



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANNITA VICENTE NEVES

Barreiras provocadas por deslizamentos induzidos pelas chuvas extremas em janeiro/2011, Nova Friburgo (RJ): repercussão e impactos socioambientais.

Orientação: Prof^a Dr^a Ana Luiza Coelho Netto (IGEO/UFRJ)

Prof^o Dr^o Leonardo Esteves de Freitas (UFRJ)

Rio de Janeiro
2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANNITA VICENTE NEVES

Barreiras provocadas por deslizamentos induzidos pelas chuvas extremas em janeiro/2011, Nova Friburgo (RJ): repercussão e impactos socioambientais.

Rio de Janeiro

2019

ANNITA VICENTE NEVES

Barreiras provocadas por deslizamentos induzidos pelas chuvas extremas em janeiro/2011, Nova Friburgo (RJ): repercussão e impactos socioambientais.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Geografia

Aprovada em 08 de julho de 2019

Prof^ª. Dr^ª. Ana Luiza Coelho Netto - Orientadora (PPGG/UFRJ)

Prof^º. Dr^º. Leonardo Esteves de Freitas - Orientador (UFRJ)

Prof^ª. Dr^ª. Mônica dos Santos Marçal (PPGG/UFRJ)

Prof^º. Dr^º. Marcos Barreto de Mendonça (UFRJ)

FICHA CATALOGRÁFICA

Neves, Annita Vicente.

Barreiras provocadas por deslizamentos induzidos pelas chuvas extremas em janeiro/2011, Nova Friburgo (RJ): repercussão e impactos socioambientais./Annita Vicente Neves - Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2018. p. 71

Dissertação (Mestrado em geografia)- Instituto de Geociências/IGEO – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Orientador: Prof^a Dr^a Ana Luiza Coelho Netto (IGEO/UFRJ)

Prof^o Dr^o Leonardo Esteves de Freitas (UFRJ)

1. Barreiras temporárias 2. Inundações 3. Fluxo de detritos. I. Coelho Netto, Ana Luiza II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGG. III. Título.

RESUMO

NEVES, Annita Vicente. Rio de Janeiro, 2019. **Barreiras provocadas por deslizamentos induzidos pelas chuvas extremas em janeiro/2011, Nova Friburgo (RJ):** repercussão e impactos socioambientais. Dissertação (Mestrado em geografia) - Instituto de Geociências/IGEO – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Inundações e enxurradas são eventos recorrentes do sistema fluvial, porém, quando se soma deslizamentos, a magnitude do evento é amplificada. O desastre socioambiental de 2011, onde chuvas extremas atingiram a região serrana (RJ) o qual desencadeou inúmeros deslizamentos e movimentou um grande aporte de sedimentos para canais, no qual, a topografia e declividade influenciaram a formação de barreiras temporárias. Os municípios da região serrana, ao longo dos anos 90, sofreram intensa ocupação, principalmente, Nova Friburgo devido a sua industrialização. Contudo, o crescimento populacional não veio atrelado com o planejamento urbano, assim, inúmeras áreas suscetíveis a processos naturais passaram a ser habitadas, constituindo uma vulnerabilidade. O trabalho pretende contribuir para as políticas de ocupação territorial, à partir da compreensão do impacto de deslizamentos diretos na dinâmica fluvial, segundo as características morfológicas e antrópicas em eventos extremos. Na bacia do córrego d'Antas, Nova Friburgo/RJ, o desastre socioambiental de janeiro de 2011, acarretou na formação de oito barreiras temporárias, de inundações e enxurradas, a montante e jusante das barreiras. Inclusive foi identificado por entrevistas, semiestruturadas o impacto socioambiental na comunidade localizada em área de risco, segundo o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), sendo identificado que 57% da população não se sentem preparados para responder a eventos extremos, apesar dos investimentos em gestão de risco após o evento de 2011.

Palavras Chaves: Barreiras temporárias; Inundações; Fluxo de detritos.

ABSTRACT

NEVES, Annita Vicente. Rio de Janeiro, 2019. **Barreiras provocadas por deslizamentos induzidos pelas chuvas extremas em janeiro/2011, Nova Friburgo (RJ):** repercussão e impactos socioambientais. Dissertação (Mestrado em geografia)- Instituto de Geociências/IGEO – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Floods and flash floods are recurrent events of the fluvial system, however, when slides are added, the magnitude of the event is amplified. The socio-environmental disaster of 2011, where extreme rains reached the mountainous region (RJ), which triggered numerous landslides and moved a large amount of sediment to channels, in which topography and slope influenced the formation of floods. The municipalities of the mountainous region during the 90s suffered intense occupation, mainly, Nova Friburgo due to its industrialization. However, population growth was not linked to urban planning, thus, numerous areas susceptible to natural processes came to be inhabited, constituting a vulnerability. The work intends to contribute to the territorial occupation policies, from the understanding of the impact of direct landslides on the river dynamics, according to the morphological and anthropic characteristics in extreme events. In the stream d'Antas basin, Nova Friburgo / RJ, the social and environmental disaster of January 2011 led to the formation of eight temporary flood and flood barriers upstream and downstream of the barriers. It was even identified by interviews, semi-structured the socio-environmental impact on the community located in risk area, according to the State Institute of Environment (INEA), and it was identified that 57% of the population do not feel prepared to respond to extreme events, despite investments in management. after the 2011 event.

Keys words: Temporary barriers; Floods; Debris flow.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Cleide Vicente e Antonio Neves por me apoiar e incentivar durante a minha vida.

Aos meus orientadores Ana Luiza Coelho Netto e Leonardo Esteves de Freitas, por me acolherem desde a iniciação científica no laboratório, acreditar, orientar e ajudar a crescer durante toda a minha trajetória acadêmica.

Aos amigos e familiares, principalmente, Christina Gieserbart, Rafael Oliveira, Lívia e Letícia Loyo pelo apoio emocional, paciência, incentivo e contribuições para a realização deste trabalho.

Aos amigos de laboratório, pelas conversas, trabalhos em conjunto e projetos de pesquisas. Agradeço principalmente aos colegas, Karine Coutinho e Vinícius Ervatti, que auxiliaram em campo no processo de aplicação das entrevistas e pela troca de conversas para a realização do trabalho.

Aos professores integrantes da banca avaliadora, Mônica Marçal e Marcos Barreto, por suas contribuições e correções neste trabalho.

Índice de Figuras

Figura 1. Percentual de ocorrências de inundações nas regiões brasileiras de 1991-2012 de um total de 4.691 ocorrências. Fonte: CEPED, 2013. Vol. Brasil.	2
Figura 2. Causas de deslizamentos de terra que formaram barreiras, com base em 128 casos da literatura e experiência dos autores. Várias barreiras produzidas pelo mesmo evento foram contadas como uma represa. (modificado de Costa & Schuster, 1988).....	10
Figura 3. Classificação de barreiras segundo deslizamento proposta por Costa & Schuster, 1988. Modificado de Costa & Schuster, 1988.....	11
Figura 4. Crescimento populacional Nova Friburgo de 1980 a 2012. Fonte: IBGE Dados da população.	17
Figura 5. Mapa de localização e de cobertura vegetal e uso do solo da bacia hidrográfica do Córrego d’Antas. Elaboração: Nunes, 2018. Fonte: Coutinho, 2014 elaborado por Flavio para a REGER-CD.....	18
Figura 6. Acumulado de chuva nos meses antecedentes ao evento de janeiro de 2011, registrados por estações automáticas, Olaria, Sítio Santa Paula e Ypu, localizadas no município de Nova Friburgo/RJ em relação à média histórica da estação Fazenda Mendes. *Estação destruída durante as chuvas de 2011. Valor de precipitação estimado. (Coelho Netto et. al, 2013, apud Fraga, 2014). Mapa de localização das estações segundo as cores da coluna. Fonte: Google Earth.....	19
Figura 7. Nível de transbordamento do córrego d’Antas e do Rio Bengalas. Fonte: INEA. * Estação destruída durante o evento de inundação em 2011.	20
Figura 8. Fotografias em campo (A - Medindo altura nível d’água. B e C - Edificação com marca de altura do nível d’água alcançado).	23
Figura 9. Prancha nº 07 do projeto de zoneamento, disponibilizado pelo INEA.	26
Figura 10. Manchetes jornalísticas de eventos históricos (A – O Nova Friburgo em fevereiro de 1979; B e D - O Fluminense e A Voz da Serra em dezembro de 1996; C - A Voz da Serra em fevereiro de 2005). Fonte: Pró memória, 2018.....	27
Figura 11. Manchetes jornalísticas que demonstram a ocupação de áreas vulneráveis e o risco socioambiental. Fonte: Pró-memória, 2018.....	28
Figura 12. Manchetes jornalísticas bairro de córrego d’Antas. Fonte: Pró-memória, 2018.	29
Figura 13. Identificação de barreira: distância (metros) dos pontos de altura (metros) do nível d’água e morfologia de estreitamento do rio. Localização barreira B. Fonte dos dados: hidrografia - Lima, 2014.....	31
Figura 14. Localização barreiras confirmadas e por interpretação de campo. Fonte hidrografia: Lima, 2014.....	35
Figura 15. Localização barreira A.	36

