

PLANO DE CONTROLE DE EROSÃO

Município da Estância Turística de Itu

2021



PLANO DE CONTROLE DE EROSIÃO

1. INTRODUÇÃO

Este Plano de Controle de Erosão foi elaborado visando subsidiar as ações de prevenção e controle dos processos erosivos, identificando as fragilidades do solo, levantando pontos susceptíveis, possíveis assoreamentos de corpos d'água causados pela ausência de cobertura vegetal e a ocupação sem planejamento na área rural do Município.

Na elaboração do plano foi utilizado o acervo documental de diversos estudos realizados no Município da Estância Turística de Itu e vistorias em algumas áreas propícias a ocorrência de processos erosivos.

2. JUSTIFICATIVA

O crescimento das cidades e o desenvolvimento do país acabam gerando impactos negativos ao meio ambiente. A exploração desordenada dos recursos naturais e o avanço da urbanização sem planejamento causam prejuízos econômicos, sociais e ambientais, entre eles a erosão do solo.

Erosão pode ser definida como o processo de desprendimento e transporte das partículas do solo, fragmentos ou partículas de rocha.

Segundo a EMBRAPA, a principal causa da degradação do solo em ambientes tropicais e subtropicais é a erosão hídrica.

Existem duas classificações para os processos erosivos: a erosão geológica ou natural, que é um processo mais lento e atua como agente benéfico para a formação do solo e moldando as paisagens; e a erosão acelerada, que é rápida e gerada pela ação do homem, impactando negativamente o equilíbrio das condições naturais.

Os processos erosivos são causados pelas ações das/dos:

- Homens: Erosão Antrópica;
- Águas: Erosão Hídrica;
- Rios: Erosão Fluvial;
- Chuvas: Erosão Pluvial;
- Ventos: Erosão Eólica;
- Ondas dos Mares: Erosão Marinha;
- Geleiras e Neve: Erosão Glacial;
- Gravidade: Erosão Gravitacional.

Podem também ser classificados conforme a gravidade dos processos erosivos:

- Erosão Laminar (Lixiviação): Ocasionada pelo escoamento difuso da água, com a remoção das camadas superficiais do solo.
- Erosão em Sulco: Associada a grandes fendas formadas pela ação das águas e dos ventos, princípio para a formação de erosões mais graves em áreas com declive.
- Ravinas: Erosão profunda, causada pela água das chuvas, que com o tempo vai abrindo cavidades maiores ao longo da declividade do terreno.
- Voçorocas: Erosão mais profunda que atinge o lençol freático e pode ser resultante da combinação de vários tipos de erosão.

A intensidade e a taxa dos processos erosivos podem ser aumentadas por interferência humana, principalmente pelo uso e manejo incorretos da terra, que acaba expondo o solo às ações da chuva, do sol, do vento causando à sua degradação.

Segundo o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), no país a cada hectare cultivado é perdido em média 25 toneladas de solo, gerando uma perda anual de cerca de um bilhão de toneladas ou um centímetro da camada superficial do solo de todo o país.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar e levantar os processos erosivos no Município de Itu, visando preservar a estabilidade ambiental e os recursos hídricos. O presente plano engloba estudos e elabora proposta de controle preventivo e corretivo sobre parte das estradas rurais não pavimentadas, áreas de mananciais, drenagem urbana.

3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- ✓ Levantar e indicar soluções para processos erosivos, definindo metodologias de ação;
- ✓ Identificar as estradas rurais e buscar paulatinamente redução dos processos erosivos e definir as medidas para a sua conservação;
- ✓ Propor ações preventivas e corretivas para a conservação do solo;
- ✓ Identificar as áreas de mananciais degradadas e propor ações para a sua recuperação.
- ✓ Propor medidas para a recuperação das áreas de preservação permanente (APPs) dos corpos d'águas e das nascentes;
- ✓ Implantar, monitorar e acompanhar a técnica de restauração escolhida.
- ✓ Levantar áreas suscetíveis a inundações com a ocorrência de processos erosivos.

4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

4.1. LOCALIZAÇÃO

A Estância Turística de Itu está situada no interior do Estado de São Paulo (porção sudeste do Estado) entre as coordenadas de Latitude Sul e de Longitude Oeste. Estando a uma altitude de 583 metros e com área de 640,719 km². (Figura 1)

Tabela 1: Coordenadas Geográficas

Latitude	Longitude
23°15'51" S	47°17'57" O



Figura 1: Mapa da localização da Estância Turística de Itu.
Fonte: IBGE, 2021.



4.2. HISTÓRIA E TÍTULO DE ESTÂNCIA TURÍSTICA

Os portugueses estabeleceram-se, em 1610, com a ação do bandeirante Domingos Fernandes, que criou a freguesia (menor divisão administrativa do antigo império de Portugal) em 1653. Em 1657 foi elevada a vila e conselho, tendo recebido, em 1822, o título de Fidelíssima do Imperador Dom Pedro I por sua posição a favor da independência. Em 1842 foi elevada a cidade. Durante anos, Itu foi considerado o município mais rico da Província de São Paulo, com importante participação na vida política e econômica.

Foi também o berço do Movimento Republicano que resultou, em 1873, na realização da Primeira Convenção Republicana do país, chamada de Convenção de Itu. Por isso, Itu é chamada de “Berço da República”. Em 1918, instalou-se na cidade, no prédio do antigo Colégio São Luiz, um quartel do Exército Brasileiro. Hoje denominado 2º Grupo de Artilharia de Campanha Leve, a unidade militar ostenta o nome histórico de Regimento Deodoro, em homenagem ao Marechal Deodoro da Fonseca, proclamador da república.

Itu é um dos 29 municípios paulistas considerados estâncias turísticas do Estado de São Paulo, por cumprirem determinados pré-requisitos definidos por Lei Estadual nº 2130 de 01 de outubro de 1979. Tal status garante a esses municípios uma verba maior por parte do Estado para a promoção do turismo regional. Também, o município adquire o direito de agregar junto a seu nome o título de Estância Turística, termo pelo qual passa a ser designado tanto pelo expediente municipal oficial, quanto pelas referências estaduais. A cidade conta com vários monumentos históricos, como o Museu da Convenção, Casa Imperial (onde ficou hospedado Dom Pedro I), Museu da energia, Casa do Barão, além dos patrimônios históricos Itu também é conhecida como cidade dos exageros.

4.3. POPULAÇÃO TOTAL, RURAL E URBANA

Tabela 2: População no Município de Itu

População Total, Rural e Urbana			
População Total	População Urbana	População Rural	Densidade Demográfica (hab/km ²)
168252	159.301	8.951	262,60

Fonte: Fundação SEADE – 2019

4.4. ESTRATIFICAÇÃO DAS ÁREAS AGRÍCOLAS

Tabela 3: Estratificação das áreas agrícolas

Extrato-ha	UPAs		Área Total	
	Nº	%	ha	%
1 . 2	3	0,7	5,2	0,081
2 . 5	33	7,67	124,6	0,427
5 . 10	73	16,99	538,3	1,848
10 . 20	101	23,49	1.495,40	5,135
20 . 50	100	23,26	3.181,30	10,925
50 . 100	50	11,61	3.614,70	12,413
100 . 200	38	8,84	5.316,20	18,257
200 . 500	22	5,11	6.948,20	23,804
500 . 1000	8	1,86	5.667,20	19,462
1000 . 2000	2	0,47	2.227,00	7,648
Área Total	430	100	29118,1	100

Fonte: Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de SP (LUPA) da CATI/SAA (2007,2008).

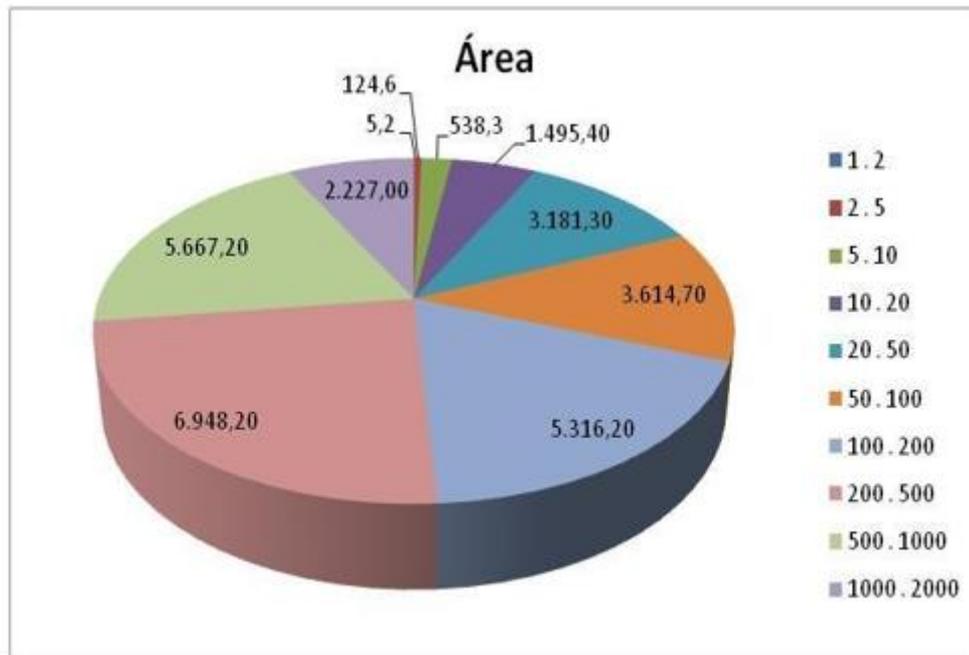


Gráfico 1: Estratificação de áreas agrícolas – Fonte: Projeto LUPA (2007/2008).

4.5. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

De acordo com o Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA, 2008), realizado pela Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento, quase metade do território ituano ainda é ocupado por atividades agropecuárias.

Tabela 4: Ocupação do uso do solo

Descrição do solo	Nº de UPAs	Área (ha)	%
Cultura Perene	58	340,6	0,5
Cultura Temporária	160	2.522,90	4,4
Pastagem	391	15.335,50	26,44
Reflorestamento	138	4.984,20	8,6
Vegetação Natural	279	3.578,80	6,3
Vegetação de Brejo e Várzea	8	31,4	0,06
Área de descanso	94	1.118,70	2

Área Complementar	385	1.256,00	2,2
Área Total	430	29.168,10	50
Total	1943	58336,2	100

Fonte: LUPA – CATI/SAA (2007/2008).

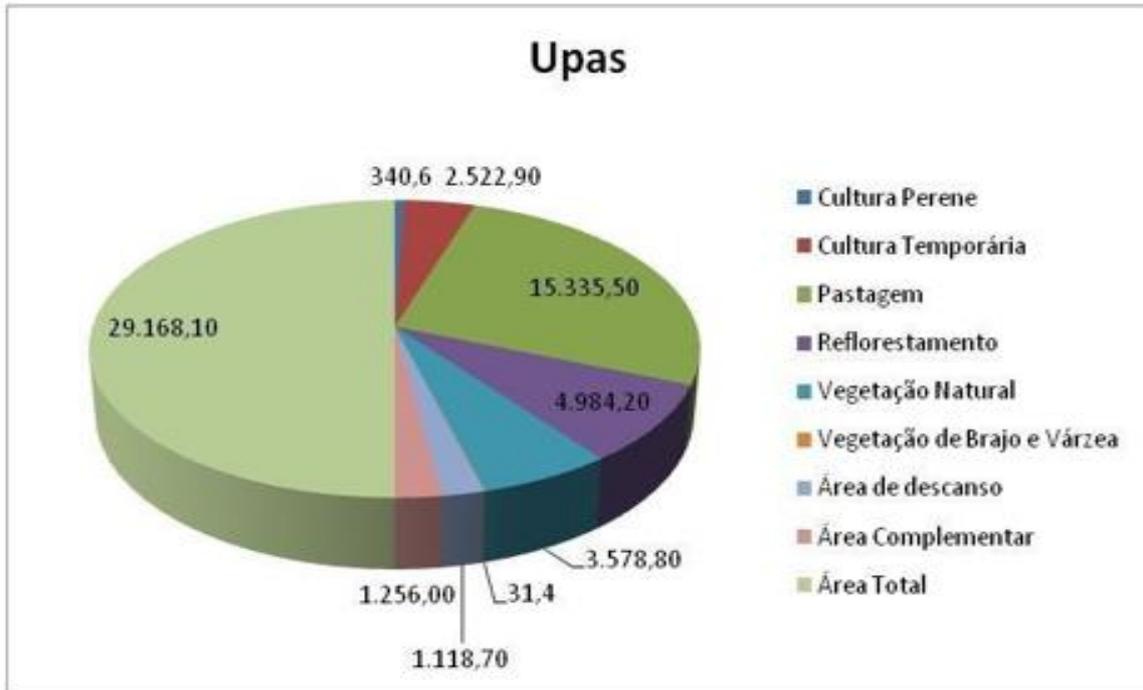


Gráfico 2: Ocupação do Uso do Solo – Fonte: Projeto LUPA CATI/SAA (2008)



4.6. ÁREA CULTIVADA

Tabela 5: Culturas no Município.

CULTURA	(em hectare)				
	N. DE UPAs	MINIMO	MEDIA	MAXIMO	TOTAL
Braquiária	329	0,2	36,4	654,0	11.965,9
Eucalipto	138	0,5	35,8	1.070,0	4.942,4
Gramas	28	0,8	76,3	640,0	2.137,3
Cana-de-açúcar	92	0,4	18,2	780,0	1.676,8
Outras gramíneas para pastagem	72	0,4	12,7	111,9	915,6
Milho	77	0,1	9,0	138,0	693,7
Café	13	0,5	13,1	48,0	170,4
Capim-napier (ou capim-elefante)	44	0,2	3,1	14,7	134,7
Sorgo-forrageiro	2	12,0	33,5	55,0	67,0
Capim-gordura	3	5,0	20,0	37,0	60,0
Colônio	1	55,0	55,0	55,0	55,0
Laranja	27	0,2	1,9	12,0	51,5
Goiaba	1	42,5	42,5	42,5	42,5
Pinus	5	4,0	8,4	22,0	41,8
Feijão	16	0,3	2,3	6,0	37,2
Manga	12	0,2	3,0	10,0	35,6
Outras olerícolas	10	0,3	3,4	8,0	33,6
Mandioca	10	0,2	3,3	24,0	32,9
Batata-doce	5	0,5	4,4	16,9	22,2
Limão	7	0,2	1,7	3,6	11,7
Pomar doméstico	5	1,0	1,6	2,0	8,0
Banana	6	0,2	1,1	2,5	6,6
Tomate envarado	2	2,5	3,3	4,0	6,5
Aveia	2	1,0	3,0	5,0	6,0
Jabuticaba	3	0,2	1,7	3,0	5,2
Abacate	4	0,2	0,9	2,0	3,4
Abóbora (ou jerimum)	4	0,3	0,8	1,5	3,3
Acerola (ou cereja-das-antilhas)	1	3,2	3,2	3,2	3,2
Maracujá	2	1,0	1,1	1,2	2,2
Lichia	1	2,0	2,0	2,0	2,0

Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA, Projeto LUPA

4.7. EXPLORAÇÕES ANIMAIS

Tabela 6: Explorações Animais, Município de Itu.

ITEM	UNIDADE	N. DE UPAs	MINIMO	MEDIA	MAXIMO	TOTAL
Bovinocultura de corte	cabeças	92	2,0	162,2	1.400,0	14.920,0
Bovinocultura de leite	cabeças	16	2,0	53,7	200,0	859,0
Bovinocultura mista	cabeças	153	2,0	26,4	186,0	4.037,0
Bubalinocultura	cabeças	2	34,0	39,5	45,0	79,0
Apicultura	colmeias	1	50,0	50,0	50,0	50,0
Asininos e muares	cabeças	2	9,0	14,5	20,0	29,0
Avestruz e ema	cabeças	-	-	-	-	-
Avicultura de corte	cab./ano	23	20,0	333.455,3	1.500.000,0	7.669.473,0
Avicultura ornamental/decorativa/exótica	cabeças	2	19,0	23,5	28,0	47,0
Avicultura para ovos	cabeças	11	15,0	99,5	400,0	1.095,0
Capivaras	cabeças	-	-	-	-	-
Caprinocultura	cabeças	5	1,0	54,2	212,0	271,0
Carcinocultura	pós-larvas	-	-	-	-	-
Codornicultura	cabeças	-	-	-	-	-
Cunicultura	cabeças	-	-	-	-	-
Equinocultura	cabeças	109	1,0	13,0	100,0	1.417,0
Helicicultura	viveiros	1	3,0	3,0	3,0	3,0
Jacarés	cabeças	-	-	-	-	-
Javalis	cabeças	-	-	-	-	-
Minhocultura	canteiros	1	10,0	10,0	10,0	10,0
Mitilicultura	viveiros	-	-	-	-	-
Ovinocultura	cabeças	16	1,0	190,9	1.800,0	3.054,0
Piscicultura, área de tanques	m2	1	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0
Ranicultura	girinos/ano	-	-	-	-	-
Sericicultura (larvas)	gramas/ano	-	-	-	-	-
Suinocultura	cabeças	9	6,0	70,3	200,0	633,0
Outra exploração animal	cabeças	-	-	-	-	-

Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA, Projeto LUPA

4.8. GEOLOGIA

4.8.1. GEOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO

A Geologia do Estado de São Paulo caracteriza-se predominantemente pela ocorrência de rochas sedimentares fanerozóicas que compõem a Bacia Sedimentar do Paraná e recobrem aproximadamente 75% do território, os outros 25% são cobertos por rochas cristalinas representadas por ígneas e metamórficas pré-cambrianas. Há também depósitos cenozóicos esparsos e associados à planície costeira (AB'SABER, 1992). Esta situação é apresentada pela Figura 2, que traz também um perfil esquemático destacando a posição da superfície de aplainamento da Serra do Japi (situada nas proximidades de Itu) em relação à exposição de outras unidades geológicas do Estado.

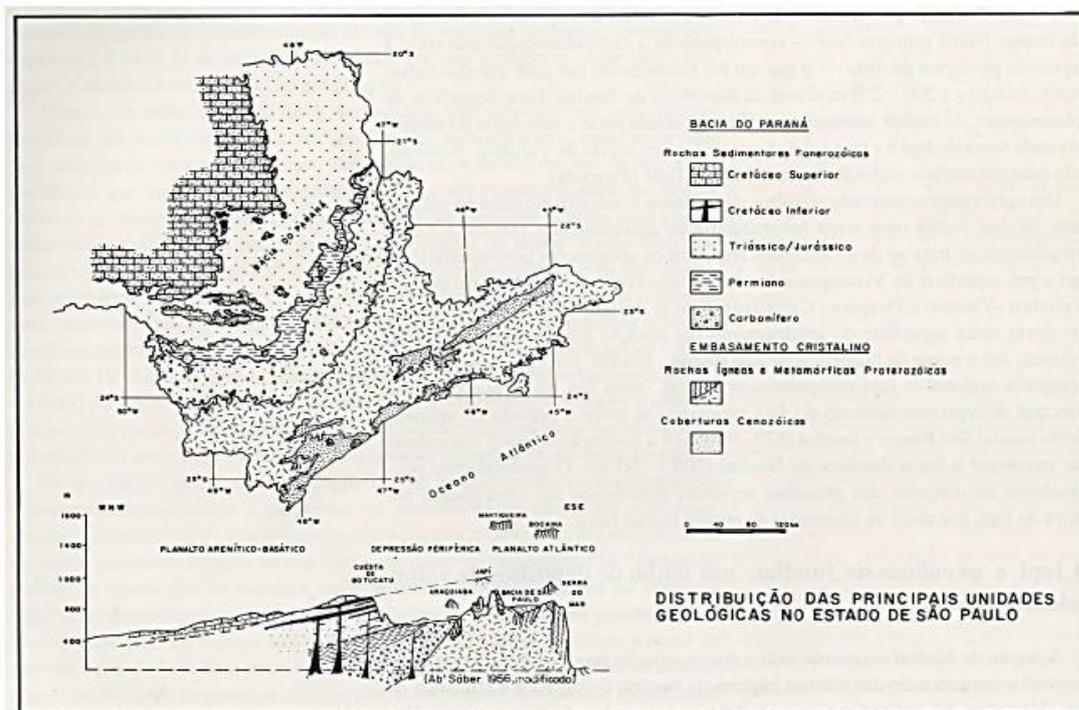


Figura 2: Distribuição das principais unidades geológicas do Estado de SP. Fonte: AB'SABER (1992).

4.8.2. GEOLOGIA EM ITU

O município de Itu localiza-se na faixa de transição entre os terrenos cristalinos Pré-Cambrianos da Faixa Ribeira (Província Mantiqueira) e materiais sedimentares associados à Depressão Periférica Paulista (Figura 3).

A oeste predominam materiais sedimentares, com destaque para os arenitos e sedimentos glaciais do Grupo Tubarão (MODENESI, 1974).



Figura 3: Litologias de maior expressão na região do município de Itu. Fonte: CPRM (2010).

Dentre os sedimentos do Grupo Tubarão, destacam-se aqueles do Subgrupo Itararé, caracterizados como sedimentos continentais e marinhos de constituição variada, depositados por geleiras ou sob influência glacial

(ambientes Proglacial ou Peri-glacial), de idade Carbonífera/Permiana. Neste contexto, destaca-se que Itu possui um importante sítio geológico e paleontológico representado pelo Varvito de Itu (ROCHA-CAMPOS, 2002). Trata-se de um ritmito constituído por sucessão regular de pares de litologias incluindo camada/lâmina inferior, mais grossa, clara, de arenito fino-siltito, encimada por lâmina mais fina, escura, de siltito/argilito. O contato é discordante entre os pares e brusco entre os estratos claro e escuro de cada par. A espessura das camadas/lâminas claras varia verticalmente, mas a das lâminas escuras mantêm-se constante (Figura 4).

Evidências sedimentológicas, palinológicas e paleomagnéticas indicam um provável controle sazonal (anual) na deposição dos pares de litologias do varvito, semelhantemente às argilas várnicas pleistocênicas. Cerca de 300 pares de litologias estão representados na pedreira de Itu. Estruturas sedimentares típicas do varvito estão belissimamente expostas na pedreira, assim como abundantes icnofósseis representando invertebrados aquáticos bentônicos. São também notáveis, embora relativamente raros, dispersos no varvito, clastos caídos de tamanho e composição diversos e montículos de detritos glaciogênicos liberados de gelo flutuante (icebergs).





Figura 4: Afloramento do Varvito em Itu, podendo ser visualizadas as camadas de sedimentos – ritmitos.

O provável ambiente deposicional do varvito corresponde a um corpo de água ou lago próglacial em contato parcial ou temporário com a margem da geleira. As camadas/lâminas claras depositaram-se pela ação de correntes densas/de turbidez, durante o verão, seguidas da decantação de lâminas de silte/argila, durante o inverno, quando o lago se encontrava congelado.

Ainda segundo Rocha-Campos (2002), a pedreira de Itu é a melhor exposição de ritmito glacial conhecida na Bacia do Paraná, constituindo uma ocorrência clássica da geologia gondwânica do Brasil. A exposição está plenamente protegida no interior do Parque do Varvito.

Na porção leste, há a ocorrência de rochas magmáticas e metamórficas, com destaque para suítes graníticas. Esta região é constituída predominantemente por granitos intrusivos nas rochas metamórficas do complexo cristalino, além dos gnaisses e migmatitos do complexo de metassedimentos do Grupo Açungui (Grupo São Roque), de baixo grau de metamorfismo.

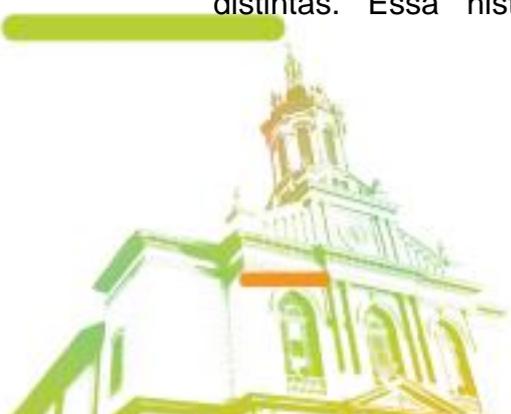
Seguindo-se a leste, parte para o domínio de materiais formados por metamorfismo que compõem as Serras de São Roque e Planalto de Jundiáí, formadas por litologia diversificada, com a presença de estruturas de xistos e quartzitos pré-cambrianos intrudidos por granitos. O destaque topográfico neste domínio geológico é a Serra do Japi, atingindo entre 1200 a 1250m de altitude.

A porção leste da região avaliada apresenta diversas suítes graníticas (Figura 3), sendo que na área da APA Pedregulho é denominada como Suíte Intrusiva de Itu, pertencentes ao Complexo Amparo (HASUI OLIVEIRA, 1984). Esta suíte intrusiva confere aspecto particular e relativamente homogêneo à paisagem, em função da ocorrência de matacões de granito de formato arredondado a subarredondado que afloram à superfície (Figura 5).



Figura 5: Campos de matacões que deram nome à região do Bairro Pedregulho são elementos marcantes na paisagem.

De acordo com a CPRM (2010), esta paisagem refere-se ao domínio de complexos granitóides não deformados (DCGR1alc, Figuras 6 e 7), originados a partir de várias pulsações magmáticas que ocorreram em épocas geológicas distintas. Essa história evolutiva gerou rochas com as mais variadas



composições químico-minerais, refletindo em diferentes padrões de granulação do mineral e variadas tonalidades de cores, potencializando o seu uso na construção civil como rocha ornamental. Tais rochas cristalizaram-se em profundidades diversas da crosta terrestre em tempos diferentes e ambientes de relativa estabilidade tectônica, razão pela qual se apresentam sem deformação dúctil, sendo classificadas como granitos pós-tectônicos.

A APA Pedregulho está totalmente inserida no domínio de granitoides não-deformados, sendo caracterizada pela ocorrência de extensos campos de matacões graníticos. Esta ocorrência definiu o nome dado à região.



Figura 6: Paisagem típica do domínio dos complexos granitoides não deformados. Afloramentos de granitos de forma arredondada.

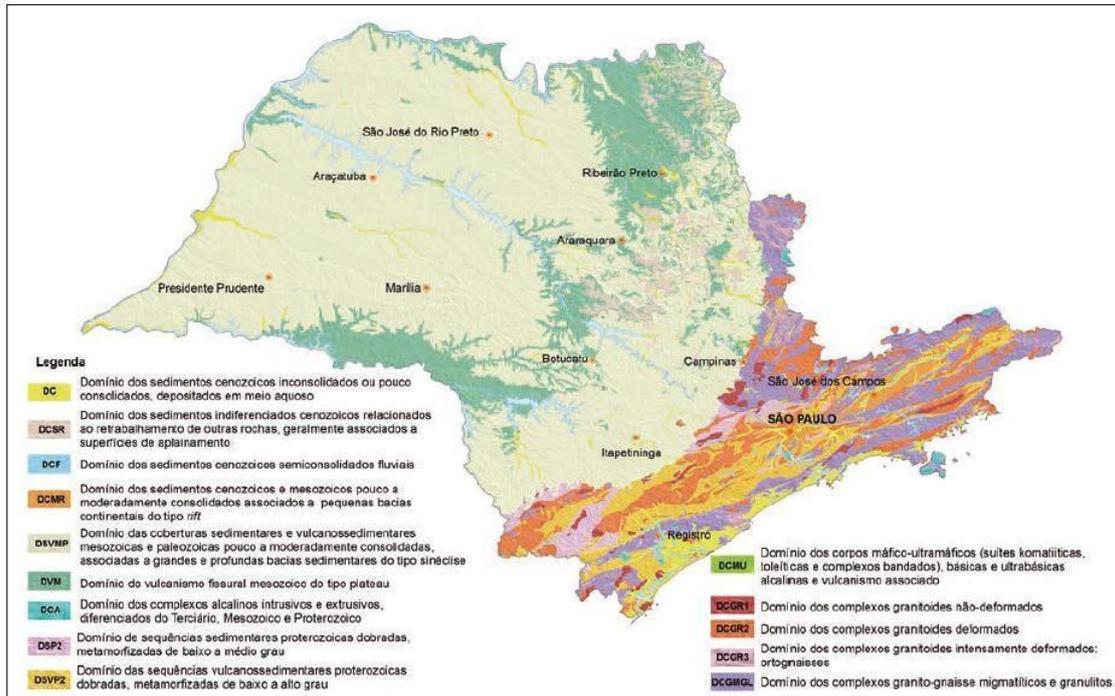


Figura 7: Domínios de paisagens do Estado de São Paulo, definindo o conceito de “Geodiversidade”. Itu está no domínio DCGR1, segundo CPRM (2010).

As séries graníticas da Suíte Itu são de grande importância para o estudo da Geologia, pois permitem abordar uma série de problemas ligados à origem, evolução e diversificação de rochas granitóides, pois reúne num restrito espaço geográfico dois tipos de magmatismo, dados por uma intrusão do tipo I – Caledoniano e três intrusões do tipo A – Rapakivi. Os granitos rapakivi, redefinidos como granitos tipo A, ocorrem em todos os continentes e representam o magmatismo intraplaca continental mais volumoso conhecido na Terra. As intrusões de granitóides rapakivi que circundam a Bacia do Paraná, representando a Província Rapakivi Itu apresentam-se vinculados ao Neoproterozóico/Paleozóico, cujo principal representante é o Complexo Granitóide Itu (GALEMBECK, 1991).

Segundo CPRM (2010), estes granitos apresentam alto grau de coesão, reduzida porosidade primária e uma mineralogia à base de feldspatos e quartzo

com baixa proporção de minerais ferromagnesianos, como biotita.

Quando frescas, possuem elevada resistência à compressão e reduzida susceptibilidade a ação dos processos de intemperismo físico-químico, o que faz com que estas rochas apresentem qualidades geotécnicas para uso como material de empréstimo em aterramentos, construção de estradas e pequenas barragens. Apresentam alta resistência ao corte e à penetração e, em caso de necessidade de desmonte, necessitarão do uso de explosivos.

Os matacões situados nas porções mais superficiais do solo são expostos às intempéries e apresentam-se densamente fraturados e posicionados em várias direções, resultando em um aumento na percolação de água e maior ação dos processos de alteração por intemperismo. Quando situados em taludes de corte, geram áreas de fragilidade com possibilidade de instabilização de blocos (CPRM, 2010).

Além do Parque do Varvito, já comentado anteriormente, o município de Itu conta com um rico patrimônio espeleológico, representado pela Gruta do Riacho Subterrâneo, que fica localizada no Camping Casarão e é considerada a maior caverna em granito do Brasil e do Hemisfério Sul e a sexta maior do mundo. O mapeamento e exploração da mesma fica a cargo do Grupo Pierre Martin de Espeleologia.

