



Evolução dos processos erosivos urbanos no município de Casa Branca, SP.

Gerson Salviano de Almeida Filho

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

gersaf@ipt.br

Cláudio Luiz Ridente Gomes

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

aranha@ipt.br

Zeno Hellmeister Junior

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

zenohell@ipt.br

Wendel Marcos Sabatine Mariano

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

wendelmarcos@live.com

Ingrid Martins Fritschi

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

infritschi@gmail.com



EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA, SP

G. S. Almeida Filho, C. L. R. Gomes, Z. Hellmeister Júnior, W. M. S. Mariano e I. M. Fritchi

RESUMO

A erosão situa-se entre os mais sérios problemas que o homem vem enfrentando na atualidade, principalmente pelo aumento constante das áreas atingidas, tanto pela deficiência de um sistema de drenagem e conservação do solo quanto por sua suscetibilidade. Esse fenômeno, resultante da ruptura do equilíbrio do meio ambiente, decorre da transformação da paisagem pela eliminação da cobertura vegetal natural e introdução de novas formas de uso do solo. O território brasileiro, ao longo de sua ocupação, tem manifestado não só a erosão relacionada à intensificação da atividade agrícola, mas também àquela relativa à expansão do uso urbano do solo. Relacionar o meio físico e o uso e ocupação do solo com as características da erosão é imprescindível para a análise da evolução desse processo. Neste trabalho será apresentada uma análise da evolução das feições erosivas, relacionada à expansão da área urbana.

1 INTRODUÇÃO

O município de Casa Branca localiza-se na região norte do Estado de São Paulo. Sua população, de acordo com IBGE (2010) é de 28.307 pessoas e a área da unidade territorial é de 864,224 km², tendo, portanto, uma densidade demográfica de 32,76 hab/km². Dista cerca de 230 km da capital e os municípios limítrofes são: Mococa, São José do Rio Pardo, Tambaú, Santa Cruz das Palmeiras, Itobi, Aguaí e Vargem Grande do Sul (**Figura 1**).

O município de Casa Branca é integrante da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo - UGRHI – 4 e da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Mogi-Guaçu – UGRHI – 9.

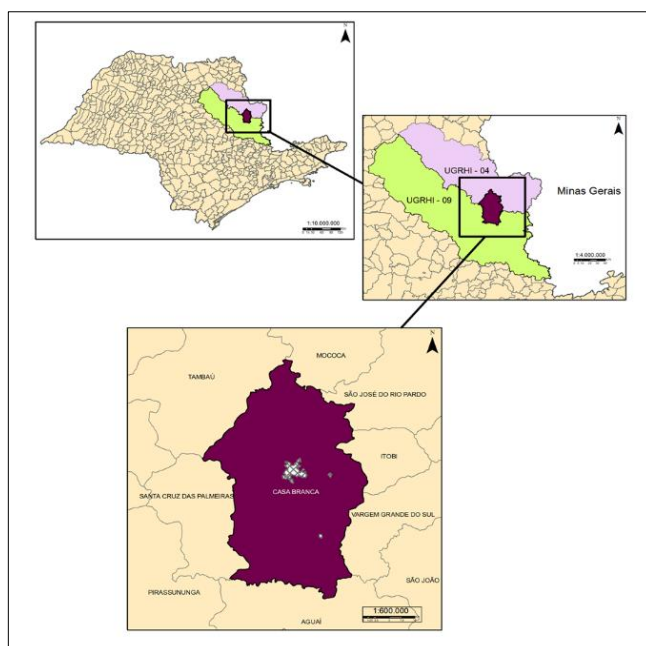


Figura 1 - Localização do município de Casa Branca no estado de São Paulo

A erosão no Estado de São Paulo envolve importantes processos de degradação do meio físico, provocando a perda de solos agricultáveis, de equipamentos urbanos e rurais, a deterioração de obras civis e o assoreamento de reservatórios e cursos d'água. Esse fenômeno vem acarretando, portanto, um pesado ônus à sociedade como um todo, não só pela perda dos recursos naturais, como dos investimentos do Poder Público em obras de infraestrutura, além de envolver importantes gastos em medidas que nem sempre alcançam os resultados técnico-econômicos desejados. Isto significa que o município deve necessariamente planejar melhor o uso e ocupação do solo, para impedir o desenvolvimento de feições erosivas que possam comprometer as diversas atividades econômicas, tanto na área urbana quanto na rural, principalmente com relação aos impactos nos recursos hídricos, que podem comprometer, futuramente, o abastecimento de água da cidade e a produção agrícola.

