344
16/02/1993	Enchente/Inundação	Rua São Paulo com Geminiano Costa	A Folha	202113	7562089
16/02/1993	Enchente/Inundação	Rua São Paulo com Geminiano Costa	A Folha	202116	7562052
19/02/1993	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
16/05/1995	Enchente/Inundação	Avenida Comendador Alfredo Maffei	A Folha	201448	7562098
16/05/1995	Enchente/Inundação	Rua Episcopal (Baixada do Mercado)	A Folha	201499	7562061
16/05/1995	Enchente/Inundação	Rua Geminiano Costa (Baixada do Mercado)	A Folha	201552	7562066
16/05/1995	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
05/06/1997	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A notícia local	201551	7562083
05/06/1997	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A notícia local	199373	7562411
24/12/1997	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
28/01/1998	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
28/01/1998	Enchente/Inundação	Kartódromo	A Folha	200600	7564344
20/02/1998	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
20/02/1998	Enchente/Inundação	Avenida Comendador Alfredo Maffei altura do n 2346.	A Folha	201448	7562098
20/02/1998	Enchente/Inundação	Conde do Pinhal altura do numero 1440.	A Folha	201036	7562356
20/02/1998	Enchente/Inundação	Proximidades do Terminal Rodoviário.	A Folha	199373	7562411
20/02/1998	Enchente/Inundação	Rua Geminiano Costa com D. Pedro II	A Folha	201688	7563868
20/02/1998	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201913	7562086
20/02/1998	Enchente/Inundação	Rua Geminiano Costa com Episcopal	A Folha	201551	7562083
20/02/1998	Enchente/Inundação	Comendador Alfredo Maffei próximo ao numero 2346	A Folha	201499	7562061
20/02/1998	Enchente/Inundação	Rua Geminiano Costa com Dom Pedro II	A Folha	201448	7562098
20/02/1998	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	201913	7562086
20/02/1998	Erosão	Rotatória do cristo , cratera se abriu devido ao escorregamento de um barranco	A Folha	199373	7562411
27/02/1998	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
27/02/1998	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Tribuna	201551	7562083
27/02/1998	Erosão	Avenida Dr Francisco Pereira Lopes marginal próximo a rotatória do Cristo	A Folha	199414	7562460
01/03/1998	Alagamento	Cidade Aracy Escola Orlando Perez	A Tribuna	200313	7557751

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
03/03/1998	Enchente/Inundação	Avenida Jose Pereira Lopes próximo ao Conjunto Botafogo	A Folha	199628	7561576
29/04/1998	Alagamento	Rua Conde do Pinhal n 935	A Folha	200536	7562408
09/10/1998	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
09/10/1998	Enchente/Inundação	Em frente ao Sesc de ambos os lados da avenida.	A Folha	199976	7562471
27/10/1998	Erosão	Avenida dos Trabalhadores em Frente ao edifício Solar dos Engenheiros	Primeira Pagina	201118	7563924
08/12/1998	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Tribuna	201551	7562083
08/12/1998	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Tribuna	199373	7562411
08/12/1998	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201448	7562098
08/12/1998	Enchente/Inundação	Rua Geminiano Costa próximo a 9 de Julho.	A Folha	201399	7562056
08/12/1998	Erosão	Em frente ao SESC um barranco escorregou.	A Folha	199976	7562471
14/12/1998	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
14/12/1998	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
14/12/1998	Enchente/Inundação	Área do Monjolinho atrás da Estação Rodoviária	A Folha	201688	7563868
14/12/1998	Enchente/Inundação	Avenida Trabalhador São Carlsense, em frente a rotatória.	A Folha	200603	7564090
17/12/1998	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
17/12/1998	Alagamento	Rotatória da Avenida Getulio Vargas.	A Folha	203603	7560549
17/12/1998	Enchente/Inundação	Em frente ao SESC	A Folha	199976	7562471
17/12/1998	Erosão	Na Rotatória do Cristo	A Folha	199404	7562426
17/12/1998	Erosão	Em frente ao SESC um barranco escorregou.	A Folha	199976	7562471
13/02/1999	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
13/02/1999	Enchente/Inundação	Avenida Comendador Alfredo Maffei desde a esquina com a Rua São Joaquim.	A Folha	201807	7562078
13/02/1999	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
21/02/1999	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
21/02/1999	Enchente/Inundação	Kartódromo	A Folha	200600	7564344
21/02/1999	Enchente/Inundação	Kartódromo	A Folha	200600	7564344
21/02/1999	Movimento de encosta	Movimento de encosta nas proximidades do Parque Faber	A Folha	199408	7562521
30/03/2001	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
15/12/2001	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
15/12/2001	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
15/12/2001	Enchente/Inundação	Kartódromo	A Folha	200600	7564344
09/01/2002	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado (Episcopal)	A Folha	201500	7562089
09/01/2002	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
09/01/2002	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado (Avenida Comendador Alfredo Maffei)	A Folha	201448	7562098
09/01/2002	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado (Geminiano costa)	A Folha	201552	7562066
09/01/2002	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado (9 de julho)	A Folha	201399	7562056
09/01/2002	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado (Jesuino de Arruda)	A Folha	201549	7562168
09/01/2002	Erosão	Proximidade do Sesc sentido Shopping desmoronamento da encosta do Córrego	A Folha	199960	7562467
10/11/2002	Alagamento	Praça Itália	A Tribuna	201636	7560747
10/11/2002	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Tribuna	199373	7562411
10/11/2002	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Tribuna	201551	7562083
13/12/2002	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Primeira Pagina	199373	7562411
15/12/2002	Enchente/Inundação	Kartódromo	Primeira Pagina	200600	7564344
15/12/2002	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Primeira	199373	7562411

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
			Página		
03/01/2003	Enchente/Inundação	Kartódromo	A Tribuna	200600	7564344
03/01/2003	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Tribuna	201551	7562083
03/01/2003	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Tribuna	199373	7562411
03/01/2003	Alagamento	Praça Itália	A Tribuna	201636	7560747
17/01/2003	Enchente/Inundação	Kartódromo	Primeira Página	200600	7564344
28/01/2003	Erosão	Margens do Córrego Santa Maria, região do Kartodromo, devido a retirada de vegetação	Primeira Página	200892	7564488
07/03/2003	Enchente/Inundação	Kartódromo	Primeira Página	200600	7564344
07/03/2003	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Primeira Página	199373	7562411
07/03/2003	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	Primeira Página	201551	7562083
15/03/2003	Alagamento	Rua Icarai no Jardim Morumbi	A Tribuna	202096	7559864
30/01/2004	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	A Folha	201551	7562083
30/01/2004	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	A Folha	199373	7562411
03/03/2004	Erosão	Hercules Sachi com Manoel Wenzel Bairro Monte Carlo, próximo ao local que ocorreu escorregamento	A Folha	201318	7558740
03/03/2004	Movimento de encosta	Escorregamento nas proximidades das rua Hércules Sacchi com Manoel Wenzel no bairro Monte Carlo	A Folha	201273	7558642
19/12/2004	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	Primeira Página	201551	7562083
09/01/2005	Erosão	Avenida Comendador Alfredo Maffei proximo a entrada do Jardim Gilbertoni - no Corrego do Gregório	A Folha	199903	7562401
02/06/2005	Movimento de encosta	-	Mosaico	201497	7558598
14/10/2005	Colapso de solo	Rua Joaquim Garcia Oliveira 22	Defesa Civil	200639	7557605
16/12/2005	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado (Cruzamento das ruas Geminiano Costa e 9 de Julho)	Primeira Página	201399	7562056
16/12/2005	Alagamento	Praça Itália	Primeira Página	201636	7560747
16/12/2005	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Primeira Página	199373	7562411
16/12/2005	Alagamento	CDHU	Primeira Página	202315	7560180
18/01/2007	Erosão	Rua Dr Astor Dias Andrade 1815	Defesa Civil	203402	7562720
19/01/2007	Alagamento	Rua Dr Bejamin Lopes Soares 04, 08, 15 e 19	Defesa Civil	199586	7563343
24/01/2007	Alagamento	Rua João Lourenço Rodrigues	Defesa Civil	201636	7560747
24/01/2007	Alagamento	Rua República do Líbano próximo do número 20	Defesa Civil	201286	7560257
24/01/2007	Colapso de solo	Rua Haiti 232 (Casa com trincas)	Defesa Civil	202699	7564862
28/01/2007	Alagamento	Avenida Getúlio Vargas	Defesa Civil	203088	7560615
28/01/2007	Enchente/Inundação	Avenida Comendador Alfredo Maffei, próximo ao Bingo Metropolitan	Defesa Civil	202220	7562036
08/02/2007	Alagamento	CDHU	Defesa Civil	202315	7560180
08/02/2007	Alagamento	Praça Itália	Defesa Civil	201636	7560747
08/02/2007	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Defesa Civil	199373	7562411
08/02/2007	Alagamento	Rua Itália Próximo a linha de trem	Defesa Civil	201352	7561124
08/02/2007	Alagamento	Rua Luiz Paulino dos Santos 167	Defesa Civil	199197	7558614
08/02/2007	Alagamento	Rua Luiz Paulino dos Santos 162	Defesa Civil	199197	7558614
21/02/2007	Colapso de solo	Rua Dr. Pedro Raimundo 339 (Casa com trincas)	Defesa Civil	199551	7561366
27/02/2007	Colapso de solo	Rua Raimundo Correa 323 (Casa com trincas)	Defesa Civil	201953	7561369
04/06/2007	Colapso de solo	Rua Padre Teixeira 1474 (Casa com trincas)	Defesa Civil	201022	7562753
17/07/2007	Colapso de solo	Rua Santa Filomena 250 (Casa com trincas)	Defesa Civil	202483	7560510
24/07/2007	Erosão	Ponte de Madeira do Aracy Dois	Defesa Civil	200694	7558436

