

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

ZÉLIA MERBACH GOMES SOMEKH

Estudo evolutivo de três voçorocas urbanas em Casa Branca (SP).

Evolutionary study of three urban gullies in Casa Branca (SP).

São Paulo
2018

Zélia Merbach Gomes Somekh

Estudo evolutivo de três voçorocas urbanas em Casa Branca (SP).

Trabalho de Graduação Integrado (TGI) apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Área de Concentração: Geografia Física

Orientador: Prof. Dr. Luis Antonio Bittar Venturi

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Documentação

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

S693e Somekh, Zélia Merbach Gomes
Estudo evolutivo de três voçorocas urbanas em Casa
Branca (SP)6 / Zélia Merbach Gomes Somekh ;
orientador Prof. Dr. Luis Antonio Bittar Venturi. -
São Paulo, 2018.
105 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual)- Faculdade
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo. Departamento de
Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. CE530.1.10.2.1.6 . I. Venturi, Prof. Dr. Luis
Antonio Bittar, orient. II. Título.

Somekh, Z. M. G. **Estudo evolutivo de três voçorocas urbanas em Casa Branca (SP).** Trabalho de Graduação Individual apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovada em:

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luis Antonio Bittar Venturi

Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross

Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Drª. Marisa Matos Fierz

Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento: _____

Assinatura: _____

São Paulo, junho de 2018.

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este trabalho segue as recomendações da ABNT NBR 14724. As referências foram criadas através da ferramenta MORE, baseada na NBR 6023/2002, norma da ABNT atualmente em vigor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha primeira professora de Geografia. Mesmo tendo feito o ensino fundamental e médio, que antes se chamavam ginásio e colegial, durante a ditadura, essa professora ensinava muito além dos rios do Brasil e seus afluentes, dos países do mundo e suas capitais. Foi com ela que meu encanto pela Geografia se iniciou. Apesar de minha primeira graduação ter sido em Fonoaudiologia, pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUCSP), meu gosto pela Geografia sempre existiu.

Meu marido Mauricio, minha filha Juliana e meu filho Gabriel foram meus grandes incentivadores nessa jornada tardia pela universidade. Participaram desde o vestibular, me levando e buscando nas provas, no trote, até na convivência com amigos queridos que fiz nesses anos. Uriel Sternschein e Catalina Bergues foram grandes companheiros na exploração das voçorocas e muito pacientes ao ouvir as empolgantes explicações sobre a formação de voçorocas que eu dava.

Quando me perguntam como é estar na faculdade nessa idade, só posso dizer que estes últimos anos foram de grande aprendizado. Penso que a experiência de vida faz com que esse aprendizado seja absorvido e vivido de forma completamente diferente de quando tinha vinte anos. Minha visão de mundo se ampliou tanto com as aulas quanto com a convivência com jovens que poderiam ser meus filhos, mas que depois de algum tempo passaram a me encarar como uma amiga e companheira nos trabalhos da faculdade e na convivência fora do campus. Gratidão é a expressão do meu sentimento em relação a professores e amigos.

Meus sobrinhos e irmãos de coração que moram em Casa Branca foram essenciais na realização deste estudo. Foram meus companheiros nos trabalhos de campo pelas voçorocas e me ajudaram na busca por informações e documentos.

Agradeço também ao Fernando Buzzato, responsável pela “Estação Experimental do Horto Florestal de Casa Branca” e ao Matheus Buzatto

Sandoval, do setor de obras da Prefeitura de Casa Branca, pela atenção e informações que me deram.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luis Antonio Bittar Venturi, meu agradecimento final por sua seriedade, organização e responsabilidade. Aprendi muito com você.

RESUMO

SOMEKH, Zélia Merbach Gomes. **Estudo evolutivo de três voçorocas urbanas em Casa Branca (SP)**. 2018. 103 f. Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Com uma paisagem suscetível a voçorocamentos pela associação entre aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrografia, clima e cobertura vegetal mais a ação antrópica, manifesta em desmatamento, abertura de valas para delimitação de terras, áreas de pasto, ocupação irregular sem planejamento ou infraestrutura, o surgimento de voçorocas e a reativação daquelas consideradas estabilizadas são potencializadas no município de Casa Branca. Voçorocas antes localizadas no perímetro urbano ou na zona rural tiveram suas bordas ocupadas por loteamentos de médio e alto padrão ou por moradias irregulares. Nesta pesquisa três voçorocas urbanas foram analisadas e tiveram suas áreas delimitadas entre 2006 e 2016 através de imagens de satélite. Com isso, foi possível calcular a velocidade média de evolução dessas voçorocas e fazer projeções de evolução nas bordas ocupadas.

Palavras-chave: Erosão. Voçoroca. Voçoroca Urbana.

ABSTRACT

SOMEKH, Zélia Merbach Gomes. **Evolutionary study of three urban gullies in Casa Branca (SP)**. 2018. 103 f. Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

With a landscape susceptible to gullies occurrence by the association between geological, geomorphological, pedological aspects, hydrography, climate and vegetation cover plus the anthropic action, manifested in deforestation, opening of ditches for land, pasture areas, irregular occupation without planning or infrastructure, the emergence of gullies and the reactivation of those considered stabilized are potentialized in the municipality of Casa Branca. Gullies previously located in the urban perimeter or in the rural zone had their borders occupied by subdivisions of medium and high standard or by irregular dwellings. In this research four urban gullies were analyzed, and three of them had their areas delimited between 2006 and 2016 through satellite images. With this, it was possible to calculate the average speed of evolution of these gullies and to make projections of evolution in the occupied borders.

Keywords: Erosion. Gully. Urban Gully.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:Localização do município de Casa Branca.....	7
Figura 2: Voçoroca do Senhor Menino antes do aterro em 2006 e depois do aterro em 2016.....	8
Figura 3:Tubos abandonados a montante da voçoroca do Senhor Menino.....	8
Figura 4: Unidades Geomorfológicas do município de Casa Branca.....	12
Figura 5: Classes de solos no município de Casa Branca.....	14
Figura 6: Perfil de solo na voçoroca do Senhor Menino.....	15
Figura 7: Areia de textura média na voçoroca do Senhor Menino.....	17
Figura 8: Localização da UGRHI 4 no Estado de São Paulo e da área urbana de Casa Branca (SP) dentro da UGRHI 4.....	18
Figura 9: Córrego do Espraiado.....	19
Figura 10: Vista aérea do Córrego do Espraiado.....	19
Figura 11: Parte do Mapa de Distribuição das Boçorocas no município de Casa Branca, mostrando a área urbana em 1980.....	27
Figura 12: Progressão da cidade de Casa Branca.....	28
Figura 13: Condomínio de alto padrão na borda esquerda e ocupação irregular na borda direita da Voçoroca do Senhor Menino.....	30
Figura 14: Detalhe de ocupação na borda direita da voçoroca do Senhor Menino.....	30
Figura 15: Voçoroca do Horto Florestal. Ao fundo, árvores mais altas circundando a área de erosão.....	45
Figura 16: Voçoroca das Três Cruzes.....	46
Figura 17: Área da voçoroca do Senhor Menino em 2006.....	47
Figura 18: Área da voçoroca do Senhor Menino em 2013.....	48
Figura 19: Área da voçoroca do Senhor Menino em 2014.....	49
Figura 20: Área da voçoroca do Senhor Menino em 2016.....	50
Figura 21: Aumento das ocupações irregulares na borda leste da voçoroca do Senhor Menino em 2013, 2014 e 2016.....	51
Figura 22: Nova ocupação na borda leste da voçoroca do Senhor Menino.....	53
Figura 23: Borda leste da voçoroca do Senhor Menino.....	54

Figura 24: Chiqueiro construído dentro da cavidade erosiva.....	54
Figura 25: Detalhe de deslizamento na borda leste.....	55
Figura 26: Deslizamento na borda oeste em dezembro de 2016.....	56
Figura 27: Borda oeste em julho de 2017.....	57
Figura 28: Área da voçoroca do Horto Florestal em 2006.....	58
Figura 29: Área da voçoroca do Horto Florestal em 2013.....	59
Figura 30: Área da voçoroca do Horto Florestal em 2014.....	59
Figura 31: Área da voçoroca do Horto Florestal em 2016.....	60
Figura 32: Ponto incendiado no Horto Florestal em setembro de 2017.....	62
Figura 33: Ponto de incêndio na borda da voçoroca.....	62
Figura 34: Ponto de incêndio no interior da voçoroca.....	63
Figura 35: Árvore na borda da voçoroca do Horto Florestal em dezembro de 2016.....	64
Figura 36: Mesma árvore em julho de 2017.....	66
Figura 37: Aumento da inclinação da árvore na borda da voçoroca em dezembro de 2017.....	66
Figura 38: Vista aérea da mesma árvore.....	67
Figura 39: Detalhe de raiz cortada.....	67
Figura 40: Local de acesso à voçoroca.....	68
Figura 41: Nicho escavado dentro da voçoroca.....	69
Figura 42: Fundos de uma casa que o quintal desmoronou.....	69
Figura 43: Lixo jogado na voçoroca.....	70
Figura 44: Detalhe do lixo jogado, com um sofá ao centro.....	71
Figura 45: Entulho jogado na borda da voçoroca do Horto Florestal.....	71
Figura 46: Fundo da voçoroca com folhagens.....	72
Figura 47: Lombada para controle de escoamento superficial.....	73
Figura 48: Área de cerrado recuperada.....	73
Figura 49: Área de cerrado recuperada ao fundo com presença de eucaliptos.....	74
Figura 50: 3 frentes de erosão da voçoroca das Três Cruzes.....	75

Figura 51: Área 1 da voçoroca das Três Cruzes em 2006.....	75
Figura 52: Área 1 da voçoroca das Três Cruzes em 2013.....	76
Figura 53: Área 1 da voçoroca das Três Cruzes em 2014.....	77
Figura 54: Área 1 da voçoroca das Três Cruzes em 2016.....	77
Figura 55: Rachadura na cabeceira da área 1 na voçoroca das Três Cruzes.....	78
Figura 56: Área 2 da voçoroca das Três Cruzes em 2006.....	79
Figura 57: Área 2 da voçoroca das Três Cruzes em 2013.....	80
Figura 58: Área 2 da voçoroca das Três Cruzes em 2014.....	80
Figura 59: Área 2 da voçoroca das Três Cruzes em 2016.....	81
Figura 60: Área 3 da voçoroca das Três Cruzes em 2006.....	82
Figura 61: Área 3 da voçoroca das Três Cruzes em 2013.....	83
Figura 62: Área 3 da voçoroca das Três Cruzes em 2014.....	83
Figura 63: Área 3 da voçoroca das Três Cruzes em 2016.....	84
Figura 64: Voçoroca do Senhor Menino e das Três Cruzes.....	85
Figura 65: Residência na borda oeste de uma erosão recente.....	86
Figura 66: Local de erosão recente.....	87
Figura 67: Projeção de evolução para a voçoroca do Horto Florestal.....	89
Figura 68: Projeção de evolução para a voçoroca do Senhor Menino.....	90
Figura 69: Projeção de evolução das 3 frentes de erosão da voçoroca das Três Cruzes.....	91
Figura 70: Calçada aterrada ao lado do Buracão do Luiz Capenga.....	92
Figura 71: Buracão do Luiz Capenga em 2013.....	93
Figura 72: Buracão do Luiz Capenga em julho de 2017.....	93

SUMÁRIO

1- Introdução.....	1
1.1- Contextualização do Tema de Estudo.....	1
2- Justificativa.....	3
3- Leis relacionadas a processos erosivos.....	5
4- Caracterização da área de estudo.....	6
4.1- Localização e Características Gerais.....	6
4.2- Aspectos geológicos.....	9
4.3- Aspectos Geomorfológicos.....	9
4.4- Pedologia.....	13
4.5- Hidrografia.....	17
4.6- Clima.....	19
4.7- Uso e cobertura da terra.....	21
4.8- Histórico do Município.....	23
5- As voçorocas de Casa Branca e a expansão do núcleo urbano.....	26
6- Embasamento Conceitual.....	31
6.1. Erosão.....	31
6.2- Fatores controladores.....	31
6.3- Processos erosivos.....	34
6.4- Tipos de Erosão.....	36
6.4.1- Erosão Laminar.....	36
6.4.2- Erosão Linear.....	37

6.5- Voçorocas.....	38
6.5.1- Tipologia das Voçorocas.....	40
7- Metodologia.....	43
7.1- Técnicas e Instrumentos.....	43
8. Resultados.....	47
8.1- Velocidade de evolução das voçorocas.....	47
8.1.1- Voçoroca do Senhor Menino.....	47
8.1.2- Voçoroca do Horto Florestal.....	57
8.1.3- Voçoroca das Três Cruzes.....	74
9- Considerações finais e sugestões.....	88
10- Referências Bibliográficas.....	95

1- Introdução

1.1- Contextualização do Tema de Estudo

Para sobreviver, o homem se relaciona com a natureza, apropriando-se dela objetiva e subjetivamente. Ao se organizar social e territorialmente, os recursos naturais são fundamentais, representando o principal elo entre o homem e a natureza (VENTURI, 2006).

Os homens primitivos consideravam o solo como algo que existia sobre a superfície da Terra que permitia sua locomoção, o crescimento de vegetais e frutos, que eram coletados, e que fornecia o barro para a confecção de cerâmica e de pigmentos para suas pinturas rupestres (LEPSCH, 2010). Após a revolução neolítica, quando deixaram de ser nômades e se fixaram na terra, uma relação permanente entre o uso do solo e a percepção do seu desgaste foi criada pelos homens.

O fenômeno erosivo foi registrado pelos Sumérios (3.000 a.C.), conforme descrito por Benett (1939, apud MARCHIORO et al., 2016). Foi com o advento da agricultura que o solo passou a ter uso e exploração mais intensivos como recurso natural, através da utilização do arado animal e da irrigação, e que começaram a ocorrer as degradações ambientais (LEPSCH, 2010).

Sendo o solo um recurso natural, seu uso e forma de ocupação vão determinar sua renovabilidade ou não. Atividades antrópicas, como desmatamento, uso agropecuário da terra, com aração, plantio e cultivo no sentido “morro abaixo”, as queimadas, o pisoteio do gado, a ação das mineradoras, a construção de valas como divisa de terras, construção de estradas, associados à erosividade da chuva, às propriedades do solo, à cobertura vegetal ou falta dela, às características da encosta podem acelerar processos erosivos, tais como ravinamentos e voçorocas (GUERRA, 2013).

Estas últimas provocam perda de solo, inutilizando áreas agrícolas e também urbanas, assoreamento de canais fluviais e consequente inundações, entre outras, causando impactos ambientais, sociais e econômicos.

No interior do Estado de São Paulo, o crescimento de alguns núcleos urbanos em ambiente sedimentar atingiu áreas rurais com ocorrência de voçorocas, cujas bordas foram ocupadas para construção de condomínios ou de moradias irregulares. Este é o caso do município de Casa Branca, localizado no nordeste do Estado. Ali, todos os fatores enumerados acima propiciam o surgimento de voçorocas.

Muitos estudos já foram realizados sobre voçorocas em municípios do Estado de São Paulo. Ab'Saber, em 1968, escreveu sobre as voçorocas de Franca e disse que o processo de formação das voçorocas está associado a paisagens de onde foi retirada a sua cobertura vegetal. Salomão (1994), em sua tese de doutorado, escreveu sobre os processos erosivos lineares em Bauru. Embrapa e IPT possuem várias pesquisas sobre formação e recuperação de voçorocas. No caso do município de Casa Branca, temos o estudo geomorfológico das voçorocas elaborado por Furlani (1980), e dois zoneamentos geoambientais, um de Amaral (2014) e outro de Stefani (2000).

O presente estudo visa analisar a evolução de 3 voçorocas urbanas de Casa Branca, suas causas iniciais, a velocidade de desenvolvimento, os impactos sociais e ambientais, as medidas de controle. Para isso, além do estudo teórico sobre o tema, foram realizados trabalhos de campo, conversas com moradores e administradores do município e análise de imagens aéreas para determinar a velocidade de desenvolvimento dessas voçorocas nos últimos dez anos, o que permite uma projeção da situação no entorno destas para um futuro próximo.

2- Justificativa

O Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, de junho de 2000, elaborado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Governo do Estado de São Paulo, estima que haja 7 mil voçorocas no território paulista, que geram gastos em obras para estabilização das mesmas, despesas de recomposição de áreas urbanas degradadas, edificações, arruamentos etc., e em obras viárias interrompidas ao tráfego por problemas erosivos, sobretudo na época das chuvas. Ele ressalta que o conhecimento do estado da erosão e de seu impacto ambiental e o prognóstico de sua evolução com base na definição da suscetibilidade dos terrenos é imprescindível à definição de ações governamentais. Em artigo publicado na Revista Brasileira de Ciência dos Solos, Telles, Guimarães e Dechen (2011) mostram que as estimativas dos custos com erosão do solo no Estado de São Paulo chegam a 212 milhões de dólares ao ano, aproximadamente R\$ 640 milhões de reais. O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) 2016-2019 estima gastos de 280,02 milhões de reais somente em prevenção à erosão no Estado de São Paulo.

Ainda segundo esse relatório, a origem da erosão urbana está associada à falta de um planejamento adequado que considere as particularidades do meio físico e as condições sociais e econômicas de desenvolvimento da área urbana. Entre as principais causas do desencadeamento e evolução das erosões nas cidades destaca: o traçado inadequado do sistema viário, com ruas abertas perpendicularmente às curvas de nível, em encostas com declividade superior a 10%, frequentemente agravado pela falta de pavimentação, guias, sarjetas e redes de galerias; a deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais e servidas; o crescimento vertiginoso da população em um processo de rápida urbanização sem planejamento; a expansão urbana descontrolada, com implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais em locais não apropriados sob o ponto de vista geotécnico. Algumas voçorocas rurais, já estabilizadas, acabam sendo reativadas com a implantação de loteamentos a montante delas, formando novos ramos pela concentração das águas pluviais.

No diagnóstico-síntese do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, a UGRHI 4 (Pardo) é colocada com média suscetibilidade à erosão, mas o município de Casa Branca é destacado com alta suscetibilidade.

3- Leis relacionadas a processos erosivos

De acordo com o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, de junho de 2000, na legislação vigente não há norma, regulamento ou lei destinados ao controle eficiente da erosão no Estado de São Paulo. Na maioria dos municípios não existem planos diretores ou leis sobre parcelamento do solo urbano, e aqueles que possuem não consideraram a lei de parcelamento nem os dispositivos legais que contemplam medidas preventivas à erosão urbana.

Mesmo o termo erosão e algumas variantes, como proteção do solo, controle de erosão, aparecendo em alguns trechos de legislações, como o Código Florestal, não há no Brasil uma legislação ambiental específica que trate do tema voçoroca. Sousa (2010), em sua tese de doutorado, propõe que as voçorocas sejam consideradas como nascentes ou olhos d'água, uma vez que alguns autores consideram que uma voçoroca deve interceptar o lençol freático para receber tal denominação. Dessa forma, as voçorocas deveriam ser protegidas num raio de 50 metros a partir de suas bordas (SOUZA, 2010). Seu uso como depósito de lixo e até mesmo de animais mortos, seria também coibido.

A Lei Federal 12.651, de 20/05/2012, que estabelece o Novo Código Florestal, considera como Áreas de Preservação Permanente (APPs) as áreas no entorno das nascentes e olhos-d'água perenes, num raio mínimo de 50 metros.

Em Casa Branca, a lei nº 1.771 de 7 de fevereiro de 1992 autoriza o Executivo Municipal a viabilizar o reflorestamento das encostas de voçorocas que margeiam bairros e que já estejam oferecendo perigo a casas e ruas.

O Plano Diretor do Município de Casa Branca, de outubro de 2006, estabelece a “preservação das boçorocas e recuperação das mesmas quando possível, aproveitando para o turismo” e delimita “área de preservação às margens da boçoroca das Três Cruzes, inclusive área de preservação entre o Bairro Senhor Menino e Escola Carlos Augusto”.

4- Caracterização da área de estudo

4.1- Localização e Características Gerais

Localizado no nordeste do Estado de São Paulo ($21^{\circ}46'26''$ latitude Sul e $47^{\circ}05'11''$ longitude oeste), o município de Casa Branca, constituído pelos distritos de Casa Branca, Lagoa Branca e Venda Branca, possui uma área de 864,225 km², região chamada antigamente de “sertão do Rio Pardo”. De acordo com o censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população é de 28.307 habitantes, com estimativa de 30.012 para 2016, sendo considerado de pequeno porte. A densidade demográfica é de 32,76 hab./km².

Pertencente à região administrativa de Campinas, o município encontra-se a 230 km da cidade de São Paulo e tem por principal acesso a rodovia SP-340 a partir da Rodovia Dom Pedro I (SP-65) em Campinas. Faz divisa com os municípios de: Aguaí, ao sul; Vargem Grande do Sul, Itobi e São José do Rio Pardo, a leste, sudeste e nordeste, respectivamente; Mococa e Tambaú, ao norte e noroeste; e Santa Cruz das Palmeiras, a sudoeste (figura 1).

No município podemos observar a ocorrência de voçorocas. Furlani (1980), em sua dissertação de mestrado “Estudo Geomorfológico das Boçorocas de Casa Branca” cadastrou e mapeou 332 voçorocas no município de Casa Branca: 35 dessas voçorocas são de grande porte, sendo que 15 estão na área urbana e 20 na área rural. No presente estudo, 3 voçorocas urbanas são analisadas temporalmente através de imagens e observações em campo, com o intuito de calcular a velocidade de desenvolvimento das mesmas e projetar a situação no entorno, onde ocorre ocupação urbana, regular ou não.