O município de Casa Branca apresenta alta incidência de processos erosivos e terrenos com alta e média suscetibilidade à erosão, por apresentar solos arenosos. Na área urbana do município ocorrem vários processos erosivos lineares do tipo ravina e boçoroca, decorrentes da expansão da cidade nas décadas de 50 e 60 do século passado.

2 CONCEITOS DE EROSÃO HÍDRICA

A erosão hídrica acelerada pode ser classificada em laminar, quando causada por escoamento difuso das águas pluviais, resultando na remoção progressiva dos horizontes superficiais do solo; ou linear, quando causada pela concentração das águas de escoamento superficial, resultando em incisões na superfície do terreno, na forma de sulcos, ravinas e boçorocas, e no solapamento de margens de canais (IPT, 1986 e 2012). Em se tratando da necessidade de obras para controle e estabilização, destacam-se as ravinas e as boçorocas.

2.1 Erosão hídrica do tipo sulco

Sulcos são pequenas incisões em forma de filetes muito rasos representados por áreas onde ocorrem erosão laminar muito intensa (**Figura 2**). Este processo ocorre nas linhas de maior

concentração das águas de escoamento superficiais, resultando em pequenas incisões no terreno. Os sulcos podem passar despercebidos até que comecem a interferir no trabalho de preparo do solo e diminuir sua produtividade. Bigarella e Mazuchowski (1985) definem que a erosão em sulcos sucede a laminar, podendo igualmente originar-se de precipitações muito intensas. Para Bertoni e Lombardi Neto (1985), as erosões em sulco são também formadas por concentrações do escoamento que podem formar filetes, mais ou menos profundos, em consequência do volume e velocidade do escoamento superficial.



Figura 2 – Erosão Hídrica do tipo Sulco

2.2 Erosão hídrica do tipo Ravina

A ravina é um sulco profundo no solo provocado pela ação erosiva da água de escoamento superficial concentrado, e que não pode ser combatido pelos métodos simples de conservação do solo (**Figura 3**). É feições de maior porte, profundidade variável, de forma alongada e não atingem o nível d'água subterrânea, onde atuam mecanismos de desprendimento de material dos taludes laterais e transporte de partículas do solo. Como ravinamento, entenda-se a erosão causada simplesmente pela concentração do escoamento superficial, processo este que, na maioria das vezes, coroa a degradação do solo iniciada pela erosão laminar. Segundo Salomão (1994) ao considerar que os sulcos e ravinas são originados pelo escoamento concentrado das águas superficiais e, ao haver a interceptação do lençol freático, existe uma somatória de processos erosivos superficiais e subsuperficiais, fazendo com que a forma erosiva atinja grandes dimensões e passando a denominar-se boçoroca ou voçoroca.



Figura 3 – Erosão Hídrica do tipo ravina

2.3 Erosão hídrica do tipo Boçoroca ou Voçoroca

Finalmente, o progresso do ravinamento atinge um limiar que é o freático. Nesta etapa, intervêm processos ligados à circulação das águas de subsuperfície, fazendo com que o ravinamento atinja grandes dimensões e passe a ser denominada erosão em boçoroca ou voçoroca. A palavra boçoroca provém do tupi-guarani *ibi-çoroc* e tem o significado de terra rasgada (PICHLER, 1953). A erosão em boçoroca são as mais graves porque envolvem mecanismos mais complexos, ligados aos fluxos superficiais e também subsuperficiais da água infiltrada no solo. As boçorocas são de difícil controle e necessitam de grandes investimentos para sua recuperação, no caso das boçorocas rurais quando atingem grandes proporções a melhor solução criar mecanismos no controle das águas superficiais e subsuperficiais e integrar a paisagem.