A caverna localiza-se à sudoeste da APA Pedregulho, tendo acesso pela SP 300, no entanto, fora dos limites da APA.

De acordo com informações oficiais do grupo obtidas nos vários trabalhos de campo até maio de 2011, a linha de trena somava 1.850 metros, resultando em 1.415 metros de desenvolvimento linear e 1.249 metros de projeção horizontal.

A sua estrutura é formada por uma grande variedade de espeleotemas – depósitos de minerais precipitados nas paredes, piso, teto das cavernas – e uma notável diversidade de fauna. Já foram registradas cerca de 100 espécies de invertebrados vivendo nessas grutas, bem como encontrados artefatos de

cerâmica não datados na época de divulgação informações.

4.9. GEOMORFOLOGIA

4.9.1. GEOMORFOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO

A Geomorfologia é a ciência que estuda a gênese e a evolução das formas de relevo sobre a superfície da Terra. (CHRISTOFOLETTI, 1980). Estas formas são resultantes dos processos atuais e pretéritos ocorridos sobre a litologia e originam-se a partir de dois tipos de forças:

- As endógenas, resultado da dinâmica interna da Terra e responsáveis por esculpir as formas de relevo, e
- As exógenas, resultado da interação sol, água e litologia que modelam a superfície terrestre.

O trabalho de Almeida (1964) serviu de suporte ao primeiro mapeamento sistemático do relevo no Estado, definindo suas cinco grandes províncias: Província Costeira, Planalto Atlântico, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental (Figura 8). Estas províncias foram sendo posteriormente subdivididas, conforme apresentado pela Figura 9.





Figura 8: Domínios do relevo no Estado de São Paulo.

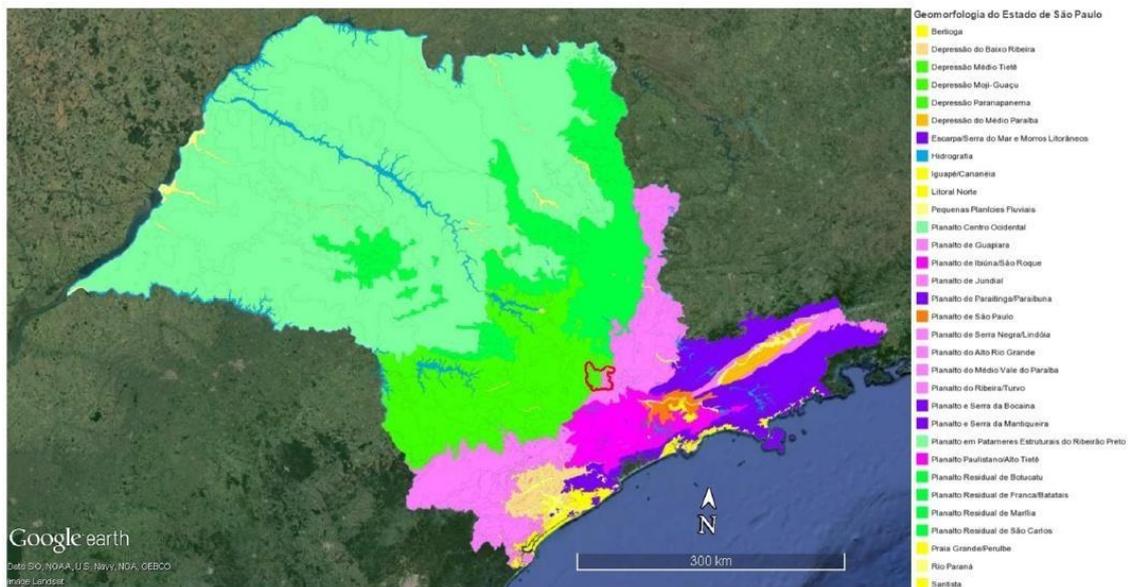


Figura 9: Geomorfologia do Estado de São Paulo. Município de Itu destacado em vermelho

Pode-se verificar que o município de Itu se localiza na faixa de transição entre o Planalto Atlântico e a Depressão Periférica, cujas características principais são apresentadas a seguir, juntamente com os descritivos das demais províncias geomorfológicas do Estado de São Paulo.



Planalto Atlântico

O Planalto Atlântico abrange a faixa de rochas cristalinas que vai da região sul do Estado (Guapiara) até a região nordeste, na divisa com o Estado de Minas Gerais, incluindo a região de Campos do Jordão.

Caracteriza-se geomorfologicamente como uma região de terras altas, constituída predominantemente por rochas cristalinas pré-cambrianas e cambro-ordovicianas, cortadas por intrusivas básicas e alcalinas mesozoico- terciárias, e pelas coberturas sedimentares das bacias de São Paulo e Taubaté (IPT, 1981). O relevo nesta região é movimentado, composto por morros arredondados e/ou alongados, com grande amplitude altimétrica. Corresponde, no Estado de São Paulo, ao domínio morfoclimático dos “mares de morros” propostos por Ab´Saber. Segundo IPT (1981), esta província geomorfológica apresenta-se subdividida nas seguintes unidades:

- Planalto Paulistano,
- Planalto do Juqueriquerê,
- Planalto do Paraitinga,
- Planalto da Bocaina,
- Médio Vale do Paraíba,
- Serra da Mantiqueira,
- Planalto do Alto Rio Grande,
- Serrania de São Roque,
- Planalto de Jundiáí,
- Serrania de Lindóia,
- Planalto de Ibiúna,
- Planalto de Guapiara,
- Planalto do Alto Turvo.

Depressão periférica

A Depressão Periférica compreende a região que se estende desde o Planalto Atlântico para o oeste paulista, pelos vales do Médio Tietê, Paranapanema e Mogi-Guaçu. Trata-se de um compartimento topográfico deprimido entre as serras cristalinas e as Cuestas Basálticas. Esta região corresponde à faixa de ocorrência das sequências sedimentares infra-basálticas paleozoicas e mesozoicas do Estado de São Paulo, incluindo ainda áreas descontínuas de corpos intrusivos, sob a forma de diques e sills de diabásio. Pequenas áreas de rochas pré-cambrianas são ainda incorporadas a esta província. A Depressão Periférica marca uma acentuada mudança de movimentação do relevo em relação àquela presente nas províncias adjacentes. O relevo mais montanhoso, que caracteriza a área do Planalto Atlântico, cede lugar na Depressão Periférica a um relevo colinoso que não está diretamente vinculado às litologias sedimentares, uma vez que transgride seus limites e avança sobre rochas graníticas, metamórficas e migmatíticas do embasamento. Esta aparente independência em relação ao substrato geológico justifica-se pela ação dos processos erosivos, definido o entalhamento mais profundo e a formação de morros de topos achatados (IPT, 1981).

Apresenta uma densa rede de drenagem cujos rios principais são dirigidos para NW.

4.9.2. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

Conforme citado anteriormente, a Geomorfologia regional caracteriza-se pela transição entre o Planalto Atlântico e a Depressão Periférica.

Em relação ao Planalto Atlântico, segundo IPT (1981), o município de Itu encontra-se nas zonas da Serrania de São Roque e Planalto de Jundiaí, tendo a Serra do Japi como um dos componentes topográficos de maior destaque, localizado a leste do município. A Serra do Japi faz parte de uma série de

pequenas serras mantidas por rochas extremamente resistentes, que ocorrem no entremeio do maciço xistoso existente entre a Bacia de São Paulo e a Depressão Periférica Paulista. Neste sentido, o Japi é uma pequena serra pertencente ao mesmo agrupamento em que se situa o Jaraguá, o Pirucáia, o Sabóo, o Boturuna e a Guaxinduva. Destaca-se dentre as demais pela existência de uma espécie de platô de cimeira em seu topo, por oposição aos núcleos piramidais ou aos dentilhados assimétricos observáveis nas outras serras.

Partindo-se para a Depressão Periférica, o município de Itu situa-se na Zona do Médio Tietê. Esta zona se apresenta com características morfológicas típicas: comportamento interplanáltico, suavemente ondulado, com altitude oscilando entre 550m a 650m ao nível das várzeas estreitas e descontínuas de 600m a 650m, correspondentes aos interflúvios tabuliformes. O desnível apresentado por esta área em relação aos primeiros alinhamentos das escarpas areníticas- basálticas, limiaries ao norte, noroeste e oeste está entre 200m a 300m. Estas escarpas recebem as denominações: Serra do Atalaia, Morro Grande, Serra do Cuscuzeiro, Serra de Sant'ana, Serra de Itaqueri e Serra de São Pedro, niveladas entre as cotas de 800m a 1.000m.

Segundo IPT (1981) a região adjacente ao município de Itu possui relevo de morrotes alongados paralelos (classe 232 indicada no mapa da Figura 10), com topos arredondados e vertentes com perfis retilíneos a convexos. Apresenta drenagem de alta densidade, com padrão paralelo a treliça e vales fechados. A oeste da sede do município, em direção a Porto Feliz, ocorrem morrotes alongados e espigões, cujos interflúvios não possuem orientação preferencial, topos angulosos e achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico e vales fechados (classe 234).

Na maior porção do município e em direção a Salto, há o predomínio de colinas amplas, com interflúvios com área superior a 4km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa

densidade com padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas e a presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes (representado pela classe 212).

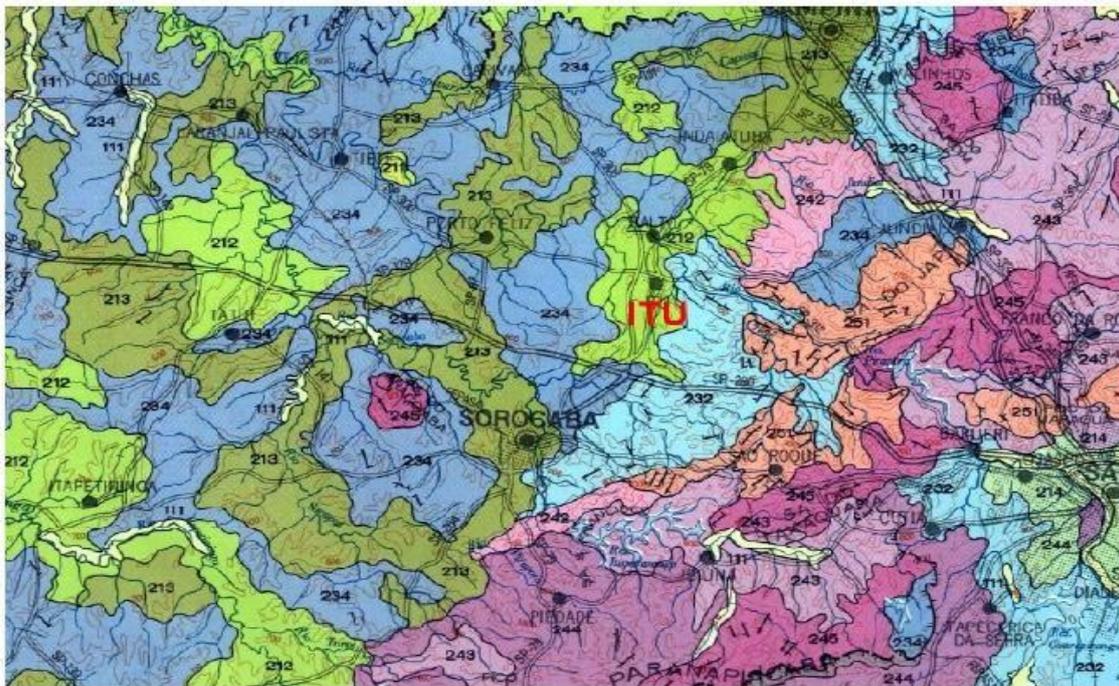


Figura 10: Formas de relevo na região central do Estado de São Paulo, segundo IPT (1981).

Analisando-se o relevo em escala de maior detalhe, tendo como referência os limites administrativos do município de Itu, percebe-se a transição do relevo, sendo que na porção leste verifica-se serras, morros altos e morros baixos associados ao Planalto Atlântico. Na porção oeste do município predominam colinas e um relevo mais suave, desenvolvidos a partir da litologia sedimentar na Depressão Periférica, conforme CPRM (2010) (Figura 11).



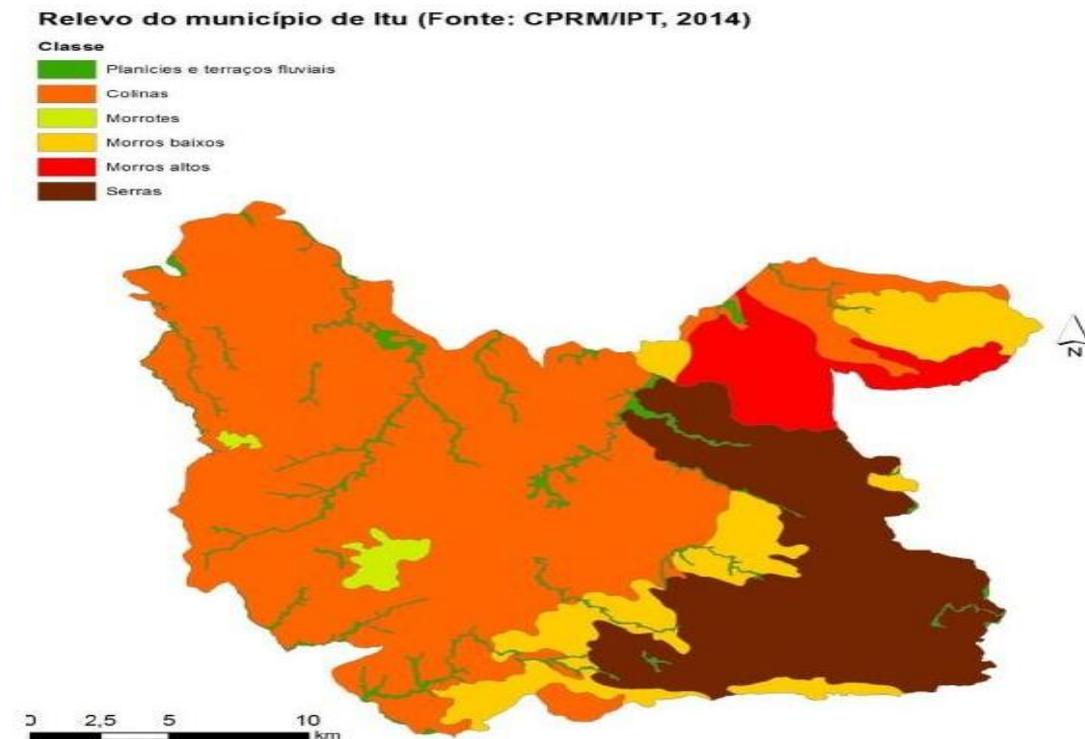


Figura 11: Formas de relevo no município de Itu.

4.10. PEDOLOGIA

Segundo o IAC (2016), a região em que se insere o município de Itu é caracterizada pela presença de Argissolos (Figura 12). Os argissolos são solos minerais com nítida diferenciação entre as camadas ou horizontes, reconhecida em campo especialmente pelo aumento, por vezes abrupto, nos teores de argila em profundidade. Podem ser arenosos, de textura média ou argilosos no horizonte mais superficial. E apresentam cor mais forte (amarelada, brunada ou avermelhada), maior coesão e maior plasticidade e pegajosidade em profundidade, devido ao maior teor de argila. A fertilidade dos Argissolos é variável, dependente principalmente de seu material de origem. Sua retenção de água é maior nos horizontes abaixo da superfície (subsuperficiais), que podem

se constituir em um reservatório de água para as plantas.

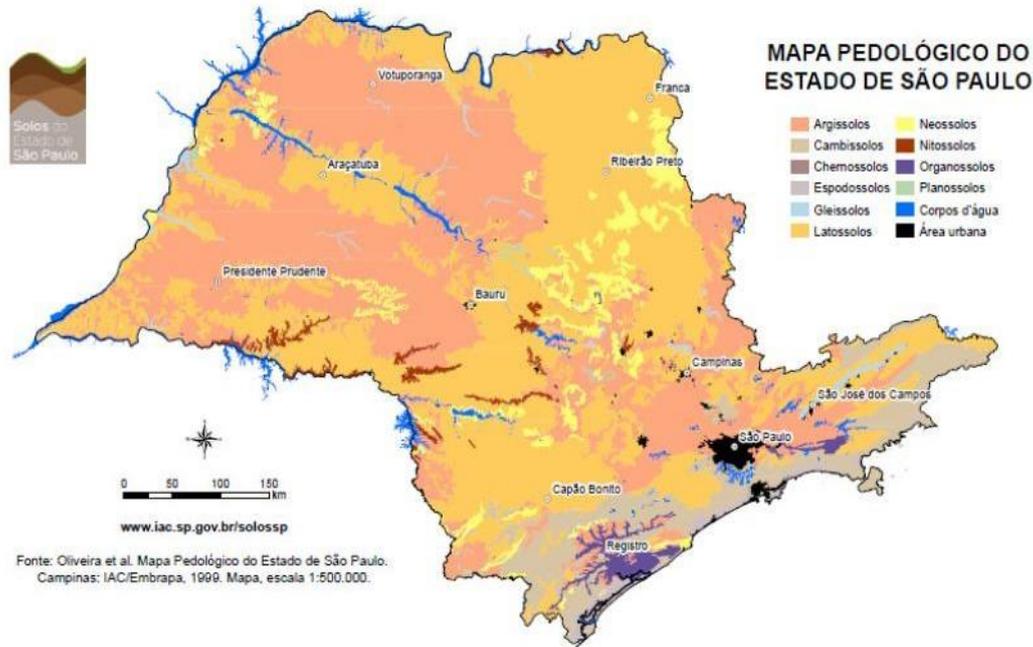


Figura 12: Mapa pedológico do Estado de São Paulo

Entre os Argissolos, são mais frequentes no Estado de São Paulo os de textura arenosa/média e os de textura média/argilosa e argilosa:

✓ **Argissolos de textura arenosa/média**

Os Argissolos Vermelhos e Vermelho Amarelos de textura arenosa/média são encontrados em todo o Estado de São Paulo, desenvolvidos de materiais de origem diversos, exceto de rochas básicas e de rochas sedimentares finas (e.g. folhelhos). Suportando originalmente vegetação de florestas e ocorrendo em condições de relevo desde relativamente suavizado a mais ondulado, por sua natureza pouco coesa em superfície e menor permeabilidade nos horizontes subsuperficiais, apresentam elevada susceptibilidade à erosão, o que exige

práticas intensivas de controle de erosão quando sob manejo agrícola. Sua fertilidade química é predominantemente baixa, podendo ser pouco mais elevada nestes solos quando desenvolvidos dos arenitos com contribuição carbonática no oeste do estado.

✓ **Argissolos de textura média/argilosa e argilosa**

São desenvolvidos mais frequentemente de rochas ígneas e metamórficas, quando no Planalto Atlântico, ou de rochas sedimentares finas (pelitos) em outras regiões. Originalmente suportando florestas, as condições de relevo em que ocorrem são bastante variáveis. Apesar da elevada capacidade de água disponível, esses solos podem apresentar limitações ligeiras sob o aspecto físico relacionadas à pouca profundidade e presença de cascalhos ou calhaus em superfície, especialmente naqueles de relevo mais íngreme do Planalto Atlântico. Por serem mais argilosos e, quando de perfil menos desenvolvido (pouco profundos), com maior reserva de minerais, os Argissolos de textura argilosa possuem características mais favoráveis à exploração agrícola que aqueles de textura média.

4.11. CLIMA

De acordo com a classificação climática de Koeppen o clima do município é o Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. A média de temperatura anual gira em torno dos 21,3°C, sendo julho o mês mais frio (média de 17,5°C) e de dezembro a março os meses mais quentes (média de 24°C). O índice pluviométrico anual fica em torno 1.299,6mm. (CEPAGRI, 2017)

Tabela 7: Temperatura média do ar mensal

Itu				
Latitude: 23º 8m Longitude: 47º 10m Altitude: 580 metros				
Classificação Climática de Koeppen: Cwa				
MÊS	TEMPERATURA DO AR (C)			CHUVA (mm)
	mínima média	máxima média	média	
JAN	18.6	29.9	24.3	225.1
FEV	18.8	30.0	24.4	174.2
MAR	18.0	29.6	23.8	140.8
ABR	15.3	27.6	21.5	64.0
MAI	12.6	25.6	19.1	58.5
JUN	11.0	24.4	17.7	61.4
JUL	10.5	24.6	17.5	42.6
AGO	11.8	26.6	19.2	37.8
SET	13.7	27.4	20.6	72.3
OUT	15.4	28.1	21.8	119.0
NOV	16.4	28.9	22.7	121.3
DEZ	17.8	29.0	23.4	182.6
Ano	15.0	27.6	21.3	1299.6
Min	10.5	24.4	17.5	37.8
Max	18.8	30.0	24.4	225.1

Fonte: CEPAGRI, 2017.

4.12. HIDROGRAFIA

4.12.1 ENQUADRAMENTO DO MUNICÍPIO DENTRE AS UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS (UGRHI)

O Estado de São Paulo definiu 22 unidades de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI) com base na distribuição das bacias hidrográficas existentes em seu território administrativo, tendo como objetivo a gestão descentralizada dos recursos hídricos em níveis regional e municipal, relacionada com as divisões político administrativas, conforme o Decreto 27.576 de 11 de novembro de 1987, que dispõe sobre a criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Com isso, a bacia hidrográfica passa a ser considerada uma unidade de planejamento para que, em definições de estágios e cenários futuros de desenvolvimento, possam ser definidas metas e programas segundo um contexto que responda às questões locais e regionais (CRH, 2007). A Figura 13 apresenta a delimitação das UGRHI do Estado de São Paulo.

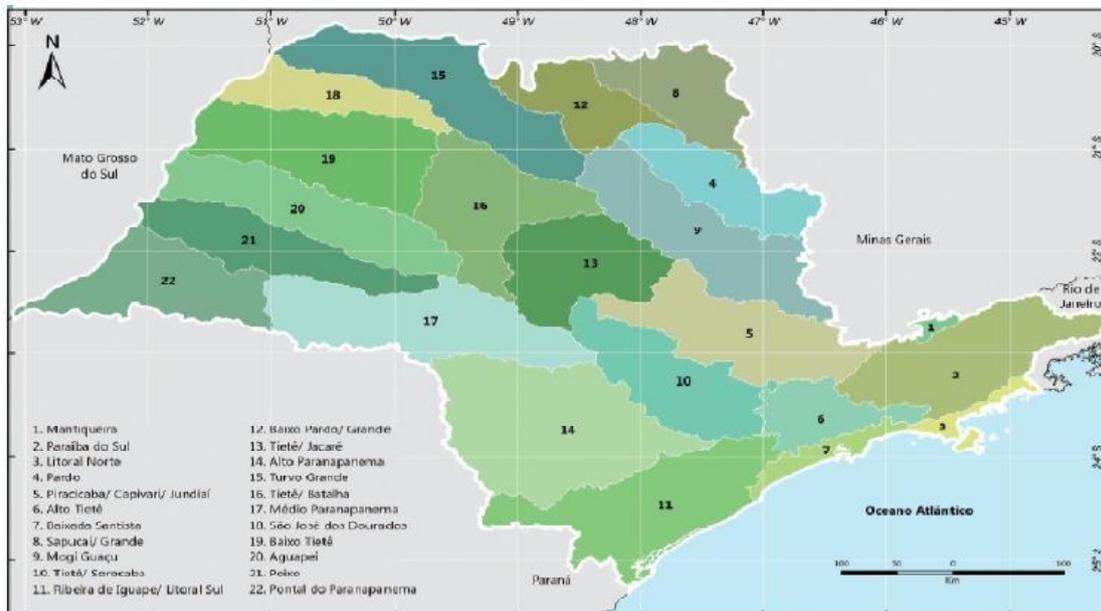


Figura 13: Unidades de gerenciamento de recursos hídricos do estado de São Paulo. Fonte: DAEE ET al., 2013.

O município da Estância Turística de Itu situa-se em duas UGRHI, a Piracicaba/Capivari/Jundiáí e a Tietê/Sorocaba, que correspondem às nomenclaturas UGRHI 5 e UGRHI 10, respectivamente. A divisão dessas UGRHI ocorre na região da APA Pedregulho, pertencente à UGRHI 5 (demarcada em vermelho na Figura 14). No entanto, a sede do município pertence à UGRHI 10 (SMA, 2015).

A UGRHI 5 abrange 57 municípios sob uma área de 14.178 km² e sua população corresponde a aproximadamente 12,5% da população total do estado. A APA Pedregulho está totalmente inserida nesta UGRHI, que possui vocação predominantemente industrial, no entanto, existe vocação para estâncias climáticas, turísticas e hidrominerais com potencial para o turismo rural, ecoturismo e turismo de aventura (CPLA/SMA, 2015).

A UGRHI 10 abrange 33 municípios contando com uma área de 11.829 km² e sua população corresponde a aproximadamente a 4,5% da população do estado de São Paulo. Sua vocação predominante também é industrial, mas apresenta grande infraestrutura de turismo instalada nas estâncias e grande potencial em função da Rota dos Bandeirantes. Esta unidade é dividida em seis sub-bacias, sendo que o município de Itu (destacado em vermelho na Figura 15) está inserido na sub-bacia Médio Tietê Superior.

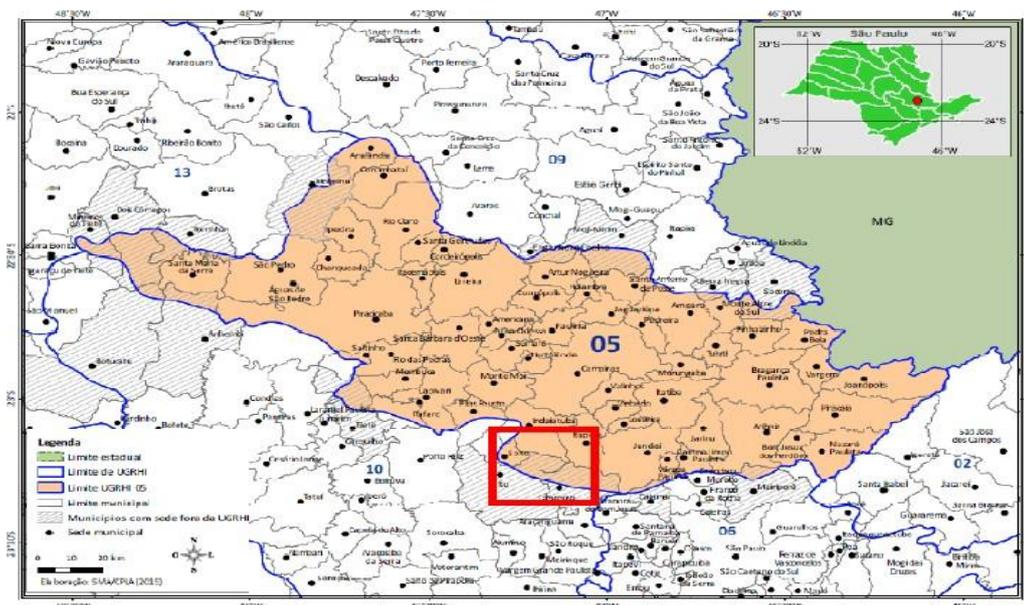


Figura 14: Localização da APA Pedregulho na UGRHI 5 - PCJ

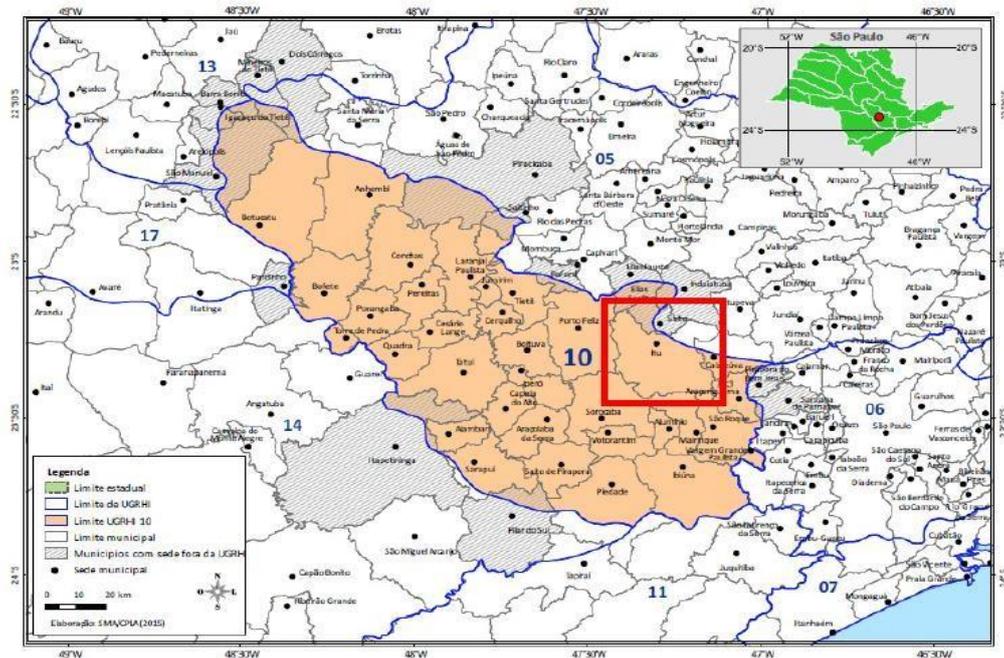


Figura 15: Localização de Itu na UGRHI 10 – Tietê Sorocaba

4.12.2. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As águas existentes abaixo da superfície terrestre e que circulam nos espaços vazios existentes entre a estrutura do solo e das rochas são denominadas subterrâneas. A partir da infiltração de água da chuva, por exemplo, sobre o solo, a parte que não passa por processos de evaporação ou captação por meio da vegetação continua a infiltrar por gravidade, osmose e capilaridade no solo e começa a criar regiões com saturação, onde os espaços vazios são totalmente preenchidos pelo recurso hídrico. Essa região saturada é considerada um reservatório subterrâneo e é chamado de aquífero, caracterizado por camadas ou formações geológicas com níveis de permeabilidade capazes de armazenar água que pode ser aproveitada como fonte de abastecimento ou outros usos (Iritani e Ezaki, 2012).

Os aquíferos podem ser classificados quanto à porosidade (proporção de espaços vazios) do material que o armazena ou quanto a partir da sua pressão hidráulica. Em relação à porosidade, pode ser granular ou sedimentar, no caso de rochas sedimentares como o arenito e de materiais não consolidados, como areias e cascalhos; em fissural, no caso de rochas maciças e compactas que possuem fraturas e fendas e permitem a infiltração e circulação de água, como os granitos; e cárstico no caso de rochas carbonáticas, como calcário, que sofrem processo de dissolução em função de águas ácidas formadas pela combinação de água pluvial ou fluvial com o dióxido de carbono contido no solo, formando cavidades que resultam em rios subterrâneos e cavernas (Figura 16).