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
25/07/2007	Erosão	Rua Totó Leite no pé da ponte	Defesa Civil	202724	7561674
27/07/2007	Erosão	Avenida Paulo de Arruda Correa da Silva no pé da ponte	Defesa Civil	199491	7561903
31/08/2007	Colapso de solo	Rua Paulino Botelho de Abreu Sampaio 1057 (Casa com trincas)	Defesa Civil	200511	7563486
05/09/2007	Colapso de solo	Rua Alameda das Hortências 800 (Apartamento com trincas)	Defesa Civil	201186	7564789
01/10/2007	Colapso de solo	Rua Major Manoel de Matos 1238 (Casa com trincas)	Defesa Civil	202605	7562364
11/11/2007	Colapso de solo	Rua Carlos Ribeiro Justiniano das Chagas 395 (Casa com trincas)	Defesa Civil	202033	7558955
07/12/2007	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	São Carlos Agora	201551	7562083
07/12/2007	Alagamento	Praça Itália	São Carlos Agora	201636	7560747
07/12/2007	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
07/12/2007	Alagamento	Rotatória do CDHU	São Carlos Agora	202315	7560180
12/12/2007	Movimento de encosta	Queda de blocos na Avenida Integração na curva da Serra de Aracy	Defesa Civil	200738	7558836
21/12/2007	Colapso de solo	Rua 13 de maio 1836 (Muro com trincas)	Defesa Civil	201447	7562244
22/01/2008	Colapso de solo	Rua Luiz Paulino dos Santos 256 e 258 (casas com trincas)	Defesa Civil	199036	7558445
29/01/2008	Enchente/Inundação	Eliza Gonzáles e Avenida Francisco Pereira Lopes (Próximo ao Kartódromo)	Defesa Civil	200600	7564344
04/02/2008	Erosão	Avenida Paulo de Arruda Correa da Silva no pé da ponte	Defesa Civil	199491	7561903
18/02/2008	Alagamento	Avenida São Carlos com a Rua Machado de Assis.	Defesa Civil	201592	7561017
18/02/2008	Alagamento	Pontilhão da Travessa 8	Defesa Civil	201352	7561124
18/02/2008	Alagamento	Praça Itália	Defesa Civil	201636	7560747
18/02/2008	Enchente/Inundação	Rua Episcopal com a Rua General Osório.	Defesa Civil	201504	7561959
25/02/2008	Colapso de solo	Rua Conselheiro Soares Brandão 11 (Casa com trincas)	Defesa Civil	200624	7563566
04/03/2008	Erosão	Rua Coronel Leopoldo Prado 75	Defesa Civil	201556	7560717
08/03/2008	Enchente/Inundação	Rua Geminiano Costa, entre a Avenida São Carlos e a Rua Episcopal	Defesa Civil	201552	7562066
08/03/2008	Enchente/Inundação	Região do Mercado	Defesa Civil	201551	7562083
11/03/2008	Erosão	Rua Marcolino Pelicano , esquina com a Rua Cândido Padim	Defesa Civil	200927	7561830
16/04/2008	Enchente/Inundação	Corrego do Gregório na altura da Rua São Joaquim	São Carlos Agora	201807	7562078
16/04/2008	Erosão	Rua Luiz Roher Esquina com a Rua Vicente D'Aquino	Defesa Civil	202949	7561425
10/06/2008	Colapso de solo	Rua Angelo Passeri 281 Jardim Alvorada (Casa com varais trincas)	Defesa Civil	199845	7563405
01/10/2008	Alagamento	Avenida Getúlio Vargas	Defesa Civil	203088	7560615
01/10/2008	Enchente/Inundação	Rua São Joaquim Esquina com Avenida Comendador Alfredo Maffei.	Defesa Civil	201807	7562078
01/10/2008	Alagamento	Avenida Getúlio Vargas	Defesa Civil	204221	7560466
01/10/2008	Erosão	Rua Guatemala com Rua Colômbia	Defesa Civil	202713	7564697
05/11/2008	Movimento de encosta	Serra do Cidade Aracy	Defesa Civil	200738	7558836
27/11/2008	Colapso de solo	Rua Miguel Donofrio 25, Santa Argelina (casa com trincas)	Defesa Civil	197883	7564563
08/12/2008	Erosão	Paulino Botelho Sampaio com Maria Jascinta.	Defesa Civil	200519	7563370
08/12/2008	Erosão	Rua Mozart Santos 95.	Defesa Civil	202201	7564350
08/12/2008	Erosão	Rua Irineu Rios 140	Defesa Civil	199834	7559810
12/12/2008	Erosão	Avenida José Gonçalves Carneiro 801	Defesa Civil	200019	7563070
25/12/2008	Erosão	Rua Machado de Assis 80	Defesa Civil	201592	7561017
26/12/2008	Erosão	Rua Episcopal 811	Defesa Civil	201508	7561852
01/01/2009	Alagamento	Rua Conselheiro Soares Brandão 234.	Defesa Civil	200422	7563562

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
08/01/2009	Erosão	Rua Miguel Giometti de frente ao posto de gasolina	Defesa Civil	202557	7563727
09/01/2009	Colapso de solo	Rua Santa Clotilde 368 (Casa com trincas e afundando)	Defesa Civil	202277	7560435
09/01/2009	Colapso de solo	Rua São Paulo 2846 (Casa com trincas)	Defesa Civil	202048	7564268
06/02/2009	Movimento de encosta	Queda de blocos na Avenida Integração na curva da Serra de Aracy	Defesa Civil	200738	7558836
15/02/2009	Colapso de solo	Rua Jesuino de Arruda 1166 (Casa com trincas)	Defesa Civil	200676	7562121
16/02/2009	Erosão	Avenida Morumbi a 100 metros do Pontilhão	Defesa Civil	201669	7560592
17/02/2009	Colapso de solo	Rua Conselheiro Soares Brandão 234 (Casa com trincas)	Defesa Civil	200422	7563562
18/02/2009	Colapso de solo	Rua Padre Texeira 1474 (Casa com trincas)	Defesa Civil	201022	7562753
19/02/2009	Colapso de solo	Rua Sete de Setembro 2258 (Casa com trincas)	Defesa Civil	201821	7562575
19/02/2009	Colapso de solo	Rua Campo Sales 29 (Casa com trincas)	Defesa Civil	202190	7563072
26/02/2009	Erosão	Comendador Alfredo Maffei sentido Shopping - Sesc, margem do Gregório	A Tribuna	199960	7562467
11/03/2009	Enchente/Inundação	Rua Rafael Tomazio com Antônio Passos Caldas	Defesa Civil	201060	7565496
11/03/2009	Erosão	Rua Ananias Evangelista de Toledo com Avenida Henrique Gregori	Defesa Civil	200192	7560920
11/03/2009	Erosão	Avenida Francisco Pereira Lopes 2550	Defesa Civil	200568	7564118
11/03/2009	Colapso de solo	Rua Episcopal 2593	Defesa Civil	201442	7563537
30/03/2009	Alagamento	Praça Itália	Defesa Civil	201636	7560747
06/04/2009	Enchente/Inundação	Avenida São Carlos proximo ao Jáu Serve	Defesa Civil	201538	7563831
06/04/2009	Enchente/Inundação	Avenida Francisco Pereira Lopes sentido centro/shopping	São Carlos Agora	199504	7562540
10/04/2009	Erosão	Rua José Gonçalves Carneiro 798	Defesa Civil	199993	7562933
22/04/2009	Erosão	Rua José Gonçalves Carneiro 801	Defesa Civil	199993	7562933
23/04/2009	Erosão	Rua Adolpho Catani com Rui Barbosa	Defesa Civil	201956	7563604
26/06/2009	Colapso de solo	Afundamento do asfalto na Rua Jacinto Favoretto com D. Pedro II, prejudicando casas.	Defesa Civil	201847	7563702
23/07/2009	Erosão	Rua São Gabriel com José Gibertoni	Defesa Civil	199584	7561900
24/07/2009	Erosão	Avenida Comendador Alfredo Maffei 4001 na margem do rio	Defesa Civil	203057	7561567
17/08/2009	Erosão	Avenida Comendador Alfredo Maffei , entre as Ruas Rui Barbosa e Dom Pedro II	Defesa Civil	201966	7562075
28/08/2009	Colapso de solo	Afundamento do asfalto na Rua Episcopal entre Bento Carlos e Santa Cruz, prejudicando casas	Defesa Civil	201509	7561805
31/08/2009	Erosão	Rua Dr Pedro Souza Campos Filho 212	Defesa Civil	201275	7560680
31/08/2009	Colapso de solo	Rua Julio Casin 205 (Casa com trincas)	Defesa Civil	198520	7564235
08/09/2009	Colapso de solo	Rua Padre Texeira 1474 (Casa com trincas)	Defesa Civil	201022	7562753
15/09/2009	Colapso de solo	Rua José Marrara 102 (Casa com trincas)	Defesa Civil	203304	7561988
15/09/2009	Colapso de solo	Rua Conde do Pinhal 1085	Defesa Civil	200680	7562390
12/10/2009	Enchente/Inundação	Praça do Mercado	Defesa Civil	201551	7562083
24/10/2009	Erosão	Antiga rua 14 - Francisco Cereda 592	Defesa Civil	201142	7557821
26/10/2009	Alagamento	Rua Machado de Assis 80	Defesa Civil	201592	7561017
26/10/2009	Alagamento	Rua 26 Cidade Aracy	Defesa Civil	200700	7557210
26/10/2009	Alagamento	Rua Rígiti Arab 267	Defesa Civil	200910	7557957
26/10/2009	Alagamento	Praça Itália	Defesa Civil	201636	7560747
26/10/2009	Alagamento	CDHU	Defesa Civil	202315	7560180
26/10/2009	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
26/10/2009	Erosão	Rua Rígiti arab em frente ao Banco do Brasil	Defesa Civil	201057	7558061
27/10/2009	Erosão	Avenida Comendador Alfredo Maffei entre as Ruas D. Pedro e Rui Barbosa	Defesa Civil	201966	7562075
27/11/2009	Colapso de solo	Rua Nações Unidas 282 (Casa com trincas)	Defesa Civil	201562	7559592