Figura 4 – Erosão Hídrica do tipo boçoroca ou voçoroca

3 IMPACTOS NOS RECURSOS HÍDRICOS

O impacto da erosão hídrica nos recursos hídricos decorre das diversas formas de intervenções antrópicas no meio ambiente, tanto nas áreas rurais quanto nas áreas urbanas, e pode ser verificado principalmente pelo aporte de sedimentos aos rios, lagos e reservatórios, uma vez que a erosão e o deslizamento/escorregamento promovem a remoção acelerada de grandes volumes de solo, contribuindo para o assoreamento. Como consequência desses processos, ocorre o assoreamento dos cursos d'água e a qualidade e quantidade dessas águas ficam prejudicadas, além de trazer, com maior frequência e intensidade, inundações danosas e também alterações ecológicas que afetam fauna e flora.

Assoreamento é o processo de deposição acelerada de sedimentos ao longo do percurso de um escoamento pluvial ou fluvial, em local onde este perde a capacidade de transportá-lo ou ainda devido a movimentos de massa como erosão hídrica e deslizamento/escorregamento. É responsável pela alteração das calhas de escoamento de cursos fluviais, resultando na redução do espelho d'água, além de torná-los mais suscetíveis a inundações, podendo ainda provocar o soterramento de nascentes diminuindo a disponibilidade de águas superficiais.

4 EROSÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA

Segundo o Mapa de Erosão do Estado de São Paulo (IPT, 1997), o município de Casa Branca apresenta alta incidência de processos erosivos e terrenos com alta e média suscetibilidade à erosão, pelo fato de apresentar solos arenosos e, subordinadamente, nas classes I e V (Muito Alta e Muito Baixa). Nas classes I e II, predominam os processos erosivos lineares (ravinas e boçorocas) e erosão laminar intensa. Em áreas de classe III ocorrem feições lineares do tipo ravinas e sulcos com moderada incidência de erosão laminar. Em áreas de classe V, predominam as feições erosivas do tipo sulco, com baixa erosão laminar. Nas planícies fluviais podem ocorrer processos de acumulação/sedimentação, sendo sujeitas a solapamento das margens (**Figura 5**). A geologia do município, apresenta rochas do embasamento cristalino, a nordeste, sedimentos da Bacia do Paraná, representados pelas Formações Aquidauana, Tatuí e Corumbataí, rochas intrusivas básicas tabulares, sedimentos Cenozóicos das Formações Pirassununga e Santa Rita do Passa Quatro, além de sedimentos aluvionares. Geomorfologicamente, em decorrência do arranjo geológico estrutural e da ação dos agentes modeladores do relevo, a região exibe porções de três domínios: os mares de morros do planalto cristalino Atlântico, ocupando estreita faixa a leste; a depressão periférica correspondente à Zona do Moji-Guaçu (Almeida, 1964) e segundo metodologia adotada por IPT (1981), ocorrem no município relevo de morros amplos (221), colinas amplas (212) e médias (213), morros arredondados (241), morros alongados e espigões (234) e planícies aluviais (111). De acordo com Rossi (2017), no Município existem três classes predominantes de solos: Gleissolos, Latossolos e Argissolos e suas respectivas associações e complexos.

Assim, áreas constituídas por solos de cobertura de constituição latossólica argilosa, apesar de resistentes à erosão, podem, por concentração excessiva das águas superficiais, originar ravinas profundas, atingindo os horizontes de alteração, e, por ação das águas superficiais e subsuperficiais, uma rápida evolução em profundidade e em área de ocorrência. Por outro lado, áreas constituídas por solos latossólicos de textura média, em relevos mais movimentados, apresentam condições mais favoráveis para o desencadeamento de ravinas por ação de águas superficiais.