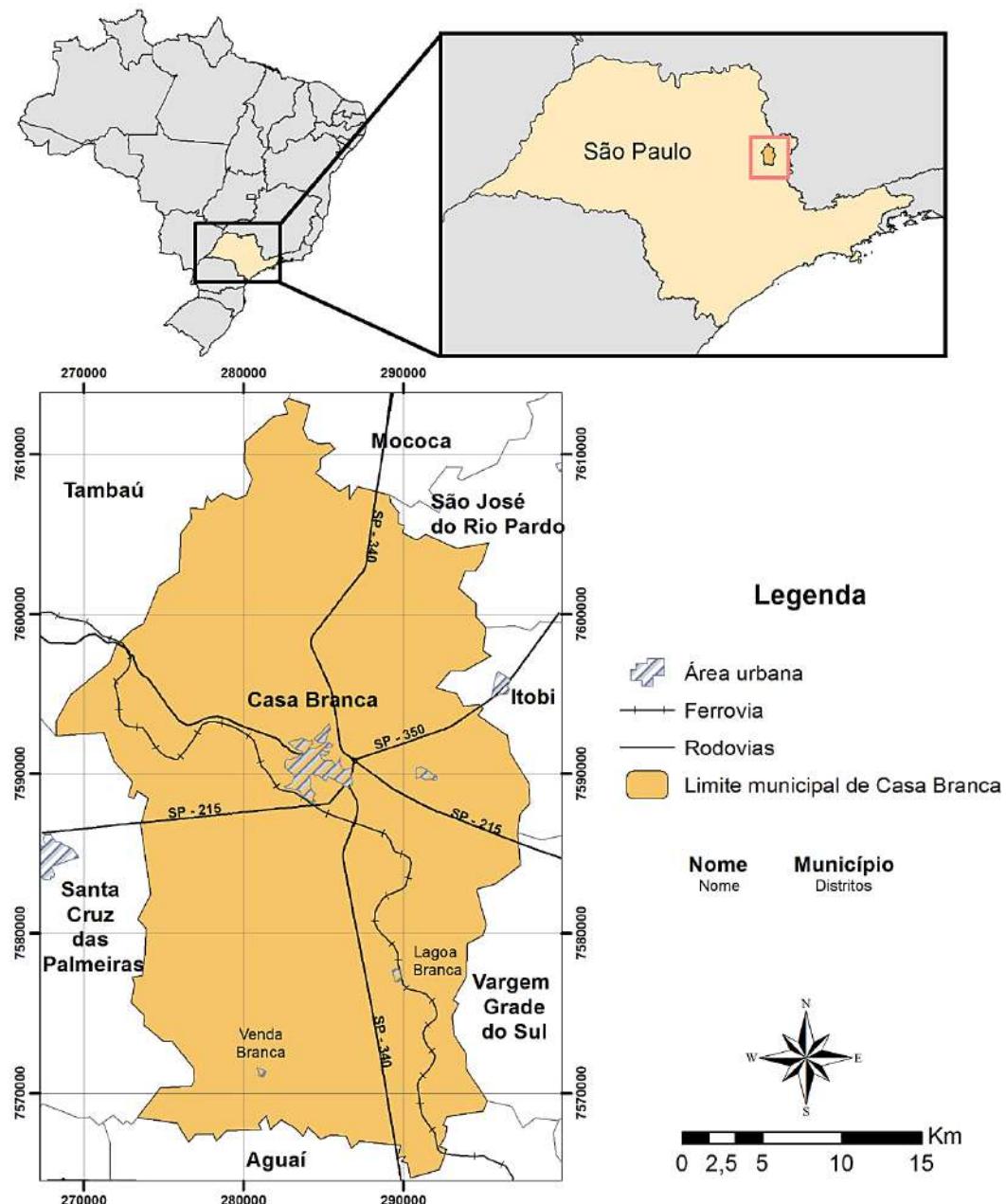


Figura 1: Localização do município de Casa Branca. Fonte: AMARAL, 2014.

Em 2012 foi realizado, em Casa Branca, um aterro na cabeceira da voçoroca do Senhor Menino para controle e estabilização da mesma, pois um loteamento estava sendo iniciado em um terreno próximo. Parte da área da voçoroca é propriedade particular e, por exigência da CETESB, parte do buraco deveria ser aterrado e nascentes de rios deveriam ser canalizadas, o que é considerado crime ambiental (ALMASI, MATTAR e ZANCHETTA, 2012). Protestos foram realizados na voçoroca e um vereador do município disse que

em 2007 fez uma emenda à Lei Orgânica do município, mudando para 100 metros o limite para intervenção em APPs. Mesmo assim o aterro foi feito (figura 2).



Figura 2: Voçoroca do Senhor Menino antes do aterro em 2006 (à esquerda) e depois do aterro em 2016 (à direita). Fonte: Google Earth Pro.

A canalização da nascente aparentemente não foi realizada, já que os tubos que seriam utilizados para essa canalização foram largados a montante, conforme observação em campo em julho de 2017 (figura 3).



Figura 3: tubos abandonados a montante da voçoroca do Senhor Menino. Autoria: Somekh, G., julho de 2017.

4.2- Aspectos geológicos

O município de Casa Branca está localizado sobre os sedimentos da borda oriental da Bacia do Paraná, representados pelas Formações Aquidauana, Tatuí e Corumbataí do subgrupo Itararé (STEFANI, 2000, p. 39). Uma pequena parte do Embasamento Cristalino encontra-se no extremo nordeste da área. Sobre esse embasamento, foram depositadas unidades da bacia do Paraná, representadas na área pelo Sub-grupo Itararé, pela formação Piraçununga e coberturas quaternárias (AMARAL, 2014, p. 53). Na porção norte do município são encontradas intrusões ígneas da Formação Serra Geral, compostas de diabásios às vezes compactos, mas geralmente fraturados em blocos e alterados, formando a “terra roxa” (op. cit., p. 54). Sedimentos aluvionares do Quaternário ocorrem ao longo das planícies aluviais, formado por areias e argilas inconsolidados, com ocorrência de níveis de cascalhos localizados (op. cit., p. 55).

A área urbana de Casa Branca está assentada praticamente em sua totalidade sobre a Formação Piraçununga, composta por rochas sedimentares areníticas. Essas rochas são constituídas por sedimentos areno-argilosos e areias com muito pouco silte, pobramente a muito pobramente selecionados, sem estruturas sedimentares bem definidas.

Sua distribuição vertical assemelha-se a solos, com cores que vão do vermelho ao amarelo. Os grãos de quartzo apresentam vários graus de arredondamento, o que indica variações climáticas pretéritas. Ocupa grande extensão em superfície e a profundidade pode variar de menos de 1 metro até 11 metros. Nota-se presença de pequenas lagoas circulares e depressões fechadas, baixa densidade de drenagem, o terreno apresenta tonalidades claras, com colinas amplas e perfil convexo e formação de voçorocas nas frentes de erosão (STEFANI, 2000).

4.3- Aspectos Geomorfológicos

Localizado quase que totalmente sobre rochas sedimentares e ígneas da porção limítrofe da Bacia do Paraná, o município de Casa Branca apresenta três domínios geomorfológicos: na faixa leste, os mares de morros dos Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste (ROSS, 2009); a oeste as *cuestas* arenito-basálticas; e a Depressão Periférica da borda leste da bacia do Paraná (ROSS, 2009), que ocupa a maior parte da área.

Com relevo uniforme, de colinas onduladas, morros e morrotes com menores declividades e maiores amplitudes, na porção sudoeste as altitudes giram em torno de 560 metros, chegando a 600 metros, e na porção leste, na borda da Depressão Periférica, as altitudes estão em torno de 720 metros.

No extremo oeste ocorrem as maiores altitudes (900 metros), onde existe um relevo residual da Formação Serra Geral.

De acordo com a metodologia adotada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1981), os sistemas de relevo presentes na área são:

- Planícies Fluviais (111): são terrenos planos, constituídos por sedimentos fluviais quaternários; geradas por processos de agradação (deposição de sedimentos arenosos e argilosos inconsolidados); são áreas sujeitas a inundações periódicas; apresentam declividades inferiores a 2%; o lenço freático é pouco profundo. O potencial de fragilidade dessas áreas é bastante alto (AMARAL, 2014 e STEFANI, 2000);

- Colinas amplas (212): neste sistema predominam interflúvios com área superior a 4 km² (STEFANI, 2000, p. 36); os topos são extensos e aplainados; as vertentes apresentam perfis retilíneos a convexos; geralmente possuem baixa densidade de drenagem com padrão subdendrítico; os vales são abertos com planícies aluviais restritas, podendo ocorrer, eventualmente, lagoas perenes ou intermitentes (AMARAL, 2014, p. 52);

- Colinas médias (213): suas características principais identificam interflúvios com áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes (STEFANI, 2000, p. 36);

- Morros amplos (221): neste sistema de relevo os interflúvios são arredondados com área superior a 15 km², topos arredondados a achatados. As vertentes apresentam perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão dendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas (*op. cit.*, p. 36);
- Morros alongados e espiões (234): normalmente predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos a achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados (*op. cit.*, p .37);
- Morros arredondados (241): são constituídos de topos arredondados e localmente achatados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, localmente ravinados. Exposições locais de rocha. Presença de espiões curtos locais. Drenagem de média densidade, padrão dendrítico a subdendrítico, vales fechados (*op. cit.*, p. 37).

A figura 4 abaixo mostra essas unidades geomorfológicas do município estudado.

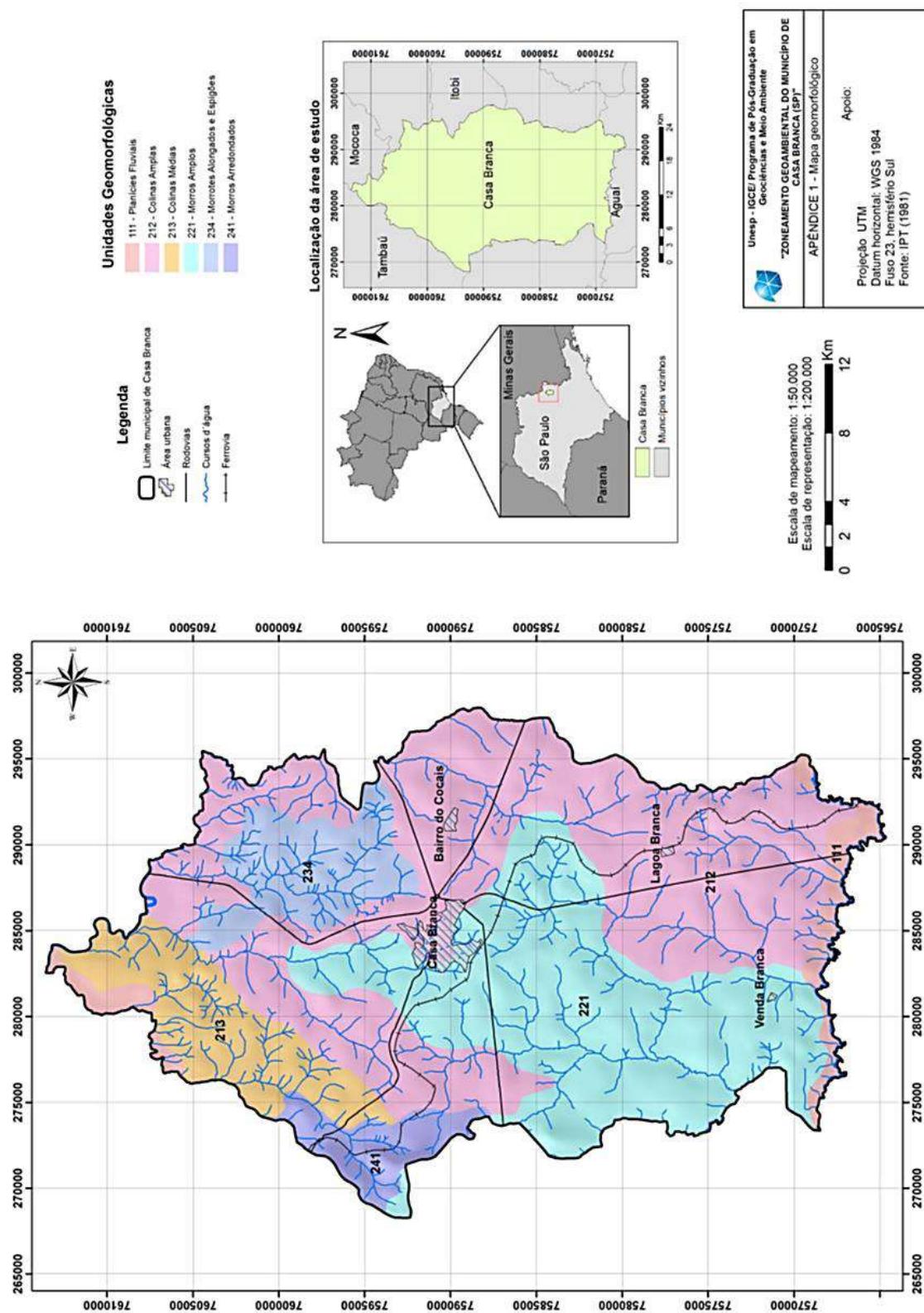


Figura 4: Unidades Geomorfológicas do município de Casa Branca (SP). Fonte: AMARAL, 2014.

Em 1998, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) classificou o município de Casa Branca como muito crítico em relação à erosão. Nas áreas sudeste e no centro do município o nível de suscetibilidade é médio, apresentando feições lineares, como ravinhas e sulcos, de incidência média, voçorocas de cabeceira de drenagem de incidência baixa e erosão laminar fraca. Na parte sudoeste, o nível de suscetibilidade é alto, com voçorocas de cabeceira de drenagem de grande porte, lençol freático profundo, ravinhas e sulcos de incidência média. O processo de evolução é contínuo e lento, e a erosão laminar intensa. A norte o nível é muito alto, com alta incidência de voçorocas de cabeceira de drenagem, ravinhas e sulcos. Os anfiteatros são semicirculares e a erosão laminar intensa (STEFANI, 2000). Essa suscetibilidade à erosão e ocorrência de voçorocas acontece pela localização do município na Bacia Sedimentar do Paraná.

4.4- Pedologia

Furlani (1980), em seu estudo sobre as voçorocas de Casa Branca, mostra que o Latossolo Vermelho Amarelo – fase arenosa sobre os sedimentos da Formação Aquidauana recobre mais de 50% da área. Justamente pelo substrato ser arenítico é que os solos são assim. Stefani (2000) diz que:

O Latossolo Roxo aparece sobre as intrusivas básicas; o Latossolo Vermelho Amarelo – orto ocorre sobre os terrenos Pré-Cambrianos; o Podzólico Vermelho Amarelo – orto também se distribui sobre os terrenos Pré-Cambrianos, porém, mais a norte; e os hidromórficos. (STEFANI, 2000, p. 49 e 50).

A figura 5 abaixo mostra as classes de solos no município de Casa Branca.

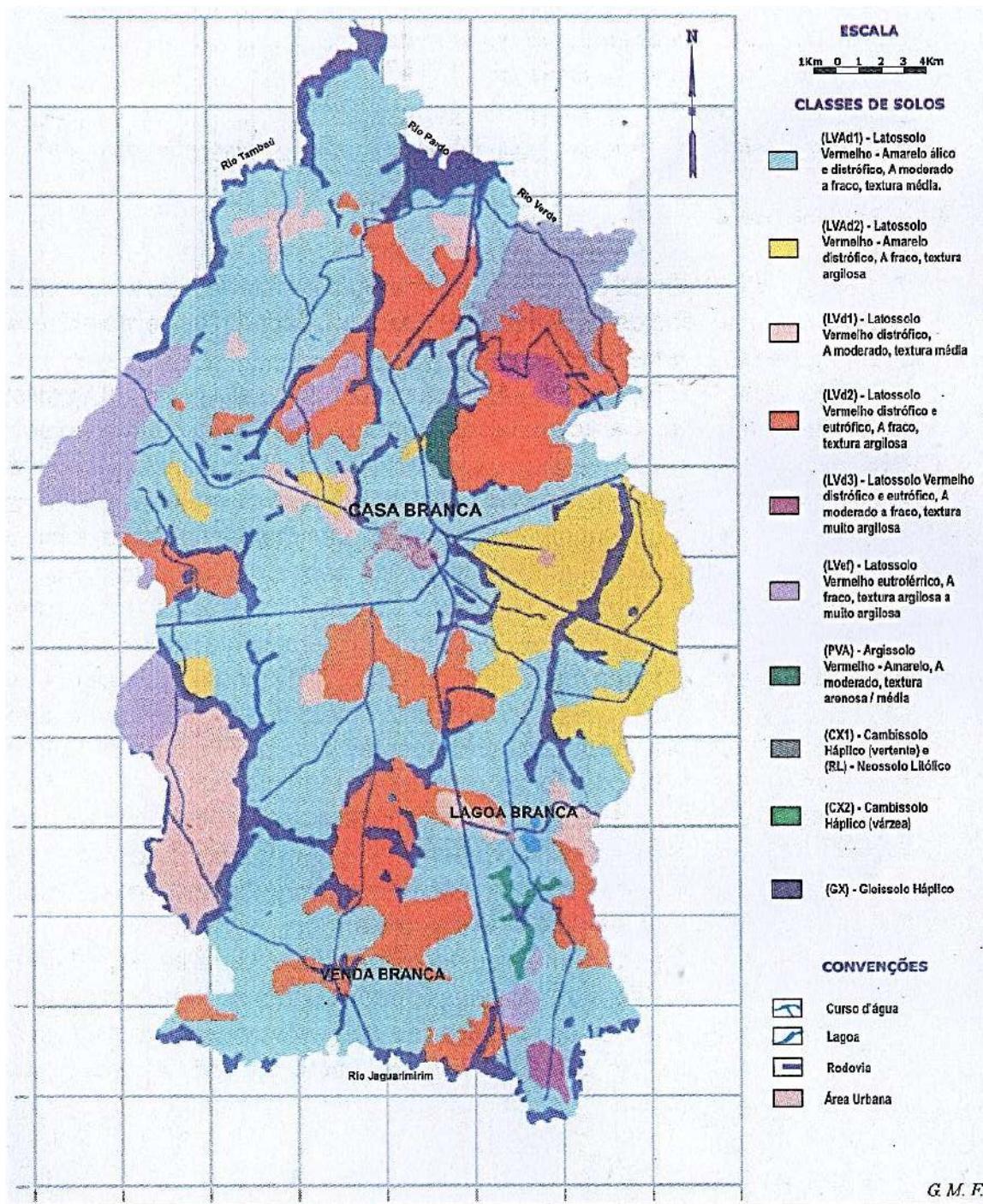


Figura 5: Classes de solos no município de Casa Branca. Fonte: FURLANI, 2003.

Em 1997, análises químicas e físicas realizadas pelo IPT, demonstram que os Latossolos Vermelhos Amarelos ocupam mais de 60% da área do município (figura 6). Latossolos Vermelho Escuros, Latossolo Roxo, Podzólico Vermelho Amarelo, Cambissolos e Litólicos e Hidromórficos também aparecem no município (STEFANI, 2000, p. 50).



Figura 6: detalhe de solo na voçoroca do Senhor Menino (Casa Branca, SP). Autoria: Somekh, G., julho de 2017.

Ross (1994) apresenta em seu estudo “Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados” classes de fragilidade ou de erodibilidade dos solos, utilizando as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos; considera também o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais. No quadro 1, elaborada com base nos dados do estudo de Ross, podemos notar que os Latossolos Vermelhos Amarelos, predominantes na área de estudo, possuem baixa a média fragilidade para ocorrência de processos erosivos.

Classes de Fragilidade	Tipos de Solo
1- Muito Baixa	Latossolo Roxo, Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa
2- Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo textura média/argilosa
3- Média	Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/argilosa
4- Forte	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/ argilosa, Cambissolos
5- Muito Forte	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas

Quadro 1: Classes de Fragilidade dos Solos. Fonte: ROSS, 1994.

Essa aparente contradição foi comentada por Prandini et al. (1989). Em Casa Branca, apesar da ocorrência de solos argilosos e relevos suaves com colinas amplas, o grande número de voçorocas pode ser explicado pela contribuição das variações litológicas da Formação Aquidauana no desenvolvimento diferenciado dos fenômenos erosivos associado ao desmatamento. Apesar de resistentes à erosão, solos latossólicos argilosos podem originar ravinas profundas, causadas pela concentração excessiva das águas superficiais, que podem atingir os horizontes de alteração e causar uma rápida evolução em profundidade e em área de ocorrência desses fenômenos erosivos. Áreas com solos arenosos de textura média (figura 7), em relevos mais movimentados, apresentam condições favoráveis de ocorrência de ravinas por ação de águas superficiais (STEFANI, 2000).



Figura 7: areia de textura média na voçoroca do Senhor Menino (Casa Branca, SP). Autoria: Somekh, G, dezembro de 2017.

4.5- Hidrografia

O município está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo e pertence às Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 9 e 4, sendo que a área urbana se encontra nesta última (figura 8).

O Rio Jaguari-Mirim limita o município ao sul, e na porção nordeste é o Rio Pardo que faz o limite entre Casa Branca e o município de Mococa.



Figura 8: localização da UGRHI 4 no Estado de São Paulo e da área urbana de Casa Branca (SP) dentro da UGRHI 4. Fonte: SigRH. Adaptação: Somekh, Z.

Na área urbana, os dois principais cursos fluviais são o Córrego do Pingo e o Córrego do Espraiado. Neste último ocorre a drenagem das duas maiores voçorocas da cidade, a do Senhor Menino e do Horto Florestal.

A figura 9 indica o Córrego do Espraiado canalizado com visão a partir da voçoroca do Senhor Menino.



Figura 9: Córrego do Espraiado, indicado pelas setas. Autoria: Merbach, R., dezembro de 2017.

O mesmo córrego pode ser observado na figura 10 abaixo, com vista aérea a partir da voçoroca do Horto Florestal.



Figura 10: vista aérea do Córrego do Espraiado, indicado pelas setas. Autoria: Merbach, R., dezembro de 2017.

4.6- Clima

O Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da Unicamp mostra que o clima do município de Casa Branca é do tipo Aw de acordo com a classificação de Köeppen: clima megatérmico, com invernos secos, temperatura média do mês mais frio do ano maior que 18°C (gráfico 1).