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
30/11/2009	Erosão	Rua Conde do Pinhal com Major M. Antônio de Mattos	Defesa Civil	202606	7562415
02/12/2009	Movimento de encosta	Movimento de encosta no morro da Cidade Aracy sobre a Avenida da Integração, obstruindo a via pública	Defesa Civil	200738	7558836
05/12/2009	Colapso de solo	Rua Nações Unidas 282 (Casa com trincas)	Defesa Civil	201562	7559592
07/12/2009	Erosão	Rua Dr Pedro Souza Campos Filho 212 (Erosão)	Defesa Civil	201275	7560680
12/12/2009	Colapso de solo	Afundamento da Rua Lourenço Inocentini 596	Defesa Civil	203922	7563233
13/12/2009	Colapso de solo	Afundamento de solo na Avenida Paulo de A Correia da Silva 665	Defesa Civil	199187	7561543
15/12/2009	Colapso de solo	Rua Mario Migliato 45 (Casa com trincas)	Defesa Civil	202356	7560784
16/12/2009	Enchente/Inundação	Kartódromo	Defesa Civil	200600	7564344
16/12/2009	Erosão	Rua Francisco Crestana 103	Defesa Civil	203559	7563283
29/12/2009	Enchente/Inundação	Avenida Francisco Pereira Lopes	Defesa Civil	199504	7562540
29/12/2009	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Defesa Civil	199373	7562411
29/12/2009	Alagamento	Avenida Getulio Vargas 1405	Defesa Civil	203088	7560615
29/12/2009	Erosão	Travessa Francisco Parrota 310	Defesa Civil	201207	7559144
31/12/2009	Alagamento	Praça Itália	Defesa Civil	201636	7560747
14/03/2010	Enchente/Inundação	Rua Conde do Pinhal - Perto da creche Anita Costa	São Carlos Agora	201080	7562366
14/03/2010	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
14/03/2010	Enchente/Inundação	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Agora	203570	7561431
14/03/2010	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	São Carlos Agora	201551	7562083
14/03/2010	Alagamento	Praça Itália	São Carlos Agora	201636	7560747
03/04/2010	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
03/04/2010	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	São Carlos Agora	201551	7562083
03/04/2010	Alagamento	Praça Itália	São Carlos Agora	201636	7560747
03/04/2010	Enchente/Inundação	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Agora	203570	7561431
03/04/2010	Enchente/Inundação	Comendador Alfredo Maffei, perto do Forum Cível	São Carlos Agora	202220	7562036
18/10/2010	Erosão	-	Mosaico	199252	7558533
18/10/2010	Erosão	-	Mosaico	199270	7558452
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	198024	7561437
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	198141	7561296
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	198089	7561168
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	198216	7561082
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	197939	7560956
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	199036	7560551
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	200941	7559650
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	196273	7561067
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	196412	7561002
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	197981	7561886
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	201294	7559606
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	201252	7559590
17/11/2010	Movimento de encosta	-	Mosaico	206440	7559141
12/01/2011	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Defesa Civil	199373	7562411
12/01/2011	Alagamento	Rua da Paz - CDHU	Defesa Civil	202344	7560231
12/01/2011	Movimento de encosta	Lourenço Inocentini próximo a rodovia Washington	Defesa Civil	204748	7563285

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
		Luiz			
12/01/2011	Colapso de solo	Dona Alexandrina 878	Defesa Civil	201707	7562324
13/01/2011	Colapso de solo	Rua Gastão Vieira 304	Defesa Civil	199031	7564324
25/01/2011	Colapso de solo	Rua Manoel Martins 654	Defesa Civil	204879	7564200
29/01/2011	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
29/01/2011	Alagamento	CDHU	São Carlos Agora	202315	7560180
31/01/2011	Alagamento	Rua Natalino Sampato (antiga 26) no Bairro Cidade Aracy II	São Carlos Dia e Noite	200700	7557210
31/01/2011	Enchente/Inundação	Rua General Osório em frente a loja Pernambucanas.	Defesa Civil	201504	7561959
31/01/2011	Enchente/Inundação	Rua Jose Bonifacio	Defesa Civil	201288	7562165
31/01/2011	Alagamento	Rua Francisco Marmorato	Defesa Civil	201458	7561113
31/01/2011	Alagamento	Rua 26 Cidade Aracy	Defesa Civil	200700	7557210
31/01/2011	Alagamento	Rua Icarai	Defesa Civil	202096	7559864
31/01/2011	Alagamento	CDHU	São Carlos Agora	202315	7560180
31/01/2011	Movimento de encosta	Avenida Integração Serra da Cidade Aracy	Defesa Civil	200738	7558836
01/02/2011	Enchente/Inundação	Rua Episcopal na Área do Mercado	São Carlos Agora	201499	7562061
02/02/2011	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
02/02/2011	Alagamento	Linha Férrea na Travessa 8	São Carlos Agora	201352	7561124
04/02/2011	Erosão	A ponte que liga os Bairros Tijuco Preto – Vila Elisabeth, na Rua Marcolino Lopes Barreto	São Carlos Dia e Noite	202507	7561848
14/02/2011	Colapso de solo	Rua Jesuino de Arruda 2620	Defesa Civil	202138	7562171
23/02/2011	Alagamento	Rua Reginaldo Ste Fanutte 1050	Defesa Civil	200793	7557210
23/02/2011	Alagamento	Avenida Getulio Vargas (Rotatória)	Defesa Civil	203603	7560549
23/02/2011	Alagamento	Rua Desembargador Julio de Faria 1913	Defesa Civil	199602	7560127
23/02/2011	Movimento de encosta	Rua 13 de maio	Defesa Civil	200345	7562193
26/02/2011	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
28/02/2011	Movimento de encosta	Cidade Aracy - Descida da Serra	Defesa Civil	200738	7558836
12/03/2011	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
12/03/2011	Enchente/Inundação	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Agora	203570	7561431
27/03/2011	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Defesa Civil	199373	7562411
28/03/2011	Colapso de solo	Rua Jose Texeira 68	Defesa Civil	198625	7563354
30/03/2011	Colapso de solo	Avenida Republica do Líbano 768	Defesa Civil	201625	7559603
28/04/2011	Movimento de encosta	Avenida Integração	Defesa Civil	200738	7558836
18/05/2011	Erosão	Rua Marcolino Lopes Barreto na ponte do Tijuco Preto (problema recorrente)	São Carlos Agora	202507	7561848
28/07/2011	Colapso de solo	Rua Felipe Beltrami 215	Defesa Civil	201844	7559759
29/08/2011	Colapso de solo	Avenida Paulo VI 1449	Defesa Civil	201066	7558684
07/09/2011	Movimento de encosta	-	Mosaico	200888	7559353
07/09/2011	Movimento de encosta	-	Mosaico	200850	7559365
22/11/2011	Colapso de solo	Rua Roberto de Jesus Afonso 960	Defesa Civil	199403	7564071
07/12/2011	Alagamento	Praça Itália	Defesa Civil	201636	7560747
07/12/2011	Movimento de encosta	Serra de Aracy	Defesa Civil	200738	7558836
23/12/2011	Colapso de solo	Rua Madre Tereza de Calcutá 287	Defesa Civil	199516	7564915
27/12/2011	Colapso de solo	Rua Visconde da Cunha 75	Defesa Civil	203903	7561396
31/12/2011	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Defesa Civil	199373	7562411