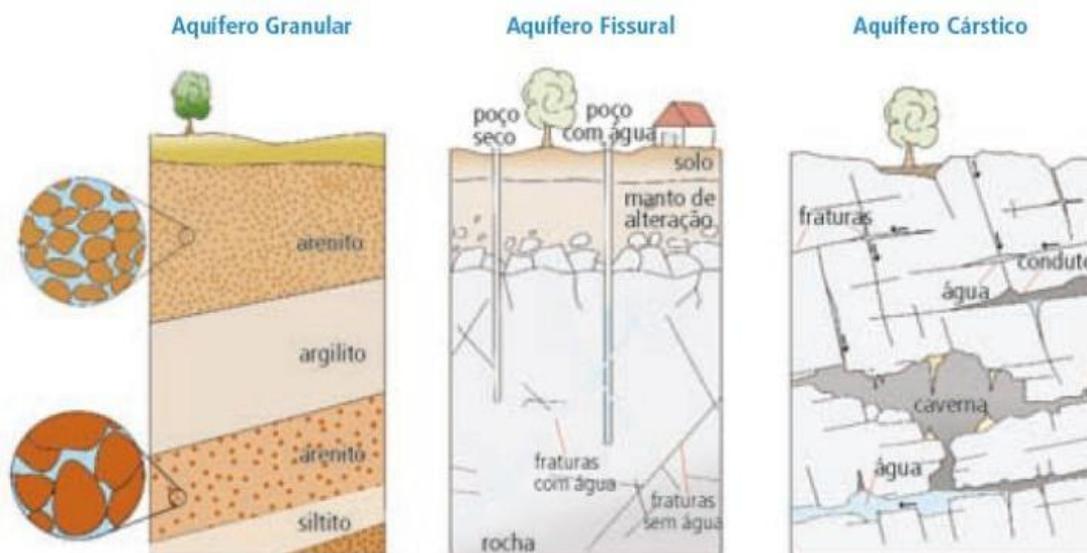


Figura 16: Esquema de tipos de aquíferos quanto a porosidade. Fonte: Iritani e Ezaki, 2012.

No estado de São Paulo existem aquíferos sedimentares, como o Guarani, Bauru, Taubaté, São Paulo e Tubarão, e aquíferos fraturados, destacando-se o Serra Geral e o Cristalino. A Figura 17 apresenta a delimitação dos aquíferos presentes no estado e a Figura 18 demonstra o potencial de exploração hídrica desses aquíferos, em m³/hora, sendo que os tons mais

escuras apresentam maior capacidade de produção de água e com predomínio na porção central e oeste do território estadual. Aproximadamente metade do estado de São Paulo é abastecido por águas subterrâneas, ressaltando a relevância de sua proteção, manutenção e uso racional para o bem-estar da população.

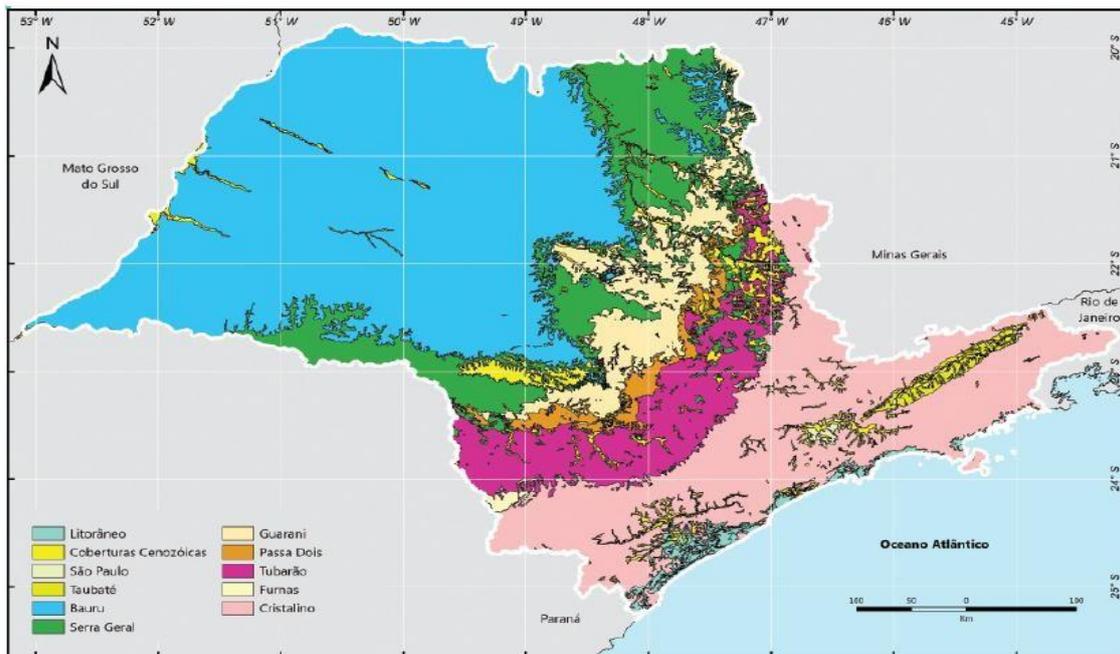


Figura 17: Delimitação de aquíferos aflorantes no estado de São Paulo. Fonte: DAEE/IG/IPT/CPRM 2005.

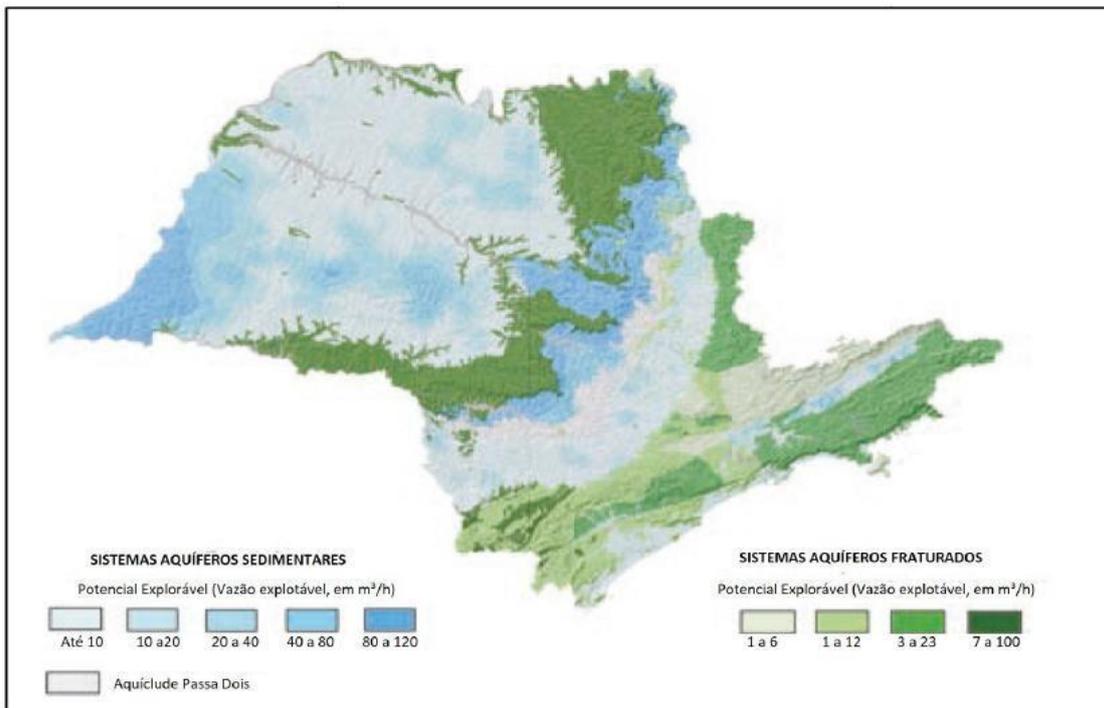


Figura 18: Aquíferos no estado de São Paulo e potencialidades de exploração.

Fonte: DAEE/IG/IPT/CPRM 2005

Em relação à UGRH 5 – PCJ, estima-se que a reserva de água subterrânea explotável seja de cerca de 22,00 m³/s, sendo que a demanda de uso é de 9,37 m³/s ou 42% do total. Os mananciais subterrâneos da UGRHI apresentam boa qualidade das águas, sendo que os problemas de degradação das águas subterrâneas são restritos a casos pontuais, decorrentes da má qualidade técnica construtiva ou operacional dos poços, caso de despejo de efluentes domésticos em áreas próximas aos poços, por exemplo. No entanto, ainda não se observam problemas mais sérios de degradação dos aquíferos. Sobre a UGRHI 10 – Tietê/Sorocaba, a disponibilidade total de água subterrânea para explotação é de 17,00 m³/s, sendo que a demanda de uso é de 1,14 m³/s ou 6% do total (CETESB, 2013).

No caso específico do município de Itu, as águas subterrâneas são oriundas do aquífero Tubarão a oeste e do aquífero Cristalino a leste. As Figuras 19 e 20 apresentam a transição dos dois aquíferos nas UGRHI 5 e 10, demarcando a localização do município e da APA Pedregulho no polígono vermelho.

O aquífero Tubarão é um aquífero sedimentar que possui extensão regional, aflorando em uma faixa estreita que se estende no nordeste ao sul do estado de São Paulo. Apresenta uma produtividade hídrica baixa, onde as vazões sustentáveis recomendadas situam-se, em geral, abaixo de $10\text{m}^3/\text{h}$ (10.000 litros por hora) por poço. No entanto, é possível encontrar poços próximos com vazões diferentes podendo chegar a vazões de até $40\text{m}^3/\text{h}$ (IRITANI e EZAKI, 2012).

Em relação ao aquífero Cristalino, sua composição de rochas de origem ígnea e metamórfica propicia a existência de fendas favoráveis ao armazenamento e fluxo de água subterrânea. Este aquífero é dividido em duas unidades em função da porosidade fissural que se desenvolve nas rochas, Pré-Cambriano (no caso de Itu) e Pré-Cambriano Cárstico (IRITANI e EZAKI, 2012).

O aquífero Pré-Cambriano possui produtividade hídrica baixa e bastante variável estando sempre condicionada à presença de fraturas abertas, com vazão média em torno de $5\text{m}^3/\text{h}$ (equivalente a 5000 l/h), no entanto, é possível encontrar vazões próximas a $23\text{m}^3/\text{h}$ em alguns poços na porção nordeste da UGRH 5. Na área do município de Itu, a capacidade específica (relação entre vazão de um poço e o rebaixamento do nível d'água) do aquífero Cristalino chega a $0,39\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$; a título de comparação, um aquífero com boa capacidade específica apresenta média de $3\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$, caso do aquífero Guarani (IG, 1991).

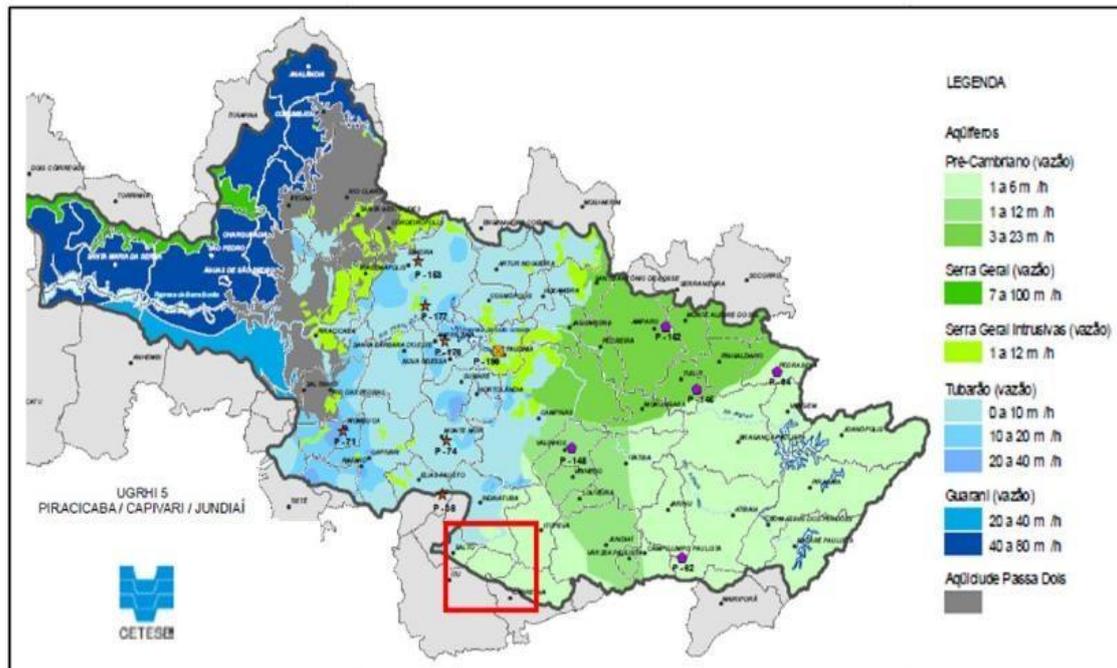


Figura 19: Águas subterrâneas e sua vazão na UGRHI 5 – PCJ.

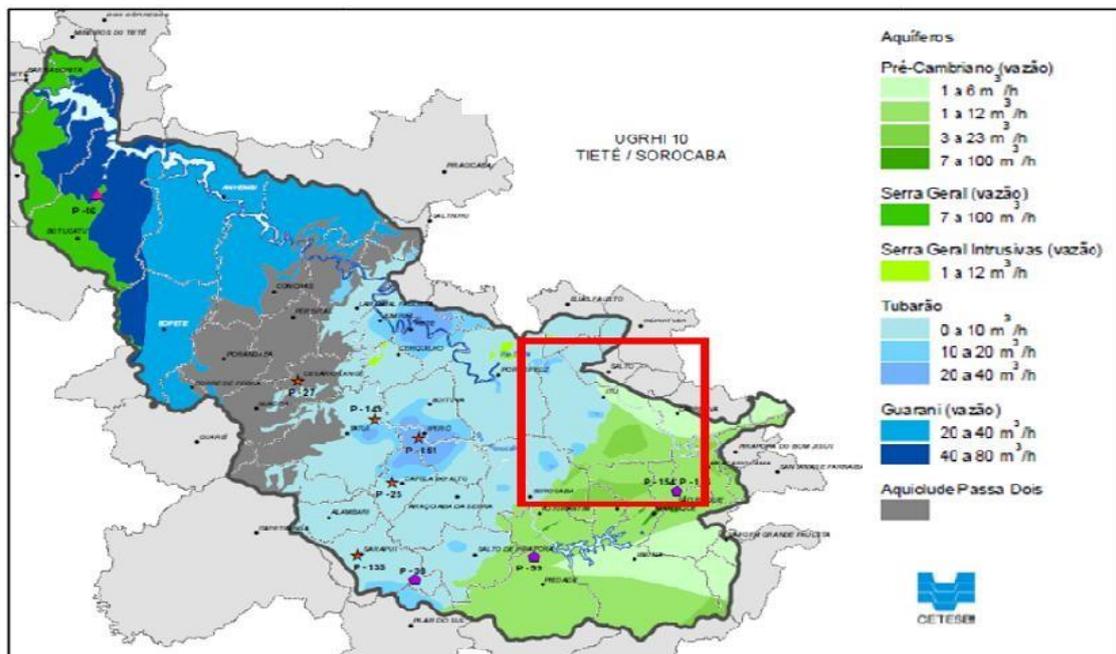


Figura 20: Águas subterrâneas e sua vazão na UGRHI 10 – Tietê Sorocaba.

4.12.3. MANANCIAS SUPERFICIAIS DO MUNICÍPIO

A captação de água para abastecimento público é realizada em 8 bacias hidrográficas, cuja delimitação está apresentada na Figura 21.

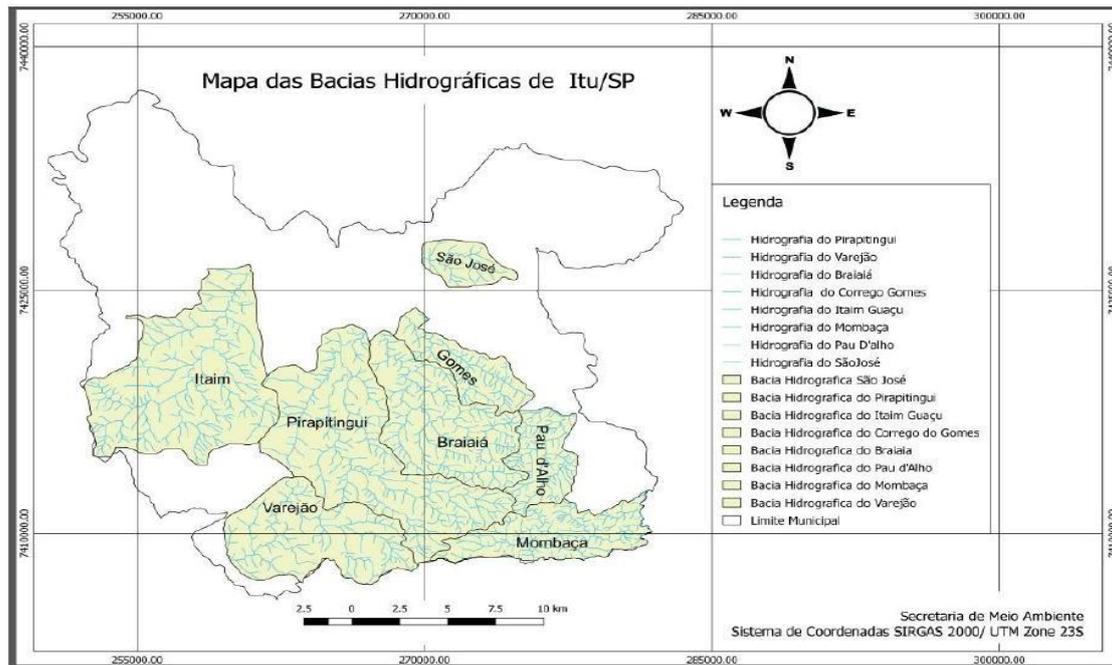


Figura 21: Bacias hidrográficas de captação de água para abastecimento público.

4.12.3.1. BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO JOSÉ

A Bacia Hidrográfica do São José, cuja captação é feita na Fazenda da Ponte que contribui para o abastecimento da sede de Itu, tem exutório localizado na latitude de 23°14'59" sul e na longitude 47°15'02" oeste. A vazão de captação atual é de 60 L/s. Nessa bacia não foram identificados reservatórios de interesse para abastecimento nos períodos de estiagem, considerando o volume armazenado e a localização na bacia. Na Tabela 8, a seguir, são apresentadas as principais características do ponto de vista hidrológico dessa bacia. Na Figura 22 é apresentada a delimitação e o modelo numérico do terreno dessa bacia e,

na Figura 23, o perfil longitudinal do curso d'água principal na bacia do São José.

Tabela 8: Principais características da bacia hidrográfica do São José.

Área de drenagem	9 km ²
Comprimento do rio principal	4,81 km
Altitudes	549 a 825
Tempo de concentração	45,23 minutos
Represas de interesse	não há
Unidade de abastecimento	ETA 01

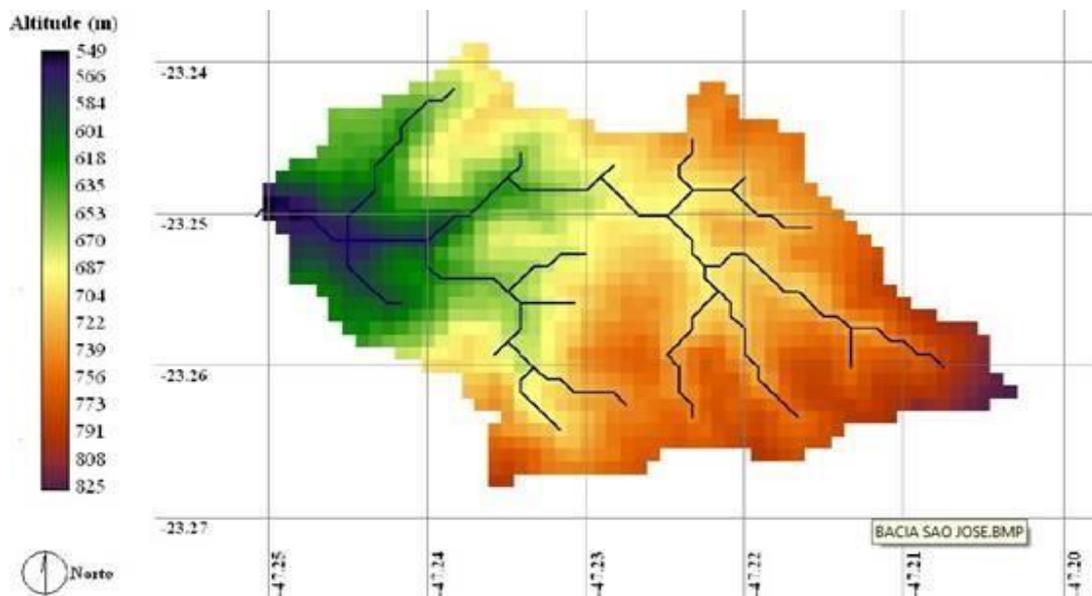


Figura 22: Bacia Hidrográfica do São José – delimitação e MNT.



Figura 23: Bacia Hidrográfica do São José – perfil longitudinal do curso d'água principal.

4.12.3.2. BACIA HIDROGRÁFICA DO GOMES

A Bacia Hidrográfica do Gomes também contribui para o abastecimento da sede de Itu e tem captação na estação de tratamento de água ETA 01 cuja capacidade de captação é de 60 L/s, estando o exutório localizado na latitude 23°16'27" sul e na longitude 47°15'54" oeste. Nessa bacia foram identificados 6 (seis) reservatórios de interesse para abastecimento nos períodos de estiagem, considerando o volume armazenado e a localização na bacia, os quais serão introduzidos no modelo hidrológico:

- ✓ Santa Fé;
- ✓ Paulista;
- ✓ Canjiquinha;
- ✓ Primavera;
- ✓ Faz. Nossa Senhora das Graças;
- ✓ Faz. Santo Antônio.

Conforme informações da antiga concessionária de abastecimento de água no município de Itu, o reservatório Faz. Santo Antônio é o que apresenta os níveis de água mais críticos para abastecimento nos períodos de estiagem. Na Tabela 9 são apresentadas as principais informações nessa bacia. Na Figura 24 é apresentada a delimitação e o modelo numérico do terreno e, na Figura 25, o perfil longitudinal do curso d'água principal na bacia do Gomes.

Tabela 9: Principais características da bacia hidrográfica do Gomes.

Área de drenagem	17,43 km ²
Comprimento do rio principal	11,17 km
Altitudes	551 a 830
Tempo de concentração	178,45 min
Represas de interesse	6
Unidade de abastecimento	ETA 01

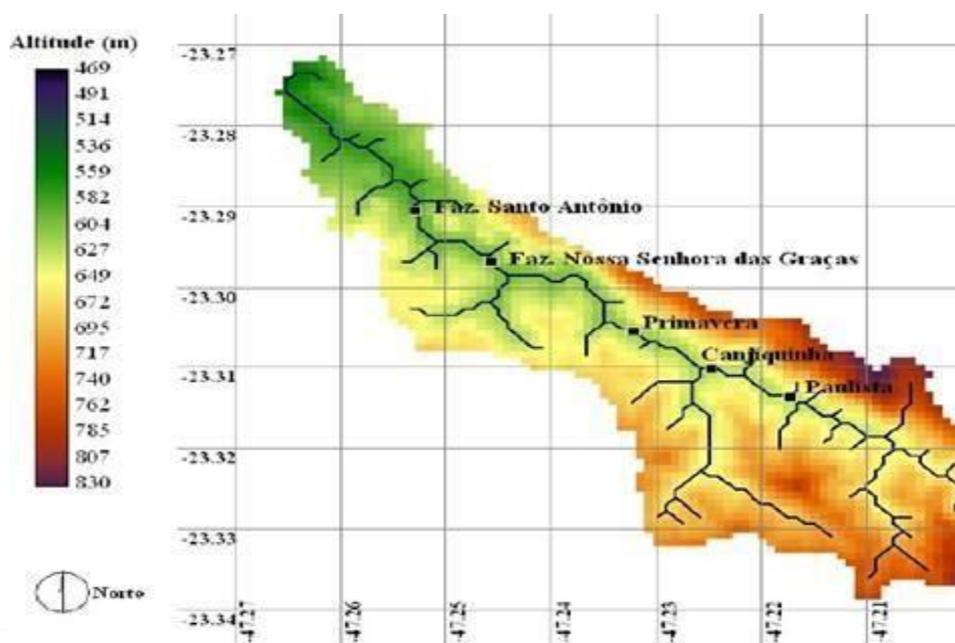


Figura 24: Bacia Hidrográfica do Gomes – delimitação e MNT.

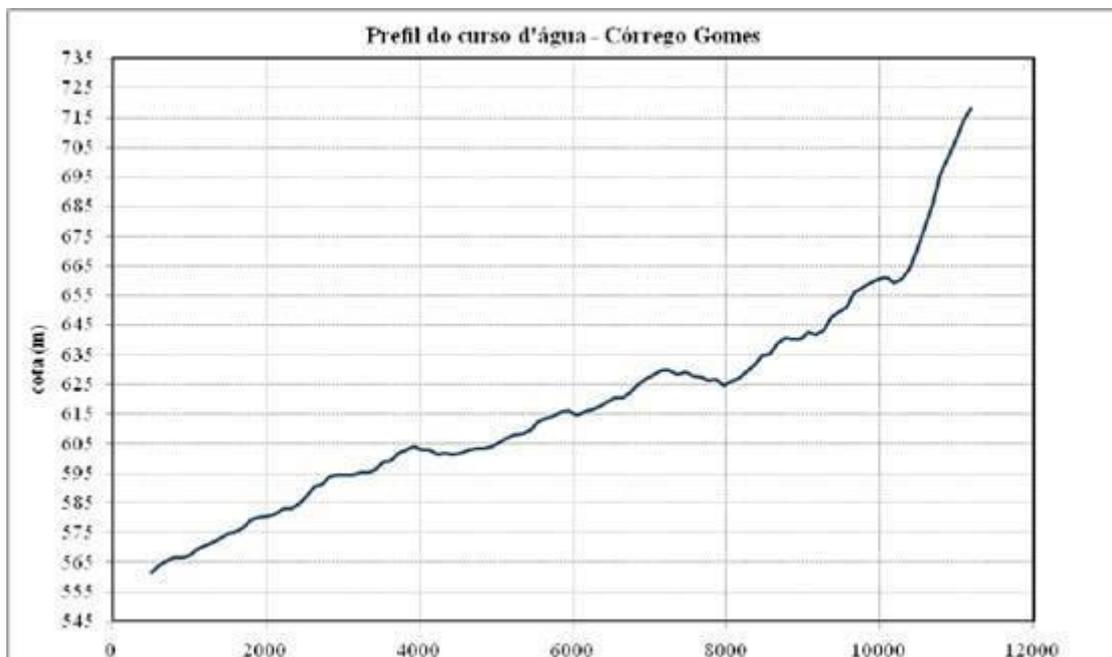


Figura 25: Bacia hidrográfica do Gomes – perfil longitudinal do curso d'água principal.

4.12.3.3. BACIA HIDROGRÁFICA DO BRAIAIÁ

A Bacia Hidrográfica do Braiaia contribui para abastecimento da sede de Itu e tem captação na estação de tratamento de água ETA 01, estando o exutório localizado na latitude 23°17'25" sul e 47°16'21" oeste. A capacidade de captação atual é de 80 L/s. Nessa bacia foram identificados 4 (quatro) reservatórios de interesse para abastecimento nos períodos de estiagem, considerando o volume armazenado e a localização na bacia, os quais serão considerados na modelagem hidrológica:

- ✓ Granja Selecta
- ✓ Faz. Santa Marta
- ✓ Faz. Ventania
- ✓ Faz. Tanquinho

Os reservatórios mais importantes para abastecimento são os reservatórios Faz. Santa Marta e Faz. Ventania, sendo o primeiro considerado estratégico para garantia de abastecimento. Na Tabela 10, a seguir, são apresentadas as principais informações nessa bacia. Na Figura 26 é apresentada a delimitação e o modelo numérico do terreno e, na Figura 27, o perfil longitudinal do curso d'água principal na bacia do Braiaiaá.

Tabela 10: Principais características da bacia hidrográfica do Braiaiaá.

Área de drenagem	43,39 km ²
Comprimento do rio principal	16,41 km
Altitudes	575 a 873
Tempo de concentração	336,28 minutos
Represas de interesse	4
Unidade de abastecimento	ETA 01

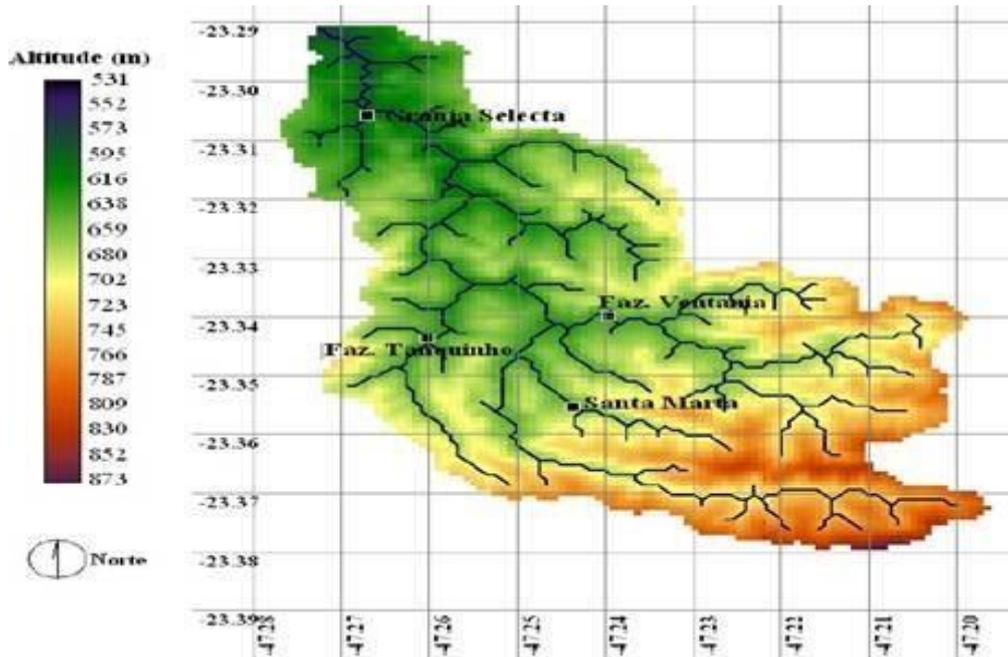


Figura 26: Bacia Hidrográfica do Braiaia – delimitação e MNT

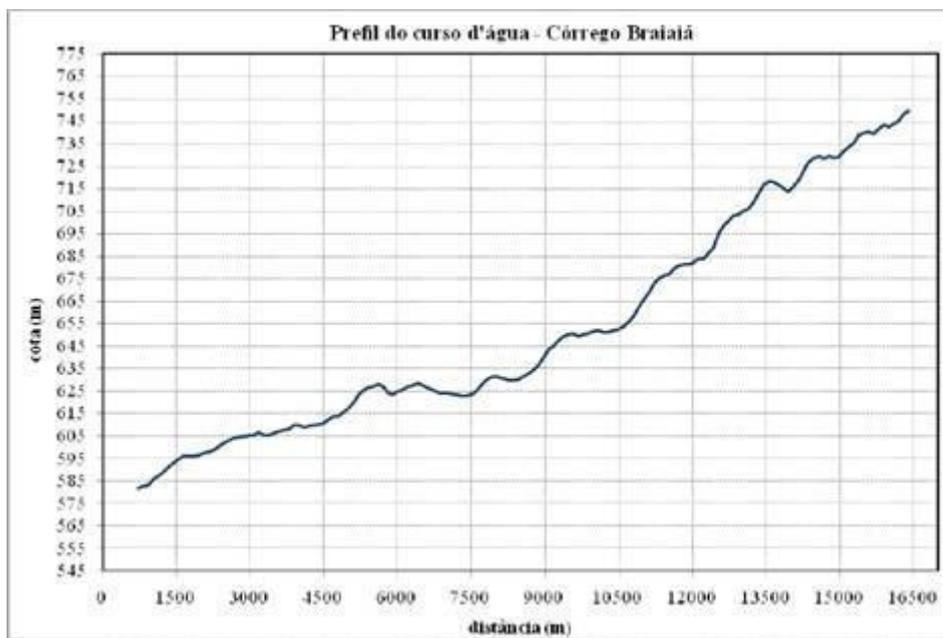


Figura 27: Bacia Hidrográfica do Braiaia – perfil longitudinal do curso d'água principal.