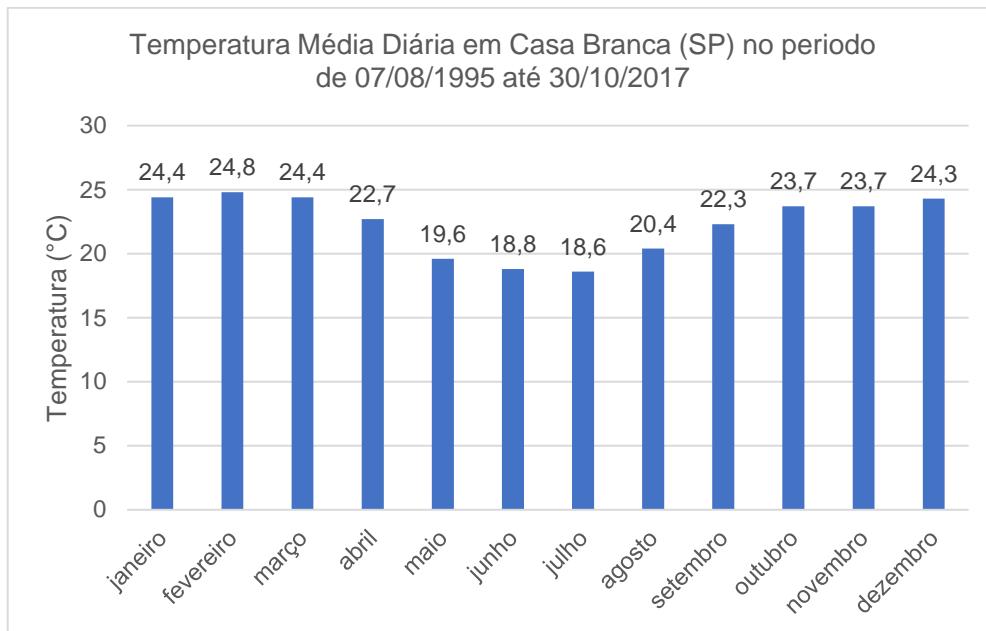


Gráfico 1: Temperaturas médias diárias em Casa Branca (SP). Fonte dos dados: CEPAGRI.

Dados pluviométricos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) mostram que a região possui dois períodos bem definidos, um chuvoso, com precipitações bem distribuídas, e outro seco entre os meses de junho e agosto (gráfico 2).

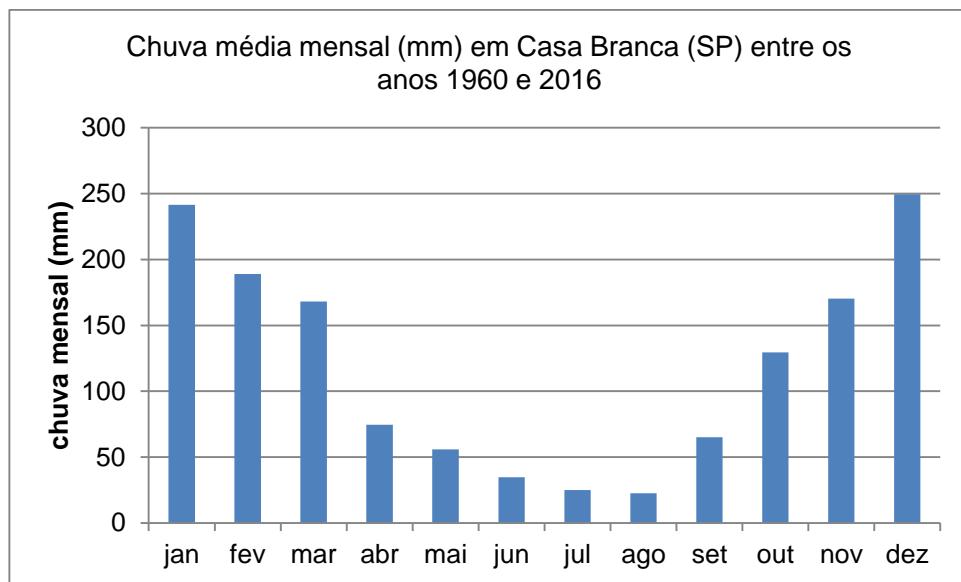


Gráfico 2: Chuva média mensal em Casa Branca (SP). Fonte dos dados: DAEE

Invernos secos e verões chuvosos associados a solos arenosos e desmatamento favorecem a formação de voçorocas.

4.7- Uso e cobertura da terra

A vegetação original predominante na região é o cerrado. Sobre as áreas de rochas intrusivas básicas e pré-cambrianas ocorre a Floresta Latifoliada Tropical, além da vegetação de várzea, mata-galeria e capão em terrenos de solos hidromórficos (STEFANI, 2000, p. 33). A nota técnica 1 da EMBRAPA (2013) sobre cerrados no Estado de São Paulo insere o município parcialmente no Bioma Cerrado, sendo 92,05% de sua área coberta por Cerrado e 7,95% por Mata Atlântica.

De acordo com a Tabela de Quantificação da Vegetação Natural Remanescente para os municípios do Estado de São Paulo (2009), elaborada pelo Instituto Florestal da Secretaria do Meio Ambiente, através do projeto “Inventário Florestal do Estado de São Paulo”, 6.425ha são cobertos por Floresta Estacional Semidecidual, 2.459ha por Formação Arbórea / Arbustiva em Região

de Várzea, 5ha de savana, totalizando 8.889ha, que correspondem a 10,3% da área total do município de Casa Branca. A pastagem cultivada ocupa 3.550ha e a natural 300ha.

O município conta com uma Unidade de Conservação, onde está localizada Estação Experimental de Casa Branca. Ocupando uma área de 409,18ha, a vegetação no local é representada por plantio de Pinus e Eucalipto e o Cerrado é o atributo protegido. De acordo com o site do Instituto Florestal do Governo do Estado de São Paulo, ali são produzidas mudas de espécies exóticas e nativas, além de espécies em extinção, como a gabiroba, cajuzinho do campo, maroco e mangabeira.

O Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI-4), elaborado pela CPTI - Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais em 2008, indica que:

O uso e ocupação do solo de maneira não adequada e desordenada acaba por gerar algumas das principais causas das erosões do solo: em área urbana, a concentração das águas pluviais e a falta de sistemas de drenagem eficientes; e em área rural, o desmatamento, principalmente a retirada da mata ciliar e o manejo inadequado das terras para fins agrícolas. (CPTI, 2008, p. 13)

O município de Casa Branca foi o que mais apresentou dados sobre erosões em um questionário aplicado aos municípios da URGHI e declarou a presença de 16 erosões urbanas e 314 rurais, sendo o que apresenta maior número de erosões dentro da UGRHI-4. Somente a natureza do material pedológico foi apontada como causa para os processos erosivos.

As lavouras temporárias, ou culturas anuais, ocuparam em 2006 uma área total de 53.842ha, produzindo 144 toneladas de arroz (em 65ha), 135.000 de batata inglesa 5.932ha), 1.240.000 de cana de açúcar (15.500ha), 1.750 de cebola (50ha), 27.884 de feijão (12.900ha), que representa 80,6% de toda a produção da Bacia, 77.816 de milho (12.000ha), 16.200 de soja (6.000ha), 600 de tomate (15ha) e outros produtos 6.130ton (1.380ha).

A lavoura permanente ocupa 13.658ha, sendo que o café ocupa 200ha e a laranja 13.458ha. A produção do café foi de 240 toneladas e a de laranja 399.830 toneladas.

Esses números mostram que, do total da área do município (86.422,5 ha), 78,10% é ocupada pela agricultura. A remoção da cobertura vegetal natural, o aumento de áreas com solo exposto ou preparados para o cultivo são fatores que aceleram processos erosivos. Estudo realizado pela Embrapa em 2014 identificou 264 pivôs centrais utilizados para irrigação, ocupando uma área de 11.588,22 ha. Usado em áreas planas, esse sistema de irrigação pode provocar a degradação superficial dos solos por encharcamento, erosão e consequente assoreamento dos reservatórios naturais de água (BARBALHO, M., BARBALHO, F. e SILVA, 2006).

Ainda de acordo com o mesmo relatório, foram declarados 9 pontos de extração de argila para produção de cerâmica.

A prefeitura de Casa Branca também declarou que possui indústria de laticínios em seu território. A indústria de laticínios é grande consumidora de água nos processos produtivos de produtos derivados do leite. As outras atividades industriais declaradas pela prefeitura foram as de beneficiamento de cereais e frutas, metalúrgica, olaria e rações.

No município de Casa Branca, a associação entre aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrografia, clima e cobertura vegetal formam uma paisagem suscetível a voçorocamentos. A ação antrópica, manifesta em desmatamento, abertura de valas para delimitação de terras, áreas de pasto, ocupação irregular sem planejamento ou infraestrutura, potencializam o surgimento de voçorocas e a reativação daquelas consideradas estabilizadas.

4.8- Histórico do Município

A região foi caminho dos bandeirantes no século XVII e de tropeiros que buscavam o Caminho dos Guaiazes, que ligava o litoral a Goiás e Mato Grosso.

No final do século XVIII surgem os primeiros registros históricos sobre Casa Branca, caracterizando-a como povoação (IBGE).

Em 1872 foi instituída a cidade de Casa Branca, que atinge seu auge de desenvolvimento com a chegada da Estrada de Ferro Mogiana, em 1878. Posteriormente, ainda no século XIX, foi construído um ramal para Minas Gerais e Goiás a partir da linha tronco em Casa Branca, que se tornou um ponto de convergência no interior do Estado de São Paulo por sua localização privilegiada (IBGE).

Um levantamento das propriedades rurais do século XIX realizado por Mariana Pereira Horta Rodrigues em sua dissertação de mestrado, mostra que a localização das fazendas de gado e de café em Casa Branca está diretamente relacionada com as características dos solos do município. Na região oeste estão as fazendas de café, onde o solo é mais fértil. Na região norte, onde os solos são mais arenosos, suscetíveis à erosão pelo escoamento superficial e subsuperficial, estão as fazendas de pecuária extensiva. O pisoteio do gado, a abertura de valas para divisão de propriedades, o desmatamento para a geração de pasto, juntamente com as características do solo, favorece o desenvolvimento de ravinas e voçorocas. Nessa região estão localizadas três grandes voçorocas urbanas, entre muitas que existem na região.

As voçorocas fazem parte da paisagem e da cultura de Casa Branca. Em 1985, José Ganymédes, casabranquense e escritor, lançou um livro chamado “Boçorocas”, o que mostra a popularidade desse tipo de erosão na cidade, sendo que as maiores delas são consideradas pontos turísticos para a população. Algumas delas recebem nomes dos locais onde se localizam, como “do Horto”, “da Estrada”, “dos Atiradores” (perto do Tiro de Guerra). Também cita causas dessas voçorocas, como o solo arenoso, as trilhas percorridas pelo gado, as valas de demarcação de divisa de terras sem vegetação, o desmatamento. E conta uma versão lendária muito conhecida e divulgada até os dias de hoje sobre um padre que teria rogado uma praga na cidade:

Ele era abolicionista e, em seus sermões insistia na libertação dos escravos. Com isso revoltou os senhores escravagistas, os quais, primeiramente, determinaram a capangas que lhe dessem uma boa surra e, em seguida, fizeram pressão para a

sua saída da paróquia, o que acabou acontecendo. Ao deixar a cidade, mancando, expressão angustiada e revoltada, o Padre Felício olhou para o céu e ficou ouvindo o vento uivante. Depois, olhou, ao longe, as gargantas vermelhas de uma voçoroca. O rosto tomou uma expressão de cólera e, enchendo o peito de ar, de repente gritou com todas as suas forças: --- Assim como Sodoma e Gomorra foram destruídas pelo fogo dos céus, eu amaldiçoô esta cidade para que ela seja silenciada pelas gargantas da terra, a não ser que, por um desagravo público, seja reparada a agressão que contra mim foi cometida! Ao que parece o desagravo não aconteceu e Casa Branca passou a conviver com o fenômeno, achando alguns de seus moradores que elas, guardadas as proporções, têm uma certa semelhança com os canyons americanos e, assim, deveriam ser explorados como turismo. (GANYMÉDES, 1985, n.c.)

Em 2012 um aterro foi realizado para contenção de uma das maiores voçorocas da cidade para a construção de um condomínio. Moradores realizaram um protesto contra as obras, por considerarem as voçorocas um patrimônio cultural da cidade. As voçorocas são utilizadas para caminhadas, recreação, passeios ciclísticos e cavalgadas.

5- As voçorocas de Casa Branca e a expansão do núcleo urbano

Já no final do século XIX as voçorocas de Casa Branca eram citadas em obras referentes a processos erosivos no Brasil. Furlani (1980), em seu estudo sobre as voçorocas de Casa Branca, diz que Löfgren (1890) refere-se às voçorocas de Casa Branca abertas em decorrência da espessa camada terrosa permeável escavada pela água subterrânea, e que Toledo (1899) afirma que as maiores voçorocas em Casa Branca estão ao ‘pé da cidade’.

No século XX, Setzer (1949) define boçorocas como vales de erosão recentes e afirma que Casa Branca, Boituva, Itapetininga, Assis e Vera Cruz são núcleos urbanos seriamente ameaçados por macro-ravinias (FURLANI, 1980).

Monbeig (1949) ressalta que as voçorocas de Casa Branca, Moji-Mirim e Corumbataí são fenômenos provocados principalmente pela intervenção humana, como a destruição dos cerrados e circulação dos carros de boi, embora a permeabilidade do solo e o clima com uma estação chuvosa e outra seca bem marcantes sejam fatores que não podem ser ignorados (FURLANI, 1980, p. 8 e 10).

Em 1980, Furlani representou cartograficamente a distribuição espacial das voçorocas no município (figura 11) e fez um esboço geomorfológico de uma delas (Anexo I).

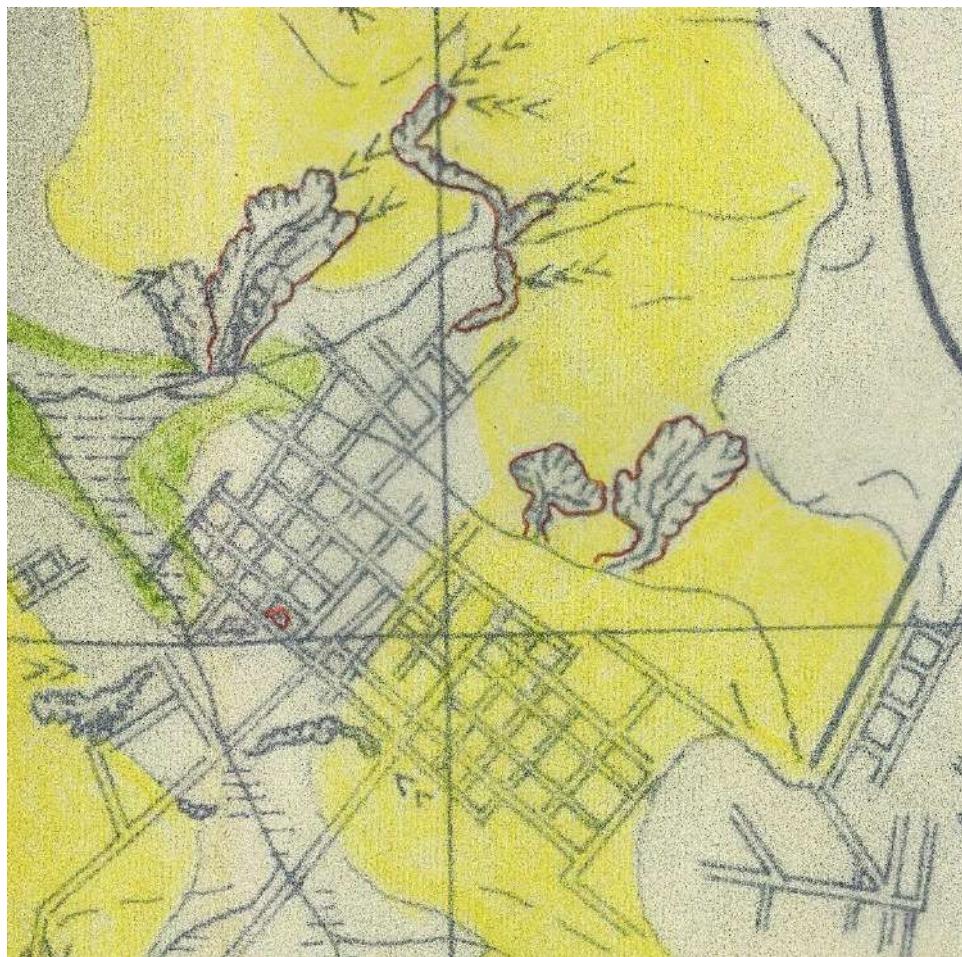


Figura 11: parte do Mapa de Distribuição das Boçorocas no município de Casa Branca, mostrando a área urbana em 1980. Destaque em vermelho para as voçorocas estudadas. Fonte: FURLANI, 1980. Adaptação: Somekh, Z.

Em 2003, ao apresentar a progressão da cidade em seu livro “O Município de Casa Branca”, Furlani fez um esboço cartográfico dessa progressão do núcleo urbano (figura 12).

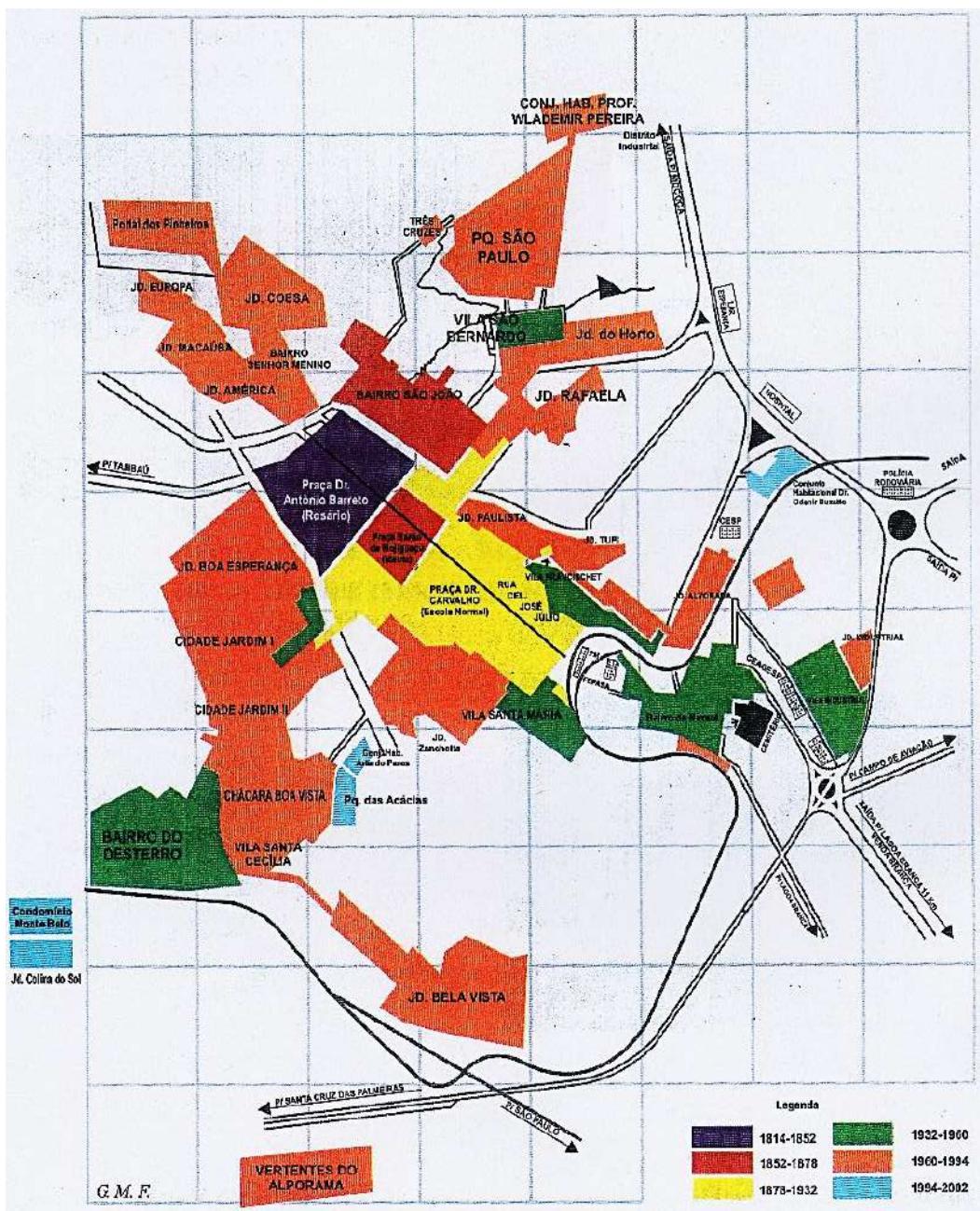


Figura 12: Progressão da cidade de Casa Branca. Fonte: FURLANI, 2003.

Observando a figura 11, notamos que muitas voçorocas ocupavam o perímetro urbano em 1980; analisando a figura 12, juntamente com observações de campo, é possível notar que o núcleo urbano se expandiu para áreas onde existem voçorocas de grande porte, entre as décadas de 60 e 90 do século XX. Isso ocorreu após um aumento da população, indicado no gráfico 3, antecedido por um período de grande decréscimo populacional. Esse decréscimo é explicado por Furlani (2003) como resultado da crise cafeeira e consequente

migração para grandes centros urbanos, assim como pela decadência da ferrovia e da perda de condição de centro de referência educacional da Escola Normal de Casa Branca. Já o pequeno aumento populacional é creditado à atividade agrícola mais intensa nas áreas do cerrado, que favorece a mecanização.

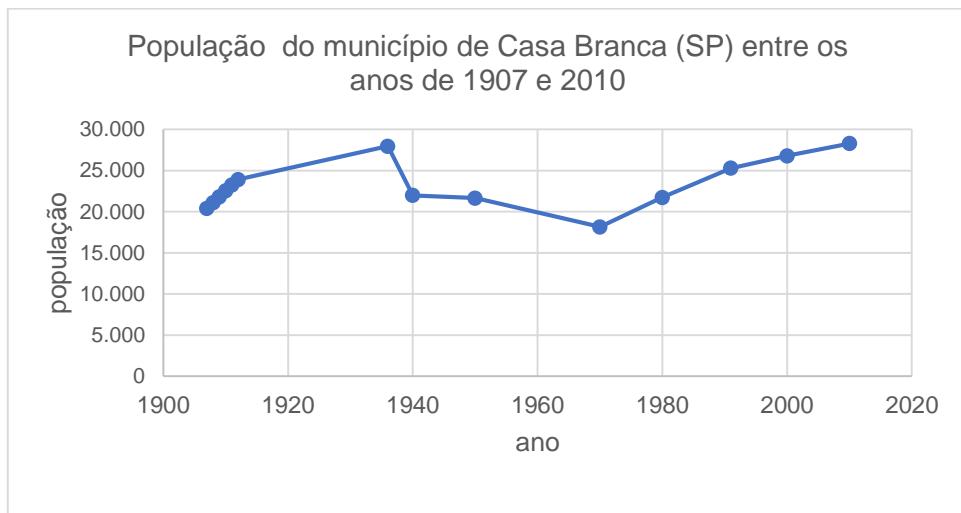


Gráfico 3: População do município de Casa Branca (SP) entre os anos de 1907 e 2010. Fonte dos dados: Estatísticas do Século XX, IBGE.