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
31/12/2011	Enchente/Inundação	Avenida Francisco Pereira Lopes	Defesa Civil	199504	7562540
31/12/2011	Alagamento	CDHU	Defesa Civil	202315	7560180
31/12/2011	Alagamento	Praça Itália	São Carlos Agora	201636	7560747
31/12/2011	Movimento de encosta	Avenida Integração	Defesa Civil	200738	7558836
23/01/2012	Alagamento	Avenida Getulio Vargas	Defesa Civil	203603	7560549
23/01/2012	Alagamento	Rua santa Gertrudes	Defesa Civil	202372	7560270
23/01/2012	Alagamento	Praça Itália	Defesa Civil	201636	7560747
23/01/2012	Alagamento	Rua Itália (Travessa 8)	Defesa Civil	201352	7561124
23/01/2012	Enchente/Inundação	Rua Geminiano Costa (Região Central)	Defesa Civil	201552	7562066
23/01/2012	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	São Carlos Agora	201551	7562083
23/01/2012	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
01/03/2012	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Defesa Civil	199373	7562411
01/03/2012	Alagamento	Rua Luis Barbosa de Campos 284	Defesa Civil	199896	7563360
08/03/2012	Colapso de solo	Rua Jose Barnabé 87	Defesa Civil	203006	7560976
20/03/2012	Colapso de solo	Rua Raimundo Correa 1900	Defesa Civil	203424	7560646
07/08/2012	Colapso de solo	Rua Antonio Botelho 75	Defesa Civil	201140	7561392
13/08/2012	Colapso de solo	Rua Manoel Martins 654	Defesa Civil	204879	7564200
24/10/2012	Erosão	Rua Rui Barbosa com José Rodrigues Sampaio	Defesa Civil	202031	7561578
03/11/2012	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
05/11/2012	Alagamento	CDHU	Defesa Civil	202315	7560180
05/11/2012	Alagamento	Praça Itália	Defesa Civil	201636	7560747
25/11/2012	Alagamento	Rua Bento Carlos 1498	Defesa Civil	202699	7561910
25/11/2012	Alagamento	Avenida Capitão Luiz Brandão 1677	Defesa Civil	204239	7564723
02/12/2012	Erosão	Avenida Dr Jose Pereira Lopes 1346	Defesa Civil	199493	7561474
09/12/2012	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Defesa Civil	199373	7562411
09/12/2012	Enchente/Inundação	Tancredo Neves Rotatória Engelfort	Defesa Civil	199254	7562247
09/12/2012	Enchente/Inundação	Kartódromo	São Carlos Agora	200600	7564344
09/12/2012	Enchente/Inundação	Avenida Eliza Gonzales Rabello	São Carlos Agora	200600	7564344
09/12/2012	Enchente/Inundação	Avenida Francisco Pereira Lopes, na região do Restaurante Casa Branca	São Carlos Agora	200039	7563305
12/01/2013	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
12/01/2013	Enchente/Inundação	Kartódromo	São Carlos Agora	200600	7564344
22/02/2013	Enchente/Inundação	Kartódromo	São Carlos Agora	200600	7564344
22/02/2013	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	RegiaoDestake	199373	7562411
22/02/2013	Alagamento	CDHU	RegiaoDestake	202315	7560180
22/02/2013	Enchente/Inundação	Cruzamento da Avenida Comendador Alfredo Maffei com a Rua Dom Pedro II	RegiaoDestake	201913	7562086
22/02/2013	Enchente/Inundação	Trabalhador São Carlense com Francisco Pereira Lopes próximo a Usp	RegiaoDestake	200603	7564090
22/02/2013	Erosão	Rua Geminiano Costa, entre as ruas Dom Pedro 2 e a Rui Barbosa, (rua cedeu)	São Carlos Agora	201966	7562075
25/02/2013	Alagamento	Praça Itália	São Carlos Dia e Noite	201636	7560747
25/02/2013	Alagamento	CDHU	São Carlos Dia e Noite	202315	7560180
25/02/2013	Alagamento	Avenida Getúlio Vargas próximo a empresa Latina	São Carlos Dia e Noite	204221	7560466
28/02/2013	Enchente/Inundação	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador	São Carlos	203570	7561431

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
		Alfredo Maffei	Agora		
09/03/2013	Alagamento	Avenida Getúlio Vargas	RegiaoDestake	203603	7560549
09/03/2013	Alagamento	Praça Itália	RegiaoDestake	201636	7560747
25/03/2013	Enchente/Inundação	Região da Baixada do Mercado (Rua Episcopal)	Primeira Pagina	201500	7562089
25/03/2013	Alagamento	Avenida Getúlio Vargas próximo a empresa Latina	Primeira Pagina	204221	7560466
25/03/2013	Enchente/Inundação	Região da Baixada do Mercado (Avenida Comendador Alfredo Maffei)	Primeira Pagina	201448	7562098
25/03/2013	Alagamento	Praça Itália	São Carlos Agora	201636	7560747
25/03/2013	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
25/03/2013	Alagamento	CDHU	São Carlos Agora	202315	7560180
03/04/2013	Enchente/Inundação	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Agora	203570	7561431
03/04/2013	Alagamento	CDHU	São Carlos Agora	202315	7560180
03/04/2013	Alagamento	Praça Itália	São Carlos Agora	201636	7560747
03/04/2013	Alagamento	Pontilhão da Travessa 8	São Carlos Agora	201352	7561124
03/04/2013	Alagamento	Avenida Getúlio Vargas próximo a empresa Latina	São Carlos Agora	204221	7560466
03/04/2013	Alagamento	Rotatória do posto de combustíveis do Maria Stella Faga	São Carlos Agora	205039	7563567
08/04/2013	Erosão	Comendador Alfredo Maffei entre as ruas Dom Pedro 2 e São Joaquim (rachaduras no asfalto)	São Carlos Agora	201861	7562085
28/05/2013	Alagamento	Rua Coronel Leopoldo Prado, linha férrea	São Carlos Dia e Noite	201566	7560735
28/05/2013	Erosão	Avenida Comendador Alfredo Maffei entre as ruas D.Pedro II e São Joaquim no sentido Fórum Cível para a avenida	São Carlos Dia e Noite	201861	7562085
29/05/2013	Alagamento	CDHU	São Carlos Agora	202315	7560180
24/08/2013	Erosão	Erosão na base do lado noroeste da Chaminé da fabrica de cola e adubo Facchina	RegiaoDestake	202391	7561919
12/10/2013	Movimento de encosta	-	Mosaico	200871	7559821
12/10/2013	Movimento de encosta	-	Mosaico	201459	7558591
22/10/2013	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	EPTV	199373	7562411
22/10/2013	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	EPTV	201551	7562083
22/10/2013	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado	EPTV	201448	7562098
22/10/2013	Alagamento	CDHU	EPTV	202315	7560180
22/10/2013	Enchente/Inundação	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Agora	203570	7561431
04/11/2013	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
04/11/2013	Enchente/Inundação	Rotatória entre as ruas Jose Bonifácio e Jesuíno de Arruda	São Carlos Agora	201288	7562165
03/12/2013	Erosão	Travessia para pedestres no Córrego Santa Maria do Leme, localizado na Rua Benedita Stall Sodré, esquina com a Rua Brás Cubas, no Jardim Hikare	São Carlos Dia e Noite	200246	7564911
31/12/2013	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
07/01/2014	Erosão	Jardim Novo Horizonte na rua Miguel Ruggiero	São Carlos Agora	204953	7560007
23/01/2014	Erosão	Rua General Osório próximo à Rua Eugênio Franco de Camargo, no Jardim Cardinalli.	São Carlos Dia e Noite	202933	7562016
11/02/2014	Erosão	Rotatória do Cristo	Primeira Pagina	199373	7562411
09/05/2014	Movimento de encosta	-	Mosaico	196277	7560964
09/05/2014	Movimento de encosta	-	Mosaico	196362	7561078
09/05/2014	Erosão	-	Mosaico	200709	7558615

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
09/05/2014	Erosão	-	Mosaico	205771	7558863
09/05/2014	Erosão	-	Mosaico	201634	7557975
09/05/2014	Erosão	-	Mosaico	201788	7557934
09/05/2014	Erosão	-	Mosaico	201359	7558362
09/05/2014	Erosão	-	Mosaico	199849	7558506
09/05/2014	Erosão	-	Mosaico	201898	7557641
09/05/2014	Erosão	-	Mosaico	202716	7557412
09/05/2014	Erosão	-	Mosaico	205892	7556708
08/09/2014	Movimento de encosta	-	Mosaico	200245	7559400
25/02/2015	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	RegiaoDestake	199373	7562411
27/02/2015	Enchente/Inundação	Avenida São Carlos na região do União Serv.	São Carlos Dia e Noite	201538	7563831
11/03/2015	Enchente/Inundação	Avenida São Carlos na região do União Serv.	Primeira Pagina	201538	7563831
11/03/2015	Enchente/Inundação	Cruzamento das Avenidas Liberdade e Elisa Gonzales Rabelo (Parque do Kartódromo);	Primeira Pagina	200600	7564344
16/03/2015	Enchente/Inundação	Calçada da General Osório (Baxada do Mercado)	São Carlos Agora	201558	7561962
28/03/2015	Enchente/Inundação	Kartódromo	Primeira Pagina	200600	7564344
28/03/2015	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Primeira Pagina	199373	7562411
05/06/2015	Alagamento	Benjamim Lopes Osore, no condomínio Tecumseh Village	São Carlos Dia e Noite	205564	7564125
08/09/2015	Alagamento	Rua João Martins França na Cidade Aracy	Primeira Pagina	199702	7557760
04/11/2015	Alagamento	Rua João Martins França, Cidade Aracy 2	São Carlos Agora	199702	7557760
04/11/2015	Alagamento	Rua santa Gertrudes (sentido rotatória do CDHU)	Primeira Pagina	202372	7560270
04/11/2015	Alagamento	Rua João Martins França na Cidade Aracy	Primeira Pagina	199702	7557760
04/11/2015	Alagamento	CDHU	Primeira Pagina	202315	7560180
17/11/2015	Alagamento	Rua santa Gertrudes (sentido rotatória do CDHU)	São Carlos Dia e Noite	202372	7560270
23/11/2015	Enchente/Inundação	Avenida Trabalhador São Carlense	Primeira Pagina	200603	7564090
23/11/2015	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado (9 de Julho com Comendador Alfredo Maffei)	Primeira Pagina	201398	7562095
23/11/2015	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado (Geminado Costa com Episcopal)	Primeira Pagina	201499	7562061
23/11/2015	Enchente/Inundação	Baixada do Mercado (Comendador Alfredo Maffei com Geminiano Costa)	Primeira Pagina	201807	7562078
23/11/2015	Alagamento	Praça Itália	Primeira Pagina	201636	7560747
23/11/2015	Alagamento	Rua Raimundo Correa	Primeira Pagina	202658	7561089
23/11/2015	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	Primeira Pagina	199373	7562411
23/11/2015	Enchente/Inundação	Kartódromo	Primeira Pagina	200600	7564344
23/11/2015	Enchente/Inundação	Região da Rodoviária	Primeira Pagina	201688	7563868
23/11/2015	Enchente/Inundação	Rua Dona Alexandrina	A Folha	201707	7562085
23/11/2015	Enchente/Inundação	Rua São Joaquim	A Folha	201807	7562078
23/11/2015	Enchente/Inundação	Parque do Bicão	A Folha	199917	7560872
23/11/2015	Alagamento	CDHU	Revelando São Carlos	202315	7560180
23/11/2015	Enchente/Inundação	Avenida Francisco Pereira Lopes, na região do Restaurante Casa Branca	Revelando São Carlos	200039	7563305
08/12/2015	Erosão	Avenida Francisco Pereira Lopes, Curva do Joinha	Primeira Pagina	200243	7563440