4.12.3.4. BACIA HIDROGRÁFICA DO PIRAPITINGUI/TAQUARAL

A Bacia Hidrográfica do Pirapitingui, também denominada Taquaral, é, dentre as bacias que contribuem para o abastecimento da sede de Itu, e a que apresenta a maior área de drenagem. A captação nessa bacia também contribui para o abastecimento na estação de tratamento de água ETA 01 (com capacidade de captação atual de 280 L/s) e tem exutório localizado na latitude 23°17'29" sul e na longitude 47°16'45" oeste.

Nessa bacia foram identificados 6 (seis) reservatórios de interesse para abastecimento nos períodos de estiagem, considerando o volume armazenado e a localização na bacia, os quais serão introduzidos no modelo hidrológico:

- ✓ Chácara Bambuí
- ✓ Faz. Esperança
- ✓ Fazenda Potiguara
- ✓ Terras de São José I
- ✓ Centro Prof. Paulista
- ✓ Sítio Lameirão

De acordo com informações da antiga concessionária de água, o reservatório Faz. Esperança é o mais importante para garantia de abastecimento e há, ainda, nessa bacia, a possibilidade de implantação de poços para fornecimento de água ao sistema de abastecimento do município. Na Tabela 11, a seguir, são apresentadas as principais informações nessa bacia. Na Figura 28 é apresentada a delimitação e o modelo numérico do terreno e, na Figura 29, o perfil longitudinal do curso d'água principal na bacia do Pirapitingui.

Tabela 11: Principais características da bacia hidrográfica do Pirapitingui

Área de drenagem	76,27 km ²
Comprimento do rio principal	19,51 km
Altitudes	577 a 934
Tempo de concentração	213,37 minuto
Represas de interesse	6
Unidade de abastecimento	ETA 01

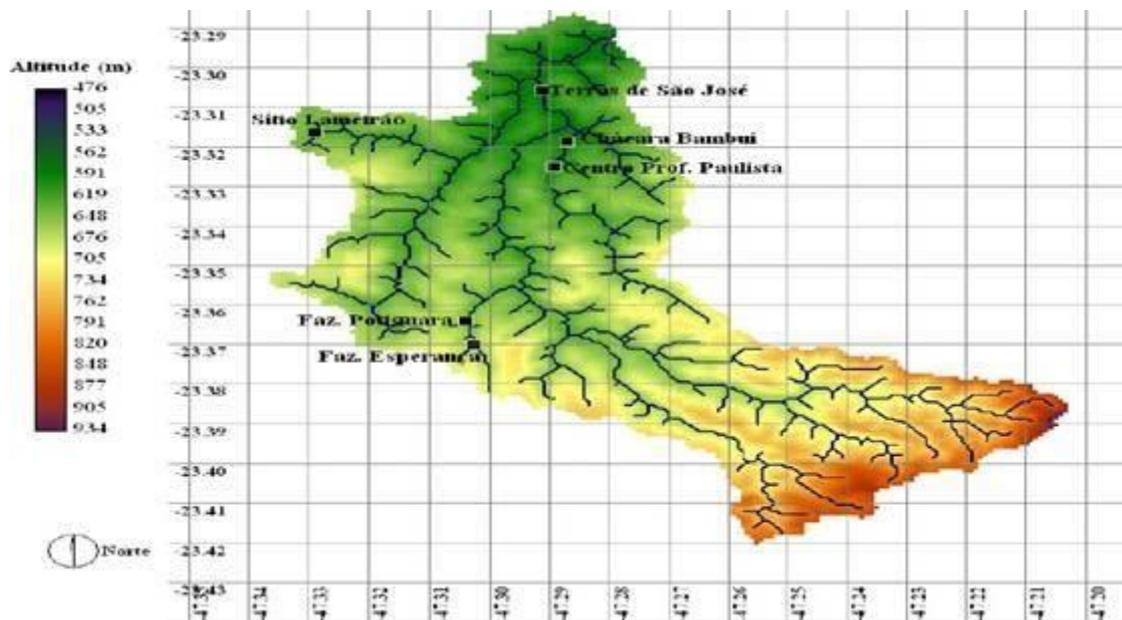


Figura 28: Bacia Hidrográfica do Pirapitingui – delimitação e MNT.

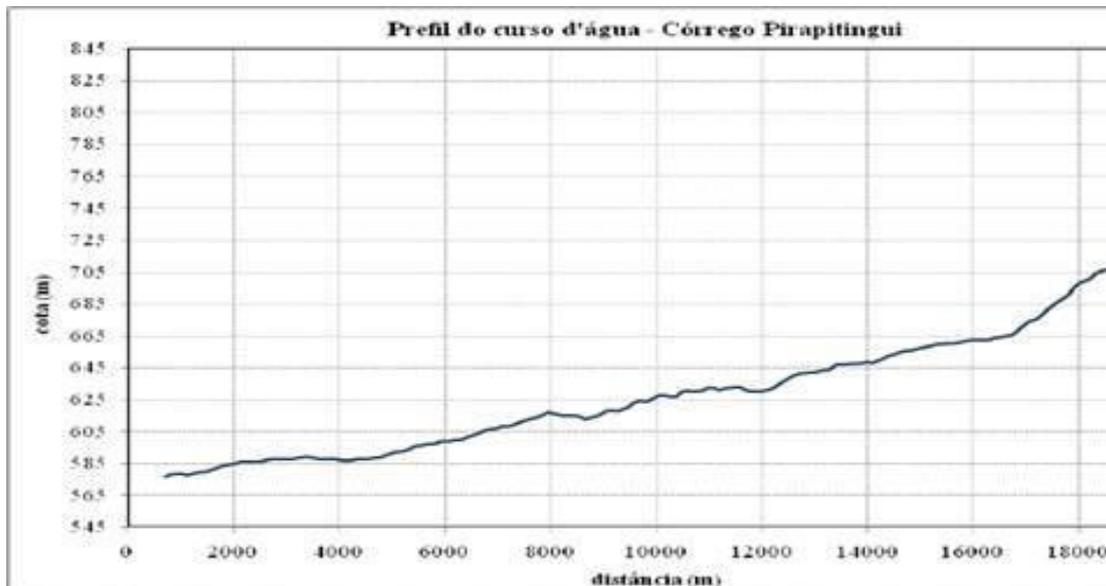


Figura 29: Bacia Hidrográfica do Pirapitingui – perfil longitudinal do curso d'água principal.

4.12.3.5. BACIA HIDROGRÁFICA DO ITAIM

A Bacia Hidrográfica do Itaim também contribui para o abastecimento da sede de Itu, sendo a captação destinada ao atendimento da estação de tratamento de água ETA 07 (com capacidade de captação atual de 110 L/s), estando o exutório da bacia localizado na latitude 23°15'29" e na longitude 47°20'12" oeste. Nessa bacia foram identificados 9 (nove) reservatórios de interesse para abastecimento nos períodos de estiagem, considerando o volume armazenado e a localização na bacia, os quais serão introduzidos no modelo hidrológico:

- ✓ Sítio Flaboiã
- ✓ Sítio da Mama
- ✓ Sítio Belo Horizonte
- ✓ Sítio Santo Antônio

- ✓ Sítio Cafeara
- ✓ Sítio São Simão
- ✓ Sítio Nakamura
- ✓ Pousada Maeda
- ✓ Cláudio Daldon
- ✓ Fazenda Piraju

Na Bacia Hidrográfica do Itaim já foram implantados alguns poços para captação de água subterrânea que contribuem para as estações de tratamento de água, como forma de subsidiar o atendimento da demanda na sede do município. Na Tabela 12 são apresentadas as principais informações nessa bacia. Na Figura 30 é apresentada a delimitação e o modelo numérico do terreno e, na Figura 31, o perfil longitudinal do curso d'água principal na bacia do Itaim.

Tabela 12: Principais características da bacia hidrográfica do Itaim

Área de drenagem	75.63 km ²
Comprimento do rio principal	16.74 km
Altitudes	526 a 715
Tempo de concentração	258.97 minu
Represas de interesse	9
Unidade de abastecimento	ETA 07

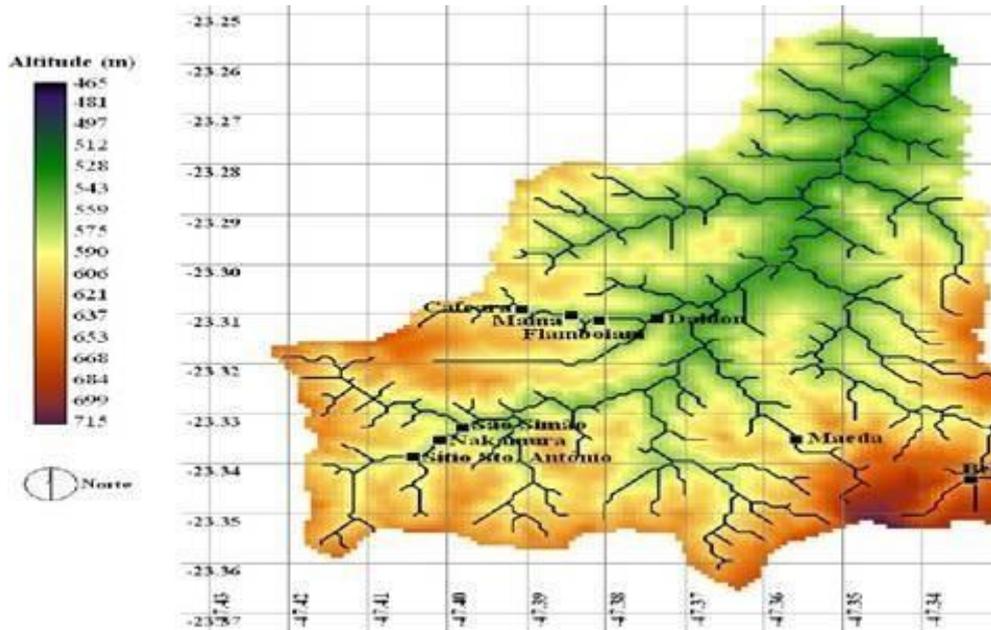


Figura 30: Bacia Hidrográfica do Itaim – delimitação e MNT.

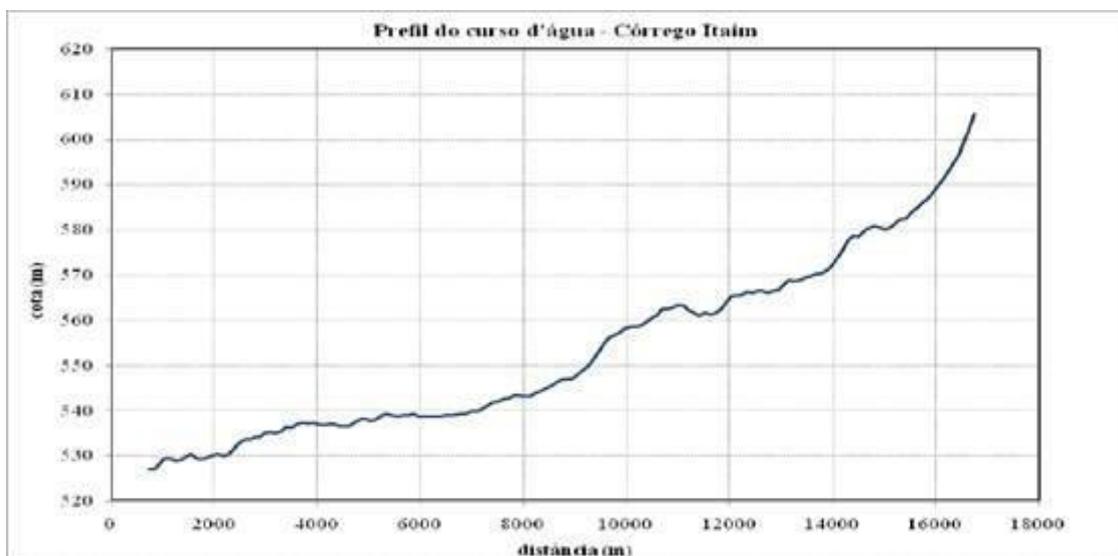


Figura 31: Bacia Hidrográfica do Itaim – perfil longitudinal do curso d'água principal.

4.12.3.6. BACIA HIDROGRÁFICA DO VAREJÃO/SÃO MIGUEL

A Bacia Hidrográfica do Varejão é, dentre as bacias consideradas nesse estudo, a que contribui para o abastecimento do Distrito do Pirapitingui, sendo a captação destinada ao atendimento da estação de tratamento de água ETA 03 e ETA 08. A bacia do Varejão está inserida na região hidrográfica do Rio Sorocaba e tem exutório localizado na latitude 23°24'57" sul e na longitude 47°21'08" oeste. Nessa bacia foram identificados 2 (dois) reservatórios de interesse para abastecimento nos períodos de estiagem, considerando o volume armazenado e a localização na bacia, os quais serão introduzidos no modelo hidrológico:

- ✓ Fazenda São Miguel
- ✓ Fazenda Campininha
- ✓ Mariano

Na Tabela 13, a seguir, são apresentadas as principais informações nessa bacia. Na Figura 32 é apresentada a delimitação e o modelo numérico do terreno e, na Figura 33, o perfil longitudinal do curso d'água principal na bacia do Varejão.

Tabela 13: Principais características da bacia hidrográfica do Varejão.

Área de drenagem	44.14 km ²
Comprimento do rio principal	16.98 km
Altitudes	108 a 831
Tempo de concentração	196.47 minutos
Represas de interesse	2
Unidade de abastecimento	ETA 03 e ETA 08

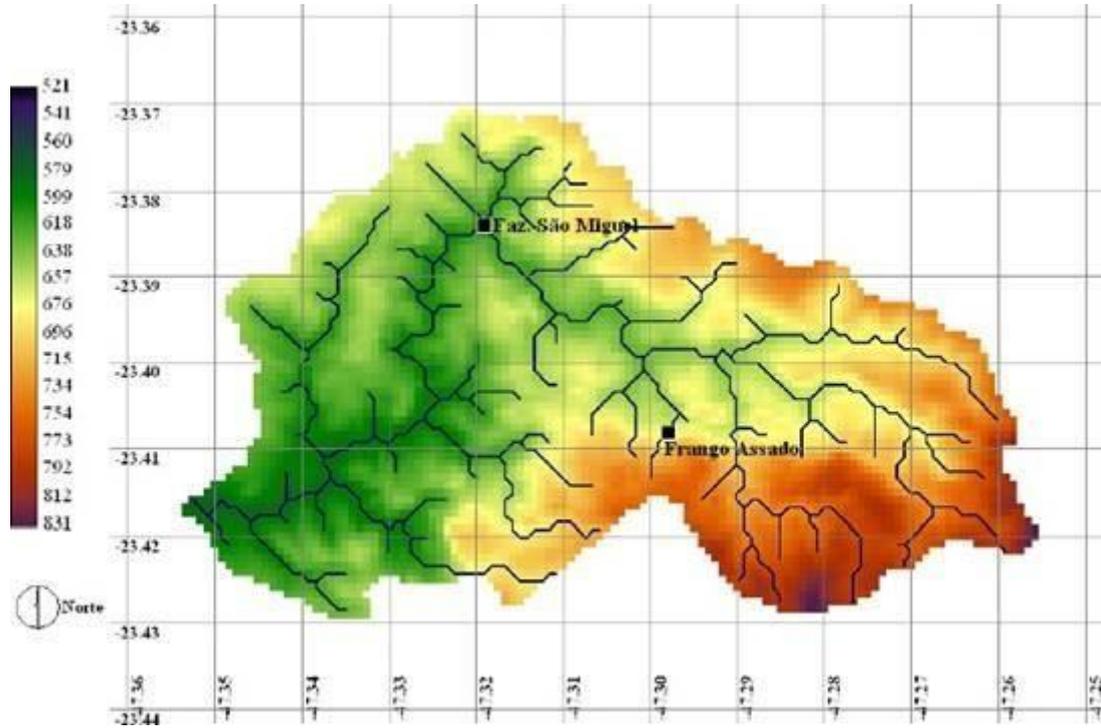


Figura 32: Bacia Hidrográfica do Varejão – delimitação e MNT.



Figura 33: Bacia Hidrográfica do Varejão – perfil longitudinal do curso d'água principal.

4.12.3.7. BACIA HIDROGRÁFICA DO MOMBAÇA E DO PAU D'ALHO

A bacia hidrográfica do Mombaça e Pau d'alto encaminham a água bruta para a mesma estação de tratamento, denominada ETA I – Rancho Grande. Desta estação partem adutoras de água tratada independentes para a distribuição em diversas localidades do município. Os pontos de captações estão localizados em uma latitude 23°22'53,38" S e longitude 47°8'13,00" O para o Mombaça e latitude 23°20'18,81" S e longitude 47°10'19,28" O, para o Pau D'alto. Não foram identificados pontos de interesse para períodos de estiagem, uma vez que se considera a bacia hidrográfica do Mombaça como perene e não há represamentos a montante.

Tabela 14: Características da bacia do Mombaça e Pau d'alto

Área de drenagem:	218 km ²
Comprimento do rio principal:	6.569,12 m
Atitudes:	659 a 1100
Tempo de concentração:	Escoamento livre
Represas de interesse:	Não encontrado
Unidade de abastecimento:	ETA1

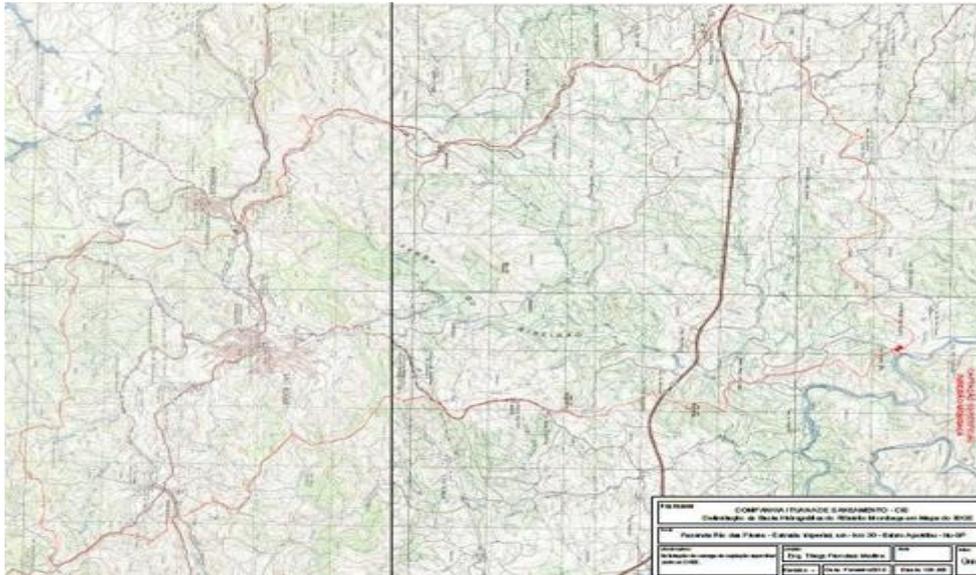


Figura 33: Delimitação da bacia do Mombaça e Pau d'Alho.

5. DEFINIÇÕES

5.1. PRESSÃO ANTRÓPICA

As ações humanas podem causar a degradação da qualidade ambiental. Os impactos negativos da presença antrópica podem levar à perda da qualidade do meio ambiente.

Áreas que sofrem pressão humana podem ser classificadas como consolidadas ou incipientes. As consolidadas são quando as pressões humanas estão completamente estabelecidas, de alta pressão, apresentando impactos ambientais negativos intensos e assentamentos permanentes, os indicadores são: existência de áreas urbanas, estradas, áreas desmatadas e assentamentos de reforma agrária (Barreto ET al., 2005).

As áreas de pressão humana incipiente são consideradas de média/baixa pressão, as atividades antrópicas podem ser temporárias, como atividades de

agricultura de subsistência, extrativismos, entre outros. Os principais indicadores são: focos de calor (mostrados em satélites), áreas de exploração de madeira e mineração. (Barreto ET al., 2005)

5.2. EROSÃO DO SOLO

O processo de erosão está associado ao desgaste da superfície do terreno e a perda da camada superficial do solo. Causado por forças ativas e passivas, as principais forças ativas que agem no processo são as precipitações pluviais, o vento, a capacidade de absorção de água pelo solo e o comprimento e declividade do terreno, e as forças passivas são a resistência do solo e a cobertura vegetal.

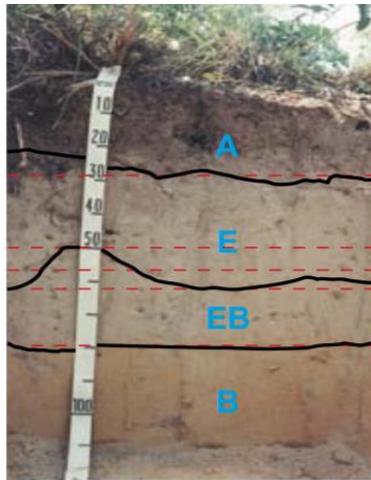
Dentre os principais processos erosivos, estão a erosão hídrica (causada pela água) e erosão eólica (causada pelo vento). Considerando a localização geográfica do País, a erosão hídrica é mais significativa que a eólica já que o Brasil apresenta um clima predominantemente tropical onde a ocorrência e quantidade de chuva são bem expressivas.

5.2.1. CLASSES DE EROSÃO

De acordo com o Manual Técnico Pedológico – IBGE/2015, as classes de erosão são classificadas em:

- ✓ Não aparente: o solo não apresenta sinais perceptíveis de erosão laminar ou em sulcos.
- ✓ Ligeira: remoção de até 25% do horizonte A.
- ✓ Moderada: remoção de até 75% do horizonte A.
- ✓ Forte: remoção de mais de 75% do horizonte A.
- ✓ Muito Forte: remoção total do horizonte A e o horizonte B já bastante atingido.

- ✓ Extremamente Forte: remoção total dos horizontes A e B.



Profundidade dos Horizontes

Horizonte A	- 0 - 28cm
Horizonte E	- 28 - 56cm
Horizonte EB	- 56 - 78cm
Horizonte B	- 78 - 110cm+

Espessura dos Horizontes

Horizonte A	- 28cm
Horizonte E	- 22 - 33cm
Horizonte EB	- 17 - 28cm
Horizonte B	- 32cm+

Nota: Sempre que a profundidade do último horizonte examinado for além da profundidade de observação, utilizar o sinal "+", para indicar que o mesmo se estende a maiores profundidades. Exemplo: 78-110cm+.

Figura 34: Profundidade e espessura dos horizontes

5.3. ASSOREAMENTO

O impacto da erosão nos recursos hídricos se dá pelo assoreamento dos cursos d'água e reservatórios. O assoreamento consiste na deposição do material sedimentar ou coluvionar, resultando no aterramento ou entulhamento de áreas mais baixas.

O assoreamento é um processo que pode ser acelerado pelo ser humano, com o desmatamento e a remoção da vegetação de mata ciliar a área afetada fica exposta a processos erosivos, a camada superficial é removida e transportada por escoamento em direção aos corpos d'água, onde são depositados.

Os principais impactos negativos são:

- ✓ Diminuição do armazenamento de água;
- ✓ Degradação da água para consumo;
- ✓ Aumento da turbidez da água, prejudicando o aproveitamento da

- ✓ água e reduzindo a atividade de fotossíntese;
- ✓ Obstrução dos canais dos cursos d'água;
- ✓ Destruição do habitat de espécies aquáticas;
- ✓ Colmatação total de pequenos lagos e açudes;
- ✓ Aumento dos custos para o tratamento da água;
- ✓ Prejuízo dos sistemas de distribuição de água;
- ✓ Veiculação de poluentes como fertilizantes, inseticidas, pesticidas e herbicidas;
- ✓ Obstrução de canais de irrigação e navegação;
- ✓ Abrasão nas tabulações e nas partes internas das turbinas.

5.4. POLUIÇÃO POR EFLUENTES E RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo a CETESB/2017, o solo atua como filtro e possui a capacidade de depuração e imobilização de grande parte das impurezas nele depositadas. Porém essa capacidade é limitada, podendo ocorrer alteração na qualidade do solo, pelo efeito cumulativo da deposição de poluentes atmosféricos, aplicação de defensivos agrícolas, fertilizantes, disposição de resíduos sólidos industriais, urbanos, materiais tóxicos e radioativos.

Historicamente, o solo tem sido utilizado por gerações como receptor de substâncias resultantes da atividade humana. Com o aparecimento dos processos de transformação em grande escala a partir da Revolução Industrial, a liberação descontrolada de poluentes para o ambiente e sua consequente acumulação no solo e nos sedimentos sofreu uma mudança drástica de forma e de intensidade, explicada pelo uso intensivo dos recursos naturais e dos resíduos gerados pelo aumento das atividades urbanas, industriais e agrícolas.

Essa utilização do solo como receptor de poluentes pode se dar localmente por um depósito de resíduos; por uma área de estocagem ou processamento de produtos químicos; por disposição de resíduos e efluentes, por algum vazamento ou derramamento; ou ainda regionalmente através de deposição pela atmosfera, por inundação ou mesmo por práticas agrícolas indiscriminadas. Desta forma, uma constante migração descendente de poluentes do solo para a água subterrânea ocorrerá, o que pode se tornar um grande problema para aquelas populações que fazem uso deste recurso hídrico. A Figura 35 apresenta sucintamente as fontes de poluição do solo e sua migração.



Figura 35: Fontes de poluição do solo e sua migração. Fonte: CETESB/2017.

No momento em que um contaminante ou poluente atinge a superfície do solo, ele pode ser adsorvido, arrastado pelo vento ou pelas águas do escoamento superficial, ou lixiviado pelas águas de infiltração, passando para as camadas inferiores e atingindo as águas subterrâneas. Uma vez atingindo as águas subterrâneas, esse poluente será então carregado para outras regiões, através do fluxo dessas águas.

Um grande número de substâncias potencialmente perigosas pode estar presente em um local, embora geralmente suas concentrações sejam baixas. Essas substâncias frequentemente estarão acumuladas perto do ponto em que foram processadas, estocadas ou utilizadas e isso é um dado importante na condução dos estudos efetivos do histórico do local. As concentrações determinadas nesses locais são comparadas aos valores orientadores para definição da condição de qualidade do solo.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. LEVANTAMENTO DE DADOS

Inicialmente foram utilizadas fontes secundárias de dados como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo (LUPA) da CATI/SAA, Fundação SEADE, Planos Municipais, Estudos Hidrológicos, Plano de Manejo, entre outros.

6.2. LEVANTAMENTO EM ESCRITÓRIO

Foi realizado um estudo preliminar do município, visando identificar processos erosivos, situação das áreas de mananciais e de áreas susceptíveis a inundações e enchentes.

Para a elaboração dos mapas foram utilizados os softwares AUTOCAD e o ARCGIS.

O estudo inicial possibilitou identificar áreas de APPs em mananciais susceptíveis a processos erosivos, assoreamentos, ausência de mata ciliar, áreas propícias a inundações e estradas rurais suscetíveis a processos erosivos e outros fatores de degradação.

7. MAPAS TEMÁTICOS

7.1. ÁREA URBANA E RURAL

Na Figura 36 é delimitado o município de Itu, em vermelho a área urbana, em azul as áreas urbanas isoladas e o restante a área rural.

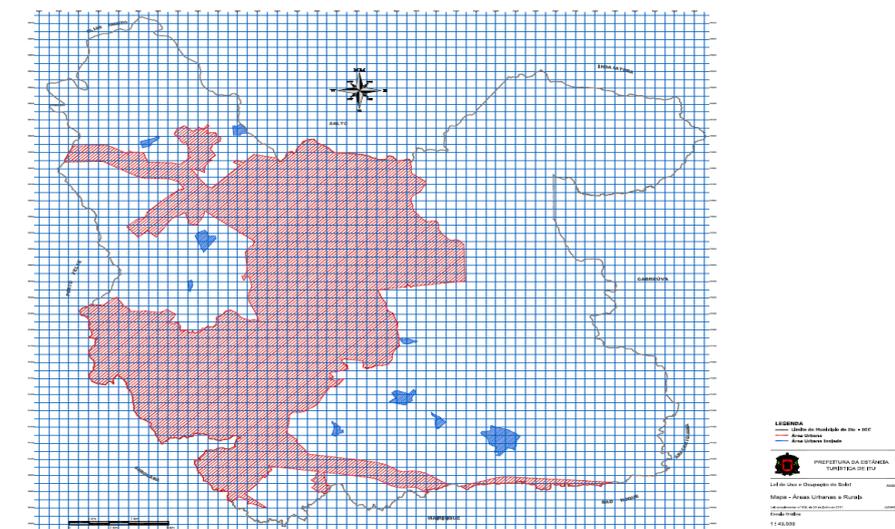


Figura 36: Mapa delimitando as áreas urbanas e a rural

7.2. RELEVO

Extraído da Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, o trabalho foi realizado em março de 2014 pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).