Figura 16. Localização barreira B e Fotografias da ponte do Córrego d'Antas. Fonte: Google Earth 07/2011.....	37
Figura 17. Localização barreira C.	38
Figura 18. Localização barreira D e fotografia da cicatriz de deslizamento diretamente no canal. Fonte: Google Earth.	39
Figura 19. Localização barreira a e ponte - visão à montante.	40
Figura 20. Localização barreira b.	41
Figura 21. Localização barreira c.	42
Figura 22. Localização do maior deslizamento identificado no desastre socioambiental de 2011 na bacia do córrego d'Antas.	43
Figura 23. Localização barreira d.	44
Figura 24. Gráfico de percepção da inundação no desastre socioeconômico em janeiro de 2011. N=86 pessoas.....	47
Figura 25. Gráfico de inundações pretéritas. 100% = 90.	47
Figura 26. Locais que a população se refugiou durante o desastre socioambiental de janeiro de 2011.	48
Figura 27. Percepção da população à preparação de desastres segundo as medidas mitigatórias tomadas na bacia hidrográfica.	49

Índice de Tabelas

Tabela 1. Dados de volumes de sedimentos segundo o inventario de cicatrizes (Adaptado de Silva et al, 2016).....	30
Tabela 2. Barreiras por evidência direta.	33
Tabela 3. Barreiras por evidência indireta.	34

SUMÁRIO

1. INTROUÇÃO	1
2. OBJETIVO	5
2.1. Objetivos específicos.....	5
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL	6
3.1. Geomorfologia Fluvial: Interação sistêmica	6
3.2. Inundações, enxurradas e fluxos de detritos: barreiras como potencializador na magnitude em eventos.	8
3.3. Ocupações humanas e o impacto socioambiental das inundações.....	13
4. ÁREA DE ESTUDO	17
4.1. Dados de precipitação e calha fluvial no evento de janeiro de 2011.	19
4.2. Relevo: Deslizamentos em janeiro de 2011	20
5. METODOLOGIA	22
5.1. Levantamentos de dados de eventos pretéritos.	22
5.2. Levantamentos e localização de barreiras temporárias	22
5.3. Análise do impacto socioambiental.....	24
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
6.1. O Município de Nova Friburgo antes do desastre de 2011: Córrego d’Antas. 27	
6.2. A bacia hidrográfica do córrego d’Antas: A onda da inundação e formação das barreiras temporárias.....	30
6.2.1. Barreiras por evidência direta	36
6.2.2. Barreiras por evidência indireta	40
6.2.3. Análise das barreiras temporárias	45
6.3. O impacto socioambiental: formação de barreiras temporárias em eventos extremos	46
7. CONCLUSÕES	50
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXO 1	60

1. INTRODUÇÃO

Inundações ribeirinhas ocorrem quando o fluxo ultrapassa a capacidade do leito menor do canal e ocupa o leito maior, transbordando (Tucci e Bertoni, 2003; Tucci, 2007). Assim, parte do volume que escoava das encostas passa a transportar detritos, no qual, o excesso de fluxo não drenado ou transportado pelos canais passa a ocupar a planície de inundação, de acordo com a topografia das áreas próximas ao rio e a intensidade da chuva, além de poder gerar enxurradas segundo a topografia (FEMA, 1981; Castro, 2003). Fluxo de detritos é uma mistura de solo, rocha e água que sofrem o efeito da gravidade, têm propriedades intermediárias entre inundações e avalanches de rocha, sendo impulsionado pela gravidade, o movimento oferece grande potencial de danos às regiões às quais o mesmo alcança (Iverson, 1997; Rickenmann, 1999)

Fenômenos de ordem natural como inundações ribeirinhas, enxurradas e fluxo de detritos dependem das condições meteorológicas e climatológicas, intensidade e distribuição da precipitação, características geomorfológicas e do tipo de cobertura e uso do solo. Sabendo que podem influenciar na entrada de materiais sólidos nos rios (Tucci, 2007) e gerar deslizamentos/fluxo de detritos (Iverson, 1997; Rickenmann, 1999), os quais, quando próximos a margem do canal, acabam por intensificar o potencial de destruição da onda de enxurrada.

Fenômenos naturais de origem geo-hidrológicos têm se tornado cada vez mais recorrentes e, em consequência da urbanização, há um aumento do número de desastres socioambientais¹ relatados nos últimos anos. Isto pode ser explicado segundo a literatura devido ao aumento do número de chuvas intensas em escala regional e global (Trenberth et. al., 2007; Beniston, 2009; Giorgi et. al., 2011; Figueiró & Coelho Netto, 2011), outro motivo que pode ser apontado é o crescimento populacional e a falta de planejamento urbano, no qual, áreas suscetíveis (encostas e planícies de inundação) foram ocupadas pela

¹ Freitas e Coelho Netto (2016) – “Embora alguns fenômenos naturais, como as chuvas extremas indutoras de deslizamentos e inundações, possam se constituir em ameaças naturais Ressalta-se, entretanto, que a despeito das ameaças naturais, a sociedade também interfere na magnitude de um possível desastre quando modifica sem racionalidade o sistema da paisagem. Por outro lado, a magnitude do desastre também é função da vulnerabilidade dos diferentes atores da sociedade frente à sua condição de exposição aos fenômenos naturais característicos dos lugares e regiões, resultando, daí o caráter essencialmente socioambiental do desastre. Portanto, desnaturalizar estes desastres torna-se fundamental para orientar e estimular medidas e ações preparatórias para enfrentamento e convivência com os fenômenos que constituem ameaças naturais.”

população, principalmente de baixa renda. Além disso, há os avanços na tecnologia de comunicação que facilitaram a contabilização de episódios.

Embora enxurradas geralmente afetem um número limitado de pessoas (próximas a planície de inundação), quando comparadas com outros tipos de inundações, está pode ser considerada como mais letal (Doocy et al., 2013; Borga et al., 2014), devido a velocidade brusca da onda da inundação.

Dos eventos de inundação no Brasil de 1991-2012 a Região Sudeste concentra 34% (figura 1). Por sua vez o estado do Rio de Janeiro, principalmente no verão, meses em que ocorrem chuvas severas, apresenta 153 eventos de deslizamentos (22%), 190 de inundações (28%) e 251 de enxurradas (37%), mostrando uma concentração de eventos geo-hidrológicos (CEPED, 2013-Volume Rio de Janeiro). Entre os últimos eventos de chuvas extremas no Estado do Rio de Janeiro podemos citar: 1966, 1967, 1981, 1988, 1996, 2010 e o evento extremo de janeiro de 2011, na Região Serrana.

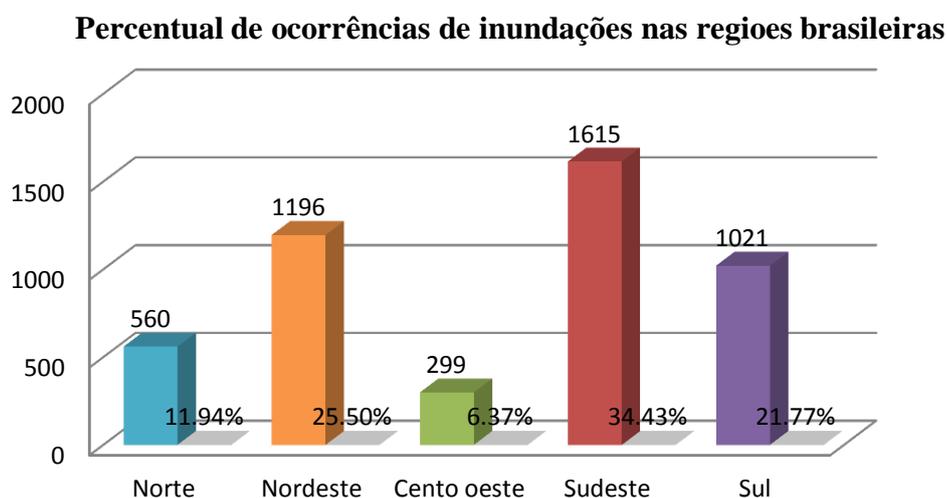


Figura 1. Percentual de ocorrências de inundações nas regiões brasileiras de 1991-2012 de um total de 4.691 ocorrências. Fonte: CEPED, 2013. Vol. Brasil.