Data	Eventos	Local	Fonte	CA23S	
				X	Y
10/12/2015	Alagamento	Rua João Martins França na Cidade Aracy	São Carlos Em Rede	199702	7557760
10/12/2015	Alagamento	Rua Raimundo Correia	EPTV	202658	7561089
10/01/2016	Alagamento	Rua santa Gertrudes (sentido Rotatória do CDHU)	São Carlos Em Rede	202372	7560270
10/01/2016	Enchente/Inundação	Rotatória da Educativa na Avenida Comendador Alfredo Maffei	São Carlos Em Rede	203570	7561431
12/01/2016	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	RegiaoDestake	199373	7562411
12/01/2016	Erosão	Rotatória do Cristo	São Carlos Dia e Noite	199373	7562411
13/01/2016	Enchente/Inundação	Parque Ecológico	Revelando São Carlos	202971	7565879
13/01/2016	Erosão	Margem do Gregório, nas proximidades do número 45 da Avenida Maria Consuelo Brandão Tolentino	Revelando São Carlos	199371	7561320
25/01/2016	Enchente/Inundação	Parque do Bicão	São Carlos Agora	199917	7560872
25/01/2016	Alagamento	Rua Jose Bonifacio próximo a antiga Fabber	São Carlos Agora	201271	7562670
25/01/2016	Enchente/Inundação	Rotatória do Cristo	São Carlos Agora	199373	7562411
18/02/2016	Alagamento	Bairro Lagoa Serena	São Carlos Em Rede	201442	7561418
18/02/2016	Alagamento	Praça Itália	São Carlos Em Rede	201636	7560747
23/03/2016	Alagamento	Região do Jardim Dona Francisca	São Carlos Em Rede	203756	7560916
23/03/2016	Enchente/Inundação	Região da Rodoviária	EPTV	201688	7563868
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	197313	7567636
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	195781	7567442
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	303259	7566801
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	197015	7566258
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	196296	7566600
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	199440	7565391
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	199703	7565902
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	206254	7562658
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	203457	7562379
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	198988	7560772
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	196980	7560695
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	205053	7559209
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	200041	7559542
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	197819	7558617
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	197886	7558560
09/04/2016	Erosão	-	Mosaico	200624	7558566
16/05/2016	Enchente/Inundação	Avenida Francisco Pereira Lopes, na região do Restaurante Casa Branca	São Carlos Em Rede	200039	7563305
05/06/2016	Alagamento	Rua João Martins França, Cidade Aracy 2	São Carlos Agora	199702	7557760

APÊNDICE B - Mapa de documentação

LEGENDA

EVENTOS REGISTRADOS

- Inundação
- Alagamento/Enxurrada
- Movimentos de Encostas
- Erosões
- Colapso de Solos

ENSAIOS GEOTÉCNICOS

- AGUIAR (1989)/BARTOLOMEU (2012)
- PONTOS DE CAMPO

CONVENÇÕES

- RODOVIAS PRINCIPAIS
- CAMPUS UNIVERSITÁRIOS
- ÁREA URBANIZADA
- ÁREA DE ESTUDO
- PONTOS DE REFERÊNCIA

CURVAS DE NÍVEL (5 m)

- PRINCIPAL
- SECUNDÁRIA
- DRENAGENS
- PONTOS COTADOS (m)
- BACIAS

BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL:
ESCALA 1:20.000

PROJEÇÃO UTM
CORREGO ALEGRE - FUSO 23S

Mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos – SP

MAPA DE DOCUMENTAÇÃO

Autor: Cahio Guimarães Seabra Eiras

Orientador: Oswaldo Augusto Filho

EESC · USP PÓS-GRAUAÇÃO EM GEOTECNIA - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Data:14/05/2017 Escala: 1:20.000 Apêndice B

APÊNDICE C - Classes de Terreno

Gridcode	Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geotécnico - encosta - declividade em %)	Área (m²)
1111	Agricultura - Coluvionar - Coletora - 0 a 5	599,4
1112	Agricultura - Coluvionar - Coletora - 5 a 10	11062,6
1113	Agricultura - Coluvionar - Coletora - 10 a 18	45694,1
1114	Agricultura - Coluvionar - Coletora - 18 a 33	5356,0
1121	Agricultura - Coluvionar - Plana - 0 a 5	50,0
1122	Agricultura - Coluvionar - Plana - 5 a 10	1732,1
1123	Agricultura - Coluvionar - Plana - 10 a 18	5914,8
1124	Agricultura - Coluvionar - Plana - 18 a 33	291,0
1131	Agricultura - Coluvionar - Dispersora - 0 a 5	175,0
1132	Agricultura - Coluvionar - Dispersora - 5 a 10	26474,5
1133	Agricultura - Coluvionar - Dispersora - 10 a 18	93002,1
1134	Agricultura - Coluvionar - Dispersora - 10 a 18	6194,6
1211	Agricultura - Aluvionar - Coletora - 0 a 5	25,0
1212	Agricultura - Aluvionar - Coletora - 5 a 10	1525,0
1213	Agricultura - Aluvionar - Coletora - 10 a 18	756,9
1222	Agricultura - Aluvionar - Plana - 5 a 10	184,9
1223	Agricultura - Aluvionar - Plana - 10 a 18	50,0
1231	Agricultura - Aluvionar - Dispersora - 0 a 5	25,0
1232	Agricultura - Aluvionar - Dispersora - 5 a 10	2114,0
1233	Agricultura - Aluvionar - Dispersora - 10 a 18	921,8
1234	Agricultura - Aluvionar - Dispersora - 18 a 33	686,2
1311	Agricultura - Itaqueri - Coletora - 0 a 5	3343267,2
1312	Agricultura - Itaqueri - Coletora - 5 a 10	3546814,2
1313	Agricultura - Itaqueri - Coletora - 10 a 18	1354050,4
1314	Agricultura - Itaqueri - Coletora - 18 a 33	116670,7
1315	Agricultura - Itaqueri - Coletora - > 33	10676,2
1321	Agricultura - Itaqueri - Plana - 0 a 5	2903718,4
1322	Agricultura - Itaqueri - Plana - 5 a 10	851208,2
1323	Agricultura - Itaqueri - Plana - 10 a 18	130584,3
1324	Agricultura - Itaqueri - Plana - 18 a 33	4737,4
1325	Agricultura - Itaqueri - Plana - > 33	430,0
1331	Agricultura - Itaqueri - Dispersora - 0 a 5	7348679,1
1332	Agricultura - Itaqueri - Dispersora - 5 a 10	4890918,6
1333	Agricultura - Itaqueri - Dispersora - 10 a 18	1652146,7
1334	Agricultura - Itaqueri - Dispersora - 18 a 33	163865,8
1335	Agricultura - Itaqueri - Dispersora - > 33	12670,4
1413	Agricultura -Serra Geral - Coletora - 10 a 18	11964,9
1414	Agricultura -Serra Geral - Coletora - 18 a 33	19730,3
1415	Agricultura -Serra Geral - Coletora - > 33	25824,8
1423	Agricultura -Serra Geral - Plana - 10 a 18	373,9
1424	Agricultura -Serra Geral - Plana - 18 a 33	482,0
1425	Agricultura -Serra Geral - Plana - > 33	639,9
1432	Agricultura -Serra Geral - Dispersora - 5 a 10	50,0
1433	Agricultura -Serra Geral - Dispersora - 10 a 18	13314,9