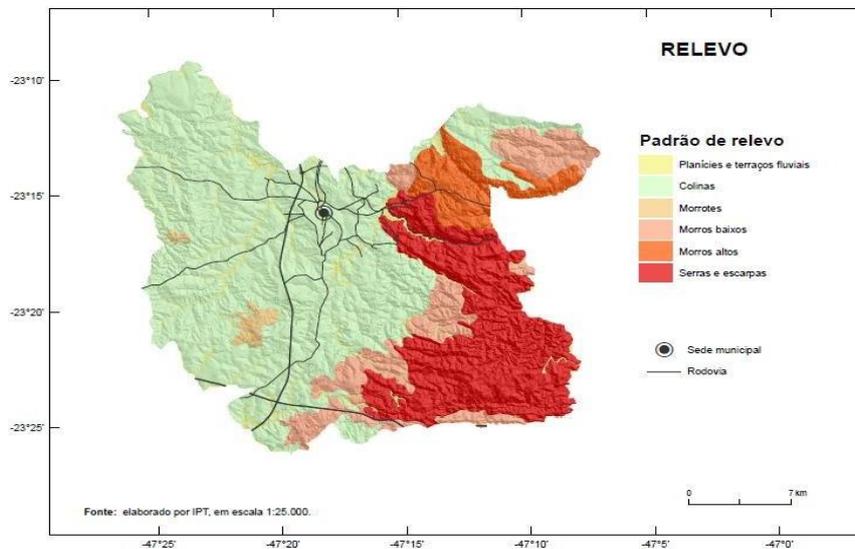


Figura 37: Relevo no Município. **Fonte:** CPRM, 2014.

O município possui os seguintes padrões de relevo:

- ✓ Planícies e terraços fluviais;
- ✓ Colinas;
- ✓ Morrotes;
- ✓ Morros baixos;
- ✓ Morros altos;
- ✓ Serras e escarpas.

7.3. RELEVO SOMBREADO

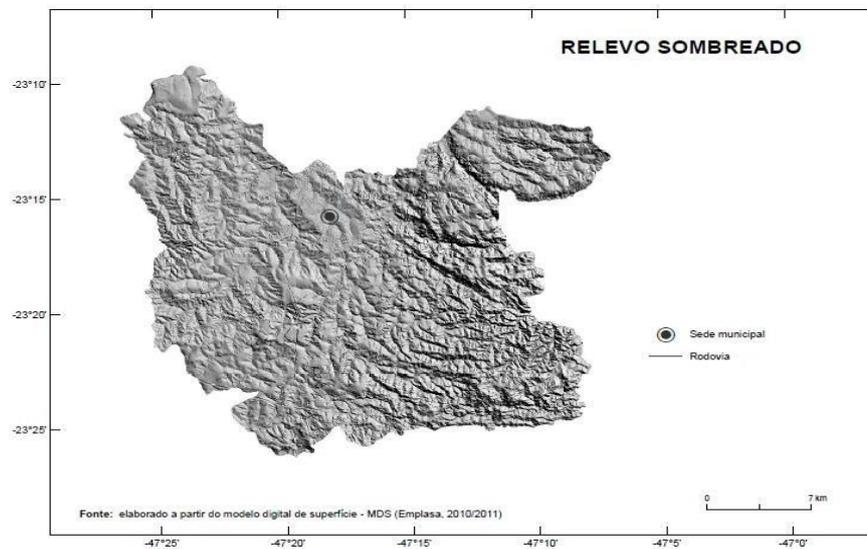


Figura 38: Relevo sombreado. Fonte: CPRM, 2014

7.4. HIPSOMETRICO

Extraído da Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, o trabalho foi realizado em março de 2014 pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).



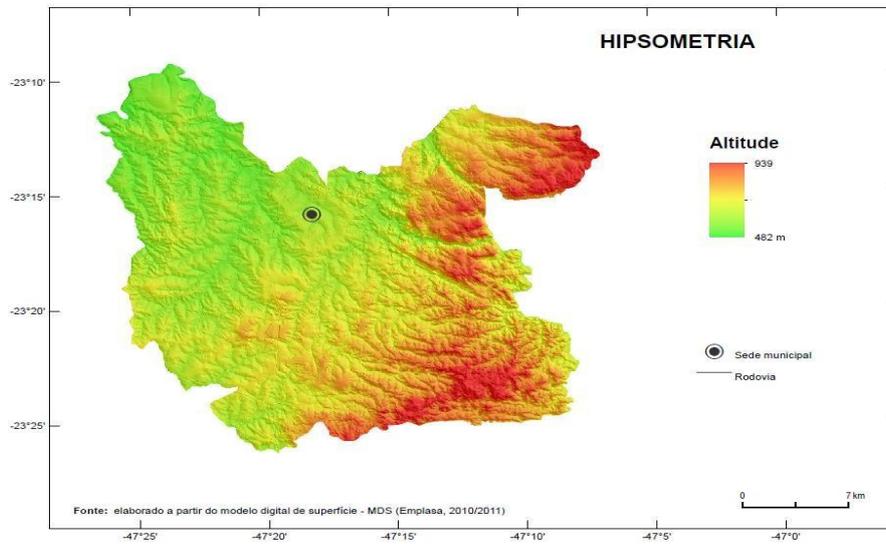


Figura 39: Mapa hipsométrico. Fonte: CPRM, 2014.

7.5. DECLIVIDADE

Extraído da Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, o trabalho foi realizado em março de 2014 pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

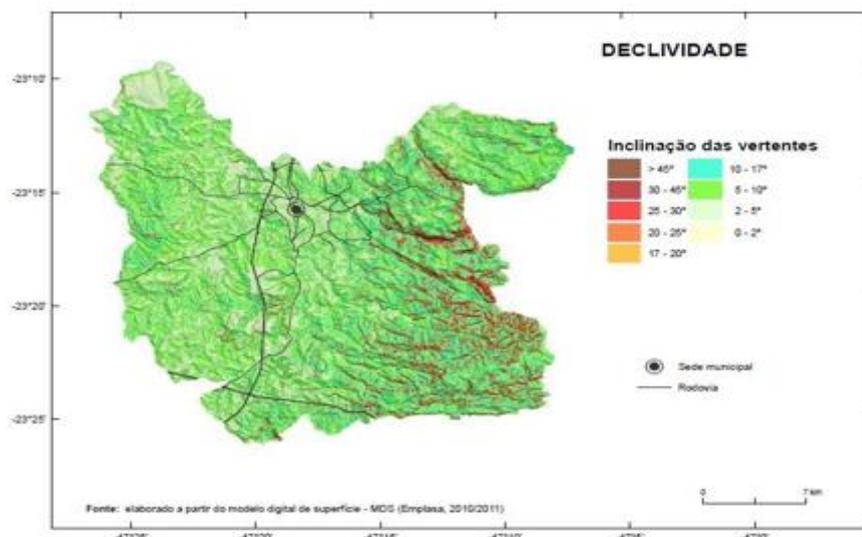


Figura 40: Mapa declividade. Fonte: CPRM, 2014.

7.6. PRECIPITAÇÕES MÉDIAS ANUAIS E MENS AIS

Extraído da Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, o trabalho foi realizado em março de 2014 pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

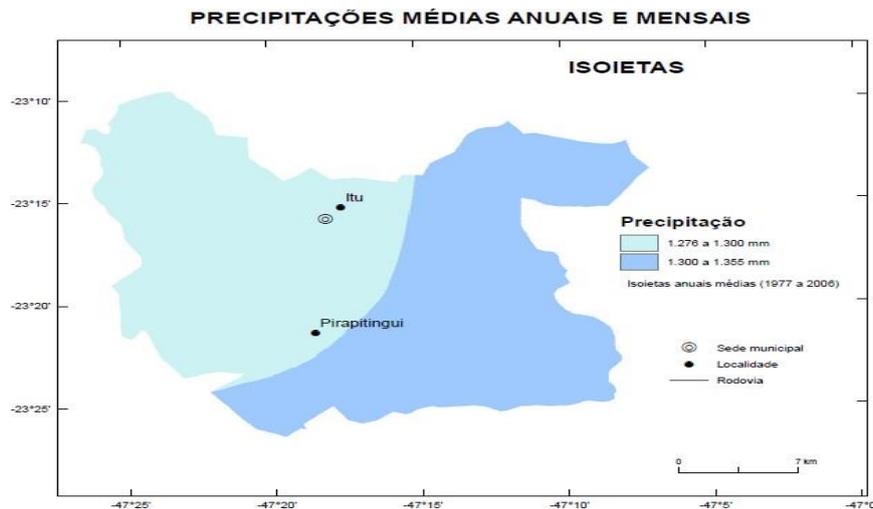


Figura 41: Mapa das Precipitações Médias.

7.7. BACIAS HIDROGRÁFICAS DE ABASTECIMENTO

O Município de Itu possui 8 bacias de abastecimento em seu território.

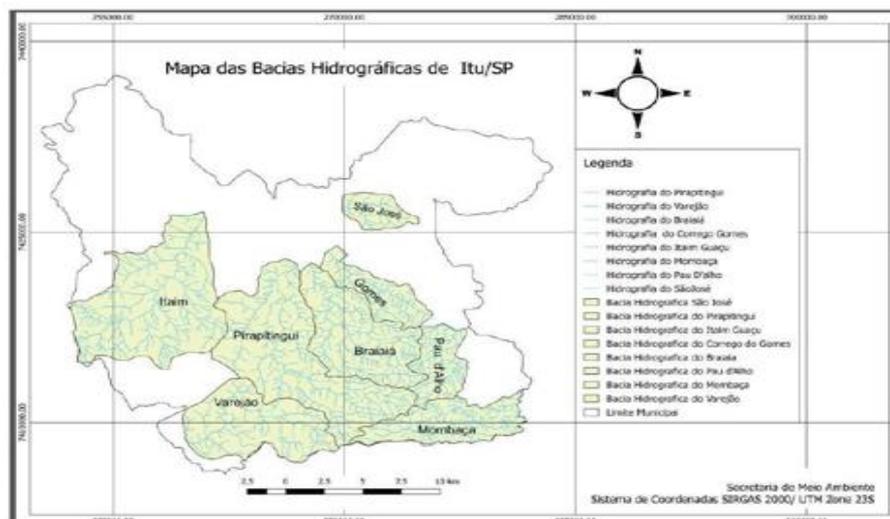


Figura 42: Bacias de Mananciais de Itu.

7.8. HIDROGRAFIA

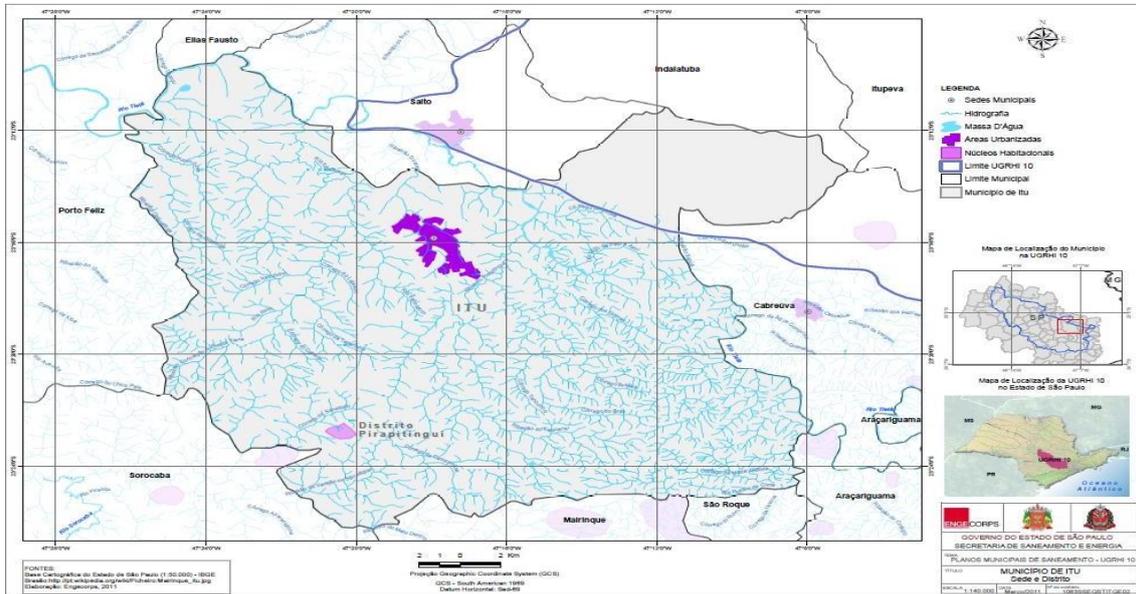


Figura 43: Hidrografia do Município.

7.9. MACRODRENAGEM

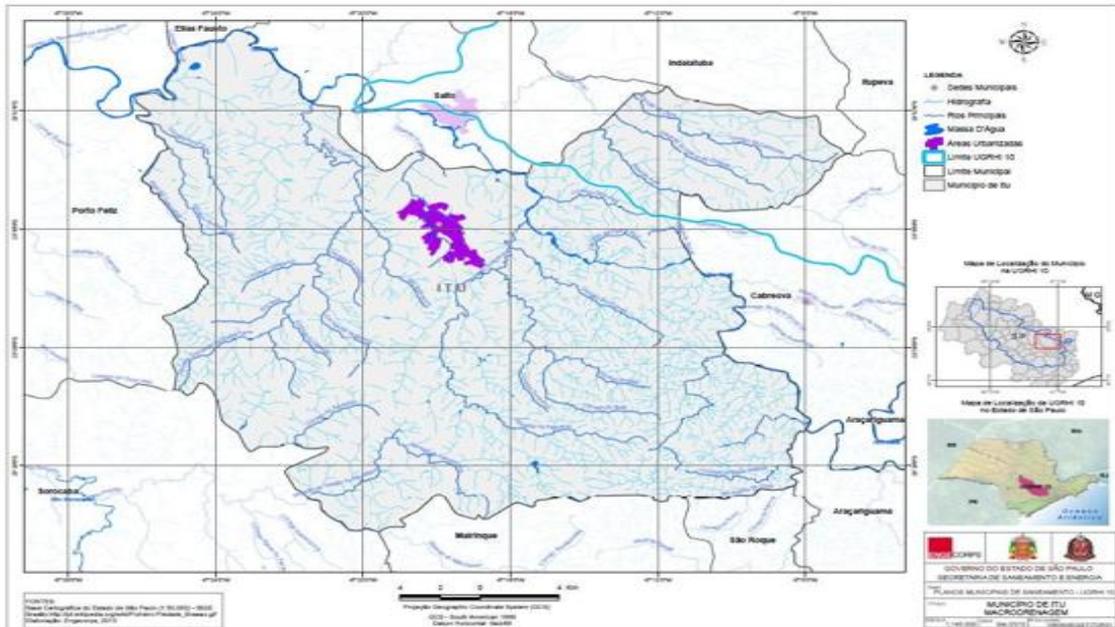


Figura 44: Macrodrenagem.

7.10. MALHA VIÁRIA URBANA E RURAL

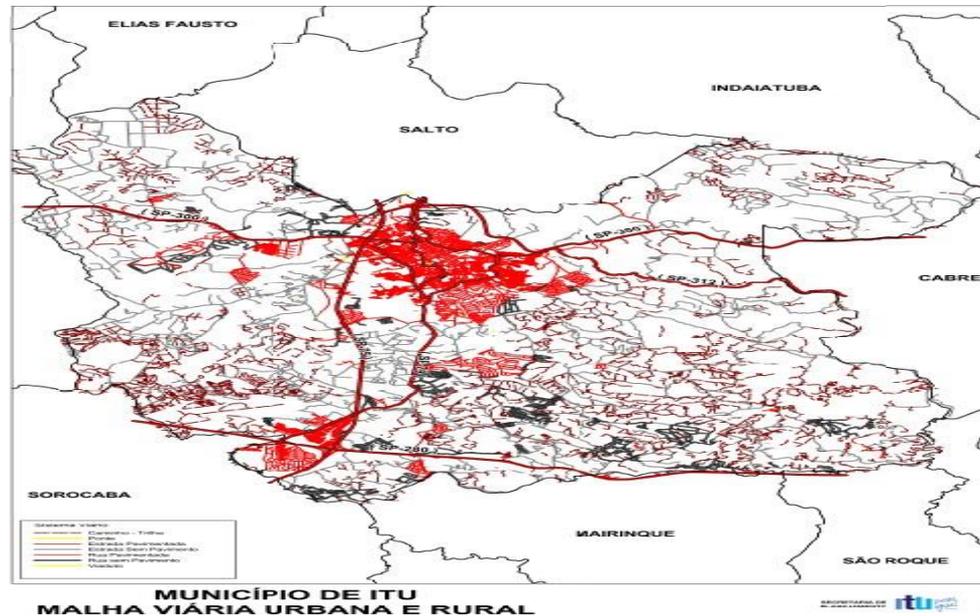


Figura 45: Malha Viária Urbana e Rural

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município apresenta em algumas áreas solos argissolos vermelho-amarelos que são solos bastante suscetíveis à erosão laminar, sobretudo quando for acentuada a diferença textural do horizonte A para o horizonte B e o relevo se apresentar com vertentes com fortes declividades. Há a ocorrência em pequenas manchas de cambissolos háplicos que são bastante suscetíveis à erosão, desenvolvendo comumente sulcos e ravinas.

8.1. BACIAS DE MANANCIAIS

Foi realizado um levantamento da situação hídrica nas bacias de mananciais do município de Itu, delimitando as áreas de APP, a quantidade de

nascentes, a extensão hídrica e a área total de cada bacia de manancial. Abaixo a tabela 15 com as informações encontradas.

Tabela 15: Súmula quantitativa da situação hídricas das bacias do município.

	Braiaia	Gomes	Itaim	Pirapitingui	São José	Varejão	Pau D'Alho	Mombaça	TOTAL
APP (ha)	788	316	1.040	1.086	149	554	401	560	4.895
Nascentes (unid)	160	61	157	173	23	80	69	126	849
Hídrico (km)	124	50	167	174	24	89	64	87	778
Área Total Bacia (ha)	4.432	1.722	7.670	7.567	992	4.280	1.706	2.773	31.141

Analisando as bacias de manancial, verificou-se a presença de alguns fatores degradantes e problemas na qualidade e quantidade da água bruta, em função principalmente do desmatamento e da ocupação urbana por loteamentos. É de se destacar a grande quantidade de mananciais utilizados para atender a sede, em virtude da dificuldade técnica e política da utilização do Rio Tietê, cujas águas apresentam classificação de “ruim” no município, devido principalmente à poluição proveniente da Região Metropolitana de São Paulo.

Foi produzido mapas da situação de cada bacia de abastecimento, exceto da Bacia do Ribeirão Mombaça (em estudos), com a delimitação e o cálculo das áreas com e sem vegetação, as figuras seguem abaixo.

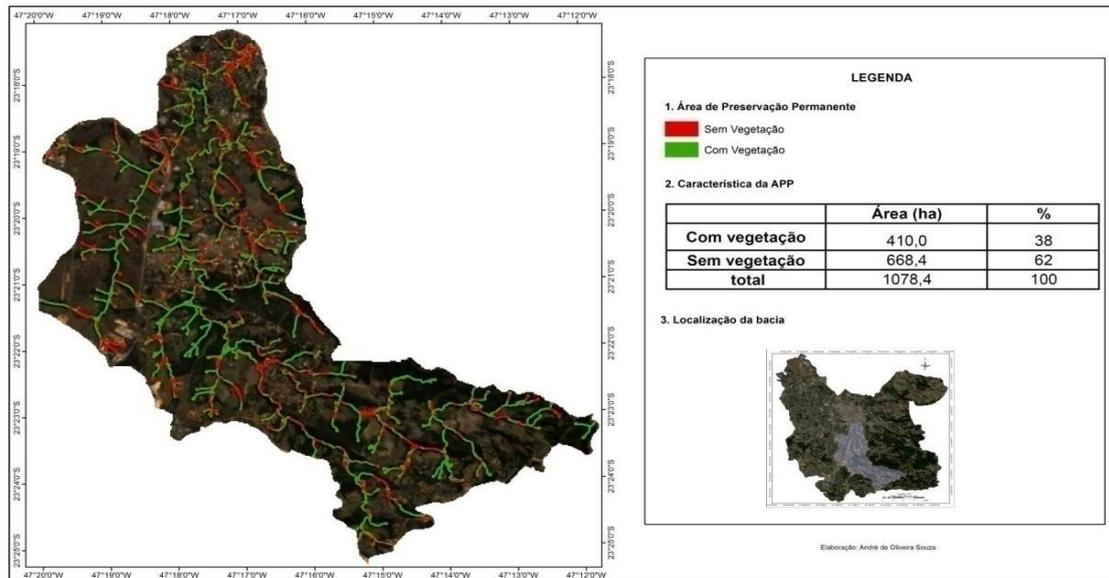


Figura 46: Bacia do Pirapitingui/Taquaral, com os dados de vegetação e características da APP. **Fonte:** Plano de Restauração de Matas Ciliares e Nascentes Itu - 2014.

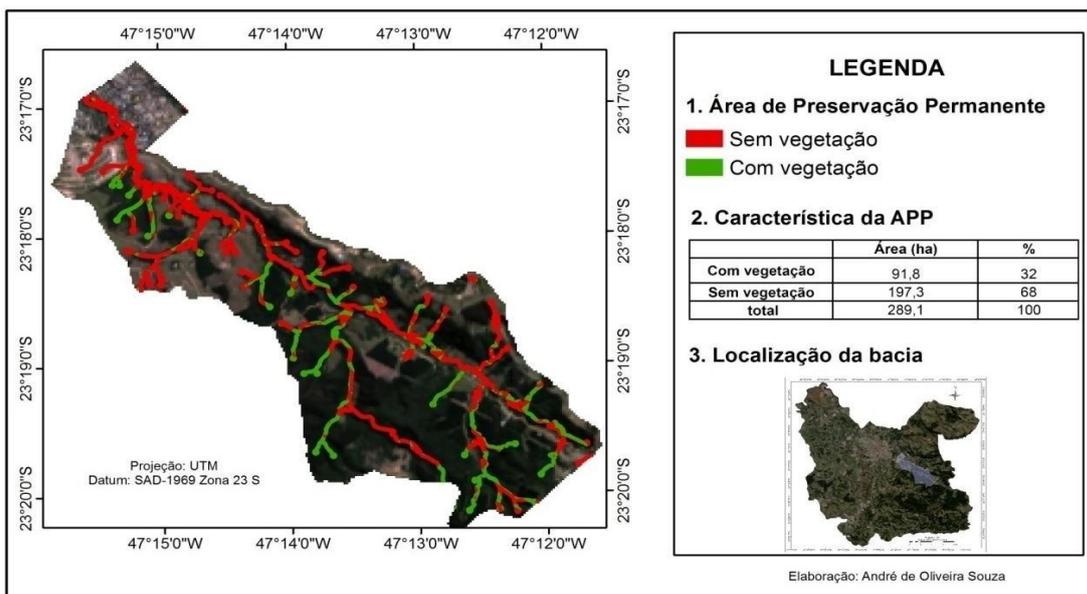


Figura 47: Córrego dos Gomes, com os dados de vegetação e características da APP. **Fonte:** Plano de Restauração de Matas Ciliares e Nascentes Itu - 2014.

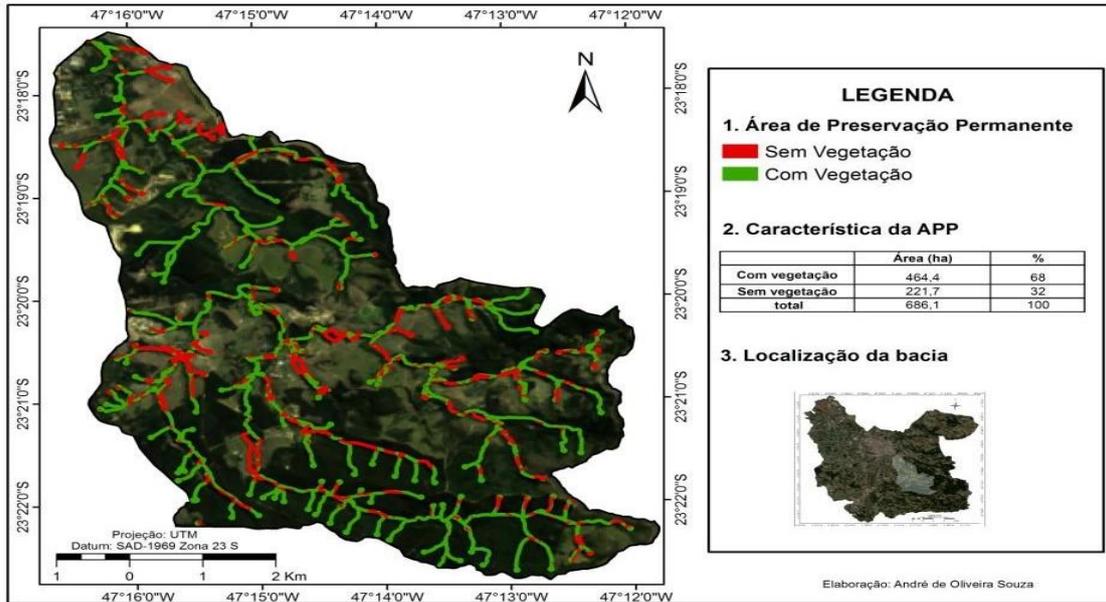


Figura 48: Córrego Braiaia, com os dados de vegetação e características da APP.
Fonte: Plano de Restauração de Matas Ciliares e Nascentes Itu - 2014.

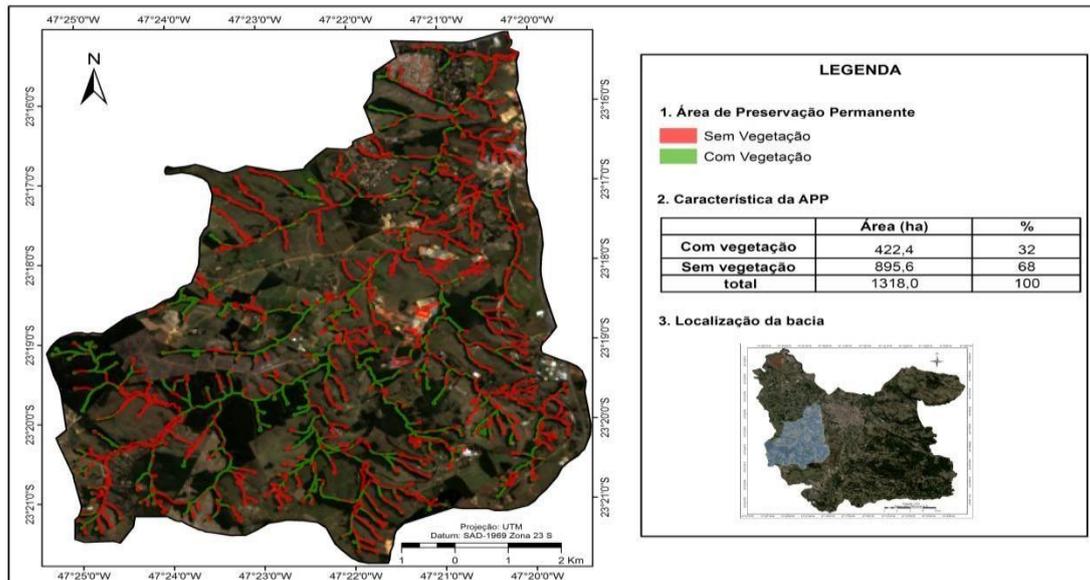


Figura 49: Bacia do Itaim-Guaçu, com os dados de vegetação e características da APP.
Fonte: Plano de Restauração de Matas Ciliares e Nascentes Itu - 2014.

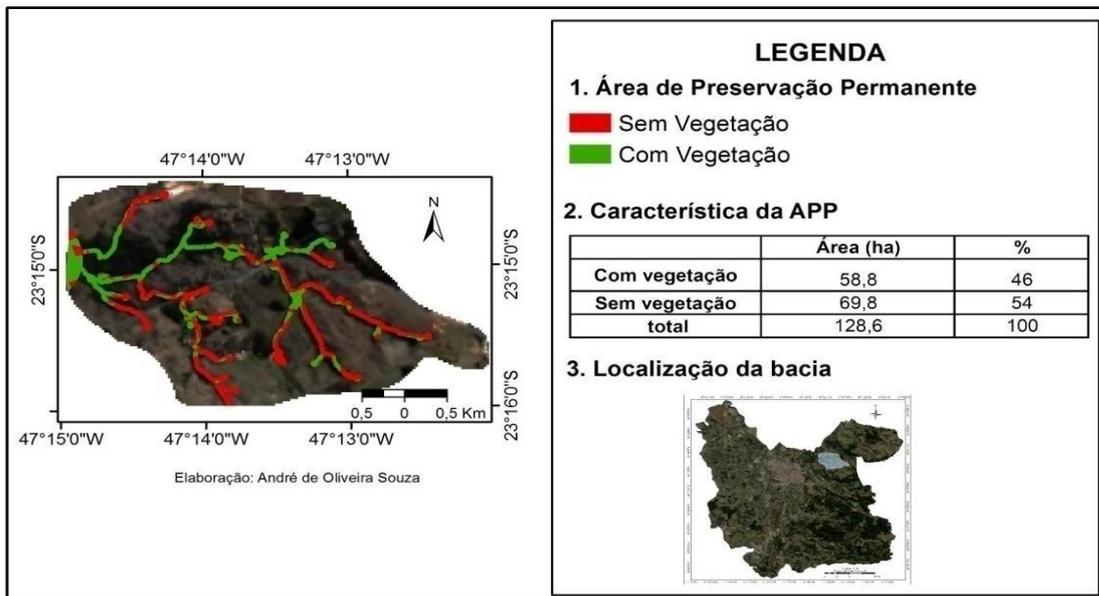


Figura 50: Bacia do São José, com os dados de vegetação e características da APP.

Fonte: Plano de Restauração de Matas Ciliares e Nascentes Itu - 2014.