No evento de 2011, chuvas extremas nos dias 11 e 12 de janeiro desencadearam inúmeros deslizamentos, principalmente nos municípios de Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis, situados no alto da serra, além de fluxos de detritos e enchentes nos municípios situados a jusante (Coelho Netto *et. al.* 2013). A chuva acumulada foi de 241,8 mm, com pico de 61,8 mm em uma hora. Os registros indicam 964 mortes em toda a Região Serrana, 60% do número total oficial de 1.601 mortes por inundações e/ou deslizamentos no período 2000-2012. (COPPETEC, 2014. Vol. 1). Estima-se um prejuízo total de cerca de

R\$ 4,8 bilhões, decorrentes das perdas e danos às estruturas públicas e privadas (Banco Mundial, 2012).

Estudos desenvolvidos pelo Laboratório de Geo-Hidroecologia e Gestão de Riscos, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Geoheco/UFRJ), pós-evento de 2011, mapeou-se em uma área de 420 km², 3.622 cicatrizes de deslizamentos em uma área de representativa do evento de 2011 na Região Serrana (Coelho Netto et al., 2013; Silva et.al, 2013). Segundo dados oficiais, o evento resultou no óbito de 448, 16.600 pessoas desalojadas, desabrigadas 36 e/ou deslocadas e 180.000 pessoas afetadas (quase toda a população do município), apenas no município de Nova Friburgo (COPPETEC, 2014. Vol. 2) embora se acredite que exista um número maior de mortos.

No município de Nova Friburgo, uma das regiões mais afetada no desastre socioambiental de janeiro de 2011 foi a bacia hidrográfica do córrego d'Antas (DRM, 2011), no qual, as calhas fluviais de rios como o Rio Bengala, e seu afluente, o córrego d'Antas, foram radicalmente alterados em função do grande volume de materiais oriundos das encostas que incidiram diretamente sobre o seu leito (Lima, 2012).

Enxurradas são recorrentes na bacia do córrego d'Antas, porém, no evento de 2011 a inundação excedeu o leito em demasia acarretando um aumento do número de perdas materiais e mortes. Acredita-se que diversos detritos (material orgânico, blocos de rochas e destroços de edificações, etc.) foram transportados pelo canal, devido ao aumento da intensidade do fluxo. Por causa de características geomorfológicas do vale (estreitamento) e/ou aumento da capacidade de erosão do fluxo, que gerou enfraquecimento da base das encostas e conseqüentemente deslizamentos diretos no canal, somados a outras características do vale, pode ter ocorrido a formação de barreiras temporárias no canal.

As barragens naturais (*natural dams*), termo adotado por Costa & Schuster (1988), podem se formar devido a configurações morfológicas e tipo/quantidade de material gerado por deslizamentos, o qual se direciona para o canal e barra temporariamente o fluxo. Neste trabalho o termo será adaptado para barreiras temporárias devido as diferenciações do uso das palavras barragens e barreiras, no dicionário brasileiro e os tipos de configuração na área de estudo.

Pós-evento de janeiro 2011, a bacia do córrego d'Antas passou a ser foco de diversos estudos e atuações governamentais de gerenciamento que se sobrepunham e eram conflituosos aos interesses da comunidade, causando conflitos entre a comunidade, governo e técnicos. A partir destes conflitos surge a Rede de Gestão de Risco no Córrego Dantas (REGER-CD) em 2014, que tem por missão: “Promover a associação dos saberes de organismos públicos, privados e comunitários para a redução de riscos geo-hidrológicos” (Freitas et. al., 2016, pg. 322), no qual, pesquisadores do Laboratório de Geo-Hidroecologia e Gestão de Riscos/UFRJ estão inseridos. A REGER-CD é composta por pessoas interessadas no gerenciamento da bacia do córrego d'Antas e realiza encontros abertos à comunidade, no qual, são apresentados e discutidos estudos/projetos idealizados.

Um dos projetos apresentados nestas reuniões e analisado por Neves et al, (2017) foi o mapeamento semaforico realizado em um trecho do canal principal da bacia hidrográfica do córrego d'Antas elaborado a pedido do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) que orientou na remoção de moradores em áreas de risco a inundações. Contudo, o modo de implantação utilizado, autoritário e sem explicações da elaboração, fez com que este zoneamento fosse rejeitado pela população, tendo assim atingido somente 54% do total de desapropriações em um período de cinco anos de implantação, além de aumentar a desconfiança da comunidade afetada em relação a produtos de gestão, já identificado por Carvalho (2016) (Neves et al, 2017).

A partir desta análise diversas questões surgiram sobre o impacto socioambiental da inundação e como as barreiras naturais temporárias podem agravar este tipo de evento. Neste sentido, a presente pesquisa procurará compreender o impacto socioambiental sobre as comunidades próximas aos rios em eventos de inundação e enxurrada associados a formação de barreiras temporárias, que acabam por funcionar como potencializador de eventos geo-hidrológicos como inundações e enxurradas (lateralmente e longitudinalmente, respectivamente). Podendo servir como instrumento na construção das estratégias de ação no processo de gestão a risco nos sistemas fluviais.

2. OBJETIVO

Analisar e avaliar a magnitude das inundações e enxurradas no evento de janeiro de 2011 na bacia hidrográfica, procurando compreender o papel de barreiras temporárias como potencializadores em eventos extremos.

2.1. Objetivos específicos

- 1) Avaliar a magnitude da inundação de janeiro de 2011 no Córrego d'Antas
- 2) Avaliar a relação entre a inundação/enxurrada e as barreiras temporárias ocorridas durante o evento de 2011 no córrego d'Antas.
- 3) Avaliar o aporte de sedimentos associados aos deslizamentos e a formação de barreiras temporárias.
- 4) Analisar o impacto socioambiental da inundação e da formação de barreira na população residente ao longo do córrego d'Antas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

O desastre socioambiental na Região Serrana, em janeiro de 2011, levantou diversas questões em relação ao comportamento dos ecossistemas, além das etapas de resposta e recuperação pós-eventos extremos (Freitas & Coelho Netto, 2016). Nesta dissertação a abordagem teórico-conceitual trará uma discussão das conexões e dos processos que constituem a bacia hidrográfica e podem acabar por exacerbar os efeitos de eventos geohidrológicos. Levando em consideração que a bacia hidrográfica é um sistema, portanto, responde as interações que ocorrem dentro desta e trazendo foco para a interação encosta e canal (unidades de paisagem na geomorfologia fluvial), para assimilar o comportamento e descarga fluvial em eventos extremos. Além da gestão de risco, pensada dentro das relações ecossistêmicas que constituem os processos da bacia de drenagem.

3.1. Geomorfologia Fluvial: Interação sistêmica

Os processos da geomorfologia fluvial são examinados em sua maioria como sistemas abertos que tendem a ter seu próprio ajuste. As vantagens de se observar os processos da geomorfologia como sistema aberto são: aceitar uma visão mais liberal das mudanças ao longo do tempo; direcionar as atenções para a paisagem como um todo (*whole*); e corroborar a relevância de estudos humanos com a geomorfologia (Chorley, 1962). O conceito de mosaicos interativos da paisagem (Sauer, 1925; Troll, 1950; Forman e Godron, 1981; Turner, 1989; Naveh e Lieberman, 1994) e o desenvolvimento da abordagem sistêmica (Christofolletti, 1980) foram fundamentais para o entendimento da complexidade nas relações entre a natureza e a sociedade e a necessidade de uma abordagem integrativa.

A bacia hidrográfica é o recorte espacial primordial dos estudos hidrológicos (Dunne e Leopold, 1978; Santos, 2009), a qual possui seu próprio ajuste nos sistemas geomorfológicos, em estado de estabilidade que se refere a continua entrada e saída de energia do sistema (Hack, 1960; Christofolletti, 1980). Constituída, em suma, por unidades da paisagem (encostas e canais), que interagem e respondem as condições meteorológicas segundo as características topográficas, demonstrando a interação da hidrologia e geomorfologia (Langbein, 1964). Eventos de chuvas extremas podem representar interações abruptas que refletem distúrbios no sistema (Huggett, 1995) e alteram a composição e/ou a estrutura do sistema colocando-o em desequilíbrio (Renwick, 1992).

As características do relevo são importantes, pois podem afetar as inundações em bacias específicas pela combinação de dois principais mecanismos, (I) precipitação orográfica e ancoragem por morfologia, bem como a (II) concentração rápida de fluxo em uma rede de canais definida (forma da bacia hidrográfica), visto que irá afetar diretamente sobre o tempo de resposta da bacia hidrográfica. (Langbein, 1964; Beven e Kirby, 1979; O'Loughlin, 1981; Rocha et al, 2007) A dimensão temporal e as variações nos processos conduzidos pelas variações hidrodinâmicas são importantes no entendimento funcional dos sistemas fluviais. (Beven e Kirby, 1979; O'Loughlin, 1981; Rocha et al, 2007).