É interessante notar que as bordas de uma grande voçoroca foram ocupadas tanto por condomínios de alto padrão como por ocupações irregulares (figura 13). Esse fato pode denotar uma falta de planejamento urbano e ambiental.



Figura 13: Condomínio de alto padrão na borda esquerda e ocupação irregular na borda direita da Voçoroca do Senhor Menino. Autoria: Merbach, R., julho de 2017.

A figura 14 abaixo mostra detalhes de ocupação irregular na borda direita da voçoroca do Senhor Menino.

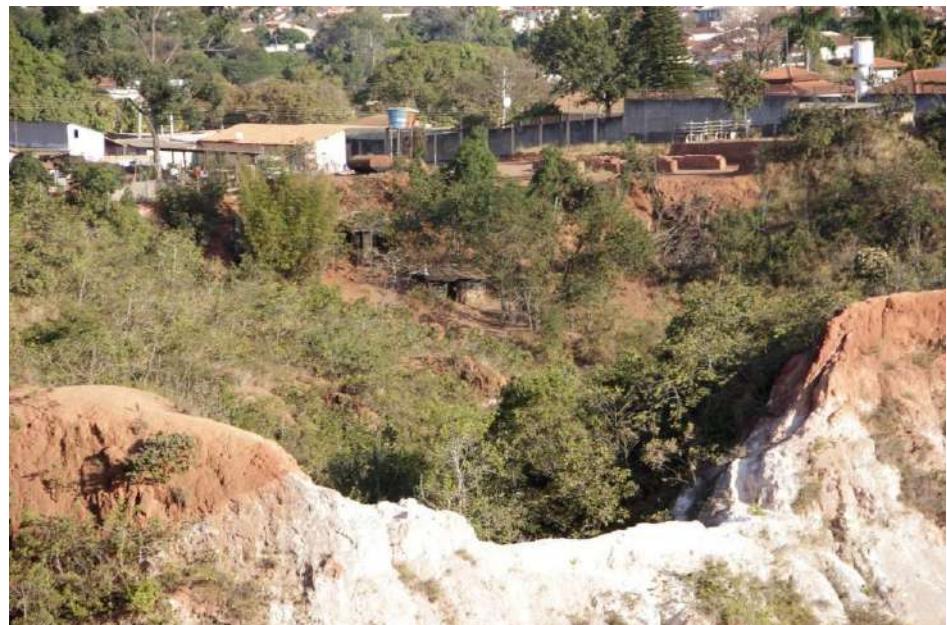


Figura 14: detalhe de ocupação na borda direita da voçoroca do Senhor Menino. Autoria: Somekh, G., julho de 2017.

6- Embasamento Conceitual

6.1. Erosão

A erosão, definida como a desagregação e remoção do solo ou fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento e gelo, é um processo natural no desenvolvimento da paisagem. Com atuação lenta e contínua por longos períodos de tempo, os processos erosivos modificam a forma do relevo. A interferência antrópica pode acelerar e aumentar a intensidade desse processo natural, tornando a erosão um dos mais sérios problemas atuais, devido ao aumento de áreas atingidas, tanto rurais quanto urbanas (ALMEIDA FILHO, 2014).

De acordo com a Circular Técnica 22 da Embrapa (2011), a perda da camada superficial é a principal forma de degradação dos solos no Brasil. O desmatamento para fins de produção agrícola e práticas de preparo do solo inadequadas para áreas suscetíveis à erosão, construção de estradas vicinais, trilhas de gado, entre outros, transformando a paisagem, tem aumentado os processos erosivos. Como consequência, ocorre o assoreamento dos cursos d'água, reservatórios e açudes, inundações, danificação de infraestruturas rurais e urbanas (*op. cit.*, 2014).

6.2- Fatores controladores

Guerra (2013) explica que a erosividade da chuva, as propriedades do solo, a cobertura vegetal e as características das encostas são os fatores controladores que determinam as variações nas taxas de erosão. A interação desses fatores juntamente com a intervenção do homem pode acelerar ou retardar os processos erosivos.

Almeida Filho, no artigo “Controles de Erosão” na Revista Fundações & Obras Geotécnicas, destaca que os condicionantes que influenciam na aceleração dos processos erosivos são determinados pelo clima, o tipo de solo, a topografia, a cobertura vegetal e a ação antrópica.

A chuva é o principal elemento climático no desenvolvimento dos processos erosivos, mas a determinação do seu potencial erosivo é complexa, pois depende dos parâmetros de erosividade e das características das gotas da chuva, que variam no tempo e no espaço. O total da chuva, a intensidade, o momento e a energia cinética são investigados para predizer a erosão dos solos.

O total pluviométrico por si só não é suficiente para predizer a erosão dos solos (GUERRA, 2013).

Já a intensidade da chuva é utilizada em estudos sobre a energia da chuva e tem papel importante nas taxas de infiltração, influenciando no escoamento superficial quando a capacidade de infiltração do solo é excedida. Além disso, a distribuição do tamanho das gotas de chuva e a energia cinética são características de cada intensidade (*op. cit.*, 2013).

“Momento” é o produto entre massa e velocidade da gota de chuva. É relacionado à remoção de partículas do solo, porque é medida da pressão ou força por unidade de área. Guerra, citando Hudson (1961), diz que existe uma relação entre momento e erosão do solo, porque a erosão é um processo que dispõe energia, e a chuva é a principal fonte dessa energia (*op. cit.*, 2013).

A energia cinética da chuva está relacionada com sua intensidade (mm/h). É a energia do número total de gotas em um evento chuvoso, sendo função da duração desse evento, da massa e tamanho da gota e velocidade desta (*op. cit.*, 2013).

Conforme descrito anteriormente, o verão é muito chuvoso no município de Casa Branca, o que faz com que o potencial erosivo da chuva seja alto.

Guerra (2013) observa que esses parâmetros devem ser considerados juntamente com outras variáveis que afetam o processo erosivo, como as propriedades do solo.

As propriedades do solo, junto com outros fatores, determinam a menor ou maior suscetibilidade deste à erosão. Essas propriedades são: textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados e o pH do solo. Essas propriedades não são estáticas, assim como a erodibilidade também não. Elas devem ser analisadas em um determinado período de tempo.

A textura afeta a erosão pois algumas frações granulométricas são removidas mais facilmente que outras. Areias apresentam maior índice de erodibilidade; quanto maior o teor de silte, maior a suscetibilidade dos solos à erosão; as argilas dificultam a infiltração das águas, mas são mais difíceis de serem removidas, principalmente quando se apresentam em agregados; matéria orgânica proporciona mais estabilidade aos agregados do que a argila.

Quanto à estabilidade dos agregados no solo, Guerra conclui que:

A alta estabilidade de agregados reduz a erodibilidade, pois possibilita a existência de elevado índice de porosidade, aumentando as taxas de infiltração e reduzindo o *runoff*. A alta estabilidade dos agregados também proporciona maior resistência ao impacto das gotas de chuva, diminuindo, assim, a erosão por *splash*. (GUERRA, 2013, p. 159).

A densidade aparente dos solos se refere à maior ou menor compactação dos mesmos. O uso de máquinas agrícolas nas áreas de cultivo leva a uma maior compactação do solo, com consequente redução de matéria orgânica, o que aumenta a ruptura dos agregados, formando crostas na superfície. Quanto maior a densidade de um solo, menor a porosidade e menor a infiltração de água no solo (*op. cit.*, 2013).

As medidas de pH indicam a acidez ou alcalinidade dos solos. Trabalhos sobre erosão dos solos mostram que solos ácidos são deficientes em cálcio, que contribui na retenção de carbono, através da formação de agregados; solos com alto teor de silte também tendem a ter maior erodibilidade com o aumento do pH (*op. cit.*, 2013).

Como vimos no item 4.4, os solos na área de estudo são areno-argilosos, com pouco silte e pouca matéria orgânica, tornando-os suscetíveis à erosão.

A cobertura vegetal influencia nos processos erosivos através do efeito espacial desta, dos efeitos na energia cinética da chuva, e do papel da vegetação na formação de humus. Sua densidade influi na remoção de sedimentos, no escoamento superficial e na perda do solo; pode reduzir a quantidade de energia que chega ao solo, diminuindo o impacto das gotas, reduzindo a formação de crostas e erosão (GUERRA, 2013).

Ao interceptar as gotas de chuva, a cobertura vegetal reduz o volume de água que chega ao solo e altera a distribuição do tamanho das gotas, alterando também a energia cinética da chuva (*op. cit.*, 2013).

Quanto maior a densidade da cobertura vegetal em uma área, menor será o *runoff* e a erosão, pois, se houver cobertura de serrapilheira, as gotas da chuva que caem dos galhos e folhas serão interceptadas. A produção de matéria orgânica também será maior, o que facilita a formação de agregados (*op. cit.*, 2013).

A declividade, o comprimento e a forma da encosta podem afetar a erodibilidade dos solos, mas como atuam em conjunto entre si e com outros fatores como erosividade da chuva e propriedades do solo, podem promover maior ou menor resistência à erosão (*op. cit.*, 2013).

6.3- Processos erosivos

O processo erosivo dos solos ocorre a partir da remoção (*detachment*) de partículas e o transporte de material pelos agentes erosivos. Esse processo varia no tempo e no espaço, e ocorre no momento em que as forças que removem e transportam materiais superam as que resistem à remoção. Quando não há mais energia para ocorrer o transporte, o material transportado passa a sofrer deposição (*op. cit.*, 2013).

Infiltração, armazenamento, geração de *runoff*, escoamento superficial e subsuperficial, *piping* e *splash* ocorrem isoladamente ou interagindo entre eles no processo erosivo.

Durante um evento chuvoso, água da chuva que chega ao solo pode ser armazenada em pequenas depressões, que variam com a estação do ano e o tipo e uso do solo, ou se infiltrar por força da gravidade e capilaridade. A velocidade com que essa água se infiltra no solo é expressa pela taxa de infiltração. No decorrer desse processo, os espaços entre as partículas do solo são preenchidos por água e essas partículas são envolvidas por uma fina camada de água. Dessa forma, as forças capilares diminuem e as taxas de infiltração aumentam no início da chuva. Quando o solo atinge o ponto máximo de absorção, está atingindo a taxa máxima de sua capacidade de infiltração. Essa taxa de infiltração varia ao longo do evento chuvoso e varia também de acordo com as características do solo. Quando a textura do solo é mais grosseira, as taxas de infiltração são maiores. Assim sendo, geralmente solos arenosos possuem taxa de infiltração maior que solos argilosos, dependendo de outras propriedades do solo que afetam a taxa de infiltração, como por exemplo, a presença de grandes agregados e de micro e macroporos (GUERRA, 2013).

A partir do momento que a capacidade de armazenamento do solo for saturada, inicia-se o *runoff*, ou escoamento superficial. (GUERRA, 2013). Em alguns casos pode acontecer o escoamento se a capacidade de infiltração for excedida. Uma massa de água passa a escoar pelo solo, sendo interceptada por rochas ou fragmentos de rochas e vegetação, o que pode diminuir sua energia. Essa energia pode ser aumentada se houver a interação do fluxo de água com as gotas de chuva que ainda caem (*op. cit.*, 2013).

A velocidade e turbulência do fluxo de água, assim como a distribuição espacial do fluxo e a ausência de cobertura irão determinar a quantidade de perda de solo. Quanto à cobertura vegetal, sua ausência implica em um impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, fazendo com que os agregados se quebrem, formando crostas na superfície, o que aumenta os efeitos do escoamento superficial e as taxas de erosão (*op. cit.*, 2013).

O escoamento subsuperficial é o movimento lateral da água nas camadas superiores do solo. Esse movimento controla o intemperismo, afeta a erodibilidade dos solos através de suas propriedades hidráulicas, e influencia o transporte de minerais em solução. Ao correr por túneis ou dutos em fluxos concentrados, o escoamento subsuperficial provoca o colapso da superfície superior desses dutos, provocando um efeito erosivo que pode resultar na formação de voçorocas (GUERRA, 2013).

Abertos em subsuperfície, os dutos (*pipes*) ou túneis são grandes canais com diâmetros que podem atingir vários metros. De acordo com Guerra,

O processo de formação desses dutos está relacionado ao próprio intemperismo, sob condições especiais geoquímicas e hidráulicas, havendo a dissolução e carreamento de minerais em subsuperfície. (GUERRA, 2013, p. 172 e 173).

Grande quantidade de material é removida e transportada por esses dutos. Dessa forma, os diâmetros desses dutos vão aumentando, o que pode provocar o colapso do solo acima, podendo dar origem a grandes voçorocas. A diferença de textura e permeabilidade entre os vários horizontes do solo podem também levar ao desenvolvimento de dutos (*op. cit.*, 2013).

Uma gota de chuva, ao bater no solo, remove partículas que estão envolvidas por uma película de água. Essas partículas são transportadas pelo impacto da gota e algumas são deslocadas por sedimentos que se chocam uns contra os outros. A força desse impacto pode quebrar os agregados do solo, formando crostas e selando a superfície do solo, o que dificulta a infiltração e aumenta o *runoff*. Esse tipo de erosão é conhecido por *splash* ou como erosão por salpicamento (*op. cit.*, 2013).

6.4- Tipos de Erosão

6.4.1- Erosão Laminar

Quando a água da chuva cai e o solo já está com as capacidades de armazenamento e infiltração esgotadas, começa a ocorrer escoamento superficial, que pode provocar erosão laminar ou em lençol, que se caracteriza pelo escoamento difuso das águas da chuva. Essa forma de escoamento acontece, em geral, quando a chuva é prolongada. Uma camada superficial do solo é retirada de maneira quase homogênea (ALMEIDA FILHO, 2014). Quanto maiores a turbulência e velocidade do fluxo, maior a capacidade erosiva gerada. Com a interação do *splash*, as partículas colocadas em suspensão são mais facilmente transportadas, o que pode provocar maior erosão (GUERRA, 2013). Para Almeida Filho (2014), áreas afetadas por erosão laminar intensa pode apresentar formação de sulcos rasos e profundos.

6.4.2- Erosão Linear

Quando o escoamento superficial se torna canalizado, geralmente a uma distância crítica do topo da encosta, uma incisão linear no solo começa a acontecer. Isso ocorre pelo aumento da velocidade do fluxo de água na encosta e também do aumento do gradiente hidráulico, ou seja, pelo aumento da intensidade da chuva, aumento do gradiente da encosta ou da capacidade de armazenamento de água na superfície excedida (GUERRA, 2013). Se essa primeira incisão, ou sulco, não for combatida, seu crescimento pode ser rápido, formando ravinas de portes variados (ALMEIDA FILHO, 2014).

Almeida Filho (2014) explica que:

As erosões em sulcos são pequenas incisões em forma de filetes muito rasos e ocorrem nas linhas de maior concentração das águas de escoamento superficial. As ravinas são normalmente de forma alongadas, mais compridas que largas e com profundidades variáveis. Raramente são ramificadas e não chegam a atingir o nível d'água subterrânea. O desenvolvimento lateral se dá pelo escoamento das águas pluviais no seu interior,

provocando erosão no pé do talude e, consequentemente, ocorre o deslizamento. (ALMEIDA FILHO, 2014, p. 76).

O mesmo autor ainda explica que o desenvolvimento da ravina se dá de montante para jusante.

A ação erosiva das águas pluviais provoca o alargamento e aprofundamento das ravinas, podendo atingir o lençol freático. Nesta fase, além da participação do escoamento superficial, a circulação subsuperficial faz com que o ravinamento atinja grandes proporções, passando a ser chamada de voçoroca ou boçoroca (ALMEIDA FILHO e TEIXEIRA FILHO, 2014; GUERRA, 2013).

6.5- Voçorocas

A palavra boçoroca pode ser derivada das expressões tupi-guarani *ayby-ceróg*, *mbaê-corogca* e *mboçoroca*, tendo *yby* o significado de terra, *mbaê* de coisa, *soroca* de rasgado, e *ceróg* de rasgar. Essas expressões podem ser, então, traduzidas como terra rasgada, coisa rasgada, terra fendida (FURLANI, 1980, p. 6).

As voçorocas são a forma mais grave de erosão, com evolução acelerada e complexa, em que mecanismos hídricos ligados ao escoamento superficial e subsuperficial estão atuando. Um fluxo de água contínuo está frequentemente presente em seu fundo, pois o lençol freático foi interceptado pelo rasgo da terra. Nos taludes a água pode ficar minando na forma de surgências ou através dos dutos ou *pipes*. Através da ação erosiva das águas, tanto na base como nas laterais, começa a ocorrer um colapso das paredes laterais e da parte superior, em direção ao topo. O rasgo pode atingir vários metros, até o horizonte C dos solos, assumindo a forma de “U”, enquanto que nas ravinas a forma é de “V” (ALMEIDA FILHO, 2014, GUERRA, 2013 e LEP SCH, 2010).

A ação do *piping* é destacada por vários autores na formação de voçorocas. A evolução lateral e remontante por meio de piping não requer a

ação da chuva, quando canais que evoluem em sentido contrário ao fluxo de água vão sendo formados pela remoção de partículas do interior do solo, provocando colapsos do terreno, com desabamentos que alargam a voçoroca ou criam novos ramos (ALMEIDA FILHO, 2014). Vazios deixados por atividades biológicas, como raízes, buracos feitos por tatus, formigas, cupim, podem também provocar o *piping* (FURLANI, 1980).

Além do alargamento e aprofundamento de ravinas, as voçorocas podem ter sua origem relacionada com o desmatamento, superpastoreio, queimadas, uso agrícola do solo, que favorecem o escoamento subsuperficial, com consequente remoção de grande quantidade de sedimentos através de dutos que se alargam e colapsam. Antigos deslizamentos de terra, que deixam cicatrizes nas paredes laterais íngremes, podem também originar voçorocas (GUERRA, 2013).

A voçoroca é uma forma de erosão com elevado poder destrutivo, que desenvolve vários mecanismos, como erosão superficial, erosão interna, solapamentos, descalçamentos, desabamentos e escorregamentos. A rápida evolução de seus ramos ativos, as grandes velocidades de avanço e as grandes dimensões, provocam estragos tanto no meio rural quanto no urbano, alterando e até mesmo destruindo uma paisagem (ALMEIDA FILHO e FERREIRA FILHO, 2014).

É importante ressaltar que as voçorocas estão inseridas em uma paisagem. Monteiro (2000), explica que:

Paisagem é entidade espacial delimitada, segundo um nível de resoluções do pesquisador, a partir dos objetivos centrais da análise, de qualquer modo, sempre resultado de integração dinâmica e, portanto, instável dos elementos de suporte, forma e cobertura (físicos, biológicos e antrópicos), expressa em partes delimitáveis infinitamente, mas individualizadas através das relações entre elas que organizam um todo complexo (sistema); verdadeiro conjunto solidário em perpétua evolução. (MONTEIRO, 2000, p. 39).

Dessa forma, as voçorocas de Casa Branca são explicadas dentro do contexto de uma paisagem dinâmica, resultante da interação entre os elementos físicos, biológicos e antrópicos estudados no ítem 4 desta pesquisa.

6.5.1- Tipologia das Voçorocas

As voçorocas podem ter uma tipologia variada e complexa, dependendo da natureza do espaço geográfico em que se inserem (urbana, suburbana ou rural), do seu posicionamento na colina, do desenvolvimento de seu vale, da multiplicação de seus ramos e da coalescência dos aparelhos erosivos.

Furlani (1980, p. 60-67) propõe a seguinte classificação das voçorocas no município de Casa Branca:

a- posição na colina:

- de alta vertente: as cabeceiras atingem o topo da colina e terminam nas baixas vertentes, desembocando nas várzeas;
- de média vertente: a cabeceira está inserida no setor intermediário da colina e termina na planície de inundação;
- de baixa vertente: corrói o segmento inferior da vertente.

b- disposição em relação às linhas de declividade:

- transversal: grande parte da voçoroca está disposta de forma a contrariar a linha de maior inclinação;
- longitudinal: ajustada à linha de maior declive.

c- configuração de suas paredes:

- lisa: as paredes não apresentam reentrâncias e é cortada por um único eixo hidrográfico;

- lobulada: exibe chanfraduras relacionadas com um sistema de escoamento ramificado.

d- grau de entalhamento: pelicular ou rasa e profunda.

e- dimensão: grande, comum e pequena.

f- forma:

- ovoide ou piriforme lisa: é a forma clássica, sem festonamento dos bordos, associada a um único eixo hidrográfico, perene ou temporário;

- ovoide lobulada: nos bordos da cavidade erosiva abrem-se diversos recortes que evoluem obliqua ou perpendicularmente ao canal central, estando ligados a vários eixos hidrográficos;

- ovoide coalescente: quando dois ou mais aparelhos erosivos festonados ou lisos fundem-se;

- linear ou retilínea: apesar da cabeceira ovalada, o corpo da voçoroca alonga-se em forma retilínea;

- ortogonal: quando dois ramos retilíneos interceptam-se;

- curvilínea ou falciforme: exibe o corredor erosivo encurvado;

- composta: resulta da combinação ou evolução dos tipos anteriores, com formas variadas e que lembram objetos ou figuras, como leque, candelabro, asa, etc.

g- estágio do processo evolutivo:

- de primeiro estágio ou viva: intensos e frequentes processos erosivos aumentam a dimensão da voçoroca. Movimentos de massas, como rastejo, corridas, escorregamentos e subsidências ocorrem com alta frequência. O eixo hidrográfico da rede interna da boçoroca é abastecido por várias correntes subsidiárias.