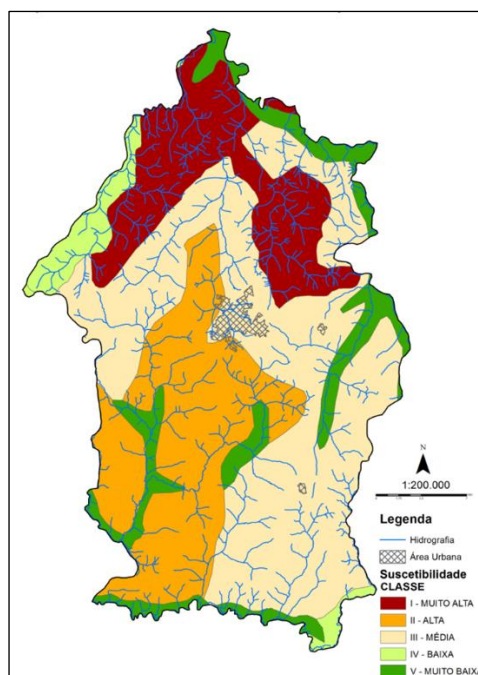


Figura 5 - Mapa de suscetibilidade à erosão, ampliado, do município de Casa Branca (IPT, 1997).

4.1 Erosão hídrica: estudo da arte no município de Casa Branca

Dada a frequência elevada de ocorrência de erosões no Estado de São Paulo, e a preocupação com esses processos que já vem sendo registrada, na maioria dos municípios, de longa data, foi realizado um mapeamento pelo DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) e o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) em 1986, intitulado “Orientações para o combate a Erosão no Estado de São Paulo”, no âmbito do convênio IPT/DAEE (IPT/DAEE, 1997), que identificou áreas com maior potencial ao desenvolvimento de processos erosivos, para subsidiar ações de governo no sentido do controle destes processos. Com base na metodologia de interpretação de imagens orbitais e fotos aéreas, foram cadastradas, no município de Casa Branca, 9 erosões hídricas lineares urbanas (2 ravinas e 7 boçorocas) e 116 rurais (116 boçorocas) (IPT, 2012).

O primeiro trabalho detalhado sobre o município de Casa Branca foi realizado por Furlani (1980). Nele, o autor estudou o município no que tange as Geografias Física (geologia, geomorfologia, clima, solos, vegetação, e outros.) e Humana (características humanas, recenseamentos, e outros.), reservando um capítulo apenas para as Boçorocas ali presentes. Aproximadamente 330 boçorocas já existiam no município no ano de 1962, sendo 314 delas presentes em formações sedimentares, ocupando quase 800 km² dessa superfície. Entre elas, destacam-se três erosões do tipo boçoroca em área urbana conhecida como Horto Florestal, Senhor Menino e Três Cruzes que hoje são pontos turístico da cidade. A boçoroca do Horto possuía 400 m de comprimento, 235,7 de largura máxima e profundidades que variavam de 36,4 a 53m. A do Senhor Menino, 625 m de comprimento e 375 m de largura máxima. Já a das Três Cruzes, possuía 575m de comprimento e 75m de largura máxima. As Boçorocas são feições antigas e importantes para os casa-branquenses, uma vez que fazem parte da identidade cultural do município sendo, inclusive, representada no romance “Boçoroca” de Granymédes José (1985) como paisagem protagonista da narrativa. Assim como no romance, as feições são cenários das diversas histórias contadas pelos moradores da cidade,

que relembram sua infância brincando nas boçorocas. Atualmente, essas erosões são utilizadas como uma espécie de parque para a população, são realizadas caminhadas e ciclismo, por exemplo, (Somekh, 2018), além de fonte de alimento, para os que fazem hortas em seu entorno. A ocorrência de boçorocas em Casa Branca é conhecida historicamente e tem sido objeto de estudos científicos esclarecedores (Furlani, 1980; IPT, 1986; IPT, 1989; Prandini et al., 1990; IPT, 1998; Almeida, 2000; Almasi, 2012; Rota e Zuquete, 2014; Amaral; 2015; CPRM; 2016; Reis, et. al. 2018; Somekhl, 2018 e IPT, 2019) , grande parte das boçorocas urbanas se desenvolve em situação de cabeceira dos cursos d'água.