O controle da geração do escoamento está na natureza das variáveis-controles, sendo estas: as características da precipitação, propriedades físicas dos solos, topografia e características de uso e cobertura do solo, fatores estes que influenciam diretamente a velocidade e a magnitude das respostas hídricas das bacias hidrográficas (Dunne e Leopold, 1978; Hewlett, 1982; Coelho-Netto, 1995). A magnitude e frequência dos eventos terão influência direta sobre a modelagem e forma do canal no tempo e no espaço (Leopold e Wolman, 1964; Schumm, 1969).

Terrenos íngremes, conseqüentemente, apresentam solos mais rasos que podem resultar em deslizamentos. Deslizamentos são fenômenos que ocorrem naturalmente na superfície da terra como parte do processo de modelagem do relevo, conseqüência da ação contínua do intemperismo e dos processos erosivos (MMA, 2007). No qual, ameaças naturais (Keller e Devecchio, 2012) funcionam como gatilho para a ruptura de encostas que por sua vez geram fluxos de solos, rochas e detritos, os quais escoam rapidamente pela ação da gravidade para as áreas mais baixas e causam mudanças na composição das comunidades e ecossistemas (Ricklefs, 2003). A literatura evidencia que a umidade antecedente, somada a chuvas torrenciais, também pode ser um fator indireto que contribui para o colapso de encostas (Wieczorek, 1987; Sheridan et al, 1999; Scott et al, 2005; Coelho Netto, 2013).

Associando o grande volume de escoamento com áreas íngremes, pode-se inferir que inundações e enxurradas também sejam responsáveis por erosão significativa (base da encosta), transporte de sedimentos e detritos no canal, gerando fluxos de detritos nos canais suficientemente íngremes para o arrasto (Borga, 2014), estando relacionado com a forma de um curso d'água (Latrubesse, 2008). Os sedimentos gerados pelos deslizamentos

podem se direcionar para os canais de drenagem. Os desastres de causas geo-hidrológicas, como inundações e enxurradas, podem originar a formação e a ruptura de represas ou barramentos naturais produzidos por deslizamentos (Costa & Schuster, 1988; Capra et al, 2002; Scott et al, 2005; Capra, 2007), que potencializam o poder de destruição do evento.

A compreensão da resposta hidro geomorfológica aos sistemas de declive e canal a chuvas extremas é fundamental para identificar os impactos do uso da terra e mudanças climáticas e para prever a evolução da forma do solo em longo prazo (Schumm, 1977; Harvey, 2007). O tipo, a magnitude e a intensidade da resposta a eventos de chuvas podem afetar o perigo e o risco no sistema de canais a jusante e nos leques e planícies associadas (Jakob et al., 2006; Marchi et al., 2009).

3.2. Inundações, enxurradas e fluxos de detritos: barreiras como potencializador na magnitude em eventos.

Inundações ribeirinhas e enxurradas são fenômenos de natureza geo-hidrológica, ambos podem ser agravados por fluxos de detritos localizados próximos ao canal, causando estragos catastróficos em muitos casos com fatalidades, danos em edificações e perdas econômicas irreparáveis. O fluxo de detritos é uma mistura de solo, rocha e água que sofrem o efeito da gravidade, têm propriedades intermediárias entre inundações e avalanches de rocha (Iverson, 1997). Podem iniciar a partir de deslizamentos discretos após falhas (Iverson et al., 1997) ou de ameaças naturais, como de breves tempestades, porém, de alta intensidade que provocam o rápido transporte de sedimentos (Meyer e Wells 1997; Cannon et al., 2001; Coe et al., 2008; Breien et al., 2008).

Iverson (1997) & Rickenmann (1999) coincidem na definição dos fluxos de detritos, descrevendo-os como um movimento de massa rápido, violento e contínuo constituído por blocos de rocha, material granular, sedimentos e água. Impulsionado pela gravidade, o movimento oferece grande potencial de danos às regiões às quais o mesmo alcança.

Fluxos de detritos em áreas de montanha são uns dos mais perigosos eventos geomorfológicos e têm potencial destrutivo significativo, gerando riscos a pessoas e infraestruturas, principalmente, devido aos volumes substanciais de material que podem ser depositados em leques aluviais urbanizados (Alexander, 1989; Hürlimann et al., 2006; Tang et. al, 2012). A compreensão sobre as formas e processos dos sistemas fluviais, decorrente

do aumento de energia e da grande entrada de material podem demonstrar a reposta e evolução dos canais em eventos extremos (Korup, 2004; Korup, 2006; Lima, 2017).

No momento que chuvas intensas atingem uma região, em consequência da topografia e das características do solo, os canais passam a receber fluxos (escoamento superficial). Quando o leito excede sua capacidade natural de drenagem, sofre o transbordamento e passa a ocupar a planície de inundação, inundando de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios (Castro, 1996; Tucci, 2007).

Do ponto de vista dos processos fluviais, a planície de inundação é tomada como uma feição deposicional do vale (Silva, 2013). Contudo, em áreas montanhosas, principalmente em eventos de chuvas intensas, o aumento do fluxo no canal potencializa os processos erosivos, intensificando as perdas de solo e o transporte de sedimentos pelos rios (Mendes, 2006). Nesse contexto, a jusante do rio poderá ocorrer, inundações e enxurradas, no qual, a geomorfologia fluvial, características do vale e o volume de sedimentos deslocados podem facilitar a acumulação de sedimentos e detritos em partes do canal.

Casos da literatura evidenciam que a morfologia do canal, o tamanho e tipo dos detritos podem propiciar que parte do material deslocado pela enxurrada e inundação acumulada pode formar barreiras naturais que retêm o fluxo temporariamente em alguns trechos do canal principal, aumentando o nível d'água e intensificando o alcance da inundação, e no momento de rompimento intensifica o poder de destruição (Costa, 1988; Peng and Zhang, 2012).

Segundo Bernini et. al, (2016) barreiras representam alteração na hidrodinâmica de um rio e favorecem o processo de sedimentação em pontos do rio. Portanto, considerar a formação de barreiras naturais é muito importante, pois irá gerar impactos como inundações e enxurradas, respectivamente, a montante e jusante. Além de que, a ruptura associada a fluxos de detritos acumulados pela barreira pode ser mais devastadora do que o próprio fluxo de detritos que originou o bloqueio do rio (Costa & Schuster, 1988).

As ameaças naturais que agem com agente deflagrador o colapso de encostas e favorecem a formação de barreiras são os eventos hidrológicos extremos ao sistema (chuva e neve-derretida) (figura 2) (Costa & Schuster, 1988). Estes tipos de eventos podem desencadear fluxos de detritos diretos no rio que adicionam ao fluxo do rio, rochas e

detritos (lama, detritos orgânico e grande aporte de sedimentos) que podem formar barreiras de deslizamentos e gerar ondas da inundação lateralmente no momento do desmoronamento.

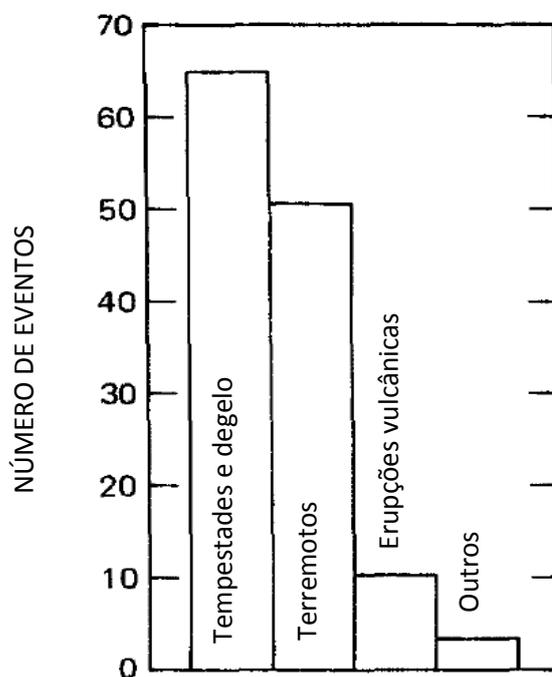


Figura 2. Causas de deslizamentos de terra que formaram barreiras, com base em 128 casos da literatura e experiência dos autores. Várias barreiras produzidas pelo mesmo evento foram contadas como uma represa. (modificado de Costa & Schuster, 1988).

Frequentemente, barreiras naturais são causadas pelo fluxo do rio somado a uma grande quantidade de detritos, oriundos dos deslizamentos. Este desloca uma grande quantidade de rochas, lama e material orgânico que se transforma em uma avalanche de detritos, com velocidade relativamente alta, principalmente em áreas montanhosas, que são emitidos pelos vales tributários e bloqueiam temporariamente os rios nos vales (Costa & Schuster, 1988).