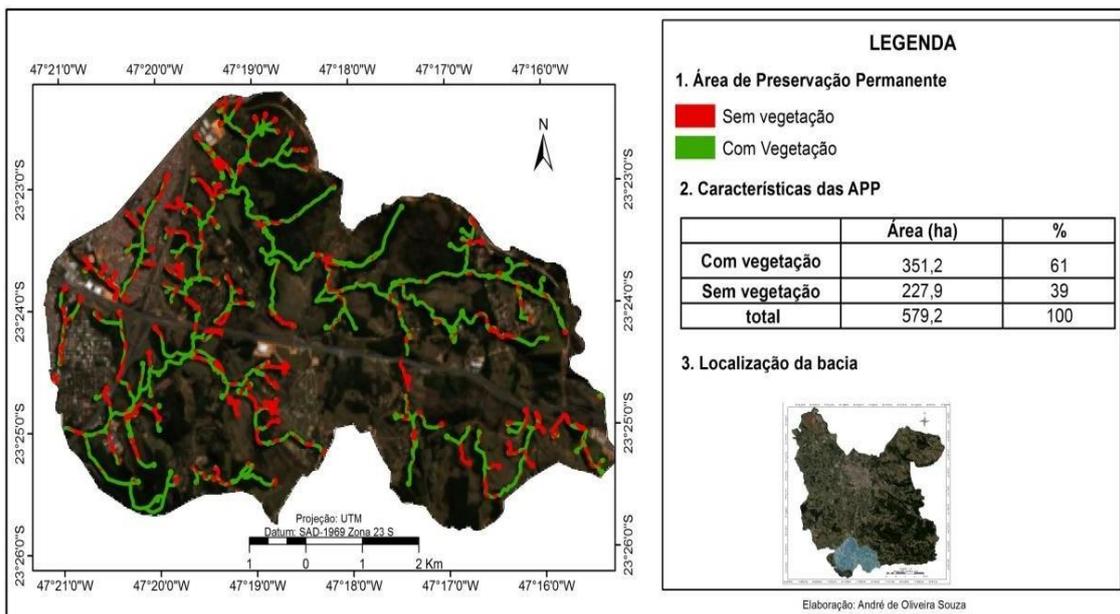


Figura 51: Bacia do Varejão, com os dados de vegetação e características da APP.

Fonte: Plano de Restauração de Matas Ciliares e Nascentes Itu - 2014.

Analisando os mapas foi possível verificar que as bacias de mananciais apresentam áreas de APPs sem vegetação, um total de 2.280,7 hectares a serem recuperadas.

A ação de recuperação é de extrema importância já que a cobertura vegetal das margens de rios, lagos, nascentes, represas, igarapés são fundamentais para o equilíbrio ambiental, oferecendo proteção aos corpos d'água e ao solo, reduzindo o assoreamento e a força da água que chegam aos corpos hídricos, mantendo a qualidade da água e impedindo a entrada de poluentes para o meio aquático. Além de formarem corredores para a fauna com o fornecimento de alimento e abrigo, formam barreiras naturais contra a disseminação de pragas e doenças na agricultura, entre outros benefícios.

Segundo o Código Florestal, as matas ciliares são consideradas áreas de proteção permanente. Uma área de proteção permanente é uma área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

O código florestal brasileiro determina uma distância mínima que se deve manter da mata ciliar nas margens de um rio. Sendo:

- ✓ 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- ✓ 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- ✓ 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- ✓ 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- ✓ 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

8.2. ESTRADAS RURAIS NÃO PAVIMENTADAS

A erosão provocada pela água no leito e nas margens das estradas rurais não pavimentadas está diretamente relacionada à má drenagem. Para a execução de um sistema de drenagem adequada é fundamental o conhecimento da capacidade de infiltração da água no solo, a erodibilidade, a adoção de práticas mecânicas de elevação do greide e a interceptação da água através de dispositivos de captação.

O município de Itu possui uma grande malha viária rural, que em grande parte necessita de manutenção e recuperação.

Na figura 52 é possível identificar processos de erosão hídrica laminar, com a formação de sulcos e ravinas em uma estrada rural do Bairro Pedregulho. Os solos da região são do tipo argilo-siltico-arenosos que dependendo de fatores como o relevo, cobertura vegetal e clima podem sofrer processo erosivo hídrico laminar.





Figura 52: Sulcos e ravinas formados em estrada rural – Bairro Pedregulho.

8.2.1. LEVANTAMENTO DAS ESTRADAS RURAIS

A Prefeitura da Estância Turística de Itu viu a necessidade de fazer o levantamento e o mapeamento das estradas rurais do município, após o término dos estudos foi possível o acesso a dados relativos à área agrícola, educação, saúde e assistência social, que ajudarão nas ações de políticas públicas realizadas pela Prefeitura.

O georeferenciamento também possibilita a emissão de CEPs para as propriedades, facilitando o acesso e o recebimento de cartas e encomendas. Esse levantamento permitirá também o planejamento de ações nas estradas rurais não pavimentadas visando evitar as erosões.



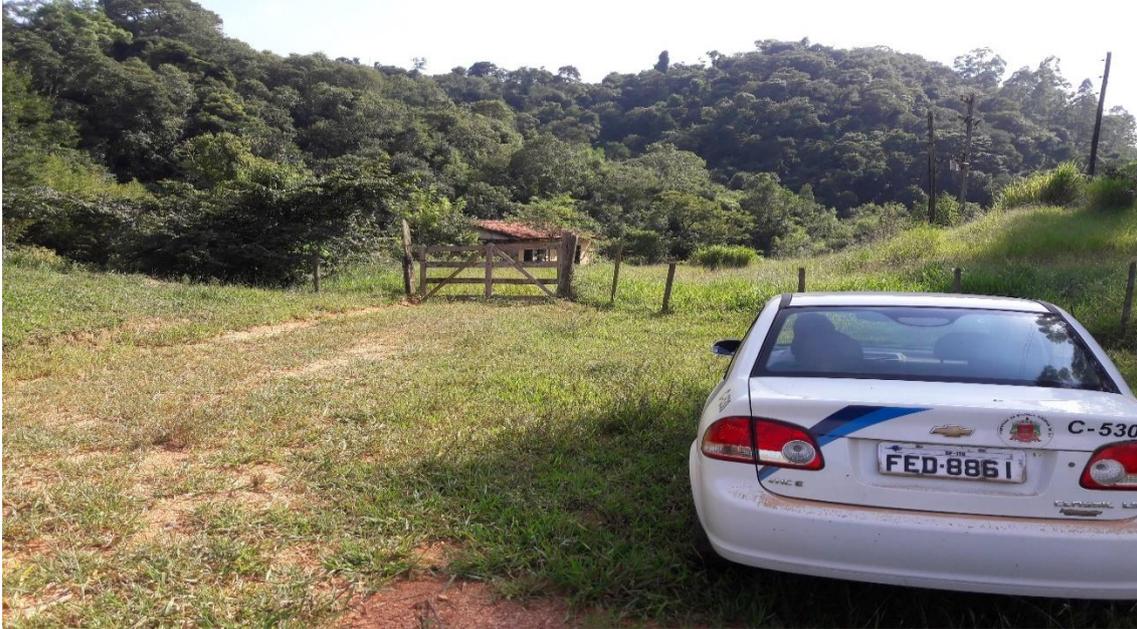
✓ ITU-020



✓ ITU-070



✓ ITU-357



✓ ITU-420



✓ ITU-459



✓ ITU-464



8.3. SISTEMA DE DRENAGEM – INUNDAÇÕES E PONTOS DE EROSÃO

O sistema de drenagem urbana pode ser dividido em 2 subsistemas distintos e complementares: microdrenagem e macrodrenagem.

O sistema de microdrenagem está presente em quase toda a área urbana do município, dado que grande parte das vias públicas está pavimentada e composta de sarjetas, bocas-de-lobo, grelhas e galerias de águas pluviais. Porém, não há cadastro desse sistema quanto ao número de bocas-de-lobo, extensão e localização da rede de galerias, diâmetro, declividade e estado de conservação. Também não há informação sobre o programa de manutenção e limpeza das estruturas constituintes dos microdrenos.

Em relação ao sistema de macrodrenagem, deve-se destacar os principais cursos d'água que passam pela área urbana: Rio Tietê, Rio Itaim-Mirim, Ribeirão Itaim, Ribeirão Guaraú, Ribeirão Pirapitingui, Córrego Brochado, Córrego Taboão e Córrego da Bananeira.

A macrodrenagem corresponde aos drenos de maior porte, naturais e artificiais, geralmente compostos pelos córregos, ribeirões e rios.

9. ESTRATÉGIAS DE AÇÕES, MEDIDAS E SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA OS PROCESSOS EROSIVOS

O conjunto de ações e medidas a ser realizada deve ser de forma integrada. Após os levantamentos, análises e interpretações dos estudos e dos mapas temáticos, foram propostas ações para a mitigação dos principais problemas encontrados.



9.1. TIPOS DE MEDIDAS

Divididos em cinco grupos:

- ✓ **Técnicas Mecânicas:** Práticas artificiais, que depositam porções de solo de forma adequada, objetivando diminuir a velocidade do escoamento superficial e aumentar a infiltração;
- ✓ **Técnicas Ecológicas:** São as que utilizam apenas componentes vegetais para conter o processo erosivo;
- ✓ **Técnicas Estruturais:** Englobam as metodologias que utilizam elementos mecânicos e estruturais, com diferentes finalidades;
- ✓ **Técnicas Agrícolas:** São as técnicas conservacionistas do solo, associadas com esse tipo de atividade;
- ✓ **Técnicas de Bioengenharia:** Utilizam materiais vivos, principalmente vegetação, em conjunto com elementos mecânicos e estruturais.

Essas técnicas podem ser utilizadas para prevenir, controlar, mitigar ou recuperar uma área, frente à ação erosiva da água.

A prevenção envolve técnicas que procuram evitar a ocorrência do processo erosivo, impedindo a ação do agente deflagrador, ou diminuindo a vulnerabilidade dos fatores condicionantes da erosão.

As atividades de controle impedem a evolução da erosão já existente, diminuindo a ação do deflagrador ou diminuindo a vulnerabilidade, mas sem alterar o estado atual da feição erosiva.

A mitigação é adotada quando um conjunto de técnicas é empregado visando à redução ou eliminação de algum impacto negativo relacionado à erosão.

O processo de recuperação de um processo erosivo é considerado como a eliminação total das feições existentes e das condições de vulnerabilidade.

Na tabela 16 abaixo é apresentado as principais medidas de prevenção, controle, mitigação e recuperação de erosão.

Tabela 16: Principais Medidas de Prevenção, Controle, Mitigação e Recuperação.

Técnicas	Medidas	Objetivo das Medidas			
		Prevenção	Controle	Mitigação	Recuperação
Ecológicas	Revegetação	X	X	X	X
	Pastagem	X	X	X	X
	Faixa Ripariana	X	X	X	X
	Zonas de Buffer	X	X	X	X
	Barreira de Galhos (Brush Barrier)	X	X	X	
Agrícolas	Plantas de Cobertura	X	X	X	
	Culturas em Faixa	X	X	X	
	Cordões de Vegetação Permanente	X	X	X	
	Faixas de Bordadura	X	X	X	
	Alternância de Capinas	X	X	X	
	Ceifa do Mato	X	X	X	
	Cobertura Morta	X	X	X	
	Controle do Fogo	X			
	Adubação (Verde, Química e Orgânica)	X	X	X	
	Plantio Direto	X	X	X	
	Rotação de Culturas	X	X	X	
	Calagem			X	
	Plantio em Contorno	X	X	X	X
Mecânicas	Terraceamento	X	X	X	X
	Sulcos e Camalhões em Contorno	X			
	Canais Escoadouros	X	X	X	
	Barragens	X	X	X	
	Adequação e Conservação de Estradas		X	X	
	Vicinas e Carreadores	X			
	Caixas de Infiltração	X	X	X	
	Aterramento		X	X	X
	Rip Rap	X	X	X	X
	Cordões de Nível	X	X	X	X
	Aterramento com Resíduo		X	X	X
	Retaludamento	X	X	X	X
	Bermas	X	X	X	X
Barragem de Sedimento	X	X	X		
-----	Muro de Contenção	X	X	X	
	Dique de Proteção	X	X	X	
	Meios-Fios/Guias	X	X	X	X
	Sarjetas	X	X	X	X

Estruturais	Microdrenagem	Bocas-de-Lobo/Bocas Coletoras	X	X	X	X
		Galerias	X	X	X	X
		Poços de Visita	X	X	X	X
		Tubos de Ligações	X	X	X	X
		Caixas de Ligação	X	X	X	X
	Macrodrenagem	Canais: Naturais ou Artificiais	X	X	X	X
		Dissipadores de Energia	X	X	X	X
		Ressalto Hidráulico: Canais Abertos		X	X	X
		- Tipo SAF para nº Froude 1,7 a 17		X	X	X
		- Tipo USBR II para nº Froude $\geq 4,5$		X	X	X
		- Tipo USBR III para nº Froude $\leq 4,5$		X	X	X
		- Tipo USBR IV para nº Froude = 2,5 a 4,5		X	X	X
		Barragens	X	X	X	X
		Vertedores: Queda, Calha e Degrau "Cacimbo"		X	X	X
		Bacia de Acumulação			X	X
		Bacia Dissipadoras		X	X	X
		Proteção de Taludes	X	X	X	X
		Aterramento com Obras Hidráulicas		X	X	X
		Obras de Pavimentação	X	X	X	X
		Drenos		X	X	X
Bioengenharia	Gabião Vegetado	X	X	X	X	
	Geogrelha Vegetada	X	X	X	X	
	Mantas de Gramíneas	X	X	X	X	
	Sistemas de Celas de Confinamento	X	X	X	X	
	Tapete Biodegradável	X	X	X		

9.2. TIPOS DE MEDIDAS MAIS UTILIZADAS

9.2.1. REVEGETAÇÃO

É a técnica mais importante, utilizada para replantar espécies arbóreas em áreas sem cobertura vegetal. Este método tem sido amplamente utilizado em vários países desde a metade do século 20, tanto em ecossistemas naturais, quanto em áreas degradadas, visando a proteger o solo da erosão pluvial, evitando inundações, desertificações e melhorando as condições locais.

A presença de uma cobertura vegetal tanto a plantada quanto a natural fornece uma maior proteção ao solo contra a erosão, quando é comparada com as culturas anuais ou sazonais. Isso porque a superfície do solo está coberta pela copa das árvores, pela serapilheira e pelo sistema radicular que tem a capacidade de formar uma rede, consequentemente retém o solo, fornecendo uma resistência adicional às forças de cisalhamento do escoamento superficial e do impacto da gota no solo.

A cobertura vegetal influencia diretamente no processo de infiltração da água no solo, as taxas de infiltração são maiores em solos cobertos do que em solo nu. Devido a ação do sistema radicular e da fauna associada ocorre um aumento da porosidade que favorece a infiltração da água e o fenômeno de evapotranspiração contribui para a retirada do excesso de água do solo retardando a formação do escoamento superficial.

A revegetação com espécies florestais favorece o crescimento de outras espécies como ervas, gramíneas, arbustos e cipós em seu entorno, contribuindo com a retenção da água.

Em áreas degradadas existe uma desvantagem na utilização somente do plantio de árvores como técnica de recuperação florestal, já que esse tipo de vegetação tem a capacidade limitada em conter toda a água da chuva, dado que a cobertura fornecida pela folhagem e pelo sistema radicular são imponentes em prevenir a acumulação do escoamento superficial.

Para a execução desta técnica é fundamental desenvolver um plano de revegetação para a área alvo de recuperação, considerando vários aspectos e realizar ensaios do solo, afim de estabelecer o pH, os níveis de nutrientes, o teor de umidade,

os níveis de salinidade, presença de íons tóxicos, já que esses fatores influenciam no desenvolvimento de espécies. Deve-se considerar fatores climáticos também, incluindo a frequência de secas e chuvas, outro fator que deve ser levado em consideração é a topografia.

Em relação as espécies a serem utilizadas, deve ser considerada principalmente as espécies nativas do local, seguindo orientações de normas de recuperação florestal. Inicialmente as espécies precisam apresentar crescimento rápido, resistência a doenças e pragas, habilidade de competir com espécies menos desejáveis e adaptabilidade às condições locais de solo e clima.

O plano de revegetação deve permitir a sucessão natural, desde a colonização até a comunidade clímax. Inicialmente as pioneiras são as primeiras espécies florestais a se estabelecerem em uma área em regeneração florestal, são heliófilas e geralmente apresentam crescimento rápido e ciclo de vida curto. Em seguida vem as intermediárias que a principal característica é a capacidade de estabelecimento no sub-bosque de florestas em estágios sucessionais intermediários, plântulas e indivíduos jovens podem ser cinófilos ou heliófilos, estabelecendo-se no sub-bosque da floresta, enquanto que os adultos são heliófilos, ocupando o dossel, onde podem permanecer até a floresta atingir o clímax e apresentam ciclo de vida mais longo do que as secundárias iniciais. E por fim o estágio clímax que se estabelecem e apresentam desenvolvimento no sub-bosque de florestas climácicas ou em estágios sucessionais avançados, apresentam ciclo de vida geralmente longo.





Figura 53: As fases da sucessão ecológica.

9.2.2. TÉCNICAS CONSERVACIONISTAS DE PASTAGEM

As áreas de pastagem compreendem pastos melhorados, onde são plantadas e manejadas espécies de gramíneas e leguminosas com aplicações de calcário, matéria orgânica e fertilizantes, podendo utilizar também algumas espécies de arbustos.

A gramínea a ser utilizada deve conferir uma cobertura densa e rente à superfície do solo, sendo uma boa opção para a proteção contra a erosão. As faixas de pastagens permanentes podem ser utilizadas entre áreas de cultivo e as áreas florestais, já que são medidas econômicas e efetivas no controle de erosão.

Esta medida de controle de erosão pode apresentar problema principalmente quando a cobertura é removida devido ao superpastoreio, e pode ser acelerada pelas secas e pelas queimadas excessivas.

O sucesso da adoção desta metodologia depende das boas práticas de manejo, principalmente em manter taxas de lotações adequadas (quantidade de animais por área). A utilização de rodízio de pastagens pode ser indicada, a área total é dividida em um determinado número de parcelas, e o gado deve ser passado de uma para a outra, dentro de uma determinada sequência, dando tempo para a recuperação da cobertura vegetal. Outra prática é o ressemeio periódico, empregando a reforma da pastagem e a plantação de mudas de espécies de capim ou leguminosas indicadas.

Através do guia geral de práticas propostas por Bertoni e Lombardi Neto (1993), é indicado:

- ✓ O pasto deve ser mantido livre de ervas daninhas, devendo apresentar misturas de leguminosas e gramíneas;
- ✓ Fertilização química do solo deve ser aplicada quando necessário, assim como o calcário para a correção da acidez;
- ✓ Os pastos recém estabelecidos não devem ser pastoreados até que o sistema radicular tenha se desenvolvido de forma adequada;
- ✓ As árvores de sombra, para abrigo do gado, devem ser plantadas na parte alta do terreno, longe de córregos e riachos;
- ✓ O superpastoreio deve ser evitado;
- ✓ A adoção do pastoreio misto (várias espécies de animais) assegura uma melhor utilização da pastagem e deve ser adotado quando possível;
- ✓ A adoção de sulcos e camalhões em contorno é uma prática aconselhável para solos argilosos, regiões de pouca chuva e para pastagens em formação.

9.2.3. BARREIRA DE GALHOS (*Brush Barrier*)

Consiste no empilhamento ordenado de galhos e outras estruturas vegetais, na base de encostas e taludes. É uma técnica temporária, que consiste

em uma barreira de sedimentos, construída em áreas que apresentam algum tipo de degradação, com a utilização de materiais disponíveis no local, que são resultantes da cobertura vegetal. Objetivando interceptar o escoamento acelerado, retendo o sedimento e impedindo de deixar a área de onde foi destacado, além de apresentar a função de diminuir a velocidade do escoamento.

Esta barreira de galhos também pode ser feita com ervas, cipós, raízes, solo, bloco de rochas e outros materiais. Esses materiais são todos empilhados e posicionados no meio ou na base de encostas ou em taludes suscetíveis à erosão laminar e linear.

Para a construção desta técnica é recomendado que a área de captação onde a barreira de galhos será aplicada tenha as seguintes características:

- ✓ Não ultrapasse 2500m² para uma barreira de até 30 metros de comprimento;
- ✓ Que o comprimento máximo da encosta a montante da medida não ultrapasse 30 metros;
- ✓ Que a inclinação máxima dessa encosta seja igual a 26,56° ou 50%.

Em relação das dimensões da barreira de galhos, a altura deve variar de 0,9 a 1,5 metros e a largura da base compreenda entre 1,5 e 4,6 metros. A figura 54 representa esquematicamente essa técnica.



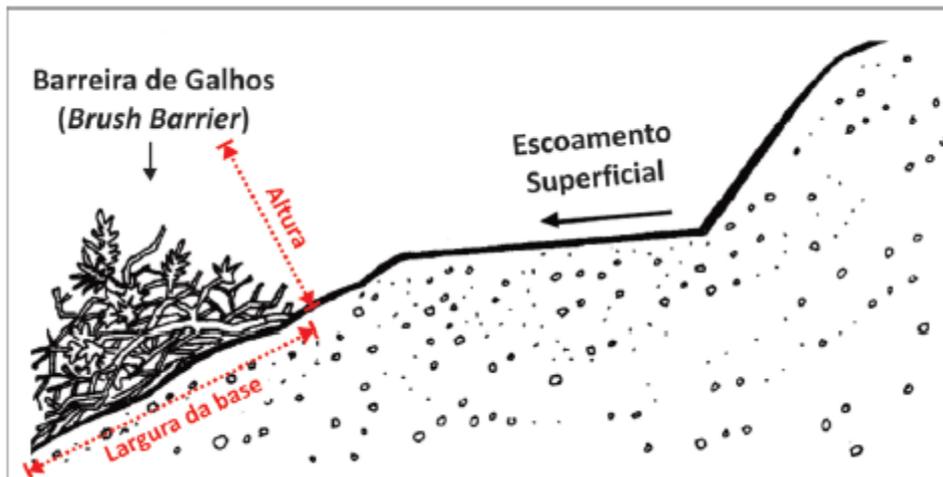


Figura 54: Seção transversal da Barreira de Galhos (Brush Barrier).

Cuidados a ser adotado:

- ✓ Não utilizar materiais que possuam diâmetro maior que 15 cm, pois estes criam vazios nos montes, por onde o escoamento carregado de sedimentos pode passar facilmente. Os materiais não devem ficar frouxos e nem criar vazios;
- ✓ Ficar atento à acumulação dos sedimentos, dado que esta pode levar a barreira a perder sua capacidade de filtração;
- ✓ É recomendado inspeções semanais e/ou depois de grandes eventos de chuva, sobretudo para avaliar a acumulação de sedimento, sendo necessária a remoção do mesmo quando alcançarem altura igual a um terço a metade da altura da barreira.

9.2.4. TERRACEAMENTO

Os terraços consistem em séries de grandes ondulações em intervalos dispostos em uma encosta, e usualmente são construídos em leves degraus longitudinais que diminuem a velocidade do escoamento acima do

recomendado. Cada terraço funciona como um fosso raso que intercepta o escoamento superficial em sua área de captação e o conduz em menor velocidade, antes que a água tenha chance de alcançar volumes e velocidades erosivas.

Este método consiste em um tipo de sulco ou canal, visando interceptar a água da enxurrada e conduzir o excesso pelo canal. Os terraços devem ser construídos perpendicularmente à inclinação das encostas, visando interromper o escoamento superficial e reduzir o comprimento de rampas.

É necessário definir o espaçamento e comprimento dos terraços, os locais de saída da água e o próprio esquema geral dos terraços em uma encosta. Podem ser construídos com três objetivos básicos:

- ✓ Interceptar o fluxo de água superficial;
- ✓ Canalizar perpendicularmente à inclinação das encostas;
- ✓ Aumentar o armazenamento de água na encosta ou construir degraus com mais de 30cm.

Na Figura 55 é mostrado o esquema de um terraço, que consiste de um canal e um camalhão, sendo o canal a parte do terreno onde foi realizado o corte e o camalhão ao aterro (que é construído com o solo removido do canal).



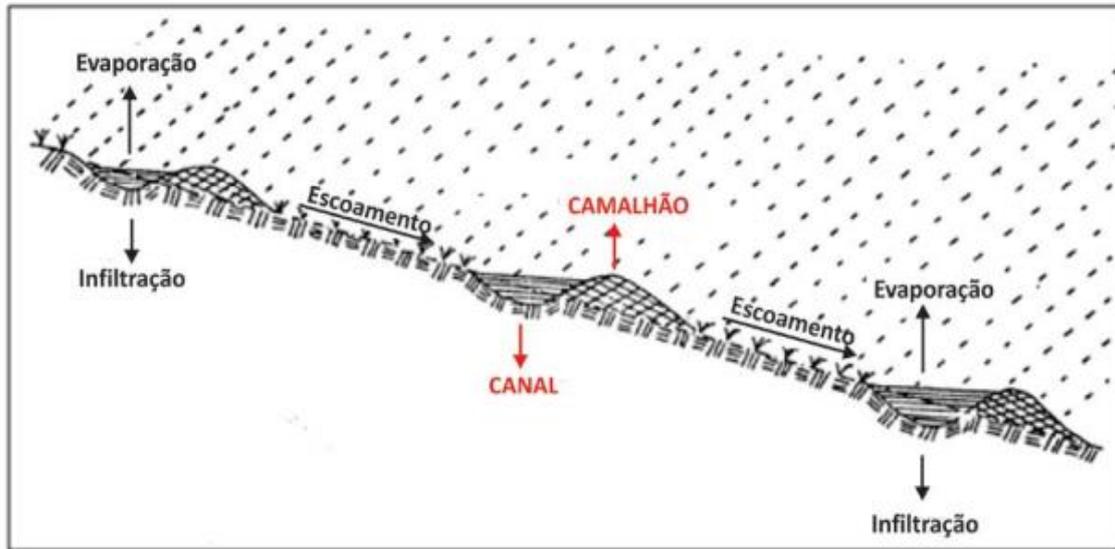


Figura 55: Visão esquemática do terraceamento indicando o sectionamento da rampa com a construção de terraços.

Os terraços podem ser classificados quanto ao seu traçado, à sua função, ao seu perfil e quanto ao seu modo de construção.

Existem dois tipos básicos de terraços, o de desnível ou drenagem e o de nível ou infiltração. O terraço de infiltração tem o objetivo de reter, armazenar e infiltrar o excesso de água proveniente do escoamento superficial, já o de drenagem deve interceptar o escoamento superficial e escoar disciplinadamente o excesso de água para canais escoadouros.

Segundo a Embrapa (2004), na escolha entre esses dois tipos de canais deve se levar em consideração as propriedades físicas do solo, como textura, estrutura, profundidade efetiva e permeabilidade da camada superficial e subsuperficial, que definem a permeabilidade da água em seu perfil.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1993) os tipos de construções podem ser Mangum e Nichols, que de acordo com sua dimensão podem ser separados em terraços de base larga e de base estreita.

O terraço tipo Mangum é construído pelos dois lados do terreno (camalhão mais alto), adaptado para a conservação da água, este tipo de terraço apresenta

canais mais largos e rasos, sendo indicado para terrenos de menor declividade. Já o tipo Nichols é construído cortando a terra e movimentando-a apenas do lado de cima do terreno, gerando um canal, a deposição do material retirado dá origem ao camalhão, esse tipo de terraço se adéqua tanto a áreas de maior quanto de menor declividade, e para a sua execução deve ser utilizado um arado de disco reversível.

Para terrenos pouco inclinados de 0,5% a 12% de declividade ou solo com boa permeabilidade e declividade de até 20% o tipo de base larga (bastante largo, raso e de suave inclinação) é indicado, sendo usada frequentemente em áreas de cultivo, já que permitem o uso de máquinas agrícolas. Em terrenos com topografia irregular, é muito difícil sua construção.

O de base estreita consiste em uma combinação de valetas e leiras (montes de terra em nível) de pequenas dimensões, também chamado de “cordões-em-contorno”, indicado para pequenas propriedades, com baixa intensidade de mecanização agrícola e para áreas com até 18% de declividade.

Em relação à forma, os terraços se dividem em patamar, circular e comum. O tipo patamar consiste em plataformas construídas em terrenos de grande inclinação (declividades superiores a 18%), formando degraus. Construídos perpendicularmente à linha de maior declive, e constituem uma plataforma onde são plantadas as culturas, e um talude que deve ser estabilizado com revestimento de grama ou outro tipo de vegetação.

O tipo individual é um pequeno patamar circular ou oval construído ao redor de cada planta de culturas perenes, utilizada também em terreno de grande inclinação.

O tipo comum é uma construção de terra, em nível ou em desnível composta por um canal e um camalhão, utilizado em terrenos de até 18% de declividade. O tipo comum embutido é construído de tal forma que seu canal tem formato triangular, e o talude que o separa do camalhão é praticamente vertical.

O tipo comum “murundum” possui um camalhão alto, de cerca de 2 metros, e um

canal de seção triangular, não é favorável ao cultivo.

O primeiro terraço deve ser localizado próximo o suficiente do topo da encosta para prevenir que a erosão se inicie, os demais devem ser espaçados. Essa estrutura não deve ser construída seguindo precisamente o contorno do terreno, sendo necessário um ligeiro desnível longitudinal, que tem como função coletar a água, e conduzi-la ao longo do terraço, até uma tomada d'água (canal) localizada nas bordas do terreno. O tamanho e a inclinação do canal devem ser ajustados para carregar o máximo escoamento, evitando, porém que sua velocidade seja muito intensa, e que haja transbordamento.

Equação do escoamento máximo ou crítico (Equação 1):

$$Q = C \times I \times A$$

Sendo:

Q = Escoamento crítico em (m³/s);

C = Coeficiente de escoamento, que representa a relação entre a taxa de escoamento e a taxa de precipitação;

I = Intensidade da precipitação (m/s.m²);

A = Função do comprimento do terraço e do espaçamento entre estes (m²).

É recomendado que o espaçamento entre os terraços deve ser tal que sua construção seja econômica, com pouca interferência no uso do solo e que demande pouca manutenção. O valor deve ser expresso em metros (obtido através de uma regra empírica que consiste em adicionar 3% à declividade do terreno e dividir por dois), essa regra pode ser utilizada para inclinações de até 6%, para valores maiores é indicado que os espaçamentos sejam superiores.

Os principais fatores que afetam o espaçamento entre terraços são a inclinação do terreno, o tipo de solo, a intensidade da chuva, o tipo de cultivo e o tipo de maquinário a ser utilizado no manejo do solo.

A equação (2) para o espaçamento entre terraços:

$$VI = XS + Y$$

Onde:

VI = Intervalo vertical entre os terraços (m);

X = Variável dependente da localização geográfica;

S = Declividade média do terreno (%);

Y = Variável com valores entre 1 e 4, que dependem da erodibilidade do solo, dos sistemas de cultivo e do sistema de manejo.

O valor mais baixo é aplicado para solos muito erodíveis, com métodos convencionais de cultivo, onde poucos resíduos são deixados na superfície. E o valor mais alto é aplicado para solos resistentes à erosão, onde os métodos de cultivo deixam grandes quantidades de resíduo na superfície.

O intervalo vertical ou diferença de elevação entre os terraços, obtido pela equação 2 é utilizado para determinar o “layout” de terraços paralelos, já que em topografias irregulares a distância superficial entre os terraços varia de acordo com a inclinação do terreno.