- de segundo estágio ou estabilizada: as vertentes mostram-se suavizadas, com revestimento vegetal. Os processos erosivos e os movimentos

de massa regridem, mas nos locais não recobertos por vegetação ou com ação antrópica desordenada ainda podem acontecer. A cavidade da voçoroca apresenta-se como um amplo anfiteatro. A rede hidrográfica regride, restando quase exclusivamente o canal central.

- reativada: é a voçoroca de segundo estágio que sofreu brusca reativação em suas cabeceiras.

- de terceiro estágio, cicatrizada ou morta: forma-se uma depressão rasa, em anfiteatro, com vegetação revestindo seu interior e o lençol freático aflorando somente junto à calha principal.

Neste trabalho foram estudadas 3 voçorocas urbanas na cidade de Casa Branca (SP): voçoroca do Senhor Menino, das Três Cruzes e do Horto Florestal. Foram escolhidas pelo seu tamanho e ocupação no entorno. De acordo com a classificação de Furlani (1980), essas voçorocas podem ser assim classificadas:

- voçoroca do Senhor Menino: de alta vertente, longitudinal, lobulada, profunda, grande, ovoide coalescente.

- voçoroca das Três Cruzes: de alta vertente, profunda, grande, ortogonal.

- voçoroca do Horto Florestal: de alta vertente, longitudinal, lobulada, profunda, grande, ovoide lobulada.

7- Metodologia

Dentro de um universo amostral de 15 voçorocas urbanas de grande porte apontadas por Furlani (1980) no município de Casa Branca, 3 delas foram escolhidas para esta pesquisa.

Tomando por base o conceito de paisagem como resultado da integração dinâmica entre elementos físicos, biológicos e antrópicos em constante evolução proposto por Monteiro (2000), a metodologia adotada neste trabalho foi uma análise evolutiva dessas voçorocas, utilizando parâmetros de área, medida em m², no intervalo de tempo de 10 anos, entre 2006 e 2016, para posterior cálculo da velocidade de evolução, em m²/ano, da área dessas voçorocas. Fatores como desmatamento e surgimento ou aumento de ocupações irregulares nas bordas dessas voçorocas foram considerados nessa análise.

7.1- Técnicas e Instrumentos

Para a realização deste trabalho foi feito, no primeiro momento, um levantamento bibliográfico sobre o município de Casa Branca e processos erosivos, com atenção especial à erosão linear e voçorocas. Isto feito, teve início a elaboração do texto e um primeiro trabalho de campo, que ocorreu em julho de 2017 e que teve por objetivo encontrar e escolher as voçorocas urbanas que seriam estudadas, assim como fazer um levantamento iconográfico das mesmas, para futura comparação com imagens anteriores e posteriores a esta data. Uma visita ao arquivo municipal mostrou que o município não tem um mapeamento das voçorocas urbanas ou rurais. A prefeitura também informou que não possuía esse material, apenas um relatório de “Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes, Inundações e Movimentos de Massa”, elaborado em maio de 2016 pelo Departamento de Gestão Territorial (DEGET), do Serviço Geológico do Brasil, vinculado à Secretaria de Geologia, Mineração

e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, que foi fornecido prontamente (Anexo II).

Um segundo trabalho de campo ocorreu no início de dezembro de 2017 e foi dividido em duas partes: novo levantamento iconográfico e conversas com moradores da cidade e dois funcionários da administração pública do município: um deles é o encarregado da Estação Experimental do Horto Florestal e o outro é representante de uma empresa de agrimensura, que também é funcionário da prefeitura. O levantamento iconográfico foi feito nas duas maiores voçorocas (Horto Florestal e Senhor Menino), além de observação de campo no Buracão do Luiz Capenga e na voçoroca das Três Cruzes.

Um drone também foi utilizado no início de 2018 para obtenção de imagens aéreas¹ das voçorocas do Senhor Menino e das Três Cruzes.

Para medir a área das voçorocas foi usado o software Google Earth Pro, pois este dispõe de imagens de quatro anos diferentes (2006, 2013, 2014 e 2016), o que permitiu a análise do desenvolvimento das áreas das voçorocas. Polígonos foram traçados com a ferramenta “régua” nas bordas das voçorocas do Horto Florestal e do Senhor Menino. O perímetro e a área são calculados automaticamente depois de feito o polígono.

Para a voçoroca do Horto Florestal, que está coberta por vegetação, o critério para definir o limite da erosão foi a linha mais alta de árvores no entorno da mesma, destacada na figura 15 abaixo. A decisão para utilizar a linha de árvores como recurso foi tomada com base na observação de campo.

¹ Para acessar o filme “Voçorocas urbanas em Casa Branca (SP), acesse:
<<https://www.youtube.com/watch?v=IXjkQV4GpbY>>



Figura 15: Voçoroca do Horto Florestal. Ao fundo, árvores mais altas circundando a área de erosão. Autoria: Merbach, R., julho de 2017.

A voçoroca do Senhor Menino tem pouca vegetação, o que facilita a delimitação da borda. Em alguns pontos, quando havia dúvida de onde a erosão começava, foi observada a elevação do terreno, que aparece na barra inferior do Google Earth. O cursor era colocado em um ponto com uma área plana maior e arrastado em linha reta horizontal; quando o valor da elevação diminuía duas vezes seguidas, o primeiro era marcado como início da erosão. O recurso da linha mais alta de árvores também foi usado em alguns pontos.

Por sua forma ortogonal, delimitar a área da voçoroca das Três Cruzes (figura 16) foi mais difícil. A opção adotada foi desenhar polígonos nas frentes de erosão com aumento de área observadas nas imagens do Google Earth Pro.



Figura 16: voçoroca das Três Cruzes. Autoria: Somekh, Z., 2018.

8. Resultados

8.1- Velocidade de evolução das voçorocas

Depois de delimitados o perímetro e calculada a área das voçorocas para os anos 2006, 2013, 2014 e 2016, a velocidade média de evolução foi determinada pela diferença entre as áreas de 2016 e 2006, sendo o resultado dividido por 10, que é o intervalo de anos das imagens medidas.

8.1.1- Voçoroca do Senhor Menino

Em 2006, a área da voçoroca do Senhor Menino era de 110.440 m² (figura 17). Em 2016, a área estava em 114.443 m². Ocorreu nesse período um aumento de 4.003 m², o que corresponde a um aumento de área de 3,62% e uma velocidade média de 400,3 m²/ano.



Figura 17: área da voçoroca do Senhor Menino em 2006. Fonte: Google Earth Pro.

A tabela 2 abaixo mostra a área dessa voçoroca no período estudado.

ano	área m ²
2006	110.440
2013	111.199
2014	113.654
2016	114.443

Tabela 2: área da voçoroca do Senhor Menino entre os anos de 2006 a 2010. Fonte dos dados: Google Earth Pro.

Podemos observar que entre 2006 e 2013 o aumento de área foi de 759 m², o que corresponde a uma velocidade de evolução 108,43 m²/ano, a menor durante os 10 anos analisados. Isso pode ser explicado pelo aterro na cabeceira que ocorreu em 2012, mas também pela ocupação na borda leste da voçoroca, que se manteve praticamente estável nesse período.

A figura 18 mostra a área de erosão delimitada e setas indicam a área aterrada na cabeceira na porção oeste e área de ocupação na borda leste em 2013.



Figura 18: área da voçoroca do Senhor Menino em 2013. Fonte: Google Earth Pro.

Entre 2013 e 2014, o aumento de área foi de 2.455 m², o maior no período analisado. Comparando-se a figura 18 com a figura 19 abaixo de 2014, podemos observar o aumento de ocupações irregulares na borda leste da voçoroca, próximo à sua cabeceira.



Figura 19: área da voçoroca do Senhor Menino em 2014. Fonte: Google Earth Pro.

Entre 2014 e 2016, a área da voçoroca do Senhor Menino teve um aumento de 789 m², correspondendo a uma velocidade média de evolução de 394,5 m²/ano. A figura 20 mostra a área delimitada (114.443 m²) dessa voçoroca em 2016.



Figura 20: área da voçoroca do Senhor Menino em 2016. Fonte: Google Earth Pro.

A figura 21 abaixo mostra em detalhe o aumento das ocupações irregulares na borda leste da voçoroca nos anos de 2013, 2014 e 2016 respectivamente.



Figura 21: aumento das ocupações irregulares na borda leste da voçoroca do Senhor Menino em 2013, 2014 e 2016. Fonte: Google Earth Pro.

O gráfico 4 permite uma visualização da evolução do aumento da área da voçoroca nesses 10 anos.

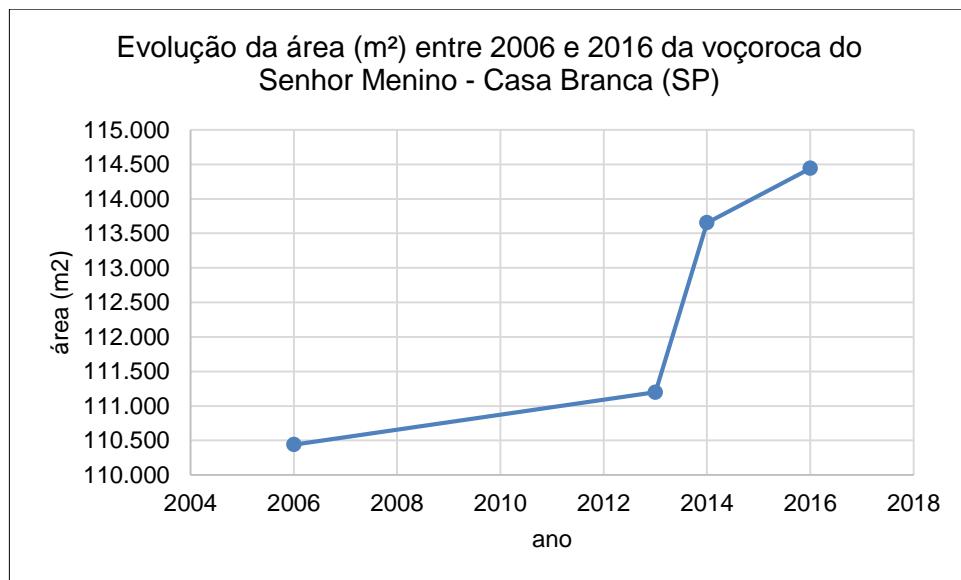


Gráfico 4: Evolução da área (m^2) da voçoroca do Senhor Menino entre 2006 e 2016.

Durante o trabalho de campo realizado em dezembro de 2017, uma nova construção irregular foi notada na borda da cabeceira da voçoroca, com estacas de madeira e barbantes amarrados fazendo a divisão dos cômodos, além de tijolos (figura 22).



Figura 22: nova ocupação na borda leste da voçoroca do Senhor Menino. Autoria: Somekh, Z., março 2018.

De acordo com o funcionário do setor de obras da prefeitura, uma fiscalização e interdição da construção só é possível depois que for feita uma denúncia formal.

Um morador permitiu minha entrada em seu terreno localizado na borda leste da voçoroca. Nessa parte, a erosão acontece em dois níveis altimétricos e as paredes não são verticais (figura 23).



Figura 23: borda leste da voçoroca do Senhor Menino. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Ali notamos que, já dentro da cavidade erosiva no primeiro patamar, um chiqueiro foi construído (figura 24).



Figura 24: chiqueiro construído dentro da cavidade erosiva. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Ao caminhar por essa borda, um morador de outra casa chamou a atenção para um deslizamento que tinha acontecido alguns meses antes, em consequência de uma mangueira de água que tinha estourado (figura 25). A partir desse ponto não foi possível continuar andando.



Figura 25: detalhe de deslizamento na borda leste. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

O local é utilizado também como depósito lixo, conforme imagem acima.

Através das imagens analisadas do Google Earth Pro, podemos observar que a borda oeste tem se mantido estável, principalmente após o aterro de 2012. Mas nos trabalhos de campo realizados foi possível notarmos que pequenos deslizamentos ocorreram na cabeceira, na área aterrada (figura 26).



Figura 26: deslizamento na borda oeste em dezembro de 2016. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2016.

Em dezembro de 2017 a área afetada estava maior e vários sulcos já tinham se formado (figura 27).



Figura 27: borda oeste em julho de 2017. Autoria: Somekh, G., julho de 2017.

8.1.2- Voçoroca do Horto Florestal

Em 2006, a área da voçoroca do Horto florestal era de 142.115 m² (figura 28). Em 2016, a área estava em 153.082 m². Ocorreu nesse período um aumento de 10.967 m², o que corresponde a um aumento de área de 3,62% e uma velocidade média de 1.096 m²/ano.



Figura 28: área da voçoroca do Horto Florestal em 2006. Fonte: Google Earth Pro.

A tabela 3 abaixo mostra a área dessa voçoroca no período estudado.

ano	área m ²
2006	142.115
2013	149.610
2014	151.712
2016	153.082

Tabela 3: área da voçoroca do Horto Florestal entre os anos de 2006 a 2010. Fonte dos dados: Google Earth Pro.

Entre 2006 e 2013 a área de erosão teve um acréscimo de 5,27%. Podemos observar na figura 29 que houve um avanço em toda a extensão a montante, onde estão localizadas residências.



Figura 29: área da voçoroca do Horto Florestal em 2013. Fonte: Google Earth Pro.

Entre 2013 e 2014, o acréscimo de área erodida foi de 1,40%, concentrado na mesma região (figura 30).



Figura 30: área da voçoroca do Horto Florestal em 2014. Fonte: Google Earth Pro.

Entre 2014 e 2016 o local que tem apresentado aumento de erosão é a borda mais ao norte (figura 31). Ocorreu um aumento de área de 0.90% em dois anos.



Figura 31: área da voçoroca do Horto Florestal em 2016. Fonte: Google Earth Pro.

O gráfico 5 mostra a evolução da área de erosão, que tem diminuído nos últimos anos. Entre 2014 e 2016 a velocidade foi de 685 m²/ano, inferior à velocidade média dos últimos 10 anos.

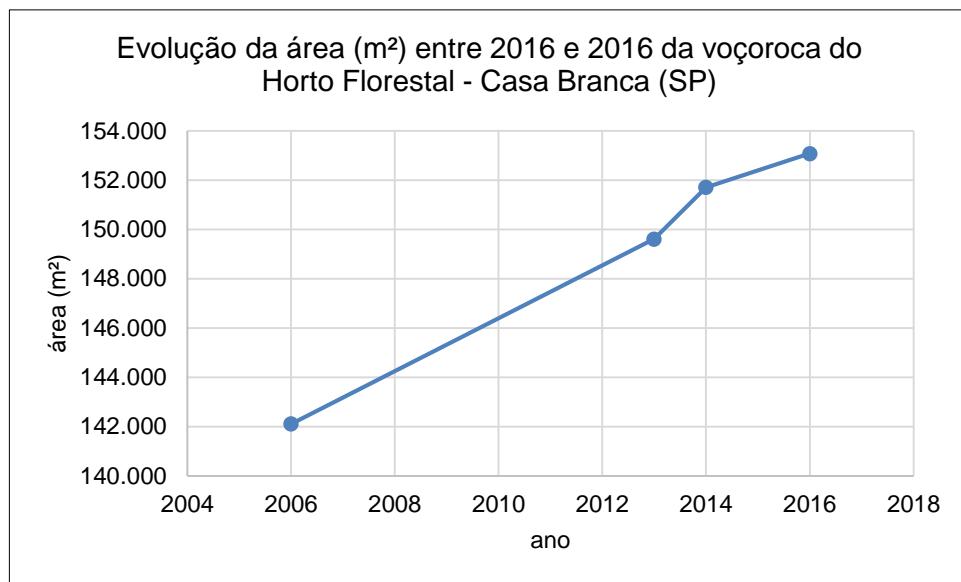


Gráfico 5: Evolução da área (m²) da voçoroca do Horto Florestal entre 2006 e 2016.

A parte da borda que ainda está ativa dá acesso ao interior da voçoroca e fica ao lado de uma trilha muito utilizada pelos visitantes do Horto. O relatório “Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes, Inundações e Movimentos de Massa” da CPRM considera que essa voçoroca está estável e que a região com grande potencial erosivo está localizada a jusante, na Avenida do Espraiado, onde podem ocorrer invasões, e um loteamento está sendo aberto.

O trabalho de campo e a conversa com o encarregado da E. E. do Horto Florestal indicam que, apesar de estabilizada, a voçoroca vem apresentando alguns pontos reativados pela ação antrópica.

Durante a conversa, o encarregado da E.E. do Horto Florestal informou que nove funcionários são responsáveis por uma área de 409,18ha. O viveiro de mudas, anunciado no site do Instituto Florestal, foi fechado em 2007, quando a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) proibiu a doação de mudas em sacos plásticos. Com isso, todas as mudas foram inutilizadas e o viveiro fechou. Ainda de acordo com ele, a área da voçoroca do Horto é uma propriedade particular, mas como faz limite com a área do Horto Florestal, é cuidada por esses funcionários, para que não afete o plano de manejo.

Vários incêndios foram relatados, sendo que o último aconteceu em setembro de 2017 em três pontos diferentes (figura 32). Quando os funcionários,

que no momento do fogo eram quatro, conseguiam controlar um ponto, um novo foco surgia em outro lugar.



Figura 32 ponto incendiado no Horto Florestal em setembro de 2017. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Um dos pontos incendiados foi na cabeceira da voçoroca, em sua borda (figura 33).



Figura 33: ponto de incêndio na borda da voçoroca. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Outro ponto incendiado foi no interior da voçoroca (figura 34), o que fez com que ela fosse reativada nesse local.



Figura 34: ponto de incêndio no interior da voçoroca. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Junto a esse ponto incendiado existe um eucalipto bem na borda, com raízes expostas (figura 35)



Figura 35: árvore na borda da voçoroca do Horto Florestal em dezembro de 2016. Autoria: Somekh, Z.

Em julho de 2017 a inclinação da árvore não apresentou muito mudança, mas as raízes estavam mais expostas (figura 36)

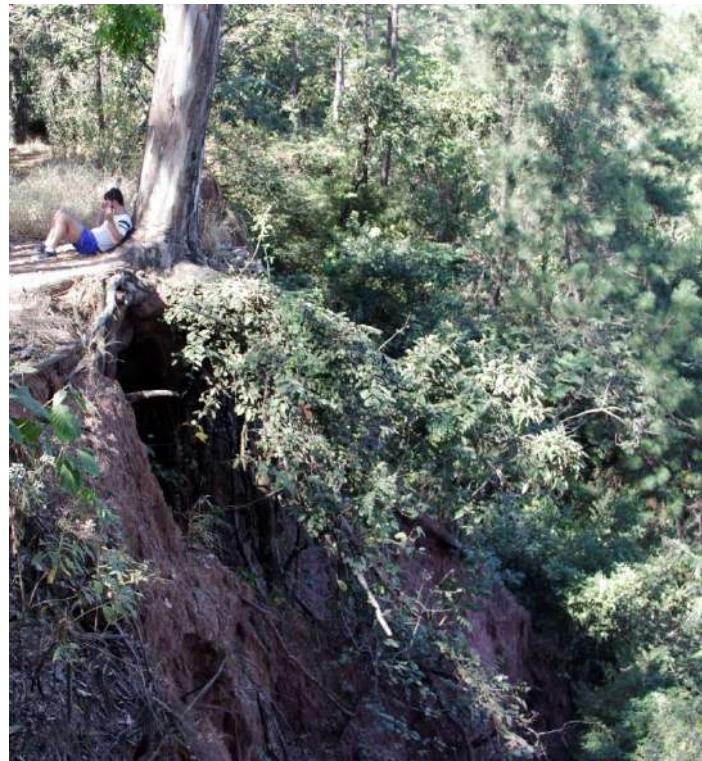


Figura 36: mesma árvore em julho de 2017. Autoria: Somekh, G., julho de 2017.

Entre julho e dezembro de 2017, a borda atrás da árvore avançou o buraco embaixo dela também (figura 37). A inclinação da árvore teve um aumento de aproximadamente 15°.

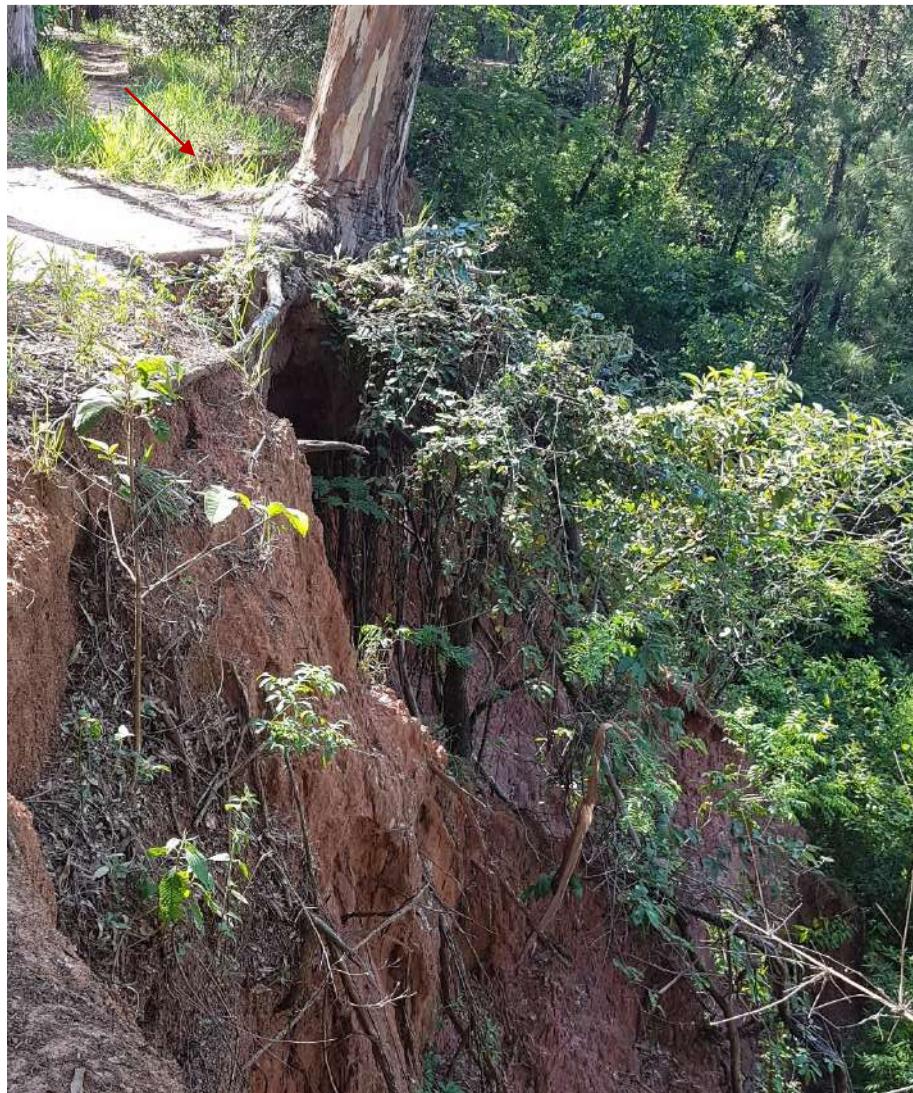


Figura 37: aumento da inclinação da árvore na borda da voçoroca em dezembro de 2017. Seta indica avanço da borda atrás da árvore. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

A figura 38 abaixo mostra essa mesma árvore em imagem obtida através de um drone. É possível observar as raízes expostas e o desenho da borda da voçoroca nessa área.