As barreiras podem se formar devido a configurações morfológicas e tipo/quantidade de material gerado pelo deslizamento (Costa & Schuster, 1988). Os autores propõem uma classificação dos tipos de barreiras segundo os deslizamentos (figura 3):

1. Os deslizamentos são pequenos em contraste com a largura do fundo do vale e não chegam de um lado ao outro do vale;
2. Os deslizamentos são maiores e abarcam todo o fundo do vale, em alguns casos depositando material alto em lados opostos;

3. Os deslizamentos enchem o vale de um lado para o outro, deslocam distâncias consideráveis a montante e jusante do vale, a ruptura, normalmente, envolve o maior volume de material de escorregamento;
4. Formadas pela falha contemporânea de material de ambos os lados de um vale. Os deslizamentos podem se dar lado a lado no meio do vale, ou podem justapor um ao outro;
5. Os deslizamentos se formam quando o mesmo deslizamento tem múltiplos fluxos de detritos que se estendem por um fundo de vale e formam duas ou mais barreiras de deslizamento no mesmo alcance do rio;
6. Envolve uma ou mais superfícies de falha que se estendem sob o rio ou vale do rio e emergem no lado oposto do vale do deslizamento de terra. Tipicamente envolvem deslizamento basal lento e quedas, elevando o nível do leito do rio, alterando o gradiente local do fluxo.

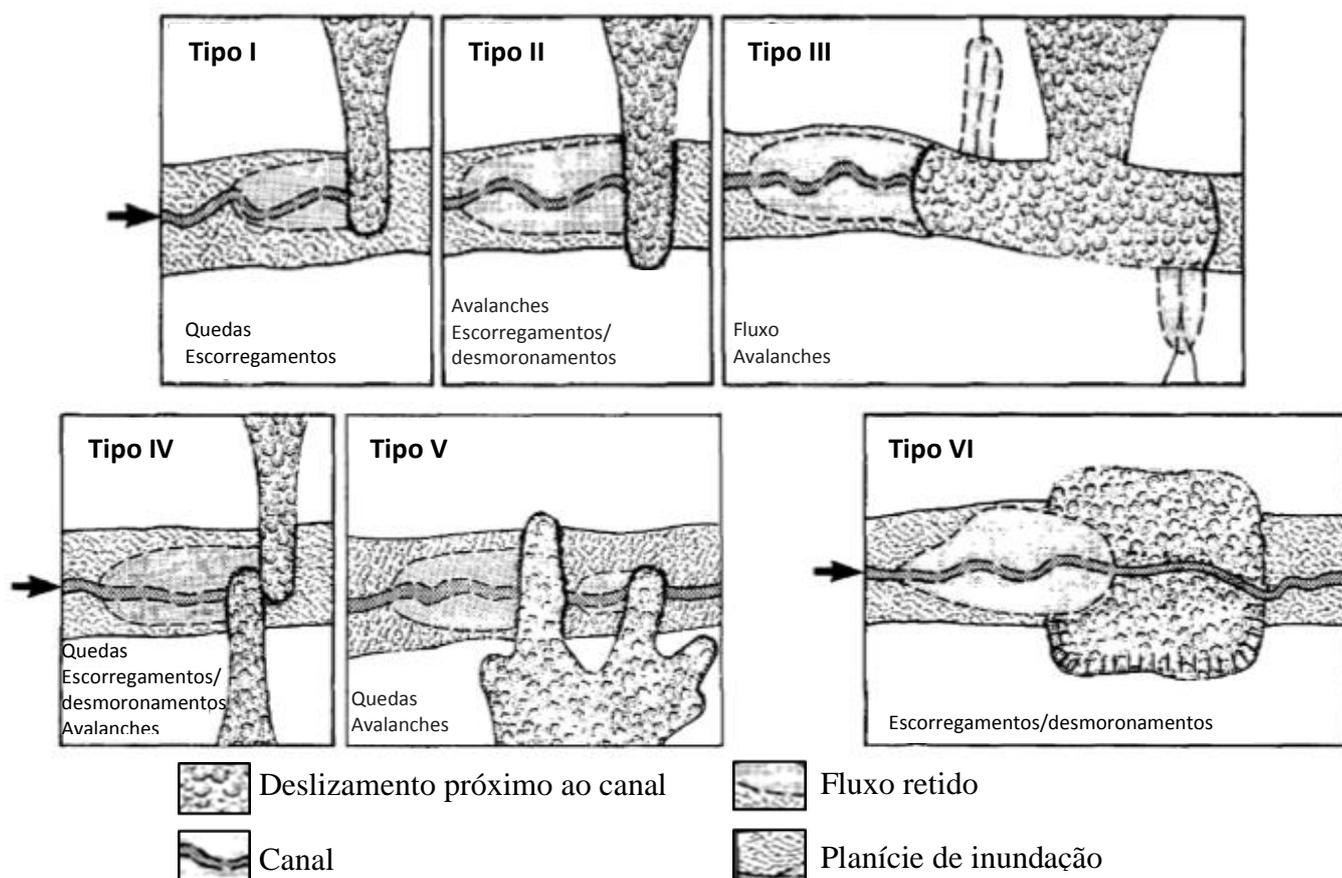


Figura 3. Classificação de barreiras segundo deslizamento proposta por Costa & Schuster, 1988. Modificado de Costa & Schuster, 1988.

Nos eventos extremos em áreas montanhosas, o canal fica alterado e devido a declividade há a intensificação da capacidade de erosão dos rios. Assim, o rio pode acabar por escavar a base de encostas localizadas nas margens e acarretar o desmoronamento direto no canal, que dependendo do volume deslocado pelo deslizamento, gera barreiras. Fatores morfológicos, como ruptura de nível de base e alvéolos podem funcionar como bloqueios naturais ao fluxo de sedimentos na bacia, causando heterogeneidades locais que modificam as taxas com que os materiais se deslocam no sistema (Lima, 2017).

Frequentemente, barreiras de deslizamentos ou escorregamentos se formam em vales estreitos e com paredes íngremes, visto que há pouco espaço para os detritos se depositarem (Costa & Schuster, 1988; Peng and Zhang, 2012). Por consequência, o fluxo com velocidade relativamente alterada e com detritos, originados pelos vales tributários, acaba por ser bloqueado brevemente nos vales (Costa & Schuster, 1988, 1991; Korup, 2004; Ermini and Casagli, 2003; Peng and Zhang, 2012).

Comumente, as barreiras são causadas pela deposição de sedimentos e detritos gerados por deslizamentos os quais podem ser represados por fatores naturais (geomorfológicos) ou antrópicos (como pontes) ambos representam o bloqueio do fluxo, que total ou parcial. Alvéolos e rupturas de níveis de base são formas que alteram e/ou impedem a taxa de transmissão de sedimentos e consequentemente restringe a conectividade lateral e longitudinal, sendo considerado outro fator de controle primário na retenção e fluxos de materiais (Lima, 2017).

Em suma, as barreiras por serem compostas de material não coeso, acabam por se romperem rapidamente devido à pressão (Li et al, 1986 apud Costa & Schuster, 1988; Shi et, al., 2014). Desta maneira, em partes do canal, segundo o tipo de material (detritos), pode ocorrer o bloqueio do fluxo total ou parcial, formando espécies de “lagos” temporário. Os fatores físicos como volume, classificação do material, tamanho, forma, intensidade do fluxo d’água é que irão determinar a duração das barreiras que podem ser minutos ou anos (Costa & Schuster, 1988).

Barreiras podem acarretar dois tipos de inundações: 1) a montante da barreira à medida que o fluxo é barrado ocorre uma inundação gradual e 2) a jusante quando a barreira se rompe (Costa & Schuster, 1988). A inundação a montante acaba por causar danos materiais significativos, principalmente à edificações próximas ao leito do rio,

contudo não é comum óbitos. No entanto, a enxurrada a jusante acaba por ser devastador, devido a força do rompimento da barreira, o rio aumenta sua capacidade de erosão e intensidade, gerando inúmeras perdas materiais e humanas por onde passa. A quantificação do risco a jusante, principalmente em eventos extremos nas bacias da cabeceira, é complexa e requer uma abordagem integrada que reconheça os processos desencadeantes a montante, bem como os efeitos geo-hidromorfológicos secundários.

A análise de processos de inundação e enxurrada é importante porque esses eventos frequentemente revelam aspectos do comportamento hidrológico que foram inesperados com base em respostas mais fracas ou destacam o comportamento antecipado, mas anteriormente não observado (Archer et al., 2007; Borga et al., 2007). Fenômenos geo-hidrológicos gerados por ameaças naturais são frequentes em paisagens serranas e por serem comuns, quando não gerenciados acabam por aumentar a vulnerabilidade da população que se localiza em áreas suscetíveis.