Os terraços paralelos o intervalo horizontal pode ser obtido a partir do valor do intervalo vertical, sendo então empregado para se obter o espaçamento entre os terraços.

O intervalo horizontal pode ser calculado a partir da equação 3:

$$HI = (VI \times 100) / S$$

Onde:

HI = Intervalo horizontal entre os terraços (m);

VI = Intervalo vertical entre os terraços (m);

S = Declividade média do terreno (%).

Para muitos valores de inclinação do terreno que os terraços são construídos, praticamente não há diferença entre a distância horizontal e a distância entre os terraços, de modo que a segunda pode ser obtida a partir da primeira, por meio de relações geométricas simples, conforme a Figura 56.

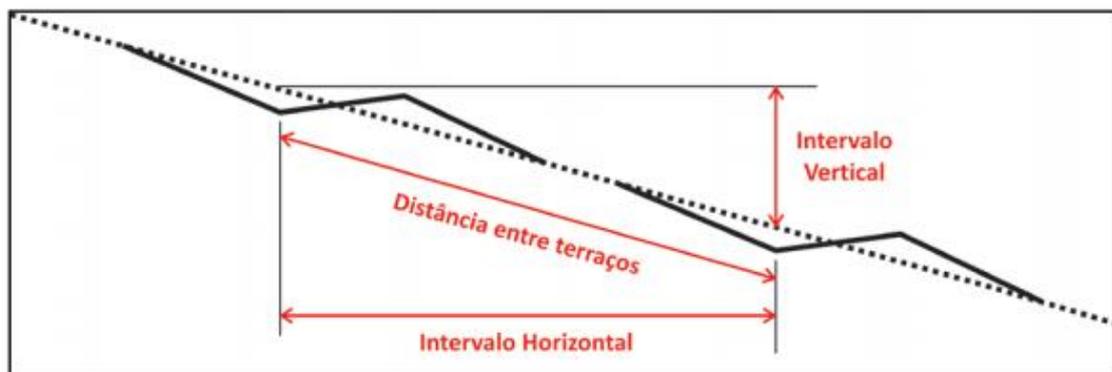


Figura 56: Medidas relacionadas ao espaçamento entre terraços.

Equação 4 adaptada aos solos do Estado de São Paulo:

$$EV = 0,4518 \times K \times D^{0,58}$$



Onde:

EV = Espaçamento vertical entre terraços;

D = Declividade do terreno;

K = Constante para cada tipo de solo, cujos valores calculados foram os seguintes:

Arenoso = 0,835 Argiloso = 0,954 Roxa = 1,212

Quanto ao gradiente os terraços podem ser de vários tipos:

- ✓ Os terraços em nível são usados satisfatoriamente em solos que permitam taxas de infiltração aproximadamente iguais a taxas de escoamento, ou em regiões de chuva esparsa;
- ✓ Terraços com inclinação são facilmente demarcados e necessitam menos manutenção para retirada de sedimentos dos canais.

É difícil construir terraços com inclinação inferior a 0,1%, mas sugere valores entre 0,2% para solos de baixa permeabilidade e 0% para solos altamente permeáveis. Gradientes muito elevados exigem cuidados, já que podem aumentar a velocidade do escoamento, ocasionando erosão no canal.

Pode-se obter o gradiente máximo pela fórmula de Manning para valores de rugosidade em torno de 0,03.

Os terraços podem ser construídos ajustando-se a largura e profundidade dos canais para suportar ou exceder o escoamento crítico.

Fórmula 5 da capacidade coletora do canal:

$$Q = a \frac{1,486}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Onde:



Q = Capacidade de vazão (m^3/s);

a = Área da seção transversal do canal (m^2);

n = coeficiente cujo valor depende do grau de rugosidade ou irregularidade do canal;

$R = a/p$ = Raio hidráulico que consiste no quociente da área da seção transversal do canal, dividido pelo perímetro molhado (p);

S = gradiente ($m/100m$).

9.2.5. SULCOS E CAMALHÕES EM CONTORNO

Os sulcos e camalhões em contorno são uma técnica muito eficiente de retenção das águas pluviais em pastagens, principalmente em regiões com poucas chuvas. É recomendado sua utilização em áreas em que o pasto ainda não esteja proporcionando uma cobertura eficiente, ou em terrenos muito inclinados, ou em áreas com superpastoreio. A função dessa estrutura é reter e distribuir água de chuva, favorecendo o desenvolvimento vegetal.

Estruturalmente essa técnica consiste em um pequeno canal seguido de um pequeno dique de terra, que devem ser executados em contorno. Para a marcação dos sulcos e camalhões as linhas niveladas devem estar distanciadas em 30 metros, e sobre elas tiram as linhas paralelas, de baixo para cima, onde serão implantadas os sulcos e camalhões.

O espaçamento entre essas estruturas depende de características como infiltração, movimentação da água no solo, custo da construção e necessidade de maior ou menor conservação da água; variando entre 1 e 10 metros, e o mais comum é com distância de 3 metros.

9.2.6. CAIXA DE INFILTRAÇÃO OU RETENÇÃO

É um método de prevenção de erosão em estradas de terra, conhecida também como sangradouro ou sangras laterais. Em regiões de solos arenosos muito erodíveis a água da chuva pode ser encaminhada para essa estrutura, dispostas lateralmente nas vias. Sua construção deve ser feita acompanhando o relevo e estar espaçada de modo a melhor captar a água que deve ser direcionada por canaletas.

A manutenção deve ser periódica, objetivando retirar a película de argila que se deposita no fundo, e que com o passar do tempo impede a infiltração e retirar sedimentos que causam assoreamento da estrutura.

9.2.7. ATERRAMENTO

Este método consiste em aterrar novamente o local erodido. Indicado para ser utilizado quando o processo erosivo está no início, quando o processo está adiantado a utilização desse método é inviável economicamente.

Os materiais a serem empregados são os inconsolidados e dependendo das condições podem ser empregados os da própria região, com o cuidado para não acarretar o desenvolvimento de uma nova feição erosiva na área de empréstimo.

Em situações com afloramento de água subterrânea no fundo da erosão, o aterramento simples não é adequado.

A contenção de voçorocas e ravinas é um processo que envolve uma série de obras, que tem por objetivo:

- ✓ Desviar as águas pluviais;
- ✓ Conter a água e o solo;

- ✓ Proteger o solo;
- ✓ Evitar novas erosões.

Aterro das feições com drenos de fundo: A implantação envolve a etapa de instalação do dreno no fundo da feição, seguida do aterramento do local erodido com solo, brita, seixos, pedras, entre outros materiais. A execução da canalização dentro da vala criada pela erosão consegue fechar a voçoroca permitindo retornar a condições próximas das anteriores, mas só deve ser utilizada quando o valor do terreno, justifique o custo necessário para preenchimento de grandes feições erosivas.

A disposição de resíduos sólidos no interior de feições erosivas é uma prática bastante empregada mesmo não sendo adequada. Essa técnica envolve vários problemas como a formação de trincas, desnivelamento da superfície em virtude do recalque causado pela redução do volume do lixo em decomposição que favorece a infiltração da água e aceleram o processo erosivo. Existe o problema do chorume que contamina o solo e os recursos hídricos.

9.2.8. MURO DE CONTENÇÃO

Estruturas de contenção posicionadas na base dos taludes ajudam a estabilizá-lo contra movimentos de massa e protege contra erosão. A escolha do tipo de estrutura depende de considerações sobre as restrições do local, disponibilidade de materiais, aparência do muro, facilidade de construção, oportunidade de incorporar vegetação à estrutura e custos.

Podem ser classificadas em duas categorias: de gravidade e de não gravidade.

De gravidade são sub-classificadas:

- ✓ Estruturas de reforço (*buttress structures*);
- ✓ Muros de gravidade coerente (*coherent gravity walls*);
- ✓ Muros de blocos articulados (*articulated block walls*);

✓ Revestimentos (*revetments*).

Muros construídos de concreto projetado, aço, gabião ou terra armada se comportam como massas coerentes, já os muros de blocos articulados e de rochas são dispostos de forma que os atritos entre as unidades estruturais forneçam coerência e resistência ao cisalhamento e ruptura.

Os principais tipos de muro de gravidade são:

✓ **Muro de Flexão e Muro com Contraforte (*Cantilever and Counterfort Wall*)**

São estruturas construídas com concreto armado, que podem ser bastante altas, mas com economia de material em relação aos muros convencionais de alvenaria e concreto.

O muro de flexão (*cantilever*) pode apresentar altura de até 9 metros e com contraforte (*counterfort*) até 8 metros. O muro de flexão é reforçado na direção vertical para resistir a momentos de flexão e na direção vertical para prevenir rachaduras. Os contrafortes são reforçados para resistir a tensões.

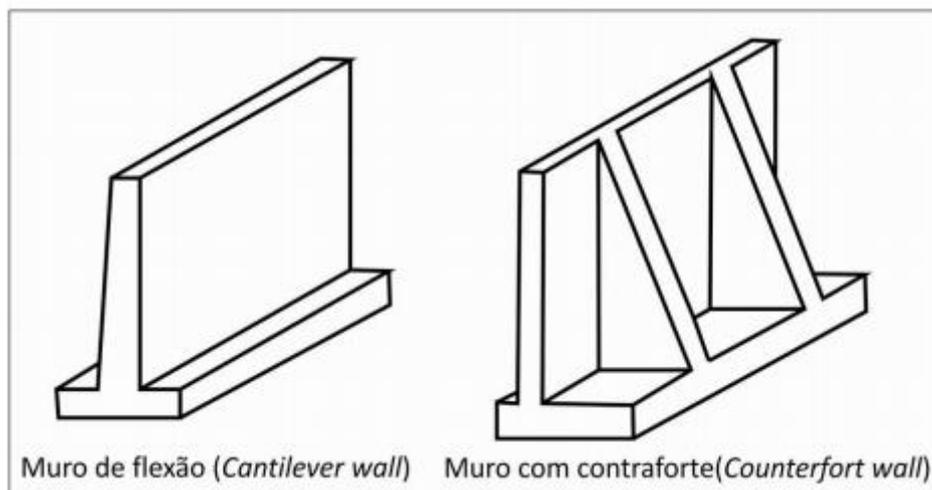


Figura 57: Esquema da estrutura dos muros de flexão e com contraforte

✓ Muros em Caixa (*Crib Walls*)

Consiste em cavidades, como caixas, formadas por estacas de madeira arranjadas e reforçadas com feixes de concreto ou de aço, preenchidas com solo ou rocha. Podendo ser também o muro de caixa (*Bin wall*) que consiste em caixas de aço parafusadas em unidade modulares e dispostas para formar um muro, podendo ser vertical ou inclinada, visando aumentar a estabilidade.

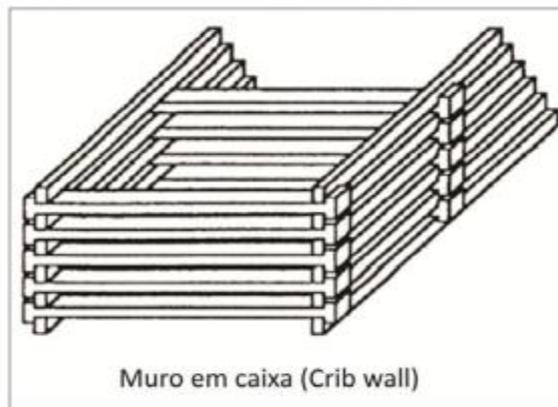


Figura 58: Esquema da estrutura do muro em caixa.

✓ Muros em Gabião (*Gabion Wall*)

Os gabiões consistem em cestos metálicos feitos com telas de arame grosso. As cestas são preenchidas com pedras ou rochas e são empilhadas uma sobre as outras, em forma de um muro de gravidade. O gabião é dependente da resistência ao cisalhamento das rochas que o preenchem, conferindo estabilidade interna. A estabilidade externa, a força laterais é conferida pelo seu peso. Devido a porosidade do gabião esta estrutura pode ser vegetada, sendo bastante flexível.

✓ Muros de Terra Armada (*Reinforced Earth Walls*)

É uma matriz granular reforçada com camadas de tiras metálicas. A

tensão de cisalhamento que se desenvolve em um aterro reforçado é transferida por atrito de superfície para resistência à tração nas tiras de metal. Essas tiras são ligadas aos elementos de cobertura, que são painéis finos de concreto pré-fabricados empilhados um sobre os outros. Pequenas tensões laterais atuam nos elementos de cobertura da frente da estrutura, a maior parte da tensão do solo é retomada em resistência à tração ao longo das tiras de reforço. O volume reforçado é uma estrutura de gravidade.

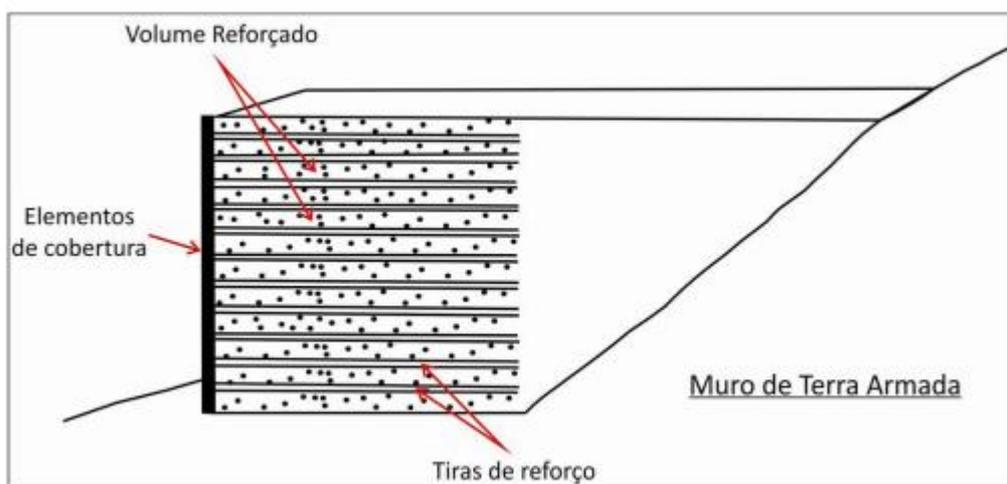


Figura 59: Esquema da estrutura do muro de terra armada.

✓ **Muros de Terra Estabilizados Mecanicamente (*Mechanically Stabilized Earth Walls*)**

Emprega diferentes tipos de inclusões, de vários formatos e propriedades, usadas para reforçar muros de contenção. As inclusões podem ser geogrelhas de polímeros ou telas soldadas a filamentos de fibras de poliéster. Os aterros reforçados com inclusões são conhecidos como “estabilizantes mecânicos de solo”. O muro de arame soldado, é uma estrutura composta de arame e solo granular. As seções de malha de arame, com formato de “L” são dispostas e conectadas entre sucessivas aberturas no aterro. A malha de arame fornece tanto o reforço no aterro quanto contenção na face do muro, tratando-se de uma

estrutura que compartilha características dos gabiões e dos muros de terra armada. Muros com geogrelhas utilizam reforços poliméricos bastante resistentes e flexíveis, que podem ser construídos envolvendo a geogrelha em sucessivas elevações do aterro, sem a necessidade de um revestimento separado. Esses tipos de muros são de baixo custo, fáceis de serem construídos e se adaptam bem ao tratamento vegetado.

✓ **Muros de Alvenaria de Pedra e Muro de Blocos Articulados (*Rock Breast Walls and Articulated Block Walls*)**

Podem ser considerados como estruturas de gravidade que resistem a forças laterais, principalmente pelo seu peso. Deve haver atrito suficiente ou articulação entre as unidades (rochas ou blocos) para resistir à ruptura por cisalhamento. Devem ser erguidos em uma base firme e são dispostos contra a encosta com pequenas quantidades de material atrás deles. Esses tipos de muros não são designados para resistir a grandes tensões laterais, e sua altura é limitada. Suas principais funções são proteger a base da encosta contra o desgaste do fundo e prover resistência lateral. São construídos com inclinação suficiente para aumentar a estabilidade e diminuir os esforços laterais. São muito porosos e permitem que sejam incorporadas plantas nos vãos da estrutura.

✓ **Muros de Estacas e Muro Atirantado (*Pile and Tie-Back Walls*)**

São utilizados como muros de retenção em situação onde restrições e condições da fundação limitem o uso de estruturas de gravidade. Os muros de estacas são constituídos de linhas de pilhas de cilindros de concreto. Essa estrutura tem sido utilizada para suportar estradas de pequeno volume que cortam terrenos íngremes, caracterizados por solos fracos e superficiais, sustentados por uma zona de rocha alterada que aumenta em competência com a profundidade. Já os muros atirantados consistem em revestimentos finos e

flexíveis conectados a uma rede de tirantes. Os tirantes podem estar conectados a placas encaixadas ou blocos de concreto, podendo ainda estar acimentados no local.

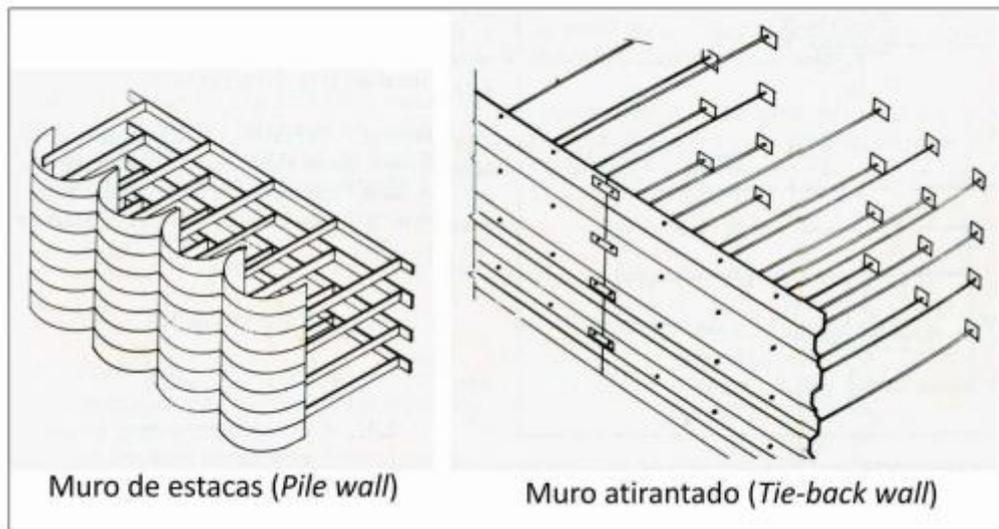


Figura 60: Esquema da estrutura de muros de estacas e do muro atirantado.

Os critérios de desenvolvimento dos muros de gravidade devem ser baseados nos princípios de mecânica dos solos e experiências anteriores. A eficiência dessa estrutura depende de questões de estabilidade externa e interna. Em relação à componente externa são necessários cálculos para determinar a estabilidade do muro contra o deslizamento da base, tombamento, capacidade de carga e ruptura da encosta. Já em relação a estabilidade interna os muros de retenção devem ser capazes de resistir a tensões a que estes são submetidos, sua resposta varia de acordo com o tipo de estrutura empregada. É necessária a proteção dos componentes estruturais contra a ação do intemperismo, de raízes, e da corrosão.

Existem fatores e condições gerais que sempre devem ser consideradas, como a altura máxima do muro, condições de sobrecarga, resistência e

acabamento dos elementos estruturais, inclinação do muro, sequência de montagem, tipos de fixadores ou conectores, gradação e compactação do material de preenchimento e aterro, condições de fundação no contato muro e solo, e condições da presença da água no solo.

9.2.9. CORDÕES DE NÍVEL

Consistem em bancos de terra, de 1,5 a 2 metros de largura, que são posicionados ao longo da encosta para agir como uma barreira para o escoamento superficial, formando uma área de armazenamento a montante e quebrando a encosta em segmentos menores, visando diminuir o escoamento superficial. É uma técnica adequada para declividades de 1 a 7°, e geralmente utilizadas em pequenas propriedades nos trópicos.

Geralmente são espaçados de 10 a 20 metros, construídos de maneira simples. Não necessitam de especificações precisas para o seu desenho e desvios no contorno de até 10% em sua inclinação são permitidos.

9.2.10. RETALUDAMENTO

É um tipo de obra que geralmente ocorre associado ao aterramento de erosões. Visando estabilizar os taludes contra a erosão pluvial e escorregamentos. Essa técnica é empregada por meio de serviços de terraplanagem ou de cortes e aterros, associados a medida de proteção superficial, como as estruturas de drenagem superficial e revegetação.

O processo consiste na terraplanagem, no qual se alteram por cortes ou aterros os taludes existentes. Essa alteração visa reduzir a altura e o ângulo de inclinação de uma encosta ou talude de corte. A vantagem na mudança da geometria deve-se ao fato de ser permanente, melhorando a estabilidade do

maciço.

Pode ser utilizado para suavizar os taludes de uma erosão, já que as vertentes internas das voçorocas são muito íngremes, exigindo a diminuição da declividade, tanto para fornecer estabilidade aos taludes, diminuindo a ação da gravidade, e facilitar o plantio de vegetação.

A escolha dessa técnica para a recuperação de voçorocas só deve ocorrer após a implantação de uma rede de drenagem no fundo da feição. Os novos taludes devem ter declividades de 2:1, e que sejam protegidos por obras de drenagem superficial, como canaletas.

Em casos que é necessário a reconstrução total do talude, alguns cuidados devem ser levados em consideração como:

- ✓ A escolha adequada da jazida de solo;
- ✓ Tratamento do solo da jazida;
- ✓ Limpeza do terreno para preparo da fundação;
- ✓ Estocagem do solo superficial para utilização na fase final do aterro;
- ✓ Preparação do contato entre o solo e o aterro na forma de degraus;
- ✓ Preparação do sistema de drenagem de base;
- ✓ Compactação adequada do aterro.

Cuidados devem ser tomados ao se realizar o retaludamento ou outro tipo de intervenção na geometria de taludes. O acréscimo de sobrecargas na porção superior ou a retirada de parte da massa na porção inferior podem causar condições de instabilidade.

Quando o retaludamento for utilizado para aumentar a estabilidade da massa, pode resultar em uma diminuição das forças solicitantes e conduzir à ruptura, podendo levar à diminuição da pressão normal atuante no plano de ruptura potencial, e conseqüentemente da força de atrito resistente.

Existem quatro formas principais de se modificar a geometria de um talude para melhorar sua estabilidade.

1. Eliminar a massa instável, ou potencialmente instável, empregando apenas em situações extremas;
2. Retirar o material da parte superior da massa potencialmente deslizante, já que essa porção é a que mais favorece situações de instabilidade, apresentando menor resistência, devido a elevada declividade da porção. É indicada para situações em que o material seja de fácil escavação e fácil acessibilidade;
3. Emprego de blocos de terra ou enrocamento no pé do talude, de modo que o peso conferido cause um aumento nas tensões normais na parte inferior da superfície de deslizamento, conseqüentemente aumentando sua resistência;
4. Disposição de bermas intermediárias, apresenta benefícios extras, já que facilita o processo construtivo e as operações de manutenção, retêm a queda de fragmentos de rocha, permitindo a colocação de várias estruturas de drenagem que diminuem a ação erosiva da água de escoamento. A estabilidade conferida por um talude com bermas é superior à de um talude contínuo de igual altura e com ângulo igual ao do degrau.

9.2.11. OBRAS DE DRENAGEM

Em áreas urbanas, as principais técnicas de controle de erosão envolvem soluções individuais ou grandes projetos, como manutenções de áreas permeáveis dentro dos lotes, e estruturas de macro e microdrenagem.

O sistema de drenagem consiste num conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais. Consiste em uma série de medidas visando minimizar os riscos a que estão expostas as populações, reduzindo os prejuízos causados pelas inundações e possibilitando o desenvolvimento urbano de forma

harmônica, articulada e ambientalmente sustentável.

A microdrenagem consiste em estruturas de condução das águas superficiais, de grande importância no controle da erosão, evitando o escoamento direto sobre o solo. Os principais elementos são indicados a seguir:

- ✓ **Galeria:** São canalizações públicas utilizadas para conduzir águas pluviais das bocas-de-lobo e das ligações privadas, são canalizações subterrâneas que fazem parte do sistema de drenagem. É recomendado que essa estrutura apresente um diâmetro de no mínimo 0,30m para seções circulares, deve-se projetar para funcionar a seção plena com a vazão de projeto. A velocidade máxima admissível varia de acordo com o material empregado na rede, sendo admissíveis velocidades entre 5 m/s e 0,6 m/s, para tubos de concreto.
- ✓ **Poço de Visita:** Dispositivo localizado em pontos convenientes do sistema de galerias, permitindo a mudança de direção, de declividade e de diâmetro, e a limpeza das canalizações. Apresenta uma abertura na parte superior, ao nível do terreno, e dois compartimentos distintos, a chaminé e o balão, que são construídos para permitir a entrada do operador e a execução de manobras em seu interior.

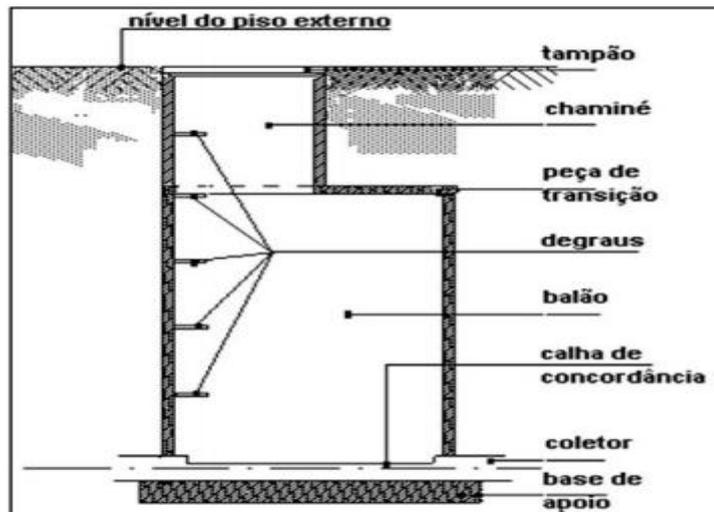


Figura 61: Esquema de um poço de visita

- ✓ **Caixa de Ligação:** Esse tipo de estrutura é empregado quando é necessária a utilização de bocas-de-lobo intermediárias para evitar a chegada de mais de quatro tubulações em um mesmo poço de visita. Apresenta a mesma função do poço de visita, porém não são visitáveis.
- ✓ **Bocas-de-Lobo:** Dispositivo localizado nas sarjetas com a função de captação das águas pluviais e encaminhamento para as estruturas subterrâneas. Podem ser classificadas quanto à estrutura de abertura (laterais, gradeadas com barras, combinadas ou múltiplas). Em relação a localização ao longo das sarjetas, podem estar dispostas em pontos onde sua capacidade atinja o limite máximo (denominadas intermediárias), podem estar dispostas nas esquinas dos quarteirões, evitando o prolongamento do escoamento pelo leito dos cruzamentos (conhecidas como de cruzamento), podendo ser classificadas como bocas coletoras de pontos baixos, recebendo contribuições por dois lados, situados e, pontos onde há a inversão côncava da declividade de rua (na confluência de duas sarjetas de um mesmo lado da rua). Quanto ao funcionamento dependendo da altura da água na sarjeta e da abertura da boca coletora,

elas podem ser do tipo livre, que funcionam como vertedor, ou do tipo afogada, que funciona como orifício (mais frequentes em pontos baixos) e geralmente com grades.

Essa estrutura deve conduzir adequadamente as vazões superficiais para as galerias, em pontos mais baixos as bocas-de-lobo evitam a criação de zonas mortas com alagamentos e águas paradas.

- ✓ **Tubos de Ligações:** São canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para galerias ou poços de visitas.
- ✓ **Meios-Fios:** São os elementos de pedra ou concreto, dispostos entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua, com sua face superior no mesmo nível do passeio.
- ✓ **Sarjetas:** São faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio, formando uma calha receptora das águas pluviais, incidindo sobre as vias públicas e que escoando para elas. Basicamente é um canal longitudinal, em geral de formato triangular, que coletam e conduzem as águas até pontos de coleta.

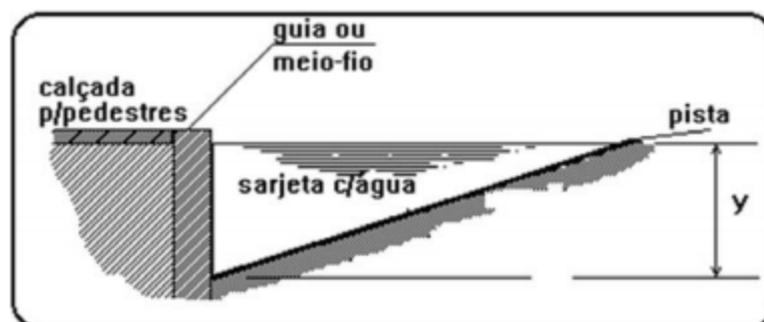


Figura 62: Esquema de uma sarjeta.

- ✓ **Sarjetões:** Consistem em calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas, geralmente de seção triangular, formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas ou encaminhar efluentes destas para pontos de coleta.
- ✓ **Condutos Forçados:** São obras que atuam na condução das águas superficiais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher toda a seção transversal do conduto.
- ✓ **Estações de Bombeamento:** Conjunto de obras e equipamentos que retiram água de um canal de drenagem, quando não há condição de escoamento por gravidade, para outro canal em nível mais elevado ou receptor final.

O projeto do sistema de microdrenagem deve levar em consideração três conjuntos de cálculos:

- ✓ Da capacidade admissível das sarjetas;
- ✓ Das bocas de lobo;
- ✓ Sistema de galerias pluviais.

Deve ser empregado simultaneamente conceitos e formulações de processos hidrológicos, para a estimativa de vazões de projeto, e relativos ao escoamento em superfície livre, para o projeto hidráulico dos condutos.

Em seguida deve realizar um traçado da rede pluvial, em planta com escala de detalhe (1:2000 ou 1:1000), seguindo algumas regras básicas. Os divisores de bacia e as áreas de contribuição devem ser assinalados nas plantas; os trechos de escoamento apenas por sarjetas devem ser indicados por setas, sempre que possível as galerias pluviais devem ser lançadas sob os passeios, e o sistema coletor de uma via poderá ser uma rede única.

Para o prosseguimento do escoamento superficial proveniente das ruas, sarjetas, valas e galerias (estruturas de microdrenagem), são empregadas as

estruturas de macrodrenagem, responsável por conduzir essas águas a um destino final. A macrodrenagem de uma área urbana consiste na rede de drenagem natural (córregos, riachos e rios localizados nos talwegues e vales).

A maioria dos problemas erosivos urbanos estão relacionados com o lançamento das águas dos emissários no terreno natural. Mesmo em lugares com dissipadores de energia, dependendo da declividade do terreno, e da resistência do solo, o volume de água pode iniciar um processo erosivo, a jusante do lançamento, de forma acelerada, levando à destruição do dissipador e do próprio emissário.