Figura 38: imagem aérea da mesma árvore, mostrando as raízes expostas e o desenho da borda. Autoria: Merbach, R., março de 2018.

A figura 39 mostra uma das raízes expostas com um corte, onde notamos claramente o serrilhado de instrumento cortante .



Figura 39: detalhe da raiz cortada. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Outro ponto reativado está no local que as pessoas usam para acessar o buraco da voçoroca (figura 40).



Figura 40: local de acesso à voçoroca. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Uma escavação feita com enxada dentro do buraco da voçoroca para retirada de argila ou de ninho de algum animal reativou outro ponto (figura 41).



Figura 41: nicho escavado dentro da voçoroca. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Outro problema encontrado nessa cabeceira foi a deposição de lixo. Há alguns anos o quintal de uma das casas que está na borda deslizou para dentro da voçoroca. A figura 42 mostra que a vegetação estava crescendo no local do deslizamento em julho de 2017.

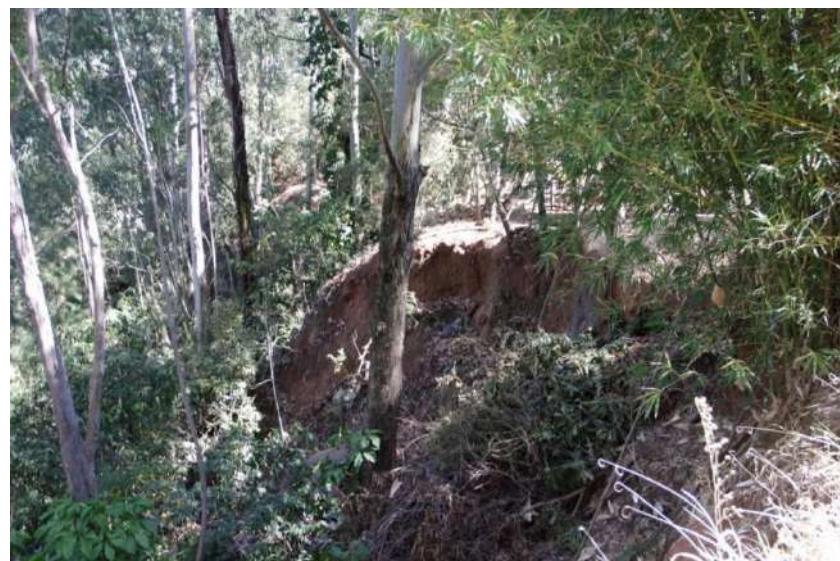


Figura 42: fundos de uma casa que o quintal desmoronou. Autoria: Somekh, G., julho de 2017.

No trabalho de campo de dezembro de 2017, o mesmo local estava com entulho, restos de madeira (figura 43).

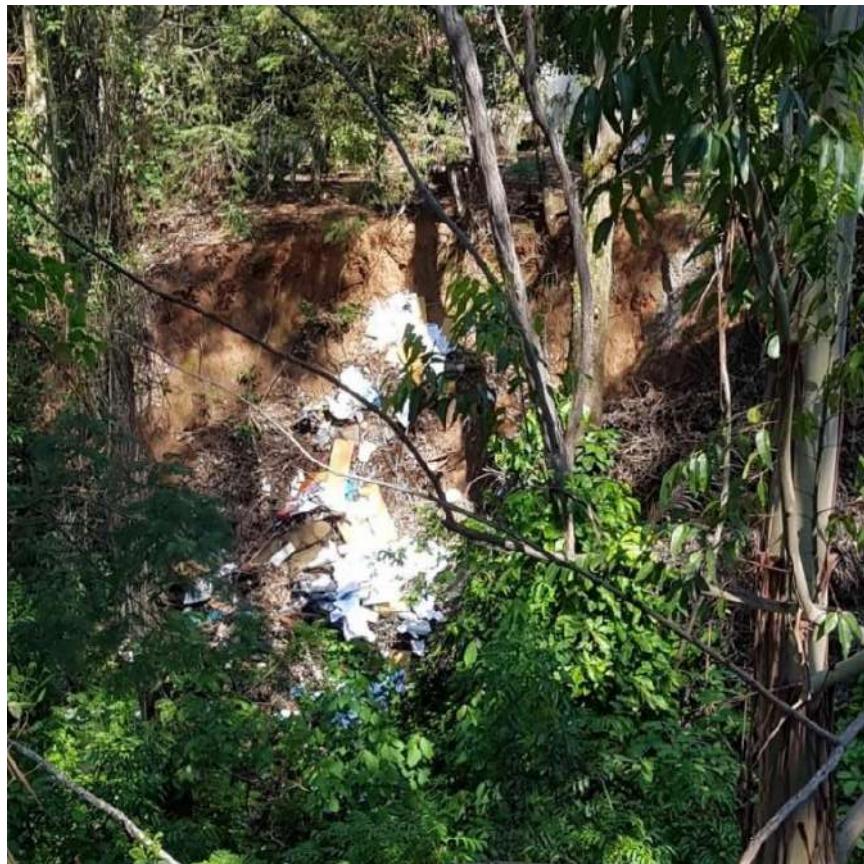


Figura 43: lixo jogado na voçoroca. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

A figura 44 mostra em detalhe esse lixo, com um sofá ao centro.



Figura 44: detalhe do lixo jogado, com um sofá ao centro. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Imagens aéreas obtidas por um drone no início de 2018 mostram o fundo de um quintal e a borda da voçoroca cobertos por entulho (figura 45) em uma residência localizada na parte onde ela já estava estabilizada.



Figura 45: entulho jogado na borda da voçoroca do Horto Florestal. Autoria: Merbach, R., 2018.

Tanto o lixo quanto o entulho podem comprometer a estabilização da voçoroca, pois a vegetação que está abaixo dele pode morrer e com as chuvas esse material fica mais pesado, podendo escorregar, levando junto parte da parede da voçoroca.

De acordo com o encarregado do Horto Florestal, uma voçoroca é considerada estabilizada quando folhagens de qualquer espécie passam a crescer no fundo dela (figura 46). Lixo e entulho podem comprometer tanto o fundo quanto a parede dessa voçoroca, fazendo com que ela seja reativada nesses pontos.



Figura 46: fundo da voçoroca com folhagens. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Quanto ao plano de manejo do Horto Florestal, foi explicado que no primeiro momento foram plantados eucaliptos e pinheiros. Pequenas lombadas de terra foram construídas para controlar o escoamento superficial (figura 47). Depois disso, sementes e mudas do cerrado foram plantadas.



Figura 47: lombada para controle de escoamento superficial. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Quando uma área é recuperada (figura 48), é feita uma solicitação à prefeitura para o corte dos eucaliptos. Essa solicitação é enviada ao governo do Estado, que abre uma licitação para que madeireiras ou fábricas de celulose façam o corte dessas árvores, que são marcadas pelos funcionários do Horto. Atualmente, esse processo tem enfrentado resistência da população, que considera a retirada dessas árvores como desmatamento.



Figura 48: área de cerrado recuperada. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

Algumas áreas já recuperadas (figura 49), que não deveriam mais ter eucaliptos e pinheiros, não estão sendo mexidas devido aos protestos da população.



Figura 49: área de cerrado recuperada ao fundo com presença de eucaliptos. Autoria: Somekh, Z., dezembro de 2017.

8.1.3- Voçoroca das Três Cruzes

Nesta voçoroca foram delimitadas as áreas 1, 2 e 3, correspondentes às 3 frentes de erosão (figura 50). Cada uma delas foi analisada separadamente.



Figura 50: 3 frentes de erosão da voçoroca das Três Cruzes. Fonte: Google Earth Pro.

Em 2006, a área 1 da voçoroca das Três Cruzes era de 2.407 m² (figura 51). Em 2016, a área estava em 3.174 m². Ocorreu nesse período um aumento de 767 m², o que corresponde a um aumento de área de 31,87% e uma velocidade média de 76,7 m²/ano.



Figura 51: área 1 da voçoroca das Três Cruzes em 2006. Fonte: Google Earth Pro.

A tabela 4 mostra a evolução da área 1 no período analisado.

ano	área m ²
2006	2.407
2013	2.885
2014	2.994
2016	3.174

Tabela 4: área 1 da voçoroca das Três Cruzes entre os anos de 2006 a 2010. Fonte dos dados: Google Earth Pro.

Entre 2006 e 2013 a velocidade de evolução dessa área foi menor que a velocidade média, sendo de 68,28 m²/ano. A figura 52 abaixo mostra o perímetro da área 1 em 2013.



Figura 52: área 1 da voçoroca das Três Cruzes em 2013. Fonte: Google Earth Pro.

O aumento da área se torna maior a partir de 2013. Entre 2013 e 2014 a velocidade de evolução nessa área passa a ser de 109 m²/ano. Podemos notar a diminuição de vegetação em 2014 na figura 53.



Figura 53: área 1 da voçoroca das Três Cruzes em 2014. Fonte: Google Earth Pro.

Ocupações irregulares a montante começaram a se formar em 2016. A velocidade de evolução entre 2014 e 2016 foi de 90 m²/ano (figura 54).

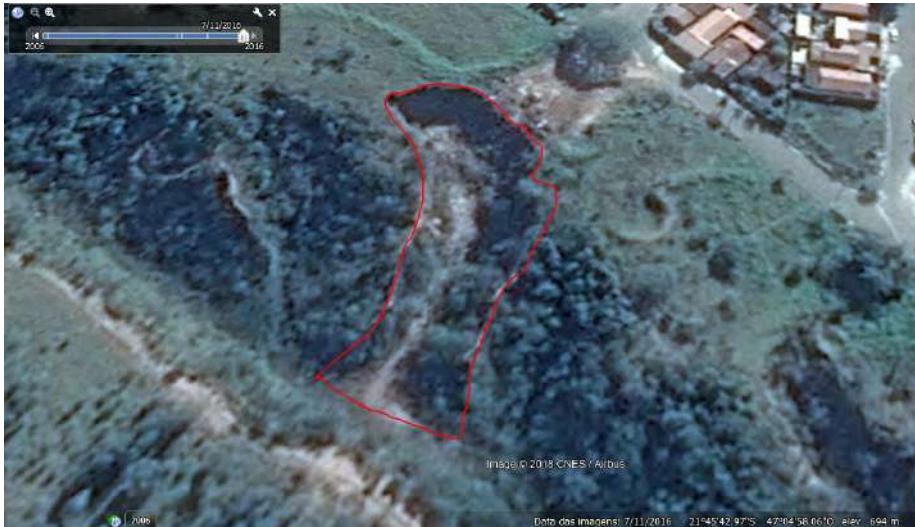


Figura 54: área 1 da voçoroca das Três Cruzes em 2016. Fonte: Google Earth Pro.

O gráfico 6 mostra a evolução da área 1 e é possível notarmos o aumento de área e, consequentemente da velocidade, a partir de 2014.

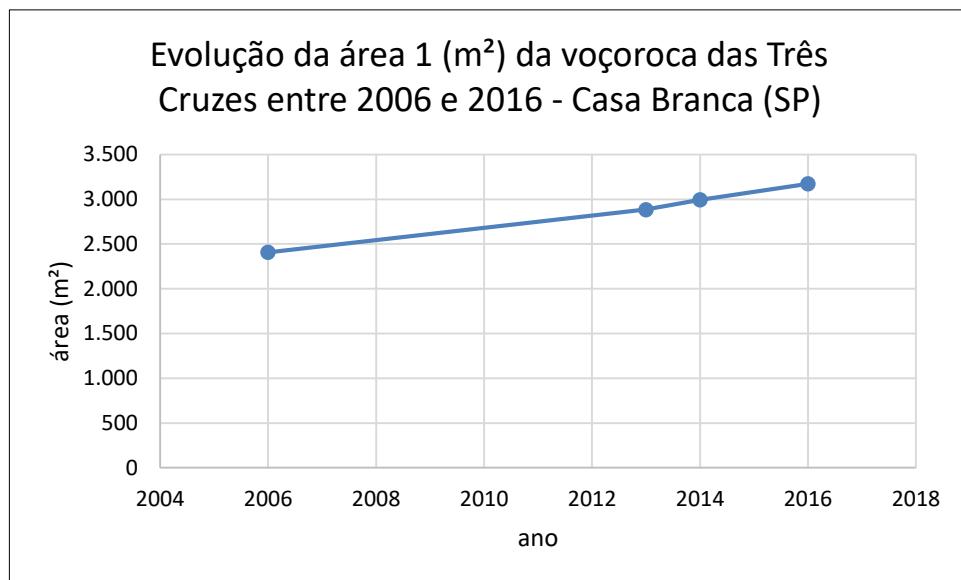


Gráfico 6: Evolução da área 1 (m^2) da voçoroca das Três Cruzes entre 2006 e 2016.

Próximo à cabeceira dessa área observamos uma rachadura no solo (figura 55), o que pode indicar um processo de subsidência ocorrendo. Um morador da cidade contou que nessa voçoroca muitas partes das bordas são escavadas por dentro.



Figura 55: rachadura na cabeceira da área 1 na voçoroca das Três Cruzes. Autoria: Merbach, R., 2018.

Em 2006, a área 2 da voçoroca das Três Cruzes era 767 m² (figura 56). Em 2016, a área estava em 2192 m². Ocorreu nesse período um aumento de 1425 m², o que corresponde a um aumento de área de 65% e uma velocidade média de 142,50 m²/ano.



Figura 56: área 2 da voçoroca das Três Cruzes em 2006. Fonte: Google Earth Pro.

A tabela 5 mostra a evolução da erosão na área 2 entre 2006 e 2016.

ano	área m ²
2006	767
2013	1642
2014	1841
2016	2192

Tabela 5: área 2 da voçoroca das Três Cruzes entre os anos de 2006 a 2016. Fonte dos dados: Google Earth Pro.

Entre 2006 e 2013, a velocidade de evolução dessa área ficou em 125 m²/ano, abaixo da velocidade média para o período estudado. A figura 57 mostra o polígono da área erodida em 2013.



Figura 57: área 2 da voçoroca das Três Cruzes em 2013. Fonte: Google Earth Pro.

Em 2014, a área 2 estava com 1841 m², o que corresponde a uma velocidade de 199 m²/ano, a maior no período estudado para essa área. É nesse período que ocorre a diminuição da vegetação no entorno da voçoroca (figura 58).



Figura 58: área 2 da voçoroca das Três Cruzes em 2014. Fonte: Google Earth Pro.

Entre 2014 e 2016 a velocidade de evolução diminui, passando a 175,50 m²/ano. Ainda assim é maior que a velocidade média para o período estudado. A figura 59 mostra a área 2 em 2016.



Figura 59: área 2 da voçoroca das Três Cruzes em 2016. Fonte: Google Earth Pro.

O gráfico 7 abaixo ilustra a evolução da área 2 no período estudado.

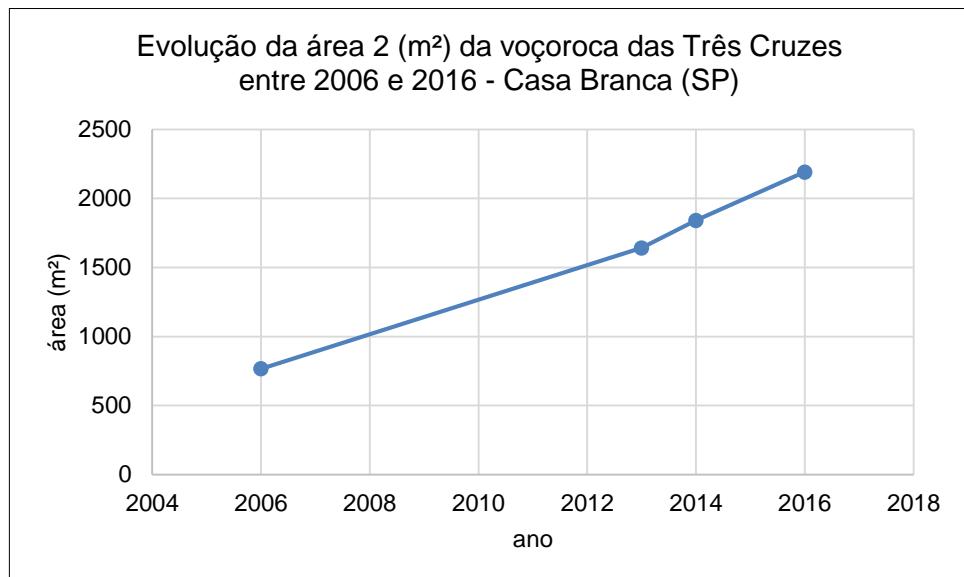


Gráfico 7: Evolução da área 2 (m²) da voçoroca das Três Cruzes entre 2006 e 2016.

Em 2006, a área 3 da voçoroca das Três Cruzes era 987 m² (figura 60). Em 2016, a área estava em 1648 m². Ocorreu nesse período um aumento de 661 m², o que corresponde a um aumento de área de 66,97% e uma velocidade média de 66,10 m²/ano.



Figura 60: área 3 da voçoroca das Três Cruzes em 2006. Fonte: Google Earth Pro.

A tabela 6 mostra a evolução da área no período entre 2006 e 2016.

ano	área m ²
2006	987
2013	1.182
2014	1.218
2016	1.648

Tabela 6: área 3 da voçoroca das Três Cruzes entre os anos de 2006 a 2016. Fonte dos dados: Google Earth Pro.

Entre 2006 e 2013, a velocidade de evolução da área 3 ficou em 27,85 m²/ano, abaixo da velocidade média do período estudado. A figura 61 mostra a área 3 delimitada em 2013.



Figura 61: área 3 da voçoroca das Três Cruzes em 2013. Fonte: Google Earth Pro.

Entre 2013 e 2014, a velocidade de evolução foi de 36 m²/ano, também abaixo da velocidade média para o período estudado. Mesmo com a redução da vegetação no entorno (figura 62), esta área foi a que menos aumentou nesse período.

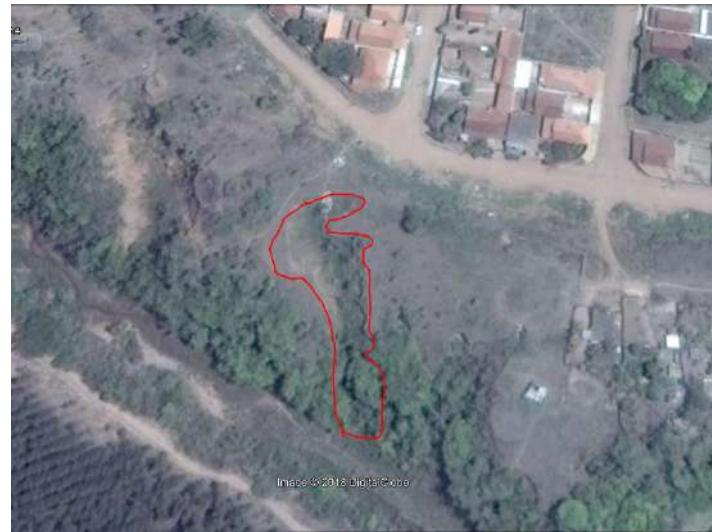


Figura 62: área 3 da voçoroca das Três Cruzes em 2014. Fonte: Google Earth Pro.

Entre 2014 e 2016 ocorreu o maior aumento de velocidade de evolução, passando a 215 m²/ano. Nesse período ocorreu um aumento de ocupações irregulares no entorno. A figura 63 mostra o perímetro da área 3 em 2016.



Figura 63: área 3 da voçoroca das Três Cruzes em 2016. Fonte: Google Earth Pro.

O gráfico 8 mostra a evolução da área 3 no período estudado.

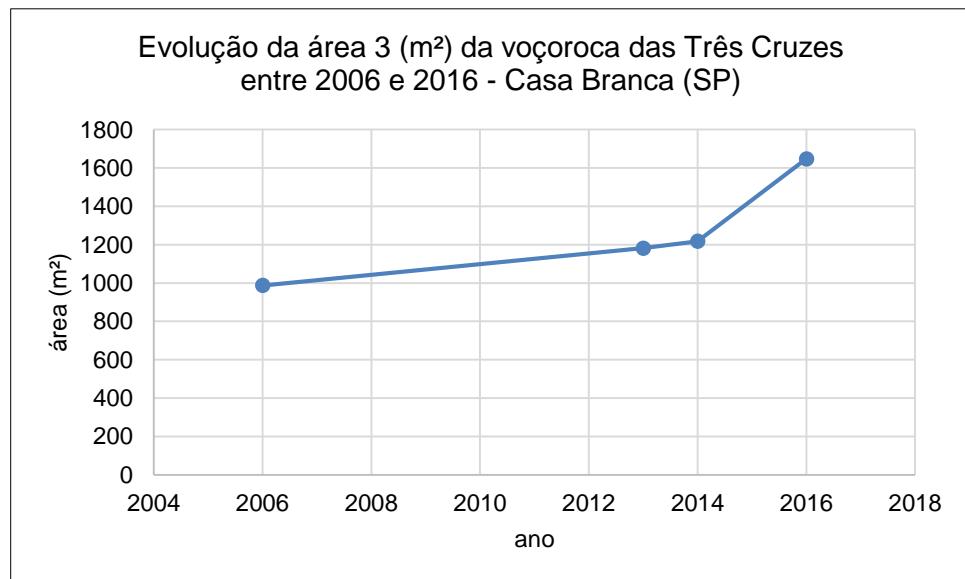


Gráfico 8: Evolução da área 3 (m²) da voçoroca das Três Cruzes entre 2006 e 2016.