4.2. Análise dos processos erosivos urbanos

Casos de erosão hídrica urbana ocorrem em inúmeros municípios do País. São expressas nas formas de erosão laminar, sulcos/ravinas e boçorocas. Os processos de erosão acelerada destroem edificações, equipamentos urbanos e colocam em riscos os moradores, principalmente nas áreas urbanas em expansão. O crescimento urbano sem o planejamento adequado pode ser considerado o grande fenômeno de transformação da ocupação do solo e degradação das cidades no século XX e início do XXI.

Os núcleos urbanos nas periferias das cidades são palco dos mais intensos processos de degradação ambiental, onde a erosão hídrica aparece de forma intensa e acelerada. Mesmo terrenos pouco suscetíveis à erosão passam a desenvolver este processo em função das fortes modificações provocadas pelo parcelamento do solo, da implantação do sistema viário e da grande movimentação de terra provocada pelos serviços de terraplenagem dos loteamentos, lançamento de águas pluviais de chuva e esgoto diretamente em cabeceiras de drenagem ou meia encosta.

A seguir, serão apresentadas as áreas com processo de erosão linear urbano no município de Casa Branca nos anos de 1965. Na foto de agosto de 1965 (**Figura 6**), foram identificadas 14 erosões de porte médio a grande, próximas à Cidade de Casa Branca. Na interpretação das fotos do ano de 1971, os processos apontados nas fotos de 1965 mantiveram-se, porem houve o surgimento de um novo processo totalizando 15 erosões na área urbana ou periurbana. Nos trabalhos realizados pelo IPT em 2019 não foram identificados novos processos erosivos e em relação ao ano base de 1965, entretanto, as erosões apresentavam-se vegetadas e com pequenos pontos em evolução. Nas interpretações das fotografias aéreas do ano de 1965 pode-se concluir que esses processos não estão relacionados com a expansão urbana, mas sim, tem uma ligação com a ocupação agrícola, retirada da vegetação, sem práticas de conservação do solo, abertura de estradas, carreadores, cercas, propiciando a concentração do escoamento das águas pluviais em direção às cabeceiras de drenagens promovendo uma reativação dessas cabeceiras, além das características pedológicas, geológicas e geomorfológicas).