Gridcode	Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geotécnico - encosta - declividade em %)	Área (m²)
1434	Agricultura -Serra Geral - Dispersora - 18 a 33	20633,1
1435	Agricultura -Serra Geral - Dispersora - > 33	38476,3
1511	Agricultura -Botucatu - Coletora - 0 a 5	1965661,2
1512	Agricultura -Botucatu - Coletora - 5 a 10	1709343,2
1513	Agricultura -Botucatu - Coletora - 10 a 18	641139,9
1514	Agricultura -Botucatu - Coletora - 18 a 33	87893,9
1515	Agricultura -Botucatu - Coletora - > 33	11098,2
1521	Agricultura -Botucatu - Plana - 0 a 5	1120273,5
1522	Agricultura -Botucatu - Plana - 5 a 10	446321,7
1523	Agricultura -Botucatu - Plana - 10 a 18	62753,4
1524	Agricultura -Botucatu - Plana - 18 a 33	2971,1
1525	Agricultura -Botucatu - Plana - > 33	66,0
1531	Agricultura -Botucatu - Dispersora - 0 a 5	2759746,4
1532	Agricultura -Botucatu - Dispersora - 5 a 10	2296804,3
1533	Agricultura -Botucatu - Dispersora - 10 a 18	770196,6
1534	Agricultura -Botucatu - Dispersora - 18 a 33	82417,5
1535	Agricultura -Botucatu - Dispersora - > 33	4963,2
2111	Área de expansão - Coluvionar - Coletora - 0 a 5	460,8
2112	Área de expansão - Coluvionar - Coletora - 5 a 10	34885,8
2113	Área de expansão - Coluvionar - Coletora - 10 a 18	66040,9
2114	Área de expansão - Coluvionar - Coletora - 18 a 33	5549,7
2115	Área de expansão - Coluvionar - Coletora - > 33	50,0
2122	Área de expansão - Coluvionar - Plana - 5 a 10	5970,6
2123	Área de expansão - Coluvionar - Plana - 10 a 18	6390,2
2124	Área de expansão - Coluvionar - Plana - 18 a 33	361,0
2131	Área de expansão - Coluvionar - Dispersora - 0 a 5	3238,2
2132	Área de expansão - Coluvionar - Dispersora - 5 a 10	81281,5
2133	Área de expansão - Coluvionar - Dispersora - 10 a 18	104894,9
2134	Área de expansão - Coluvionar - Dispersora - 18 a 33	6740,2
2211	Área de expansão - Aluvionar - Coletora - 0 a 5	102380,6
2212	Área de expansão - Aluvionar - Coletora - 5 a 10	47361,0
2213	Área de expansão - Aluvionar - Coletora - 10 a 18	22220,1
2214	Área de expansão - Aluvionar - Coletora - 18 a 33	4638,5
2215	Área de expansão - Aluvionar - Coletora - > 33	75,0
2221	Área de expansão - Aluvionar - Plana - 0 a 5	7006,6
2222	Área de expansão - Aluvionar - Plana - 5 a 10	3487,5
2223	Área de expansão - Aluvionar - Plana - 10 a 18	707,0
2224	Área de expansão - Aluvionar - Plana - 18 a 33	75,0
2231	Área de expansão - Aluvionar - Dispersora - 0 a 5	24964,5
2232	Área de expansão - Aluvionar - Dispersora - 5 a 10	23957,1
2233	Área de expansão - Aluvionar - Dispersora - 10 a 18	11685,7
2234	Área de expansão - Aluvionar - Dispersora - 18 a 33	1435,0
2311	Área de expansão - Itaqueri - Coletora - 0 a 5	2138397,3
2312	Área de expansão - Itaqueri - Coletora - 5 a 10	1824106,1

Gridcode	Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geotécnico - encosta - declividade em %)	Área (m²)
2313	Área de expansão - Itaqueri - Coletora - 10 a 18	941877,6
2314	Área de expansão - Itaqueri - Coletora - 18 a 33	247359,9
2315	Área de expansão - Itaqueri - Coletora - > 33	9305,4
2321	Área de expansão - Itaqueri - Plana - 0 a 5	1115436,2
2322	Área de expansão - Itaqueri - Plana - 5 a 10	389366,7
2323	Área de expansão - Itaqueri - Plana - 10 a 18	80190,5
2324	Área de expansão - Itaqueri - Plana - 18 a 33	8279,7
2325	Área de expansão - Itaqueri - Plana - > 33	141,0
2331	Área de expansão - Itaqueri - Dispersora - 0 a 5	3320289,2
2332	Área de expansão - Itaqueri - Dispersora - 5 a 10	2525445,0
2333	Área de expansão - Itaqueri - Dispersora - 10 a 18	1220967,3
2334	Área de expansão - Itaqueri - Dispersora - 18 a 33	296760,7
2335	Área de expansão - Itaqueri - Dispersora - > 33	16334,8
2411	Área de expansão - Serra Geral - Coletora - 0 a 5	28266,4
2412	Área de expansão - Serra Geral - Coletora - 5 a 10	96328,2
2413	Área de expansão - Serra Geral - Coletora - 10 a 18	113920,7
2414	Área de expansão - Serra Geral - Coletora - 18 a 33	110331,4
2415	Área de expansão - Serra Geral - Coletora - > 33	38566,4
2421	Área de expansão - Serra Geral - Plana - 0 a 5	11876,5
2422	Área de expansão - Serra Geral - Plana - 5 a 10	25804,7
2423	Área de expansão - Serra Geral - Plana - 10 a 18	6237,0
2424	Área de expansão - Serra Geral - Plana - 18 a 33	2791,7
2425	Área de expansão - Serra Geral - Plana - > 33	817,8
2431	Área de expansão - Serra Geral - Dispersora - 0 a 5	99201,3
2432	Área de expansão - Serra Geral - Dispersora - 5 a 10	132254,7
2433	Área de expansão - Serra Geral - Dispersora - 10 a 18	125902,6
2434	Área de expansão - Serra Geral - Dispersora - 18 a 33	121222,2
2435	Área de expansão - Serra Geral - Dispersora - > 33	44502,7
2511	Área de expansão - Botucatu - Coletora - 0 a 5	1070050,8
2512	Área de expansão - Botucatu - Coletora - 5 a 10	1513575,0
2513	Área de expansão - Botucatu - Coletora - 10 a 18	971159,4
2514	Área de expansão - Botucatu - Coletora - 18 a 33	172912,6
2515	Área de expansão - Botucatu - Coletora - > 33	9589,7
2521	Área de expansão - Botucatu - Plana - 0 a 5	315085,3
2522	Área de expansão - Botucatu - Plana - 5 a 10	261359,8
2523	Área de expansão - Botucatu - Plana - 10 a 18	85703,8
2524	Área de expansão - Botucatu - Plana - 18 a 33	6240,6
2525	Área de expansão - Botucatu - Plana - > 33	216,0
2531	Área de expansão - Botucatu - Dispersora - 0 a 5	1216478,6
2532	Área de expansão - Botucatu - Dispersora - 5 a 10	1797063,7
2533	Área de expansão - Botucatu - Dispersora - 10 a 18	1248893,7
2534	Área de expansão - Botucatu - Dispersora - 18 a 33	199270,2
2535	Área de expansão - Botucatu - Dispersora - > 33	7618,3
3112	Área Urbana - Coluvionar - Coletora - 5 a 10	5700,6

Gridcode	Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geotécnico - encosta - declividade em %)	Área (m²)
3113	Área Urbana - Coluvionar - Coletora - 10 a 18	26378,7
3114	Área Urbana - Coluvionar - Coletora - 18 a 33	8566,1
3115	Área Urbana - Coluvionar - Coletora - > 33	425,0
3122	Área Urbana - Coluvionar - Plana - 5 a 10	932,0
3123	Área Urbana - Coluvionar - Plana - 10 a 18	2193,9
3124	Área Urbana - Coluvionar - Plana - 18 a 33	300,0
3132	Área Urbana - Coluvionar - Dispersora - 5 a 10	13573,4
3133	Área Urbana - Coluvionar - Dispersora - 10 a 18	29519,7
3134	Área Urbana - Coluvionar - Dispersora - 18 a 33	8026,2
3135	Área Urbana - Coluvionar - Dispersora - > 33	912,3
3211	Área Urbana - Aluvionar - Coletora - 0 a 5	769,2
3212	Área Urbana - Aluvionar - Coletora - 5 a 10	5858,2
3213	Área Urbana - Aluvionar - Coletora - 10 a 18	4654,5
3221	Área Urbana - Aluvionar - Plana - 0 a 5	25,0
3222	Área Urbana - Aluvionar - Plana - 5 a 10	237,8
3223	Área Urbana - Aluvionar - Plana - 10 a 18	367,8
3232	Área Urbana - Aluvionar - Dispersora - 5 a 10	325,0
3233	Área Urbana - Aluvionar - Dispersora - 10 a 18	1695,9
3311	Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 0 a 5	7418255,6
3312	Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 5 a 10	6517879,5
3313	Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 10 a 18	2042202,7
3314	Área Urbana - Itaqueri - Coletora - 18 a 33	299828,4
3315	Área Urbana - Itaqueri - Coletora - > 33	6922,4
3321	Área Urbana - Itaqueri - Plana - 0 a 5	5011805,6
3322	Área Urbana - Itaqueri - Plana - 5 a 10	1439680,3
3323	Área Urbana - Itaqueri - Plana - 10 a 18	157693,6
3324	Área Urbana - Itaqueri - Plana - 18 a 33	10832,3
3325	Área Urbana - Itaqueri - Plana - > 33	150,0
3331	Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 0 a 5	13137835,2
3332	Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 5 a 10	8666135,9
3333	Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 10 a 18	2539890,8
3334	Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - 18 a 33	383708,8
3335	Área Urbana - Itaqueri - Dispersora - > 33	12141,0
3411	Área Urbana - Serra Geral - Coletora - 0 a 5	307531,3
3412	Área Urbana - Serra Geral - Coletora - 5 a 10	303152,4
3413	Área Urbana - Serra Geral - Coletora - 10 a 18	260087,4
3414	Área Urbana - Serra Geral - Coletora - 18 a 33	123002,0
3415	Área Urbana - Serra Geral - Coletora - > 33	3973,6
3421	Área Urbana - Serra Geral - Plana - 0 a 5	23495,8
3422	Área Urbana - Serra Geral - Plana - 5 a 10	25516,8
3423	Área Urbana - Serra Geral - Plana - 10 a 18	12327,5
3424	Área Urbana - Serra Geral - Plana - 18 a 33	2726,5
3425	Área Urbana - Serra Geral - Plana - > 33	75,0
3431	Área Urbana - Serra Geral - Dispersora - 0 a 5	100298,5