Durante o trabalho de campo de julho de 2017, saindo da voçoroca do Senhor Menino decidi procurar a das Três Cruzes, já que estão muito próximas (figura 64).



Figura 64: voçoroca do Senhor Menino à esquerda e das Três Cruzes à direita. Fonte: Google Earth Pro.

Essa voçoroca é de difícil acesso, pois a montante muitas áreas são cercadas com arame farpado e a jusante a vegetação é bastante densa. No final da rua foi possível observar uma formação erosiva recente, assinalada em amarelo na figura 56 acima e citada no relatório de “Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes, Inundações e Movimentos de Massa” de maio de 2016 da CPRM:

Obras recentes feitas pela prefeitura da cidade geraram uma erosão de cerca de 70 metros, avançando para norte, em direção às residências. Uma obra de contenção está sendo executada no momento, porém é visível que o lençol freático já foi atingido e a erosão está com profundidade de até 10 metros. (CPRM, 2016, p.14).

A figura 65 abaixo mostra uma casa na borda oeste dessa erosão.



Figura 65: residência na borda oeste de uma erosão recente. Autoria: Somekh, Z., julho de 2017.

Enquanto tirava fotos no local, um menino que estava brincando por perto fez a seguinte observação: “Você viu o tamanho que está esse buraco (figura 66)? Vieram mexer aqui e depois largaram. Só está aumentando e ninguém faz nada!”.



Figura 66: local de erosão recente. Autoria: Somekh, Z., julho de 2017.

Aparentemente, mesmo depois de obras de contenção terem sido realizadas, o problema ainda persistia. Em dezembro de 2017 não foi possível fazer levantamento iconográfico no local, pois com as chuvas muita vegetação havia crescido. Mas fui informada que existia um processo judicial com relação à área.

9- Considerações finais e sugestões

Com uma paisagem suscetível a voçorocamentos pela associação entre aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrografia, clima e cobertura vegetal mais a ação antrópica, manifesta em desmatamento, abertura de valas para delimitação de terras, áreas de pasto, ocupação irregular sem planejamento ou infraestrutura, o surgimento de voçorocas e a reativação daquelas consideradas estabilizadas são potencializadas no município de Casa Branca.

Voçorocas antes pertencentes à área rural ou periférica do núcleo urbano, hoje apresentam suas bordas ocupadas irregularmente ou por loteamentos de alto padrão.

O estudo de delimitação de área e de velocidade de evolução de 3 voçorocas urbanas de Casa Branca mostrou que todas se encontram estabilizadas na maior parte do seu contorno, não ocorrendo grandes movimentos de massa. Mas isso não significa que estejam cicatrizadas ou mortas, de acordo com a classificação feita por Furlani (1980). Qualquer intervenção antrópica pode reativá-las, como observado em campo. O melhor exemplo é a voçoroca do Horto Florestal, a maior delas, com área de 153.082 m² em 2016, e velocidade de evolução de 685 m²/ano entre 2014 e 2016. Aparentemente é também a mais estabilizada, com vegetação cobrindo grande parte de seu interior, paredes e bordas. Mas observações de campo demonstraram pontos de reativação em sua cabeceira, provocados por queimadas, escavações para retirada de argila ou de ninhos de animais e por utilização de visitantes em um ponto da borda para entrada no interior dela. O uso para despejo de resíduos volumosos, como móveis e entulho, também foi observado.

Considerando que a velocidade de evolução da voçoroca do Horto Florestal entre 2014 e 2016 vem diminuindo em relação à velocidade média calculada para um período de 10 anos, que uma borda foi reativada por incêndio, que o eucalipto com raízes aparentes nessa mesma borda tem apresentado

aumento de ângulo de inclinação, além da deposição de lixo e entulho, podemos fazer uma projeção demonstrada na figura 67 abaixo.



Figura 67: projeção de evolução para a voçoroca do Horto Florestal. Fonte: Google Earth Pro.

Algumas casas podem ser afetadas, assim como parte da trilha do Horto Florestal.

O caso desta voçoroca mostra a importância do trabalho de campo. Se apenas tivessem sido utilizadas as imagens de satélite, os pontos reativados não teriam sido notados, impossibilitando seu monitoramento e orientações futuras. Vale também ressaltar que as imagens não são atualizadas com a mesma velocidade com que alguns processos erosivos ocorrem.

Quanto à voçoroca do Senhor Menino, ela pode ser considerada um caso de especulação imobiliária e também de segregação social. A parte oeste de sua cabeceira, uma propriedade privada, foi aterrada por oferecer risco a um empreendimento imobiliário de alto padrão realizado a montante dela. À jusante, a voçoroca já se encontrava estabilizada. A borda leste apresenta ocupações

irregulares e está ativa, representando risco aos moradores ali estabelecidos. É a área com maior velocidade de evolução e de ocupação nos últimos anos.

Caso a velocidade média se mantenha, as residências situadas nessa borda devem ficar seriamente comprometidas em 3 anos (figura 68).



Figura 68: projeção de evolução para a voçoroca do Senhor Menino. Fonte: Google Earth Pro

A voçoroca das Três Cruzes apresenta 3 frentes de erosão ativas a montante. Ocupações irregulares acontecem no local, considerado de risco pela CPRM.

Se a velocidade média de evolução dessas 3 frentes se mantiver, dentro de 3 a 5 anos a rua acima delas e as ocupações irregulares que acontecem a montante estarão comprometidas (figura 69).



Figura 69: projeção de evolução das 3 frentes de erosão da voçoroca das Três Cruzes. Fonte: Google Earth Pro.

Uma obra realizada na mesma encosta dessa voçoroca, uma área de alta suscetibilidade à erosão, provocou uma erosão recente, o que mostra a necessidade de acompanhamento de profissionais especializados, como geólogo ou geotécnico, durante obras em encostas, na terraplanagem de novos loteamentos, aberturas de novas ruas e obras de infraestrutura.

Por ser um município de pequeno porte, Casa Branca possui poucos recursos financeiros. Dessa forma, propostas de monitoramento das voçorocas e de recuperação de áreas devem ser simples e pouco onerosas.

Para monitoramento das voçorocas do Senhor Menino, das Três Cruzes e do Horto Florestal, uma sugestão é a utilização do método de estakeamento proposto por Guerra (1996). Esta técnica consiste na colocação no solo de estacas de ferro, tipo vergalhão da construção civil, com dimensões que podem variar de 10 a 40 centímetros de comprimento por 3/8" de diâmetro, ao redor das

voçorocas, afastadas uma das outras cerca de 20 metros. O autor propõe que o afastamento da borda da voçoroca seja de pelo menos 10 metros, mas nas voçorocas estudadas esse afastamento teria que ser menor, pois algumas ocupações ocorrem a partir do início da própria borda ou existem muros a poucos metros da borda. Com as estacas colocadas, um esquema da distribuição espacial delas deve ser feito, com todas as medidas anotadas. Uma nova medição deve ser feita a cada dois ou três meses, dependendo da distribuição temporal das chuvas. Esse método permite traçar, de acordo com o autor, a evolução da voçoroca com um bom grau de precisão (GUERRA, 2005).

Durante o trabalho de campo, moradores da cidade citaram um local onde antes existia uma voçoroca. Chamado de Buracão do Luis Capenga, essa voçoroca, de pequeno porte, foi transformada em área de lazer, com a instalação de brinquedos infantis, como balanços e gira-gira. Depois disso, o local foi aterrado na década de 90 do século XX e transformado em estacionamento de um supermercado localizado em frente. Esses moradores informaram que erosões de pequeno porte, como rachaduras e buracos, ocorrem com frequência na antiga borda dessa voçoroca, que hoje é uma calçada (figura 70).



Figura 70: calçada aterrada ao lado do Buracão do Luis Capenga. Autoria: Somekh, Z., julho de 2017.

Como é descrito como recorrente, pode ser uma indicação de subsidência nesse local. Imagens de 2013 mostram o buracão coberto por vegetação (figura 71).



Figura 71: buracão do Luiz Capenga em 2013. Fonte: Google Earth Pro.

Observações de campo monstraram que atualmente a vegetação no local está bastante reduzida, sendo que casas localizadas na borda da antiga voçoroca estão expostas (figura 72), o que não acontecia em 2013..



Figura 72: buracão do Luiz Capenga em julho de 2017. Autoria: Somekh, Z., julho de 2017.

Utilizado como estacionamento por um supermercado, a sugestão seria que este plantasse gramíneas na área próxima à calçada e árvores à montante, onde estão localizadas casas com distância muito pequena de onde era o buracão.

Como as voçorocas fazem parte da paisagem e do cotidiano de Casa Branca, seria interessante a elaboração de material didático específico para cada nível escolar, explicando o que é erosão, os fatores controladores, os processos erosivos e os tipos de erosão, a situação atual das voçorocas e os impactos ambientais, sociais e econômicos que a reativação delas, mesmo que em pontos específicos, pode causar.

Para a população que mora nas bordas das voçorocas deveriam ser feitas orientações quanto ao lixo depositado nelas e o risco que isso pode provocar, tanto em relação a deslizamentos quanto à contaminação do solo e do lençol freático.

As queimadas são recorrentes no Horto Florestal, prejudicando o manejo e consequente recuperação do cerrado, e causando instabilidade na cabeceira da voçoroca de mesmo nome. Fazer informes na rádio da cidade ou no site da prefeitura, explicando o problema causado por queimadas, pode ser uma opção interessante e pouco onerosa. O plano de manejo também pode ser explicado, já que muitas pessoas consideram o corte de eucaliptos como desmatamento.

As sugestões e projeções acima têm por objetivo conscientizar a população sobre os riscos que as voçorocas oferecem, além de mostrar que a influência antrópica é o grande catalizador de processos erosivos de grande impacto ambiental, social e econômico. Oferecem também à administração pública opções de monitoramento, que podem reduzir gastos com obras emergenciais e de contenção e recuperação nas áreas do entorno das voçorocas, além de mostrarem a necessidade de elaboração de um planejamento urbano e ambiental, que propicie um ordenamento territorial com base na fragilidade desse ambiente.

10- Referências Bibliográficas

- AB'SÁBER, A. N. As boçorocas de Franca. **Revista da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Franca**, Franca, v. 1, n. 2, p. 5-27, 1968.
- ALMASI, D.; MATTAR, T.; ZANCHETTA, L. **Processo de erosão considerado perigoso gera discussão no interior de São Paulo**. Disponível em: <<https://cienciaetec.wordpress.com/2012/12/17/processo-de-erosao-considerado-perigoso-gera-discussao-no-interior-de-sao-paulo>>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- ALMEIDA FILHO, G. S. Uso das Terminologias de Processos Erosivos Lineares dos Tipos Ravina e Voçoroca. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 10, n. 1, p.693-699, 2014. Disponível em: <www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1790/1674>. Acesso em: 18 fev. 2017.
- _____. Controles de Erosão. **Fundações e obras geotécnicas**, p. 72-83. Disponível em: <http://abge.org.br/uploads/arquivos/archivoseccion_244_emfococontroledeeros.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2017.
- AMARAL, A.M. C. do. **Zoneamento geoambiental do município de Casa Branca (SP)**. 2014. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/110568>>. Acesso em: 5 jun. 2017.
- BENNETT, H. H.. **Soil conservation**. New York: London: Mcgraw-hill, 1939.
- BARBALHO, M. G. da S.; BARBALHO, F. G.; SILVA, A. A. Uso do solo e a irrigação por pivô central na superfície tabular no município de Cristalina - GO. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, VI, 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006. p. 1 - 13. Disponível em: <<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/220.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

BRASIL. Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe Sobre Proteção da Vegetação Nativa.** Brasília, DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 22 nov. 2017.

CAMARA MUNICIPAL DE CASA BRANCA SP (Município). Lei nº 1771, de 7 de fevereiro de 1992. **Dispõe sobre o reflorestamento das encostas de boçorocas que margeiam bairros em Casa Branca.** Casa branca, SP, Disponível em: <<http://www.camaracasabranca.sp.gov.br/leisordinarias/pdf/1771.pdf>>. Acesso em: 8 nov. 2017.

_____. Lei nº 2806, de 5 de outubro de 2006. **Plano Diretor.** Casa branca, SP, Disponível em: <<http://www.camaracasabranca.sp.gov.br/planod.html>>. Acesso em: 8 nov. 2017.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA (Campinas SP). **Clima dos Municípios Paulistas.** Disponível em: <www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_124.html>. Acesso em: 4 jun. 2017.

FILIZOLA, H.F. et al. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinadas e voçorocas) em áreas de solos arenosos.** Circular Técnica, 22. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2011, 7p. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_22.pdf>. Acesso em: 20 jun.2017.

FURLANI, G. M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Casa Branca.** 1980. 380 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

_____. **Município de Casa Branca.** 2. ed. Casa Branca-SP: Impressos São Sebastião Editora e Gráfica Ltda., 2003.

GANYMÉDES, J. S. O. **Boçoroca!** Editora Melhoramentos, 1985.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia- exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1996. p. 139-155.

_____. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 16, p.32-37, 2005. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_16/Antonio_José_Teixeira_Guerra.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2018.

_____. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. Cap. 4. p. 149-209.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados do Brasil**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/casa-branca/panorama>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

_____. **Estatísticas do Século XX**. Disponível em: <<https://seculoxx.ibge.gov.br/populacionais-sociais-politicas-e-culturais/busca-por-temas/justica.html>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981.

_____. **Planejamento de áreas irrigadas e transferência da tecnologia do sistema de controle da irrigação por pivô central, através do uso de tensiômetros de faixas, para os agricultores do município de Casa Branca, SP**. São Paulo, 1997.

_____. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo**. São Paulo, 1998.

LANDAU, Elena Charlotte et al. **Concentração de áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de São Paulo - Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa, 2014. (Embrapa Milho e Sorgo). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002772/concentracao-de-areas-irrigadas-por-pivos-centrais-no-estado-de-sao-paulo---brasil>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LÖFGREN, A. Contribuições para a botânica paulista – região campestre. Memória das excursões botânicas de 1887, 1888 e 1889. **Boletim da Comissão Geographica e Geologica do Estado de São Paulo**, nº 5, São Paulo, 1890.

LOUREIRO, H.; GUERRA, A. Monitoramento de Voçorocas: Adaptações Metodológicas no uso de Estacas e Pinos de Erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9., 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** . Rio de Janeiro: 9º Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012. p. 1 - 4. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/1/1-372-573.html>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

MARCHIORO, E. et al. Voçorocas no Brasil: aspectos conceituais, dimensionais e metodológicos. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMORFOLOGIA, 9, 2016, Maringá. **Anais...** . Maringá: Xi Simpósio Brasileiro de Geomorfologia, 2016. p. 1 - 1. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/2/2-500-930.html>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

MIRANDA E. E.; FONSECA, M. F. **Considerações fitogeográficas e históricas sobre o bioma cerrado no Estado de São Paulo.** Nota técnica, 1. Campinas, SP: Embrapa, GITE, 2013. 30 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1_CERRADOS_2013.pdf>. Acesso em 15 mar. 2017.

MONBEIG, P. A divisão regional do Estado de São Paulo. **Anais dos Geógrafos Brasileiros**, São Paulo. Vol. I, 1949, p. 19-36.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto, 2000. 127p.

PRANDINI, F. L. et al. Suscetibilidade à erosão por boçorocas como condicionante ao uso planejado do território: plano diretor do Município de Casa Branca - SP. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, São Paulo, 1989. **Anais.** São Paulo, ABGE, p. 269-278. 1989.

- RODRIGUES, M.P. H. **Patrimônio rural do município de Casa Branca: 1830 - 1900.** 2010. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <[doi:10.11606/D.16.2010.tde-04082010-212340](https://doi.org/10.11606/D.16.2010.tde-04082010-212340)>. Acesso em: 25 maio 2017.
- ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- _____. ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS ANTROPIZADOS. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, p. 63-74, nov. 2011. ISSN 2236-2878. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327/51063>>. Acesso em: 07 nov. 2017.
- SALOMÃO, F. X. de T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural.** 1994. 100 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia - FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Florestal. **Estação Experimental de Casa Branca.** Disponível em: <<http://iforestal.sp.gov.br/areas-protegidas/estacoes-experimentais/casa-branca/>> Acesso em 10 jun. 2017.
- _____. Secretaria do Meio Ambiente. **Mapa da bacia do Rio Pardo.** Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/ckfinder/images/mapa_pardo.png>. Acesso em m 08 nov. 2017.
- _____. Secretaria do Meio Ambiente. **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI-4).** Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7246/plano_bacia_pardo_2008_2011_final.pdf>. Acesso 08 nov. 2017.
- _____. Secretaria do Meio Ambiente– Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo – SIFESP. **Quantificação da Vegetação Natural Remanescente para os Municípios do Estado de São Paulo.** Disponível em:

<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/sifesp/2016/12/municipio_maior_porc.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório de Situação de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, junho de 2000. Áreas Degradadas.** Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/arquivos/perh/r0estadual/capitulo05.htm>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

_____. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Departamento de Águas e Energia Elétrica DAEE. **Hidrologia: Banco de Dados Hidrológicos.** Disponível em: <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>. Acesso em: 4 jun. 2017.

_____. Secretaria Estadual de Saneamento e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: PERH 2016-2019.** Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/ckfinder/files/PERH_2016-2019_INTERNET_225_dpi.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2018.

SETZER, J. Os solos do Estado de São Paulo. **IBGE, CNG**, publicação nº 6, série A “Livros”, Rio de Janeiro, 1949.

SOUSA, A. T. de. **Caracterização de Voçorocas em Bordas de Relevo Residual Tabular em Quirinópolis-GO.** 2010. 162 f. Tese (Doutorado) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia-go, 2010. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/2998/5/TESE_COMPLETA.pdf> . Acesso em: 17 nov. 2017.

STEFANI, F. L. **Zoneamento geoambiental da região de Casa Branca-SP.** 2000. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sensoriamento Remoto, Inpe, São José dos Campos-SP, 2000. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/05.19.10.51/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; DECHEN, S. C. F. The costs of soil erosion. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p.287-298, mar. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200001>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

TOLEDO, L. Diccionario Topographico da Comarca de Casa Branca (Estado de São Paulo, Brasil) – 1899. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico de São Paulo**, vol. XII, p. 121-215, São Paulo.

VENTURI, Luis Antonio Bittar. Recurso Natural: a construção de um conceito. **Geousp - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 20, p.9-17, 2006.

ANEXO I

Boçoroca das Três Cruzes: Esboço Geomorfológico (Furlani, 1980)

ANEXO II

Relatório de “Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes, Inundações e Movimentos de Massa”(DEGET)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação
Mineral

Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Departamento de Gestão Territorial - DEGET

**Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco
a Enchentes, Inundações e Movimentos de
Massa**

Casa Branca – São Paulo



Maio - 2016

Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa

Município de Casa Branca – São Paulo
Maio de 2016

Introdução e Objetivos

Anualmente inúmeros desastres decorrentes de eventos naturais castigam todo o país, como as inundações de Alagoas e Pernambuco em 2010, de Santa Catarina em 2011 e das chuvas catastróficas ocorridas na região serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011, repetido em 2012 nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo e em fevereiro de 2012, no Acre. Esses desastres acarretaram a perda de milhares de vidas humanas e ultrapassaram em todas as expectativas as previsões dos sistemas de alerta existentes. Desta forma o Governo Federal sentiu a necessidade da criação de um programa de prevenção de desastres naturais, visando minimizar os efeitos desses eventos sobre toda a população.

O crescimento acelerado e desordenado das cidades aliado à ausência de planejamento urbano, técnicas de construção adequadas, e ausência de educação básica, sanitária e ambiental, tem sido agentes potencializadores dessas situações de risco, que se efetivam em desastres por ocasião de eventos naturais, nos grandes e pequenos núcleos urbanos. A ocupação de encostas sem nenhum critério técnico ou planejamento bem como a ocupação das planícies de inundação dos principais cursos d'água que cortam a maioria das cidades têm sido os principais causadores de mortes e de grandes perdas materiais.

Visando uma redução geral das perdas humanas e materiais o Governo Federal, em ação coordenada pela Casa Civil da Presidência da República em consonância com os Ministérios da Integração Nacional, Ministério das Cidades, Ministério de Ciência e Tecnologia, Ministério da Defesa e o Ministério de Minas e Energia firmaram convênios de colaboração mútua para executar em todo o país o diagnóstico e mapeamento das áreas com potencial de risco alto a muito alto.

O programa será executado pelo **Serviço Geológico do Brasil – CPRM**, empresa do Governo Federal ligada ao Ministério de Minas e Energia, durante os próximos quatro anos. O projeto foi iniciado em novembro de 2011 em localidades selecionadas pela Defesa Civil Nacional com o objetivo de mapear, descrever e classificar as situações com potencialidade para risco alto e muito alto.

Os dados resultantes deste trabalho emergencial são disponibilizados em caráter primário às defesas civis de cada município e os dados finais irão alimentar o banco nacional de dados do **CEMADEN** (Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), localizado em Cachoeira Paulista – SP, ligado ao Ministério de Ciência e Tecnologia, que é o órgão responsável pelos alertas de ocorrência de eventos climáticos de maior magnitude que possam colocar em risco vidas humanas, e do **CENAD** (Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres), localizado em Brasília - DF, ligado ao Ministério da Integração Nacional, que como algumas de suas atribuições, inclui o monitoramento, a previsão, prevenção, preparação, mitigação e resposta aos desastres, além de difundir os alertas nos estados e municípios.

Metodologia

O trabalho é desenvolvido com a visita de campo às áreas com histórico de desastres naturais ou naqueles locais onde já foram identificadas situações de risco, ainda que sem registro de acidentes. No local são observadas as condições das construções e seu entorno, situação topográfica, declividade do terreno, escoamento de águas pluviais e de águas servidas, além de indícios de processos desestabilizadores dos terrenos ou possibilidades de inundação. O trabalho é complementado com a análise de imagens aéreas e de satélites, dando uma visão mais ampla do terreno, definindo-se um setor de risco de acordo com um conjunto de situações similares dentro de um mesmo contexto geográfico.