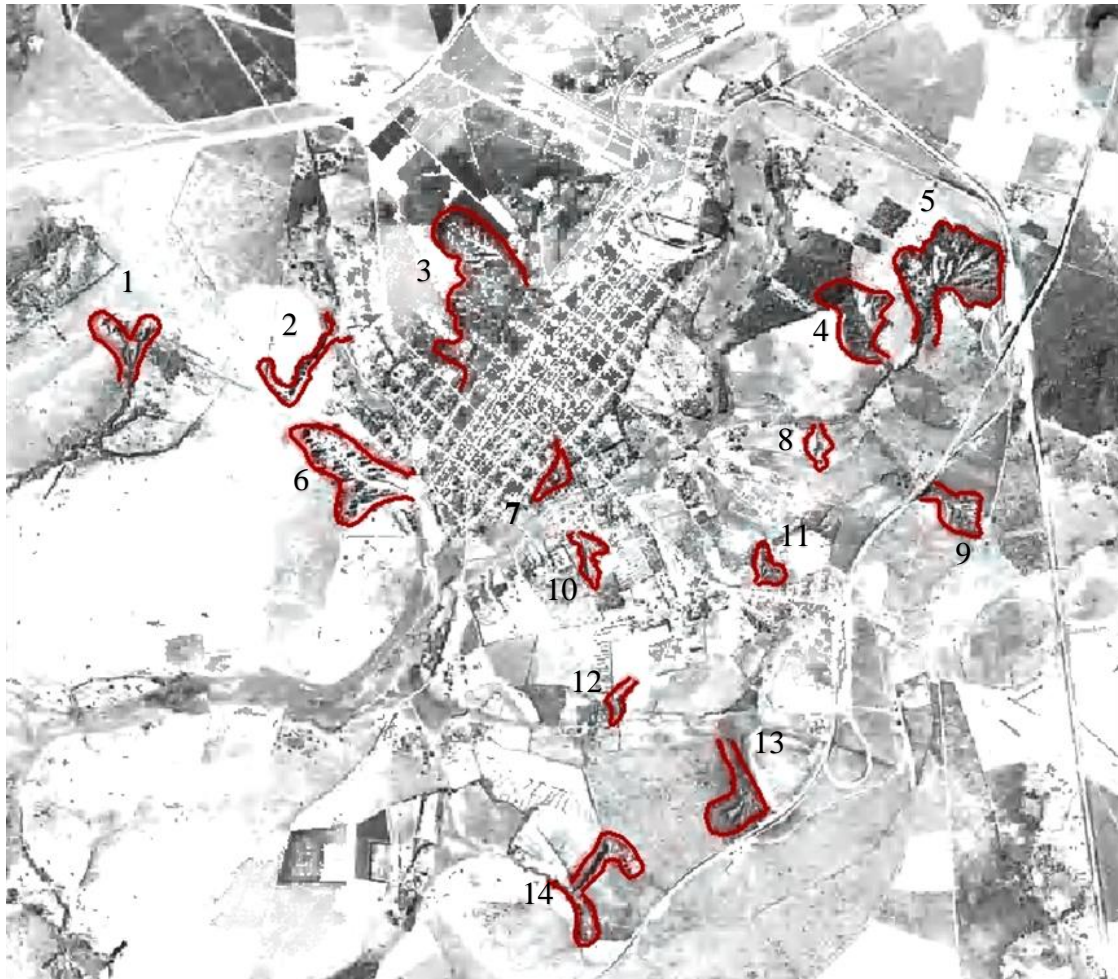


Figura 6 - Processos de erosão hídrica do tipo ravina e boçoroca no ano de 1965. Numeração baseada em IPT/2019. Fonte: Acerto IPT.

Atualmente duas erosões de grande porte requerem preocupação, visto que existem moradias próximas às suas bordas, as quais devem ser monitoradas durante os períodos chuvosos. Na representação da **Figura 06** são representadas pelos números 3 (Boçoroca do Horto Florestal e 6 Boçoroca do Senhor Menino).

4.3 Erosão hídrica do tipo boçoroca – Horto Florestal

A boçoroca do Horto Florestal é de grande porte, a qual se desenvolveu em linha de drenagem, pela concentração das águas pluviais causada pela alteração, na época, do uso e ocupação do solo de uma área com mata para uso agrícola, sem práticas de conservação do solo. Ao longo da borda direita da erosão, as moradias estão distantes, aproximadamente, 15 m a 30m. A borda esquerda é ocupada por área de reflorestamento do horto, onde são observados eucaliptos e pinus de grande porte. A área de cabeceira apresenta pontos de evolução remontante do processo erosivo causado pelo escoamento superficial concentrado nas trilhas existentes. O horto florestal é utilizado pela população para realizar caminhadas. O interior da boçoroca é ocupado por reflorestamento de pinus na área do Horto Florestal e, no restante, por gramíneas, arbustos e outros componentes de mata secundária (**Figura 7**).