Visando evitar esse tipo de problema, uma série de estruturas de macrodrenagem são indicadas:

- ✓ **Canais:** Estruturas que podem ser construídas em concreto armado, alvenaria, gabiões ou escavados no terreno e protegidos com cobertura vegetal. Na maioria dos casos são necessários obras e projetos de retificação e ampliação das seções dos canais naturais, ou a construção de canais artificiais ou galerias de grandes dimensões. O escoamento é hidrodinâmico, variando no tempo e no espaço em função de eventos hidrológicos e de peculiaridades no traçado. Já os canais fechados são mais completos, pois o escoamento pode deixar de ser livre para ser forçado.

- ✓ **Emissário:** Compreende o coletor que recebe a água dos coletores principais de toda a bacia. Nas áreas urbanas os emissários são na forma de tubos com diâmetros comerciais (quando o volume de água admite) e na forma de galerias subterrâneas de formas diversas, ou de canais abertos.

- ✓ **Dissipadores de Energia:** Estruturas dispostas na saída dos emissários, visando reduzir a velocidade das águas, permitindo um fluxo normal no

talvegue receptor. A dissipação de energia hídrica é devido a introdução do jato d'água a um choque com um defletor vertical, ou através da formação de ressalto hidráulico. Os principais tipos de dissipadores de energia são o MS (Munir Saab), BP (Bradley Peterka), a bacia de imersão e os dissipadores de ressalto hidráulico.

- ✓ **Vertedores:** Estruturas construídas em locais de barramento da água escoada, objetivando conduzir a água em excesso controladamente. Os tipos mais comuns são: o de queda e o vertedor em tubulação (tulipa ou cachimbo). Devem ser associados a obras de dissipação de energia, como bacias, degraus hidráulicos, chicanas, entre outros.
- ✓ **Espigões:** Obras que visam à estabilização de fundo, contendo o alargamento do talvegue (transformado em canal). Contribuem para a deposição de material nas margens do canal, protegendo-as. Estruturalmente consiste em paramentos executados junto às margens dos rios, afastando-se das mesmas em diagonal ao sentido do escoamento. A deposição de sedimentos desses parâmetros contribui para a criação de um vórtice, para a redução de velocidade do escoamento, estreitando assim a seção do canal.
- ✓ **Barragem de Assoreamento:** Esse tipo de barragem diminui a velocidade da água e a uma maior decantação de sólidos suspensos, causando uma diminuição da declividade do fundo do talvegue. Existem vários tipos de barragem, podendo ser construídas em terra, pedras, gabião, concreto.
- ✓ **Bacia de Acumulação:** Águas provenientes de emissários devem ser conduzidas a locais de maior estabilidade, objetivando evitar a erosão.

Em locais distantes, pode ser utilizado um reservatório de acumulação, com emissário reduzido, que recebe as águas de drenagem urbana e conduz a água acumulada até um local conveniente.

- ✓ **Drenos Enterrados:** Em situações como a voçoroca, no qual o lençol freático é suspenso e com a formação um canal com escoamento superficial ou subsuperficial, o uso desse tipo de dreno é recomendado. Evitando com isso o agravamento do processo erosivo, e visando recuperar esse tipo de feição. Os tipos mais utilizados são: dreno cego (Figura 63) composto por uma valeta revestida com material filtrante e por um seguimento de tubo perfurado, disposto na saída do dreno, sobre o material filtrante é instalado material impermeável, de argila ou plástico), o dreno com geotêxtil (Figura 64) é o revestimento de uma vala, com manta geotêxtil de preenchimento, que envolve completamente o material filtrante de enchimento, já o dreno de bambu (Figura 65) é realizado com bambus amarrados em feixes, assentados na vala e envolvidos com brita ou geotêxtil , fechando a vala com algum material impermeável.

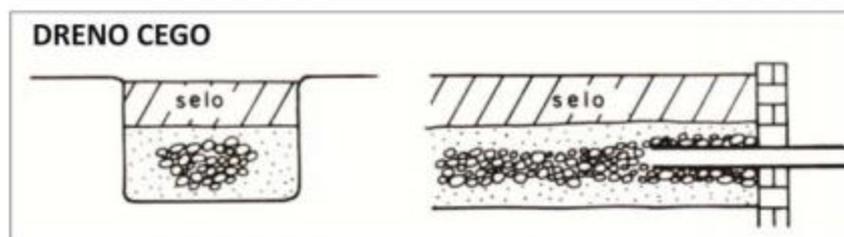


Figura 63: Dreno de fundo, ou enterrado, do tipo cego

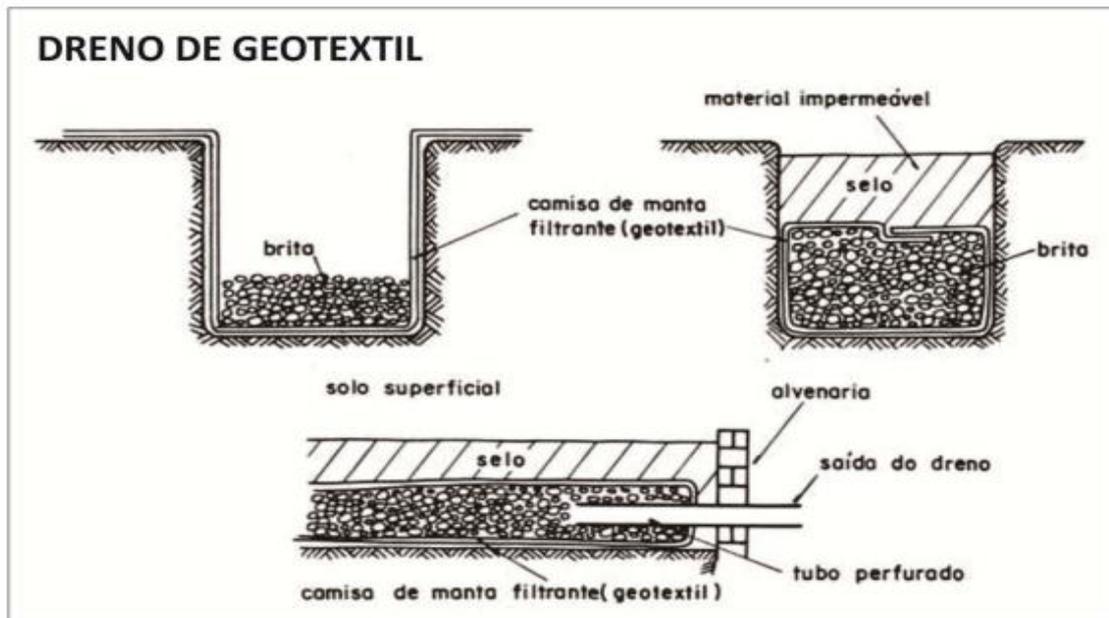


Figura 64: Dreno de fundo, ou enterrado, de geotêxtil

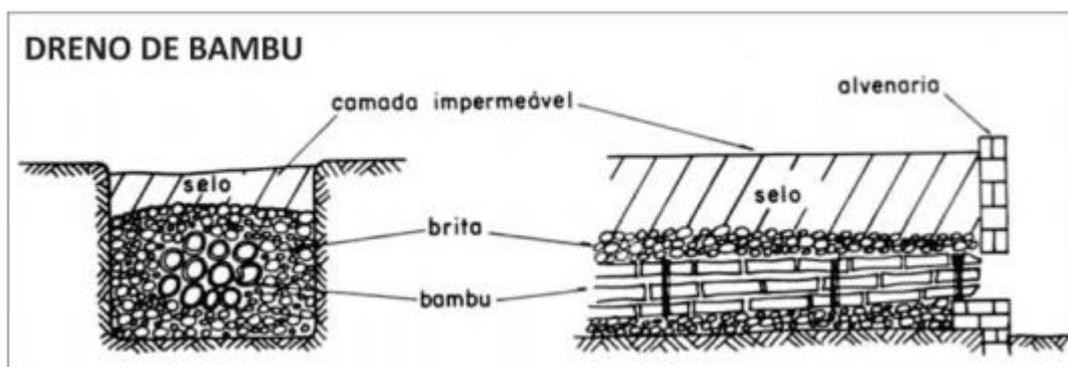


Figura 65: Dreno de fundo, ou enterrado de b

10. CONTROLE DE PROCESSOS EROSIVOS EM TORNO DOS MANANCIAIS DEGRADADOS

Ao longo dos anos as atividades humanas vêm causando a degradação dos ecossistemas. Por esta razão é necessário à recuperação destas áreas degradadas que estão diretamente ligadas à restauração ecológica.

Restauração ecológica consiste no processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. Um ecossistema é considerado recuperado e restaurado quando apresenta recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais.

A degradação do solo pode ser do tipo físico (erosão, desertificação, arenização, compactação, crusting) e químico (salinização, lixiviação). E segundo a (ABNT, 1989) a degradação do solo consiste em “Alterações adversas das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto estabelecidos em planejamento quanto os potenciais”

A recomposição e restauração das Áreas de Preservação Permanente (APP) em mata ciliar visa melhorar os processos naturais.

Algumas medidas devem ser executadas para o sucesso da restauração:

- ✓ Isolamento ou cercamento da área objeto da recuperação;
- ✓ Controle e erradicação de espécies vegetais exóticas invasoras;
- ✓ Controle e combate do fogo;
- ✓ Controle de processos erosivos;
- ✓ Adoção de medidas para conservação e atração de animais nativos dispersores de sementes.

A recuperação ambiental poderá ser realizada por vários métodos:

10.1. PLANTIO DE MUDAS

O plantio de mudas produzidas em viveiro é uma forma de aumentar e acelerar o processo de nucleação. Mesmo sendo uma das técnicas com maior custo, apresenta maior eficiência na restauração de áreas degradadas, com resultado mais rápido comparado a outros métodos.

Plantios com espaçamento de 3,0m entre linhas e 2,0m entre plantas. Obedecendo ao padrão de florestas conservadas, aumentando as chances de

sustentabilidade do reflorestamento por processos de interação biótica. Neste espaçamento é gerado uma densidade de cerca de 1.666 indivíduos/hectare. Seguindo as recomendações da Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014 que “Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo”.

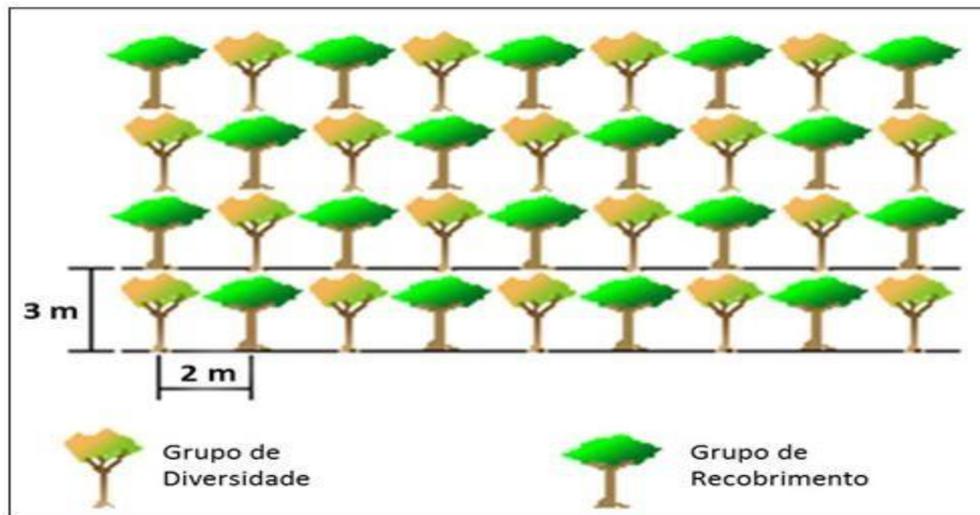


Figura 66: Modelo de plantio em linhas alternadas de espécies do grupo de diversidade e de recobrimento

10.2. TRANSPOSIÇÃO DE SOLO

Técnica que visa restaurar o solo, que é o componente de extrema importância para os ecossistemas, responsável pela sustentação da vegetação, embora pouco considerado nos projetos de restaurações ecológicas convencionais. A metodologia baseia-se na retirada da camada superficial do solo juntamente com a serrapilheira, de uma área próxima da área degradada, mas em estado avançado de sucessão ecológica. (Reis ET al.,2003)

O solo da camada superficial possui muitas folhas, galhos, sementes e raízes em decomposição que auxiliam no processo de recuperação de áreas degradadas. Esse método possibilita que partes das sementes de espécies

pioneiras que inicialmente se encontravam enterradas no solo fiquem na superfície e possam germinar. As sementes que permanecerem enterradas após a transposição comporão o banco de sementes na área degradada.

Essa técnica permite também a colonização da área degradada por uma biodiversidade de fauna/flora (microrganismos decompositores, bactérias nitrificantes, fungos micorrízicos, minhocas, larvas de insetos, etc), responsáveis pela ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilização do solo.

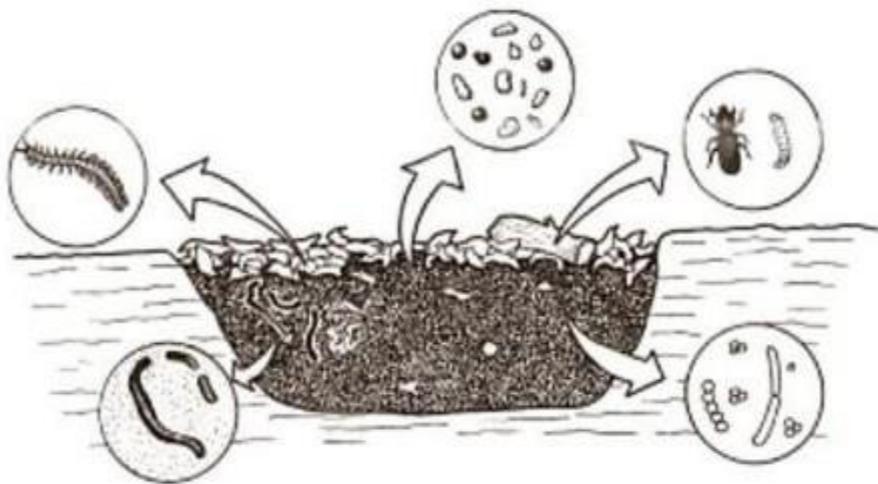


Figura 67: Transposição de solo. Fonte: Desenho extraído de REIS ET al. (2003).

10.3. TRANSPOSIÇÃO DE GALHARIA

A galharia é composta por restos de vegetação (galhos, folhas, material reprodutivo) da floresta, que quando dispostos enleirados em núcleos na área degradada propiciam abrigo e microclima adequados para a biodiversidade do local, além de manter um ambiente úmido e sombreado adequado para o desenvolvimento de larvas de coleópteros decompositores de madeira, cupins e outros insetos (Figura 68), e de plantas mais adaptadas a esse ambiente.

De acordo com Bechara (2006), esta técnica consiste em: constituir abrigos artificiais, formar núcleos sombreados de menor temperatura e maior umidade, rico em matéria orgânica, servindo também como fonte de alimento para cupins (decompositores), atraindo consumidores (avifauna) e predadores; formam barreiras mecânicas em núcleos, entre outros.



Figura 68: Abrigo artificial formado com restos de vegetação. Desenho extraído de BECHARA (2006).

10.4. POLEIROS NATURAIS E ARTIFICIAIS

Os poleiros atraem aves, morcegos, dispersores de sementes, propiciando ambientes de descanso e abrigo desses animais. É uma técnica eficiente para atrair sementes para a restauração de grandes áreas abertas.

A técnica resulta em núcleos de diversidade ao redor e com o tempo se



espalham por toda área em processo de restauração. As sementes depositadas sob os poleiros podem germinar e produzir outras plantas nucleadoras. É recomendado colocar sob os poleiros camada de alguma palhada que seja capaz de manter a umidade do solo e também matéria orgânica para nutrir as plântulas que emergirem ao seu redor.

Os poleiros artificiais (poleiros secos) imitam os ramos secos de árvores onde algumas aves preferem pousar para forragear suas presas. Os poleiros podem ser feitos com postes de eucalipto, varas de bambu, caules de árvores mortas, entre outros, e devem ter ramificações onde aves possam pousar (Figura 69).

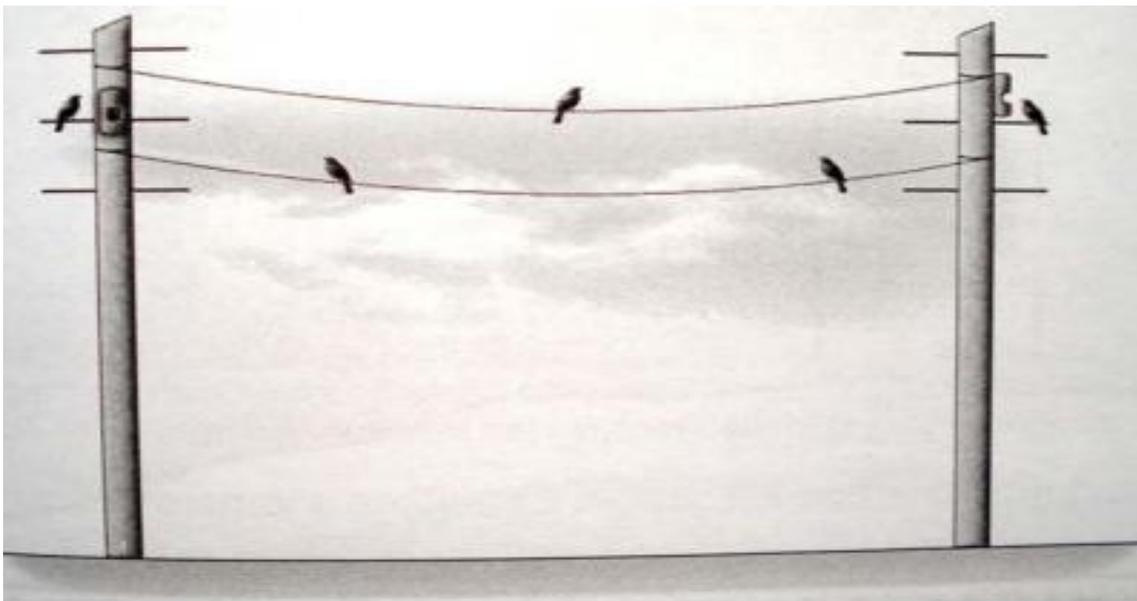


Figura 69: Poleiros artificiais interligados com cabo de aço e com colmos de bambu para servir de ninhos. Desenho extraído de MARTINS (2007).

Os poleiros naturais (poleiros vivos) são obtidos pelo plantio de árvores de rápido crescimento, que possuam copa favorável para o pouso dos morcegos e das aves.



10.5. TRANSPOSIÇÃO DE CHUVA DE SEMENTES

Técnica que consiste na chegada de sementes em um local através da dispersão. A chuva de sementes intensifica a sucessão ecológica local através do aporte de novas espécies advindas de fragmentos vizinhos e do material genético das espécies locais, mantendo dinamismo do banco de sementes e de plântulas.

A captura periódica de chuva de sementes permite a produção de mudas de espécies que frutificam todas as épocas do ano, consequentemente auxilia na manutenção da fauna na área objeto da restauração.

Para a coleta de chuva de sementes deve ser utilizadas coletores de sementes permanentes, estruturas simples de madeira e sombrite (Figura 70), colocados no interior dos fragmentos próximos da área.

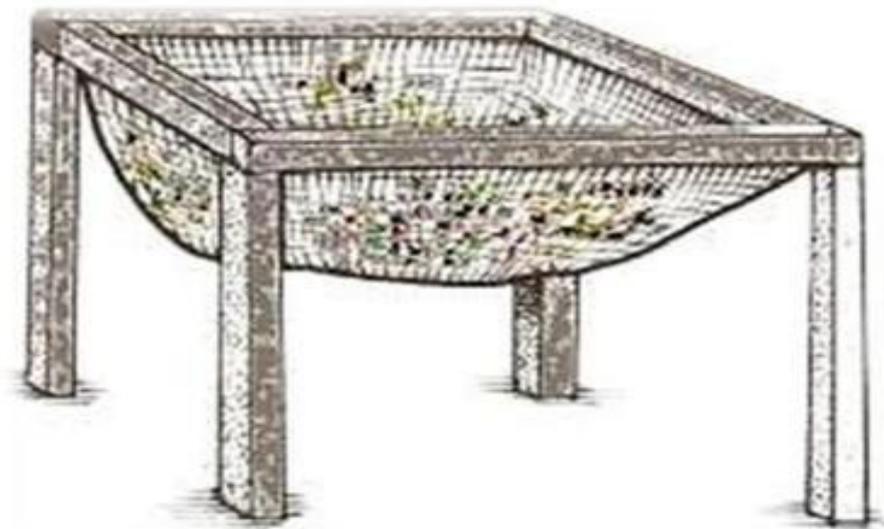


Figura 70: Coletor de sementes permanente. Fonte: Desenho extraído de REIS (2004).

Com os propágulos coletados pode se produzir mudas em viveiros. As sementes podem ir para sementeira e posterior repicagem para outros

recipientes ou serem semeadas diretamente no campo, formando pequenos núcleos com folhas e sementes dentro das áreas de restauração.

11. MANUTENÇÃO DAS ESTRADAS RURAIS NÃO PAVIMENTADAS E CONTROLE DE EROSIÃO

Algumas estradas rurais do município, assim como o que ocorreu na maioria dos municípios paulistas, tiveram seus traçados definidos no período da colonização. No início foram utilizadas por veículos tracionados por animais, e com o passar dos anos começaram a ser utilizadas também por automóveis e caminhões de pequeno porte, e algumas dessas estradas são utilizadas por caminhões de grande porte que transportam toneladas de produtos.

A falta ou o mau planejamento do traçado e conservação das estradas rurais não pavimentadas acarretam a perda considerável de sedimentos podendo causar o assoreamento de corpos hídricos.

Foi identificado que algumas estradas rurais necessitam de adequações, visando evitar que se tornem grandes canais escoadouros das águas pluviais e que ocasionem processos erosivos e comprometendo o leito das estradas.

Na execução da ação deve ser consideradas práticas como: serviços de drenagem (construção de terraços, lombadas, bueiros e caixas de captação), melhorias da plataforma, realocação e remoção das cercas existentes na faixa de domínio, aplicação de revestimento primário e de proteção vegetal nas laterais da estrada. É recomendado também identificar as estradas rurais, pontes e tubulações do município através da colocação de placas de sinalização no início e final destas, informando o nome da estrada, número e nome do manancial a que estiver inserido.

Devem ser realizados cursos de capacitação para os operadores de máquinas, orientando para a correta adequação e manutenção das estradas rurais.

12. CONTROLE DOS PONTOS DE INUNDAÇÃO E EROSÃO

As obras de macrodrenagem são fundamentais para o escoamento das águas pluviais drenadas em área urbana, para fora do perímetro urbano, atingindo locais apropriados para o deságue em dissipadores de energia, seções artificiais ou naturais, hidraulicamente estáveis (emissários em tubos de concreto armado, canais abertos ou fechados de concreto armado, canais abertos em gabiões e grama). Esses tipos de obras visam melhorar as condições de escoamento, reduzindo os processos erosivos, assoreamentos e inundações ao longo dos principais talwegues.

No ano de 2011 foi realizado o diagnóstico completo dos pontos considerados críticos, bem como a proposição de soluções para a melhoria desse sistema, com base em vazões máximas obtidas a partir de modelagem hidrológica considerando-se um período de retorno de 100 anos. No diagnóstico realizado e na análise das vazões máximas resultantes nos pontos de criticidade, recomendou-se a elaboração de estudo completo de canalização dos principais córregos que atravessam a área urbana, com levantamento de informações cadastrais e topográficas de todo o trecho do curso d'água com problemas de extravasamento de calha. Adicionalmente, foi proposto a análise da capacidade hidráulica das travessias existentes ao longo dos córregos, visando identificar possíveis estrangulamentos e, conseqüentemente, o redimensionamento dessas estruturas.

Em 2012 teve início o projeto visando à implantação do sistema de drenagem de águas pluviais urbanas com execução de canalizações em gabião dos Córregos Taboão, Brochado e Ribeirão Guaraú; bem como implantação de reservatórios de amortecimento de cheias nos Bairros Jardim Faculdade e Vila Gatti. Essas bacias de detenção são importantes estruturas para o amortecimento do pico de cheias. As obras foram finalizadas no final de 2019.

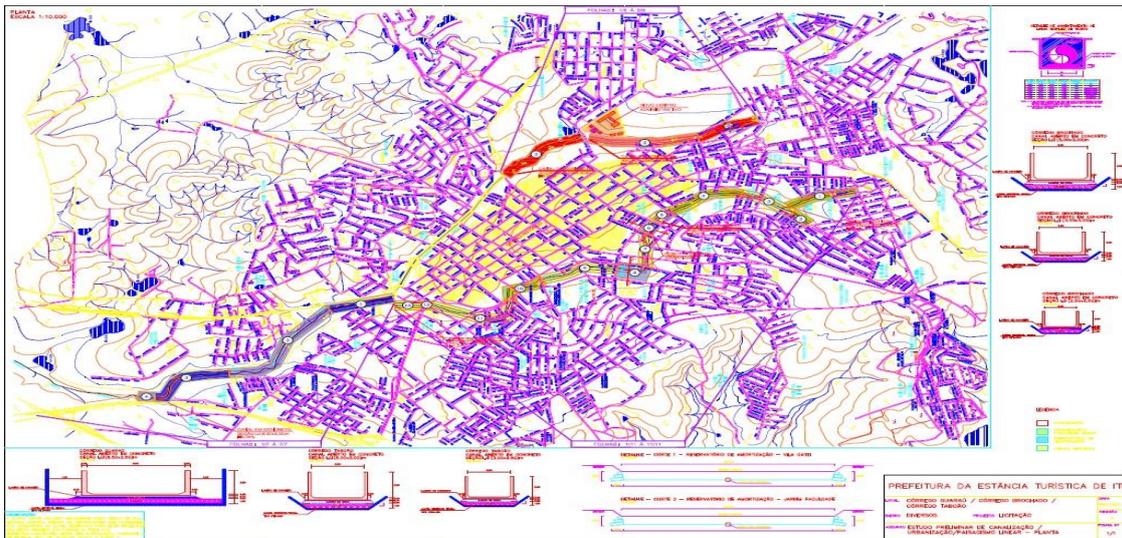


Figura 71: Projeto Canalização dos Córregos Urbanos.



Figura 72: Intervenções Córregos Urbanos.

12.1. BACIAS E SUB-BACIAS DE ESGOTAMENTO

O córrego Guaraú é formado pelas sub-bacias do córrego do Brochado e córrego do Taboão, além das áreas de outras sub-bacias drenadas.

O córrego do Taboão nasce próximo à rua Heróis da FEB atravessando toda a extensão do quartel do exército, seguindo a Av. Otaviano Pereira Mendes

até a confluência do córrego Brochado, pela margem esquerda, próxima à antiga estação ferroviária, sede da antiga SAAE de Itu.

O córrego do Brochado tem suas nascentes próximas à rua Tiradentes e Av. das Rosas, desenvolvendo-se e margeando o antigo leito da estrada de ferro.

O córrego Guarau segue em direção ao rio Tietê, constituindo no corpo receptor do efluente tratado da ETE – Canjica, localizado à sua margem direita, próximo à divisa com o município de Salto.

13. CRONOGRAMA

Ações/Anos	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Recuperação, Manutenção e Conservação de Estradas Rurais	X	X	X	X	X	X	X	X
Recuperação de Áreas de APP de Mananciais	X	X	X	X	X	X	X	X
Manutenção dos Córregos Urbanos	X	X	X	X	X	X	X	X

REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). Degradação do solo: terminologia, NBR 10.703. 1989

AB'SABER, A.N. A Serra do Japi, sua origem geomorfológica e a teoria dos refúgios. In. L.P.C. Morellato (ed). **História Natural da Serra do Japi**. Ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil. Ed. UNICAMP, Campinas: p.12-28,1992.

AB'SÁBER, Aziz Nacib - **Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo**. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia, 1958.

ALMEIDA, F. F. M de. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1964. 99p.

BARRETO, P.; SOUZA Jr., C.; NOGUERÓN, R.; ANDERSON, A.; SALOMÃO, R. Pressão humana na floresta amazônica brasileira. Belém: WRI; Imazon, 2005.

BECHARA, F. C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2006.

BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1993. 355p.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. Disponível em <<http://www.cepagri.unicamp.br/>>.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CPRM. **Geodiversidade do Estado de São Paulo**. Programa geologia do Brasil, levantamento da geodiversidade/Organização Carlos Augusto Brasil Peixoto. São Paulo: 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio Branco, AC). **Construção de terraços para controle da erosão pluvial no Estado do Acre**

(1ª Edição). Brasília: Embrapa Acre, 2004. 47p.

GALEMBECK, T.M.B. **Aspectos Geológicos, Petrográficos e Geoquímicos da Intrusão Cabreúva: Complexo Granitóide Itu (SP)**. 1991. 195 f. (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Rio Claro. 1991.

HASUI, Y.; OLIVEIRA, M.A.F. A Província da Mantiqueira – Setor Central. In: ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. O pré cambriano do Brasil. São Paulo: Edgard Bluncher, 1984, 378p.

IAC. Instituto Agrônomo: Secretaria de Saúde e Abastecimento. Disponível em : <<http://www.iac.sp.gov.br/>>. Acesso em: 9 jun.2021.

IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. (Relatório Técnico do Instituto Geológico) **Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Itu (SP)**. São Paulo: IG/SMA. V.2, 1991.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo do Meio Ambiente**. 2012.

IPT. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: 1981.

LIMA, Herlander Mata. Introdução à Modelação Ambiental: Erosão Hídrica. Funchal (Portugal), 2010.

MARTINS, S. V. Recuperação de matas ciliares. Aprenda Fácil Editora. Viçosa, MG. 2ª edição, 2007. 255p.

MODENESI, M.C. Níveis de erosão e formações superficiais na região de Itu – Salto. Revista Brasileira de Geociências, v.4, n.4, p.228-246. 1974.

REIS, Ademir et al. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. Natureza & conservação: Fundação O Boticário de proteção a natureza: vol. 1, n. 1, 2003.

REIS, Ademir. Imitando a natureza. Belo Horizonte, MG: Universidade de Santa Catarina e Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 2004.

ROCHA-CAMPOS, A. C. Varvito de Itu, SP – Registro clássico de glaciação neopaleozóica. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.;

QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (edits) Sítios

Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1 ed. Brasília, DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), v.01, p.147-154, 2002.

SÃO PAULO. Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo – IGC. Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE. Mapa das Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. São Paulo, 2003. Escala 1:1000000.