Avaliação das situações de risco: Indícios e evidências – Diversos aspectos observados em campo são tidos como **indícios ou evidências de movimentos de massas** e situações de risco. Entre eles estão trincas em muros e paredes, trincas longitudinais em trilhas, depressão de pavimentos, presença de voçorocas, presença de areia lavada em canalizações abertas, inclinação e tombamento de obras, embarrigamento de muros de contenção, descalçamento de fundações e outros. A localização da construção e o próprio histórico local de acidentes pretéritos (relatos de moradores antigos) são também levados em consideração. Alguns desses aspectos estão ilustrados a seguir.

Descrição

O município de Casa Branca fica no Estado de São Paulo, 230 quilômetros da capital, possui altitude de 684 metros acima do nível do mar. Sua população, conforme IBGE 2010 era de 28.307 habitantes.

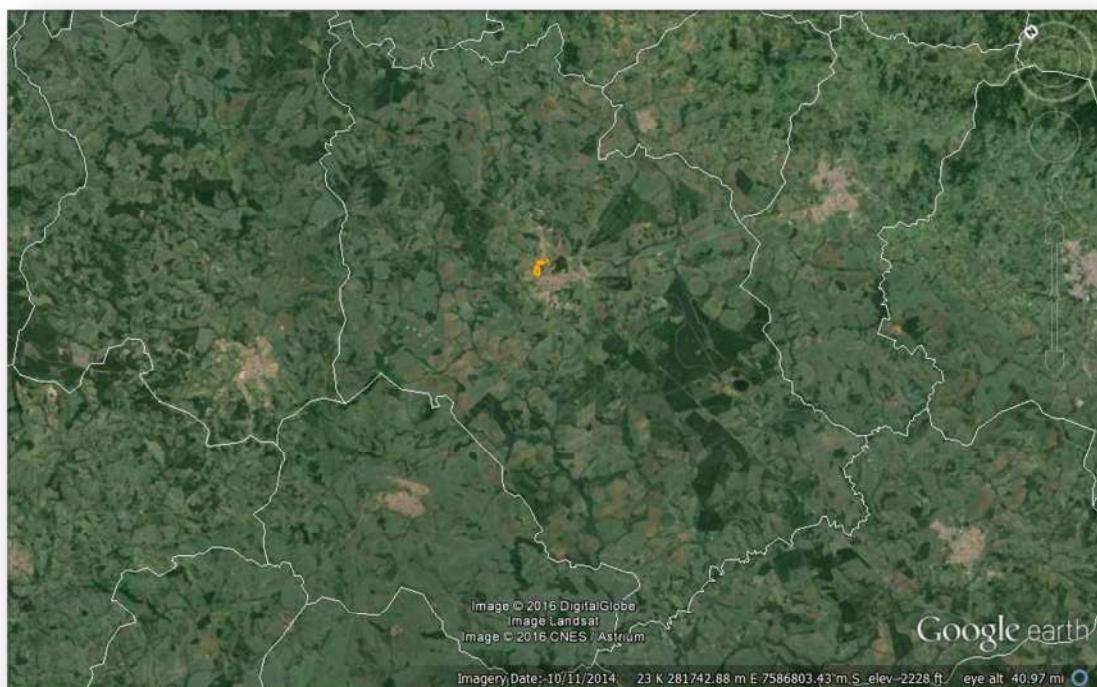


Fig. 1 – Localização do Município e em laranja os setores de risco para maio de 2016.



Fig. 2 – Área urbana e setores de risco existentes – detalhe da imagem anterior.

Existe uma grande Voçoroca do bairro Senhor Menino, acesso pela Rua José Beneti, onde fica a estátua do Cristo da cidade; aparentemente não apresenta grande avanço. Imagens aéreas de 2006 (Fig. 3) são as mais antigas disponibilizadas pelo Google e pela configuração mais recente, imagens de 2014 (Fig. 4), é visível que o avanço foi muito pequeno, apenas erosões nas áreas do interior da Voçoroca. Um fator preocupante são as invasões na Rua José Beneti, no caso são residências construídas a leste da Voçoroca, algumas ainda em obras, com demarcação de novos locais a serem habitados. É importante coibir esse tipo de invasão em áreas de risco e não edificáveis com fiscalização intensa. Na figura 4 é possível ver que a porção mais ao sul são invasões mais antigas, parcialmente regularizadas.

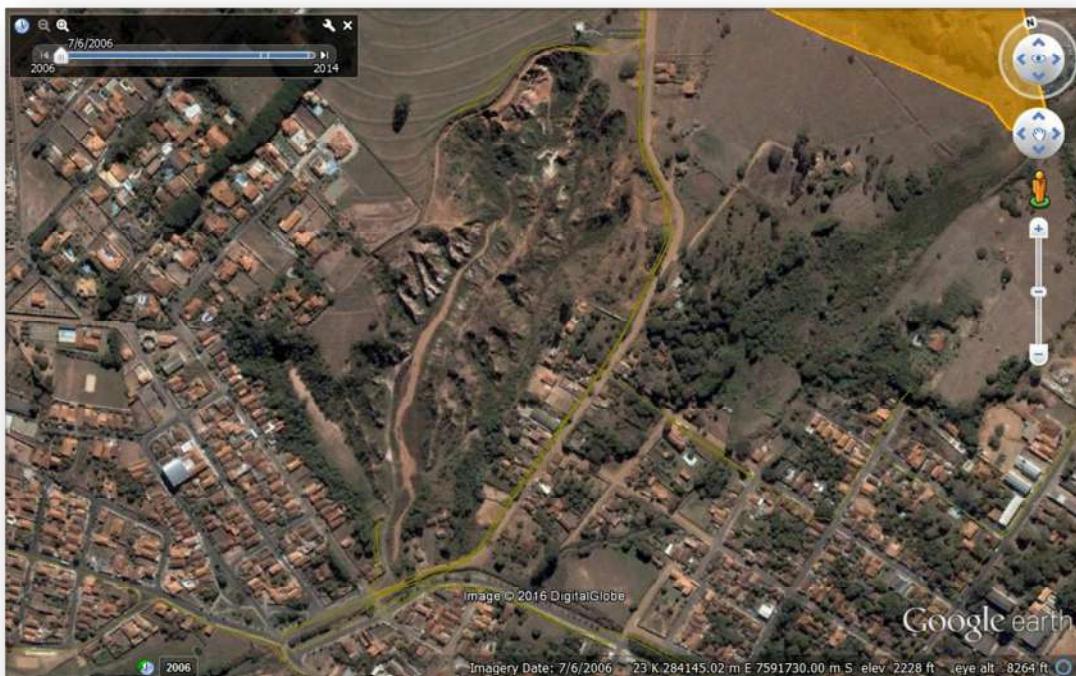


Fig 3. – Voçoroca no ano de 2006 (Imagens do Google Earth).

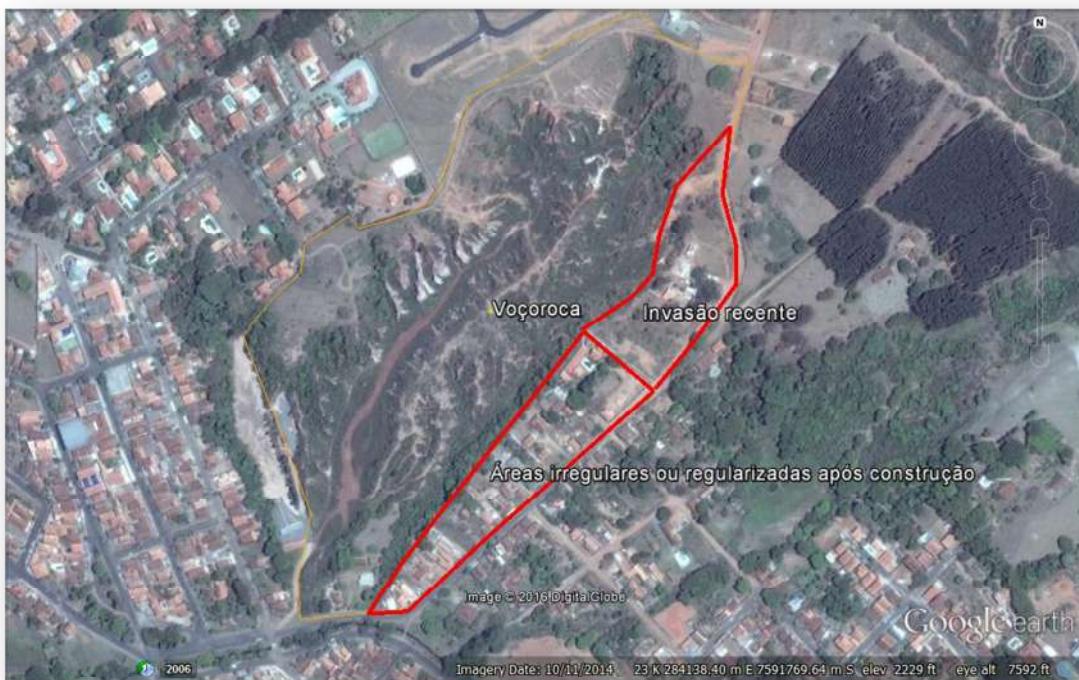


Fig 4. – Voçoroca no ano de 2014 (Imagens do Google Earth).

Outro fator a ser observado é a expansão urbana nesta área. Um grande loteamento foi aprovado a montante desta voçoroca, ainda não há residências no local, porém é importante acompanhar o impacto que a impermeabilização do solo pode causar em relação à voçoroca.



Fig.5 – Imagens da Voçoroca antes, durante e após a demarcação do loteamento.

Nestas imagens acima, (Fig.5) é possível ver que no ano de 2006, antes da implantação do loteamento, a Voçoroca estava estabilizada, com urbanização menor no entorno das erosões.

Em 2013, na segunda imagem da esquerda para a direita, é possível observar uma urbanização mais intensa na borda leste, invasões e residências de um ou dois pavimentos. O loteamento também já tem suas vias principais abertas. Vale destacar uma erosão que avançou durante estas obras, em destaque na imagem.

Em 2014, imagem do lado direito, é possível ver que este local foi aterrado, porém é importante um monitoramento contínuo para que essa erosão não seja reativada.

Na imagem abaixo (Fig. 6) é possível ver o avanço desta erosão e imagem de sua contenção.



Fig. 6- Imagem do avanço da Erosão a norte da Voçoroca. O loteamento está a montante.



Fig. 7 – Em laranja o setor de alto risco. As residências no entorno da Voçoroca estão em área de risco.



Fig. 8 – Área interna da Voçoroca no ponto mais a sul. Há água corrente, indicando que o lençol freático está aflorante.



Fig. 9 – Vista superior da voçoroca.

O desenvolvimento das ravinas e voçorocas descrito na literatura brasileira é geralmente atribuído a mudanças ambientais induzidas pelas atividades humanas. Sua ocorrência está associada a formações sedimentares arenosas, contatos geológicos, diques ou até mesmo bandas internas à rocha de composição diferente são suficientes para acelerar, impedir ou desviar a propagação de uma voçoroca. A influência do relevo no desenvolvimento de ravinas e voçorocas no Estado de São Paulo é enfatizada por vários estudiosos, que as relacionam especialmente à forma e à declividade das vertentes. Em estudos realizados verificou-se a ocorrência de ravinas e voçorocas nas proximidades de Casa Branca e que 95% dessas erosões se desenvolveram em encostas convexas.



Fig. 10 – Imagem Panorâmica da Voçoroca do Senhor Menino.

Quanto à influência da cobertura pedológica no desenvolvimento de ravinas e voçorocas, observa-se concordância no que se refere a maior suscetibilidade dos solos de textura arenosa e média. Apesar de mais restrita, há possibilidades de desenvolvimento de ravinas e voçorocas em solos argilosos como os Latossolos Vermelho Escuro observados na região de Casa Branca. Neste caso, o desenvolvimento deve-se principalmente à presença de um horizonte C altamente erodível, proveniente da alteração de arenitos feldspáticos com intercalações de argilitos e siltitos pertencentes à Formação Aquidauana, que facilita o aprofundamento erosivo e a

interceptação do lençol freático, desenvolvendo fenômenos de piping (processos de erosão interna no solo).

Na imagem abaixo (Fig.11) é possível verificar que há duas grandes voçorocas muito próximas.



Fig. 11- Localização da SR-1, Voçoroca do Senhor Menino e SR-2, São João.



Fig. 12- Setor de risco do São João, SR-2.



Fig. 13- Configuração da Voçoroca em 2006.

Enquanto a anterior aparentemente está estável, a SR-2 localizada no bairro São João, apresenta movimentação e erosão recente. Imagens de 2006 (Fig. 13) mostram a configuração do local; comparando com imagens mais recentes há um avanço para norte, como indicado nos círculos em vermelho.



Fig. 14 – É possível verificar os pontos onde houve algum avanço da frente de erosão em comparação de imagens de 2006 com imagens de 2013.

No setor de risco SR3, localizado rua Angelo Jorge, entre Jardim do Horto e VI. São Bernardo tem-se o típico exemplo de erosão causada pelo homem. Esta era a composição original deste ponto.



Fig. 15- Setor SR3, erosão profunda em área de drenagem natural.

Obras recentes feitas pela prefeitura da cidade geraram uma erosão de cerca de 70 metros, avançando pra norte, em direção às residências. Uma obra de contenção está sendo executada no momento, porém é visível que o lençol freático já foi atingido e a erosão está com profundidade de até 10 metros.



Fig. 16- A área foi desmatada pela própria prefeitura. No momento uma obra está sendo executada pra tentar conter o avanço da erosão.



Fig. 17- Detalhe do avanço da erosão, expondo diversos horizontes do solo.



Fig. 18- Área da erosão. Ela está avançando nesta direção, onde há residências em risco.

Em todas as áreas citadas onde há voçorocas e erosões recomenda-se isolamento da área e fiscalização constante, evitando descarte de águas no local e invasões. Essa área não deve ser ocupada por moradias. As moradias já existentes dentro deste setor devem estar sempre em monitoramento. Revegetação também é indicada, por exemplo com o uso de “vetiver” para contenção do solo.

Outros locais foram visitados, mas que não considerados áreas risco como, por exemplo, as margens do Rio do Pingo (Fig. 19), com relatos de lâmina d'água e extravasamentos do canal, que é retificado, adentrando segundo moradores 10 cm de água em residências e pequenos comércios da Avenida José Basílione Junior (avenida marginal ao córrego).



Fig. 19- Rio do Pingo, onde há relatos de episódios de pequenas inundações, não representando alto risco.



Fig. 20 – Rio do Pingo retificado.



Fig. 21 – Ponte sobre Rio do Pingo.
Canal necessitando de limpeza.



Fig. 22 – Residências onde foram relatadas inundações de 10 cm de lâmina d'água.



Fig. 23 – Residências onde foram relatadas inundações de 20 cm de lâmina d'água.



Fig. 24- Voçoroca do Horto Municipal.

A voçoroca do Horto Municipal aparentemente está estável, as imagens do Google não indicam aumento de sua área. É preciso ficar atento a novos loteamentos e invasões na Avenida do Espraiado, nas proximidades da voçoroca, uma vez que a região possui grande potencial erosivo.



Fig. 25 - Obra de drenagem em frente à Praça Rodrigues Alves, a voçoroca está há poucos metros deste ponto.



Fig. 26 – Avenida do Espraiado com drenagem retificada. Ao fundo muro de obra nova, avançando em direção à voçoroca.



Fig. 27- Voçoroca próxima ao Jardim Bela Vista.

Em imagem aérea (Fig. 27) foi detectada uma voçoroca próxima ao bairro Jardim Bela Vista. Existem muitas voçorocas no município, cerca de 300 pontos. Voçorocas são processos erosivos naturais, mas a intervenção humana pode induzir ou acelerar seu surgimento e expansão, por isso é importante evitar qualquer intervenção no terreno, sendo que a ausência de controle de drenagem de águas pluviais é o principal agente deflagrador.

Em todas as áreas citadas onde há voçorocas e erosões, mesmo onde não há alto risco, recomenda-se isolamento da área e fiscalização constante, evitando descarte de águas no local e futura invasão. Revegetação pode ser uma solução barata e eficiente para alguns casos, como por exemplo, o uso de vetiver.

Resultados Obtidos e Sugestões

O trabalho de campo foi realizado no dia 06 de Maio de 2016, com o apoio do Sr. João Cossulin, indicado pelo Gabinete do Prefeito para acompanhamento nas vistorias. **Atualmente o município está sem coordenador de Defesa Civil.**

Existem áreas com ocupação desordenada e irregular, sendo necessária uma fiscalização intensa para evitar principalmente a ocupação às bordas das voçorocas, onde as obras não seguem técnicas construtivas adequadas e seguras.

O município precisa sempre estar atendo a:

1. Saneamento básico e drenagem de águas superficiais para retirar águas servidas e pluviais das encostas, principal vilão e agente de risco geológico nessas áreas;
2. Pavimentação das ruas, com uso de pisos impermeáveis e permeáveis em locais de alto e baixo gradiente, respectivamente.
3. Orientação da Defesa Civil/Engenheiro por um Geotécnico/Geólogo quanto ao tipo de corte possível e correto nas encostas, para evitar a produção sequenciada de situações de risco; análise também do freático, para evitar surgimento de voçorocas e técnicas de contenção das mesmas;
4. Quando for o caso, tratamento do talude de corte com obra de contenção/impermeabilização previamente analisada por técnico habilitado e devidamente licenciada.

Dentre as sugestões para redução do risco no município, ressaltamos:

-Planejar adequadamente o uso e ocupação do solo, para impedir desenvolvimento de feições erosivas que possam comprometer e impactar os recursos hídricos, impactando também a economia da região e turismo de aventura nas drenagens;

-Controle da erosão e assoreamento das represas, dos canais e córregos, sempre que possível integrando mata ciliar com medidas estruturais para controle do solapamento de margens;

-Ordenamento de águas superficiais com sistemas de drenagem eficientes.

Ações a médio e longo prazo:

1. Formalização definitiva da Defesa Civil Municipal, com a geração de concurso para a formação de quadro permanente e comprometido com as ações pertinentes.
2. Incremento das ações de fiscalização e controle urbano, tornando obrigatorias as ações de preparação e tratamento licenciado de encostas e taludes de corte e ocupação em regiões próximas aos cursos d'água. O controle urbano rígido e eficaz é uma solução que, em médio prazo, eliminará a geração de áreas de risco no município; Colocação de placas de identificação de Área de Risco- Proibido Ocupar, numeradas e georreferenciadas, para total controle da fiscalização.
3. Criação de programas de educação voltados para as crianças em idade escolar e para os adultos em seus centros comunitários, ensinando-os a ocupar corretamente e a não ocupar áreas de encostas e planícies de inundação dos córregos e rios da região. A CPRM disponibiliza gratuitamente cartilhas de fácil entendimento, produzidas para este fim. Possuímos também um Programa de Treinamento em Riscos Geológicos Urbanos, voltado para as Defesas Civis e seus voluntários, lideranças comunitárias, Bombeiros e todas as pessoas envolvidas com o processo de eliminação dos riscos e mitigação de desastres nos municípios.
4. Criação e implantação de sistema de alerta para as áreas de risco, através de meios de veiculação pública (mídia, sirenes, celulares), permitindo a remoção eficaz das pessoas, em caso de alertas de chuvas intensas ou contínuas.
5. Visitas periódicas às áreas de risco e supervisão das obras em andamento, evitando a proliferação das áreas de risco e enormes custos ao erário público. Sabe-se hoje que os custos com prevenção são de aproximadamente 10% dos custos de mitigação de desastres naturais, além das perdas de vidas que são insubstituíveis. A Defesa Civil deve agir mais de modo preventivo do que paliativo e, nos períodos de seca, aproveitar a baixa no número de ocorrências para percorrer e vistoriar todas as áreas de risco conhecidas e já adotar as medidas preventivas cabíveis.

Conclusões

Existe risco constatado por erosões de grande porte no município, mas não existem registros de deslizamento de encosta, perda ou dano a moradias, ou mesmo vítimas fatais por conta de algum evento nestes setores.

Atualmente, 0,95 % da população está em situação de risco alto, para os três setores indicados

O presente relatório é de caráter informativo e, em si, e não esgota a análise das áreas de risco aqui consideradas, sendo necessária a revisão constante destas áreas e de outras não indicadas, que podem ter seu grau de risco modificado a depender das ações tomadas pela municipalidade.

Vale ressaltar que as prefeituras a partir da promulgação da Lei 12.608 de 10 de abril de 2012 deverão incluir em seu plano diretor as áreas de risco a deslizamentos e inundações, assim como, controlar e fiscalizar a ocupação dessas áreas.

Contato municipal

Responsável: João Cossulin

Telefone: (19) 3671-9770

e-mail: agrário@casabranca.sp.gov.br

Casa Branca, Maio de 2016.

Andrea Fregolente

Geóloga/Pesquisadora em Geociências
CPRM/SUREGSP

Carla Cristina M. de Moraes

Geóloga/Pesquisador em Geociências
CPRM/SUREG-SP

ANEXO III

Roteiros de entrevistas com Fernando Buzzato, encarregado da “Estação Experimental do Horto Florestal” e com Matheus Buzatto Sandoval, do setor de obras da Prefeitura de Casa Branca.

Roteiro de Entrevista para o encarregado do Horto Florestal de Casa Branca

- 1- Quantos funcionários trabalham no Horto Florestal de Casa Branca?
- 2- O viveiro de mudas ainda está ativo?
- 3- Como funciona o Plano de Manejo?
- 4- A população sabe como funciona esse Plano de Manejo?
- 5- A voçoroca pertence ao Horto Florestal?
- 6- Quando uma voçoroca é considerada estabilizada?
- 7- A voçoroca do Horto Florestal está estabilizada?
- 8- Como a população da cidade utiliza o espaço do Horto Florestal?

Roteiro de Entrevista para o funcionário do Setor de Obras da Prefeitura de Casa Branca

- 1- A Prefeitura de Casa Branca possui mapeamento das voçorocas?
- 2- As voçorocas da cidade estão estabilizadas?
- 3- Como ocorre a fiscalização das ocupações irregulares nas bordas das voçorocas?