A Região Serrana por apresentar áreas íngremes é uma área susceptível a deslizamentos e por consequência a fluxo de detritos, principalmente no verão, época do ano em que ocorrem chuvas intensas, que propiciam inundações e fluxos de detritos, desastres que mais matam no Brasil (CEPED, 2013). Portanto, estudos acerca dos processos fluviais e mapeamentos de gestão são de extrema relevância, visto que estes fenômenos ocorrem de forma rápida, e em muitos casos, não há tempo para os moradores possibilita que os indivíduos afetados escaparem.

3.3. Ocupações humanas e o impacto socioambiental das inundações

*“[...] para a efetiva prevenção dos fenômenos naturais, as leis da natureza devem ser respeitadas, ou seja, estes fenômenos devem ser conhecidos quanto à sua ocorrência, mecanismos e medidas de prevenção”,
(TOMINAGA, 2009, p. 11).*

Em sua maioria, as concentrações humanas se desenvolveram ao redor dos rios, mostrando a relação do homem com o rio ao longo da história (Tucci, 2007; Bueno et al, 2015). As populações antigas ocupavam as áreas mais altas evitando as áreas inundáveis em época de cheias, porém, com o crescimento acelerado e desorganizado das cidades, as áreas inundáveis passaram a ser ocupadas, trazendo muitos prejuízos humanos e materiais

(Tucci, 2007). Na calha fluvial, local que recebe toda a resposta do que entra na bacia, frequentemente, sofre com eventos naturais de inundações e enxurradas, processo natural do sistema fluvial em épocas de cheias.

Modificações no uso de cobertura e na calha fluvial pode causar amplificação perigosa, principalmente em eventos extremos que podem afetar significativamente a velocidade da onda da inundação, descarga fluvial, o sistema hidráulico de canais locais, instabilidade dos bancos de sedimentos (Worni et al., 2014). Conforme a cidade se desenvolve há diversos fatores e modificações que irão influenciar na rede de drenagem e assim na frequência e magnitude de inundações, como o aumento da impermeabilização dos solos, construções nas redes pluviais (que podem ser devido a ausência de plano diretor, invasão e ocupação das margens dos rios e de áreas de médio risco) construções no leito do rio (medidas estruturais e não estruturais) (Tucci, 2007). Obstruções ao escoamento como aterros sanitários, pontes e drenagem inadequada ao sistema fluvial, também terá influência direta na dinâmica fluvial (Tucci, 2007), principalmente, em

Medidas não estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos para a melhor convivência da população com as inundações, através de medidas preventivas como alerta de inundações, o zoneamento de áreas de risco, o seguro contra inundações, e as medidas de proteção individual. (Flood proofing).

Tucci, 2007

eventos extremos.

Situações na qual a comunidade é surpreendida por um desastre, com carência de ações preparatórias e com pouco conhecimento do risco, é indesejável além de causar danos potencialmente elevados (Shadeck et. al., 2013). Em muitos casos, não incluir a participação social (Wilcox, 2003; Rowe et. al, 2004), pode significar o fracasso do processo de gerenciamento de risco. Se a prevenção a desastres for realizada de forma a envolver a comunidade e considerando as modificações realizadas pelos usos e práticas do homem no sistema da bacia, se aumenta as chances de o desastre socioambiental ser evitado e mitigado, pois os tipos de uso e cobertura do solo irão influenciar no balanço hídrico, através dos processos de transpiração, interceptação e evaporação desempenhados pelas plantas (Dunne e Leopold, 1978; Hornberger et al, 1998; Manning, 1992; Mao e Cherkauer, 2009).

Na maioria dos casos, antes da ocorrência do evento pouco se discute sobre as inundações, e, que somente no momento pós-evento aparecem inúmeros produtos para a gestão. Tucci (2007) aponta que isto ocorre por falta de conhecimento e controle sobre o histórico das inundações por parte dos técnicos e da população, desorganização do gerenciamento de inundações e a falta de projetos de prevenção de inundações.

Tucci (2007) traz como exemplo a série de nível máximo da inundação no rio Itajaí em Santa Catarina, Brasil, no qual se observa que as três maiores inundações ocorreram em Blumenau, no período entre 1852 e 1911, no qual o maior registro de inundações foi em 1880 com 17,10 m. No período de 1911 a 1982 não ocorreu nenhuma inundação com cotas superior a 12,90 m e assim a população começou a ocupar o vale. Em 1983, quando a cidade se desenvolveu e encontrava com uma população de aproximadamente 500 mil habitantes, ocorreu uma inundação com cota de 15,34 m. Os prejuízos deste evento representaram cerca de 8% do PIB de Santa Catarina, mesmo não alcançando o nível máximo do evento de 1880. As lições que ficam destes eventos é que a memória de desastres se dissipa com o passar do tempo e que a previsão a longo prazo que se baseia na estatística da ocorrência dos níveis no passado, permite estabelecer os níveis de inundação para alguns riscos (Tucci, 2007).

Dentre os principais impactos sociais das inundações e dos fluxos de detritos são os prejuízos e perdas materiais e humanas, interrupção das atividades econômicas nas áreas inundadas, acarretando danos à economia local, além de problemas ambientais (contaminação da água por depósitos de materiais tóxicos) e do aumento a propensão de contaminação por enfermidades de vinculação hídrica (leptospirose, cólera, entre outras) (Tucci, 2007). Demonstrando a importância da gestão de risco, principalmente nas etapas de mitigação e preparação, como mapeamentos de susceptibilidade que podem diminuir a vulnerabilidade norteando a ocupação.

Alguns dos desafios de gerenciamento a inundações incluem (I) as dificuldades de depender exclusivamente da proteção física tradicional contra enchentes, como diques e barragens estruturadas (medidas estruturais); (II) pensar a integração de riscos multi-perigos e interligados de processos de encosta e processos geomorfológicos e hidrológicos fluviais a jusante, e (III) as dificuldades em desenvolver estratégias de prontidão e resposta a desastres (medidas não estruturais) (Kuhlicke et al., 2011). As medidas não estruturais

permitem a população ribeirinha minimizar suas perdas e manter uma convivência harmônica com o rio (Tucci, 2007).

A gestão de inundações envolve minimizar os impactos oriundos de desastres. No entanto, dificilmente se elimina o risco, devido às limitações econômicas e de conhecimento da natureza (Tucci, 2007). Pesquisadores apontam a importância em desnaturalizar o desastre, demonstrando que estes eventos são naturais da paisagem e fazem parte do sistema. Portanto, desnaturalizar o desastre torna-se fundamental para o gerenciamento de risco, a fim de orientar e estimular medidas e ações preparatórias para enfrentamento e convivência com os fenômenos que constituem ameaças naturais. (Oliveira et. al, 2016; Lavell, 2015; Freitas e Coelho Netto, 2016).

Segundo a literatura abordagens participativas que integram o conhecimento popular e científico nos processos da gestão de riscos, empodera a população afetada e a torna participantes (Macnaughten and Jacobs), 1997; Wallerstein, 1999; Scolobig et al, 2015), a qual, passa a tomar para si partes da responsabilidade de mitigar e minimizar a vulnerabilidade da sociedade civil. Deve se ter em mente que abordagens em que há participação social nos processos que constituem a gestão de risco possuem maior aceitação, minimizando possíveis conflitos (Fraser et. al., 2005; Koontz and Thomas, 2006; Newig, 2007; Macedo, 2013), além de poder auxiliar o processo de desnaturalização do desastre, que é de extrema importância, principalmente, em comunidades localizadas em áreas de risco.

Portanto, é necessário transformar os espaços vulneráveis em espaços resilientes, isto é, estar pronta para enfrentar todos os tipos de riscos (Oetomo, 2012). Para Godschalk (2003) uma cidade resiliente a desastres também tem a capacidade de retornar rapidamente à sua condição original antes da ocorrência do desastre. Assim, mostra-se necessário, pensar e estabelecer medidas preventivas que possam minimizar as consequências destes fenômenos, visando sempre à diminuição do número de pessoas afetadas e vitimadas.

Contudo, o processo de reconstrução deve ser feito com cuidados, pois quando não é guiado por uma avaliação das áreas de risco ou de suporte técnico, provavelmente, não só irá reproduzir os antigos riscos, mas também adicionarão novos (Kita, 2017), além, da falta de conscientização do risco na sociedade, que podem voltar a ocupar áreas de risco por novas edificações ou através dos esqueletos das edificações afetadas pelo desastre.

4. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do córrego d'Antas, localizada no Município de Nova Friburgo, Região Serrana do estado do Rio de Janeiro. A bacia de 6º ordem é afluente do Rio Bengalas, pertencente à Bacia do Paraíba do Sul (Lima, 2017). O canal principal possui aproximadamente 20,5 km de comprimento e tem por área de contribuição aproximadamente 53 Km².