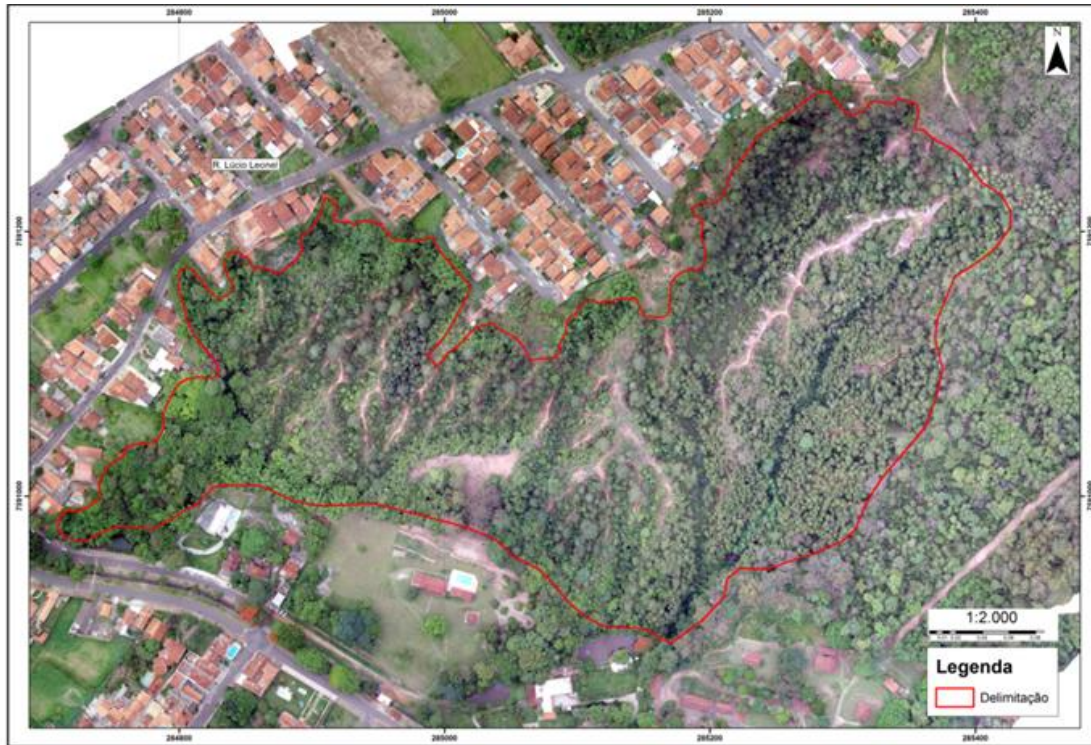


Figura 7 – Área da boçoroca do Horto Florestal, visualizada por meio do sobrevoo com drone em novembro de 2019 (Fonte: IPT, 2019)

4.4 Erosão hídrica do tipo boçoroca – Senhor Menino

Esse processo erosivo de grande porte do tipo boçoroca ocorre numa linha de drenagem do córrego Espraiado, sendo que seu início ou origem pode estar associado à reativação de cabeceira de tributário da margem direita do referido córrego Espraiado, porém não se dispõe de informações que indiquem o agente deflagrador do processo. A boçoroca ocorre entre os Bairros do Jardim Coesa e do Jardim Almeida, sendo que no primeiro, ocupa a cabeceira de drenagem, onde foi realizado um loteamento de condomínio fechado. Na borda direita da erosão têm várias moradias localizadas muito próximas do processo erosivo (1m a 2m) que foram avaliadas, pelo IPT, em relação a ocorrência de processos de instabilização dos taludes que pudessem atingi-las e, conseqüentemente, colocar em risco os moradores (Figuras 8 e 9).