Gridcode	Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geotécnico - encosta - declividade em %)	Área (m²)
3432	Área Urbana - Serra Geral - Dispersora - 5 a 10	212848,8
3433	Área Urbana - Serra Geral - Dispersora - 10 a 18	252461,2
3434	Área Urbana - Serra Geral - Dispersora - 18 a 33	120161,0
3435	Área Urbana - Serra Geral - Dispersora - > 33	6332,8
3511	Área Urbana -Botucatu - Coletora - 0 a 5	606528,7
3512	Área Urbana -Botucatu - Coletora - 5 a 10	1022674,2
3513	Área Urbana -Botucatu - Coletora - 10 a 18	314932,0
3514	Área Urbana -Botucatu - Coletora - 18 a 33	25811,0
3515	Área Urbana -Botucatu - Coletora - > 33	450,0
3521	Área Urbana -Botucatu - Plana - 0 a 5	201448,5
3522	Área Urbana -Botucatu - Plana - 5 a 10	188392,7
3523	Área Urbana -Botucatu - Plana - 10 a 18	29442,6
3524	Área Urbana -Botucatu - Plana - 18 a 33	966,0
3531	Área Urbana -Botucatu - Dispersora - 0 a 5	778857,5
3532	Área Urbana -Botucatu - Dispersora - 5 a 10	1223389,0
3533	Área Urbana -Botucatu - Dispersora - 10 a 18	352732,2
3534	Área Urbana -Botucatu - Dispersora - 18 a 33	26823,3
3535	Área Urbana -Botucatu - Dispersora - > 33	1788,5
4111	Fragmento de Mata - Coluvionar - Coletora - 0 a 5	84,1
4112	Fragmento de Mata - Coluvionar - Coletora - 5 a 10	6180,7
4113	Fragmento de Mata - Coluvionar - Coletora - 10 a 18	45608,6
4114	Fragmento de Mata - Coluvionar - Coletora - 18 a 33	41328,0
4115	Fragmento de Mata - Coluvionar - Coletora - > 33	10832,1
4122	Fragmento de Mata - Coluvionar - Plana - 5 a 10	298,0
4123	Fragmento de Mata - Coluvionar - Plana - 10 a 18	2528,0
4124	Fragmento de Mata - Coluvionar - Plana - 18 a 33	1155,0
4125	Fragmento de Mata - Coluvionar - Plana - > 33	216,0
4132	Fragmento de Mata - Coluvionar - Dispersora - 5 a 10	7457,1
4133	Fragmento de Mata - Coluvionar - Dispersora - 10 a 18	49943,0
4134	Fragmento de Mata - Coluvionar - Dispersora - 18 a 33	40303,4
4135	Fragmento de Mata - Coluvionar - Dispersora - > 33	11966,0
4211	Fragmento de Mata - Aluvionar - Coletora - 0 a 5	393817,9
4212	Fragmento de Mata - Aluvionar - Coletora - 5 a 10	47669,9
4213	Fragmento de Mata - Aluvionar - Coletora - 10 a 18	20520,0
4214	Fragmento de Mata - Aluvionar - Coletora - 18 a 33	10424,2
4215	Fragmento de Mata - Aluvionar - Coletora - > 33	1049,1
4221	Fragmento de Mata - Aluvionar - Plana - 0 a 5	95936,9
4222	Fragmento de Mata - Aluvionar - Plana - 5 a 10	1876,8
4223	Fragmento de Mata - Aluvionar - Plana - 10 a 18	316,0
4224	Fragmento de Mata - Aluvionar - Plana - 18 a 33	325,0
4231	Fragmento de Mata - Aluvionar - Dispersora - 0 a 5	157020,4
4232	Fragmento de Mata - Aluvionar - Dispersora - 5 a 10	22573,2
4233	Fragmento de Mata - Aluvionar - Dispersora - 10 a 18	11682,5
4234	Fragmento de Mata - Aluvionar - Dispersora - 18 a 33	10324,4

Gridcode	Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geotécnico - encosta - declividade em %)	Área (m²)
4235	Fragmento de Mata - Aluvionar - Dispersora - > 33	930,7
4311	Fragmento de Mata - Itaqueri - Coletora - 0 a 5	1032955,8
4312	Fragmento de Mata - Itaqueri - Coletora - 5 a 10	1372127,5
4313	Fragmento de Mata - Itaqueri - Coletora - 10 a 18	872740,3
4314	Fragmento de Mata - Itaqueri - Coletora - 18 a 33	314827,8
4315	Fragmento de Mata - Itaqueri - Coletora - > 33	61796,9
4321	Fragmento de Mata - Itaqueri - Plana - 0 a 5	267508,7
4322	Fragmento de Mata - Itaqueri - Plana - 5 a 10	170884,2
4323	Fragmento de Mata - Itaqueri - Plana - 10 a 18	53041,3
4324	Fragmento de Mata - Itaqueri - Plana - 18 a 33	9711,7
4325	Fragmento de Mata - Itaqueri - Plana - > 33	1153,1
4331	Fragmento de Mata - Itaqueri - Dispersora - 0 a 5	807882,3
4332	Fragmento de Mata - Itaqueri - Dispersora - 5 a 10	1171342,4
4333	Fragmento de Mata - Itaqueri - Dispersora - 10 a 18	1003033,7
4334	Fragmento de Mata - Itaqueri - Dispersora - 18 a 33	452609,0
4335	Fragmento de Mata - Itaqueri - Dispersora - > 33	103945,6
4411	Fragmento de Mata - Serra Geral - Coletora - 0 a 5	26224,1
4412	Fragmento de Mata - Serra Geral - Coletora - 5 a 10	29851,1
4413	Fragmento de Mata - Serra Geral - Coletora - 10 a 18	92753,6
4414	Fragmento de Mata - Serra Geral - Coletora - 18 a 33	231375,6
4415	Fragmento de Mata - Serra Geral - Coletora - > 33	163849,1
4421	Fragmento de Mata - Serra Geral - Plana - 0 a 5	316,0
4422	Fragmento de Mata - Serra Geral - Plana - 5 a 10	1615,2
4423	Fragmento de Mata - Serra Geral - Plana - 10 a 18	3423,5
4424	Fragmento de Mata - Serra Geral - Plana - 18 a 33	5989,9
4425	Fragmento de Mata - Serra Geral - Plana - > 33	3690,7
4431	Fragmento de Mata - Serra Geral - Dispersora - 0 a 5	2006,2
4432	Fragmento de Mata - Serra Geral - Dispersora - 5 a 10	23731,9
4433	Fragmento de Mata - Serra Geral - Dispersora - 10 a 18	98740,3
4434	Fragmento de Mata - Serra Geral - Dispersora - 18 a 33	261925,4
4435	Fragmento de Mata - Serra Geral - Dispersora - > 33	223858,1
4511	Fragmento de Mata - Botucatu - Coletora - 0 a 5	723631,3
4512	Fragmento de Mata - Botucatu - Coletora - 5 a 10	1209490,4
4513	Fragmento de Mata - Botucatu - Coletora - 10 a 18	1037408,2
4514	Fragmento de Mata - Botucatu - Coletora - 18 a 33	543715,8
4515	Fragmento de Mata - Botucatu - Coletora - > 33	239363,1
4521	Fragmento de Mata - Botucatu - Plana - 0 a 5	158763,8
4522	Fragmento de Mata - Botucatu - Plana - 5 a 10	175601,5
4523	Fragmento de Mata - Botucatu - Plana - 10 a 18	68936,3
4524	Fragmento de Mata - Botucatu - Plana - 18 a 33	13554,5
4525	Fragmento de Mata - Botucatu - Plana - > 33	3076,8
4531	Fragmento de Mata - Botucatu - Dispersora - 0 a 5	585259,0
4532	Fragmento de Mata - Botucatu - Dispersora - 5 a 10	1213075,9
4533	Fragmento de Mata - Botucatu - Dispersora - 10 a 18	1059993,5