A presença de diversas áreas com relevo acentuado e os vales profundos, a falta de planejamento urbano e o adensamento populacional do município de Nova Friburgo nos anos de 1980 a 2012 (figura 4) fez com que a população ocupasse irregularmente as encostas e as margens dos rios, o que pode ser apontado como um dos fatores do aumento no número de desastres. A urbanização do córrego d'Antas se deu nas proximidades do rio e ao longo da rodovia RJ-130 (figura 5), a maioria das ocupações humanas se encontram separadas pelo canal, encontrando nas planícies de inundação edificações (Neves et al , 2017), além de pontes que não condizem com a altura do rio em cheias. A bacia compreende ao todo, sete localidades: Córrego Dantas, Jardim Califórnia, Solaris, Alto Floresta, Dois Esquilos, Ponte Preta e Cardinot (figura 5).

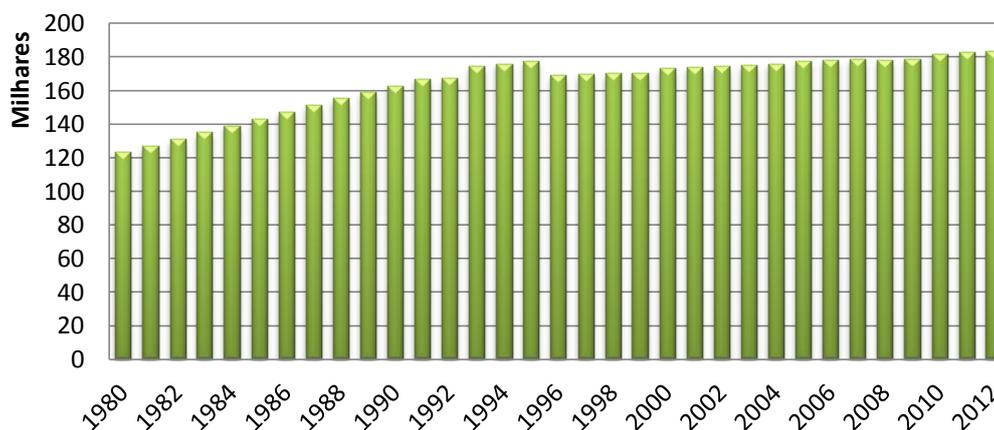


Figura 4. Crescimento populacional Nova Friburgo de 1980 a 2012. Fonte: IBGE | Dados da população.

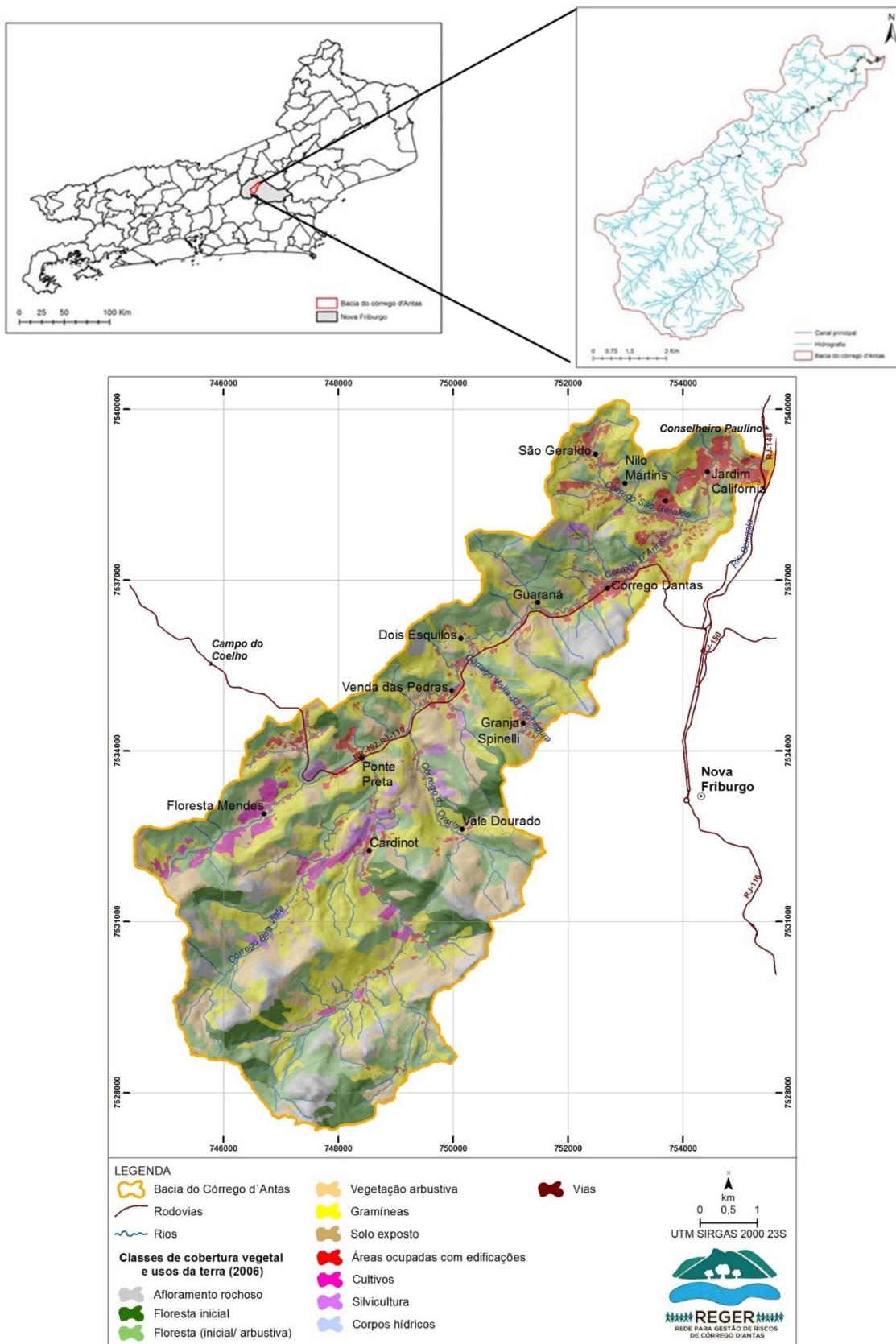


Figura 5. Mapa de localização e de cobertura vegetal e uso do solo da bacia hidrográfica do Córrego d'Antas. Elaboração: Nunes, 2018. Fonte: Coutinho, 2014 elaborado por Flavio para a REGER-CD.

4.1. Dados de precipitação e calha fluvial no evento de janeiro de 2011.

Registros da estação geo-hidroecológica, Sítio Santa Paula, monitorada pelo INEA, localizada as margens do córrego d'Antas, demonstram uma precipitação acumulada em 24 horas no dia 12 de janeiro de 240,0 mm, com pico máximo de 50,0 mm/h e o valor acumulado mensal de 573,6 mm (Coelho Netto et. al, 2013). Contudo, a estação foi destruída durante o evento de janeiro de 2011.

A figura 6 traz os dados de precipitação das estações geo-hidroecológicas do Sítio Santa Paula* e de outras próximas a bacia de estudo até o dia do desastre (12/01/2011). No qual, fica evidente o acúmulo de precipitação no mês de janeiro nos dias antecedentes ao evento de 2011, na bacia do córrego d'Antas, com registros de chuvas, em 12 dias, que representam mais da metade das chuvas concentradas no mês de dezembro.

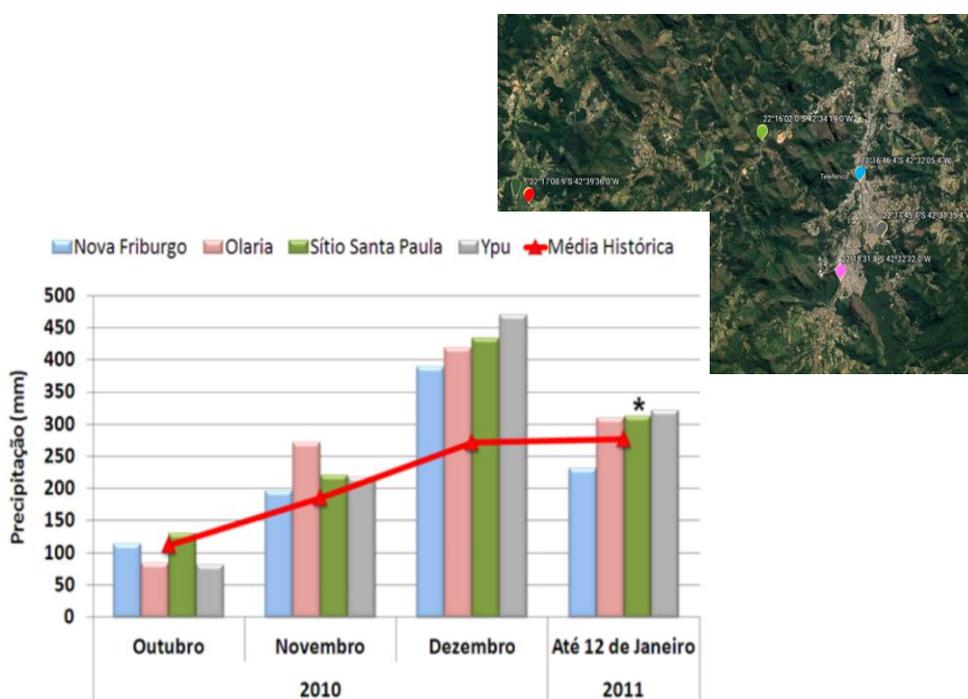


Figura 6. Acumulado de chuva nos meses antecedentes ao evento de janeiro de 2011, registrados por estações automáticas, Olaria, Sítio Santa Paula e Ypu, localizadas no município de Nova Friburgo/RJ em relação à média histórica da estação Fazenda Mendes. *Estação destruída durante as chuvas de 2011. Valor de precipitação estimado. (Coelho Netto et. al, 2013, apud Fraga, 2014). Mapa de localização das estações segundo as cores da coluna. Fonte: Google Earth.