Figura 8 – Vista do ramo principal da boçoroca Senhor Menino

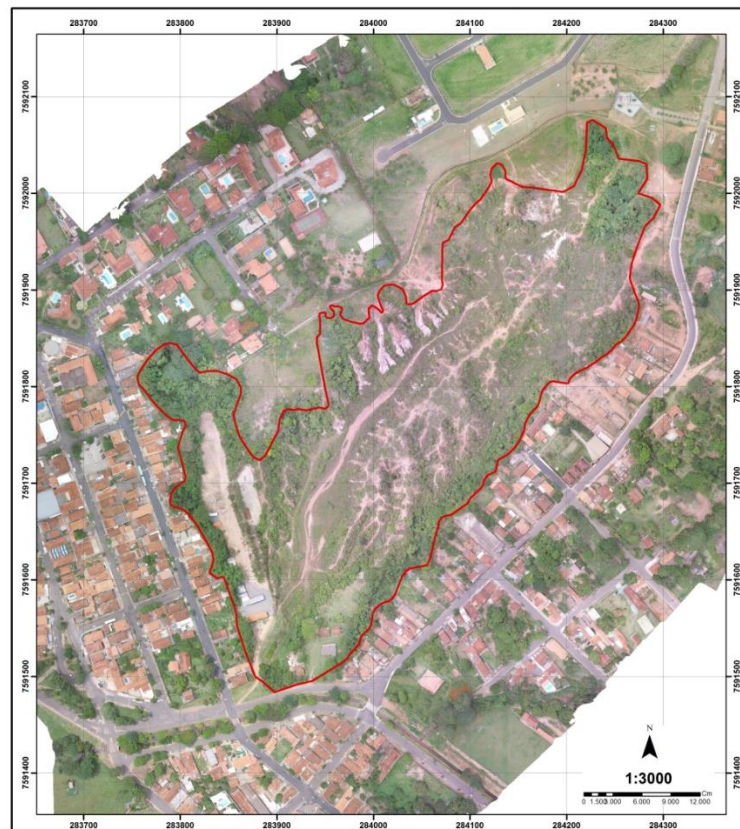


Figura 9 - Área da boçoroca do Senhor Menino, visualizada por meio do sobrevoo com drone em novembro de 2019 (Fonte: IPT, 2019)

5 CONSIDERAÇÕES

Considerando-se a suscetibilidade dos terrenos nos quais está inserida a área de estudo, quaisquer projetos de parcelamento do solo devem ser realizados adotando-se critérios técnicos, que levem em conta as características do meio físico e suas potencialidades.

As origens dos processos erosivos urbanos observados no Município de Casa Branca têm como causa principal a ação antrópica inadequada na década de 60/70 e são favorecidos, até o presente, por fatores naturais, principalmente os relacionados à cobertura pedológica, relevo e, de modo indireto, ao tipo de substrato geológico. Como já referido, o agente deflagrador principal é a água de escoamento superficial que, na forma de fluxo concentrado, remove o solo superficial e de alteração e, na área de expansão urbana, a retirada desse solo induz o desenvolvimento de canais que podem evoluir de forma remontante, especialmente quando atingem o lençol freático.

Com relação às erosões do Senhor Menino/Cristo e Horto Florestal, as imagens de satélite e fotos da década de 60/70 indicarem, comparativamente as imagens de Drone de 2019, que esses processos erosivos não tiveram evoluções significativas nos últimos 60 anos. Entretanto, devido a existência de moradias muito próximas às bordas, é recomendável a aplicação de um plano de monitoramento dos índices pluviométricos nos períodos chuvosos visando minimizar os riscos relativos à ocorrência de instabilizações nas suas bordas que possam atingir essas moradias.

Por fim, ressalta-se que, as boçorocas de Casa Branca são consideradas pelos moradores como um patrimônio cultural da cidade, sendo utilizadas para caminhada, recreação, passeios ciclísticos, cavalgadas e outros. Entretanto, a circulação de pessoas no interior e nos taludes desses processos, pode gerar risco a integridade física das mesmas, além de alterar o atual escoamento superficial das águas, o que pode induzir a reativação dos processos. No caso das erosões do Senhor do Menino/Cristo e Horto Florestal, recomenda-se a realização de estudos específicos visando utilizar essas áreas de forma segura como atração turística e educação ambiental.

6 REFERÊNCIAS

Bates, J. J. e Roberts, M. (1983) Recent Experience with Models Fitted to Stated Preference Data, **Proceedings 11th PTRC Summer Annual Meeting**, University of Sussex, England, 4-7 July 1983.

Economic Software (1994) **LIMDEP (Version 6.0) User's Manual and Reference Guide**, Econometric Software Inc., New York and Sydney.

Green, W. H. (1993) **Econometric Analysis**, McMillan, New York.

Johnson, L. W. (1990) Discrete Choice Analysis with Ordered Alternatives, *in* M. M. Fisher, P. Nijkamp e Y. Y. Papageorgiou (eds.), **Spatial Choices and Processes**, North Holland, Amsterdam.

Kokur, G., Adlet, T., Hyman, W. e Aunet, B. (1982) Guide to Forecast Travel Demand with Direct Utility Assessment, **Report No. UMTA-NH-11-1-82**, US Department of Transport, Washington, DC.

McKelvey, R. D. e Zavoina, W. (1995) A Statistical Model for the Analysis of Ordinal Level Dependent Variables, **Journal of Mathematical Sociology**, 4(2), 103-120.