Gridcode	Classe de Terreno (Uso e ocupação - compartimento geotécnico - encosta - declividade em %)	Área (m²)
4534	Fragmento de Mata - Botucatu - Dispersora - 18 a 33	480567,8
4535	Fragmento de Mata - Botucatu - Dispersora - > 33	190694,4
5511	Indústria - Botucatu - Coletora - 0 a 5	113916,7
5512	Indústria - Botucatu - Coletora - 5 a 10	537962,1
5513	Indústria - Botucatu - Coletora - 10 a 18	141525,0
5514	Indústria - Botucatu - Coletora - 18 a 33	15514,0
5521	Indústria - Botucatu - Plana - 0 a 5	22583,7
5522	Indústria - Botucatu - Plana - 5 a 10	118722,8
5523	Indústria - Botucatu - Plana - 10 a 18	13278,7
5524	Indústria - Botucatu - Plana - 18 a 33	382,0
5531	Indústria - Botucatu - Dispersora - 0 a 5	115886,3
5532	Indústria - Botucatu - Dispersora - 5 a 10	592073,0
5533	Indústria - Botucatu - Dispersora - 10 a 18	160841,9
5534	Indústria - Botucatu - Dispersora - 18 a 33	15911,2
6311	Reflorestamento - Itaqueri - Coletora - 0 a 5	1158340,6
6312	Reflorestamento - Itaqueri - Coletora - 5 a 10	878863,0
6313	Reflorestamento - Itaqueri - Coletora - 10 a 18	331863,5
6314	Reflorestamento - Itaqueri - Coletora - 18 a 33	20044,1
6315	Reflorestamento - Itaqueri - Coletora - > 33	4461,2
6321	Reflorestamento - Itaqueri - Plana - 0 a 5	942749,7
6322	Reflorestamento - Itaqueri - Plana - 5 a 10	202638,4
6323	Reflorestamento - Itaqueri - Plana - 10 a 18	33938,3
6324	Reflorestamento - Itaqueri - Plana - 18 a 33	357,0
6325	Reflorestamento - Itaqueri - Plana - > 33	50,0
6331	Reflorestamento - Itaqueri - Dispersora - 0 a 5	1939354,1
6332	Reflorestamento - Itaqueri - Dispersora - 5 a 10	1108424,9
6333	Reflorestamento - Itaqueri - Dispersora - 10 a 18	404404,3
6334	Reflorestamento - Itaqueri - Dispersora - 18 a 33	24860,5
6335	Reflorestamento - Itaqueri - Dispersora - > 33	4122,6
6511	Reflorestamento - Botucatu - Coletora - 0 a 5	1495358,9
6512	Reflorestamento - Botucatu - Coletora - 5 a 10	409388,3
6513	Reflorestamento - Botucatu - Coletora - 10 a 18	161293,1
6514	Reflorestamento - Botucatu - Coletora - 18 a 33	18726,5
6521	Reflorestamento - Botucatu - Plana - 0 a 5	923280,0
6522	Reflorestamento - Botucatu - Plana - 5 a 10	87110,6
6523	Reflorestamento - Botucatu - Plana - 10 a 18	13831,1
6524	Reflorestamento - Botucatu - Plana - 18 a 33	516,9
6531	Reflorestamento - Botucatu - Dispersora - 0 a 5	1138793,6
6532	Reflorestamento - Botucatu - Dispersora - 5 a 10	452082,3
6533	Reflorestamento - Botucatu - Dispersora - 10 a 18	193643,4
6534	Reflorestamento - Botucatu - Dispersora - 18 a 33	20295,6

APÊNDICE D - Mapa de suscetibilidade a movimentos de encosta

LEGENDA

SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE ENCOSTA (MOVIMENTOS/Km²)

MUITO BAIXA (0,0 - 0,1)

BAIXA (0,2 - 0,7)

MÉDIA (0,8 - 4,4)

ALTA (4,5 - 26,8)

MUITO ALTA (26,9 - 161,8)

CONVENÇÕES

ÁREA DE ESTUDO

PRINCIPAIS RODOVIAS

CURVAS DE NÍVEL (25 m)

PONTOS COTADOS (m)

PONTOS DE REFERÊNCIA

ÁREA URBANIZADA

DRENAGENS

BACIAS

CAMPUS UNIVERSITÁRIOS

ESCALA 1:20.000

200 0 200 400 600 m

PROJEÇÃO UTM
CÓRREGO ALEGRE - FUSO 23S
SOMBREAMENTO 315°/45°

N

W

E

S

MAPA DE CONCENTRAÇÃO DE MOVIMENTOS DE ENCOSTA

LEGENDA

MOVIMENTOS DE ENCOSTA/Km²

0 - 1,3

1,4 - 5,4

5,5 - 11,8

11,9 - 19,6

19,7 - 27,9

CONVENÇÕES

PONTOS DE REFERENCIA

BACIAS

DRENAGENS

ÁREA DE ESTUDO

ÁREA URBANIZADA

ESCALA 1:100.000

PROJEÇÃO UTM
CORRÉGO ALEGRE - FUSO 23S

SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE ENCOSTAS POR BACIAS

LEGENDA

SUSCETIBILIDADE POR BACIAS

MUITO BAIXA

BAIXA

MÉDIA

ALTA

MUITO ALTA

CONVENÇÕES

BACIAS

ÁREA DE ESTUDO

DRENAGENS

ESCALA 1:100.000

PROJEÇÃO UTM
CORRÉGO ALEGRE - FUSO 23S
SOMBREAMENTO 315°/45°

FOLHAS TOPOGRÁFICAS 1:10.000 - IGC/SP

48°0'0"W

47°45'0"W

21°45'0"S

22°0'0"S

SÃO CARLOS

054/84	054/85	054/86
055/84	055/85	055/86
056/84	056/85	056/86

Mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos – SP

MAPA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE ENCOSTA

Autor: Cahio Guimarães Seabra Eiras

Orientador: Oswaldo Augusto Filho

PÓS-GRAUAÇÃO EM GEOTECNIA - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Data:14/05/2017

Escala:1:20.000

Apêndice D

APÊNDICE E - Mapa de suscetibilidade a erosões pluviais

LEGENDA
SUSCETIBILIDADE A EROSÕES PLUVIAIS (EVENTOS/Km²)

MUITO BAIXA (0,0 - 0,1)

BAIXA (0,2 - 0,7)

MÉDIA (0,8 - 2,8)

ALTA (2,9 - 11,0)

MUITO ALTA (11,1 - 42,6)

CONVENÇÕES

ÁREA DE ESTUDO

PRINCIPAIS RODOVIAS

CURVAS DE NÍVEL (25 m)

PONTOS COTADOS (m)

PONTOS DE REFERÊNCIA

ÁREA URBANIZADA

DRENAGENS

BACIAS

CAMPUS UNIVERSITÁRIOS

ESCALA 1:20.000

200 0 200 400 600 m

PROJEÇÃO UTM
CÓRREGO ALEGRE - FUSO 23S
SOMBREAMENTO 315°/45°

N

W

E

S

Mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos – SP		
MAPA DE SUSCETIBILIDADE A EROSÕES PLUVIAIS		
Autor: Cahio Guimarães Seabra Eiras		
Orientador: Oswaldo Augusto Filho
PÓS-GRAUAÇÃO EM GEOTECNIA - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO		
Data:14/05/2017	Escala:1:20.000	Apêndice E

APÊNDICE F - Mapa de Suscetibilidade a colapso de solos

LEGENDA
SUSCETIBILIDADE A COLAPSO DE SOLOS (EVENTOS/Km²)

MUITO BAIXA (0,0 - 0,4)

BAIXA (0,5 - 0,7)

MÉDIA (0,8 - 1,0)

ALTA (1,1 - 1,3)

MUITO ALTA (1,4 - 1,6)

CONVENÇÕES

ÁREA DE ESTUDO

PRINCIPAIS RODOVIAS

CURVAS DE NÍVEL (25 m)

PONTOS COTADOS (m)

PONTOS DE REFERÊNCIA

ÁREA URBANIZADA

DRENAGENS

BACIAS

CAMPUS UNIVERSITÁRIOS

ESCALA 1:20.000

200 0 200 400 600 m

PROJEÇÃO UTM
CÓRREGO ALEGRE - FUSO 23S
SOMBREAMENTO 315°/45°

Mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos – SP		
MAPA DE SUSCETIBILIDADE A COLAPSO DE SOLOS		
Autor: Cahio Guimarães Seabra Eiras		
Orientador: Oswaldo Augusto Filho		
PÓS-GRAUAÇÃO EM GEOTECNIA - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO		
Data:14/05/2017	Escala:1:20.000	Apêndice F

APÊNDICE G - Mapa de suscetibilidade a enchentes/inundações

LEGENDA
SUSCETIBILIDADE A ENCHENTES/INUNDAÇÕES (EVENTOS/Km²)

MUITO BAIXA (0,0 - 0,2)

BAIXA (0,3 - 1,8)

MÉDIA (1,9 - 11,7)

ALTA (11,8 - 74,0)

MUITO ALTA (74,1 - 468,2)

CONVENÇÕES

ÁREA DE ESTUDO

PRINCIPAIS RODOVIAS

CURVAS DE NÍVEL (25 m)

PONTOS COTADOS (m)

PONTOS DE REFERÊNCIA

ÁREA URBANIZADA

DRENAGENS

BACIAS

CAMPUS UNIVERSITÁRIOS

ESCALA 1:20.000

200 0 200 400 600 m

PROJEÇÃO UTM
CÓRREGO ALEGRE - FUSO 23S
SOMBREAMENTO 315°/45°