As estações registraram o nível de transbordamento do canal em horas durante o desastre, no qual foram apontados os níveis de transbordamento do Bengalas e seu tributário, o córrego d'Antas (figura 7). O nível registrado no Sítio Santa Paula, estação

destruída durante o evento de 2011, que possui como média normal de 4,65 metros e registrou durante as horas de duração do evento o valor aproximado de 7 metros, mostrando alteração do canal. A partir do gráfico do nível de transbordamento do córrego d'Antas e no Bengalas pode-se estimar o tempo de duração da onda de inundação que inicia após 00hs e começa a abaixar a partir das 6hs (figura 7).

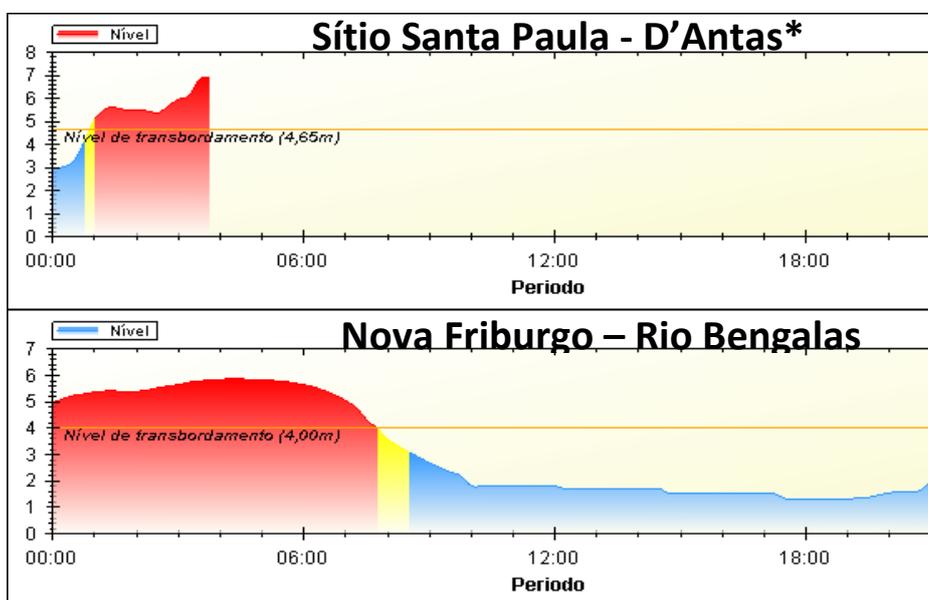


Figura 7. Nível de transbordamento do córrego d'Antas e do Rio Bengalas. Fonte: INEA. * Estação destruída durante o evento de inundação em 2011.

4.2. Relevo: Deslizamentos em janeiro de 2011

A bacia do córrego d'Antas apresenta gradiente elevado com afloramentos rochosos que estão em constante processo de erosão. O controle das formas de relevo constitui um elemento importante para a identificação de áreas susceptíveis a deslizamentos, visto que a geometria das encostas pode representa a fonte de entrada de grandes volumes de sedimentos (Coelho Netto, 2007).

Silva et al. (2016) gerou um inventário de cicatrizes de deslizamentos para o evento de janeiro de 2011 para a bacia do córrego d'Antas (constando a localização, a data de ocorrência, tipo de movimento, área) por meio da imagem de satélite (*Geoeye* com 0,5 m de resolução) datada de poucos meses após o evento, aliada a investigações de campo. Mais de 90% das cicatrizes mapeadas foram visitadas. Na bacia do córrego d'Antas, a análise de Silva et al. (2016) as cicatrizes se concentravam em encostas côncavas (66,5%); seguido por cicatrizes em encostas convexas (27%) e cerca de 6,5% em encostas retilíneas,

evidenciando a recorrência neste tipo de morfologia desses processos localmente. Este trabalho foi usado nesta dissertação a fim de localizar e quantificar o volume de sedimentos deslocados em 2011 e que chegaram ao canal. Identificaram-se 326 movimentos de massa dos quais 278 (86%) foram classificados como planares rasos, 24 como fluxos detríticos (7%) e 24 complexos (7%) (Silva et al, 2016).

A literatura evidenciou que dos processos predominantes na evolução da formação destas encostas os deslizamentos predominantes em 2011 na bacia no evento de janeiro de 2011 foram do tipo translacionais rasos (Tupinamba et al, 2012; Coelho Netto et al, 2013; Lima et al, 2014), e que estes se concentraram em encostas com inclinação superior a 30° (Coelho-Netto et al, 2013). Silva et al. (2016) trouxe as médias de declividade encontradas de acordo com a tipologia do movimento: deslizamentos translacionais rasos (31,48°), fluxos detríticos (34,06°) e complexos (32,90°).

Segundo Lima (2017) o canal apresenta uma estrutura confinada² dos vales no médio curso da bacia com ocorrência ocasional de planícies, controlada pelo leito e níveis de base rochosos, e parcialmente confinada³ no baixo curso, controlado pela morfologia do vale (alvéolos, leito rochoso e nível de base). O desastre de janeiro de 2011 modificou o canal, alargando os canais a médio e baixo curso (Lima, 2017).

² Lima, 2017 - Confinado, indica mais de 90% do comprimento do canal apoiado na margem de fundo de vale.

³ Lima, 2017 - Parcialmente confinado indica formação de planícies descontínuas sinuosas, irregulares e assimétricas. Nesses trechos do rio 10-90% do rio incide diretamente sobre rochas ou material coeso.

5. METODOLOGIA

A bacia do córrego d'Antas foi uma das localidades mais afetadas no município de Nova Friburgo em janeiro de 2011, sofrendo com deslizamentos, inundações e enxurradas. Contudo, através do levantamento da altura alcançada pela inundação em 2011 foi observado, e, confirmado por moradores da bacia e membros da REGER-CD, a formação de “barreiras naturais temporárias”, em pontos do canal. Assim a metodologia se desenvolve a fim de responder qual o impacto socioambiental em eventos de inundações e como a formação barreiras pode intensificar a inundação e gerar enxurradas afetando a população que vive as margens do rio.

5.1. Levantamentos de dados de eventos pretéritos.

A fim de entender a frequência e a magnitude de inundações em Nova Friburgo foi feito o levantamento de dados de eventos pretéritos de grande magnitude e que ocasionaram danos humanos ou materiais. Assim, foram realizadas buscas *online*, visitas ao Instituto Pró-memória (Centro de documentação D. João VI.) e idas a Defesa Civil, ambos localizados no centro de Nova Friburgo. Nestes locais, foram adquiridas publicações a respeito de eventos pretéritos de inundação, no entanto, em virtude da escassez de dados sobre o córrego d'Antas, as pesquisas de eventos de inundação foram ampliadas para o Rio Bengalas.

5.2. Levantamentos e localização de barreiras temporárias

Inicialmente foi levantado em campo o nível d'água máximo atingido pelo córrego d' Antas em 11/12 de janeiro de 2011 ao longo do seu percurso. Complementando essa informação também foram considerados os relatos dos moradores. Nos pontos de registro destes dados foram obtidas as medidas de altura, com apoio de uma trena, a fim de poder precisar o alcance da inundação longitudinalmente e lateralmente (figura 8). Utilizou-se na pesquisa a base de dados 1: 5.000, no Datun Sirgas 2000 e ferramentas do Arcgis e Google Earth-pro, além de imagens pós desastre de janeiro de 2011 da bacia do córrego d'Antas.



Figura 8. Fotografias em campo (A - Medindo altura nível d'água. B e C - Edificação com marca de altura do nível d'água alcançado).

A análise da altura dos níveis d'água, somado, aos relatos revelou a formação de oito barreiras temporárias no canal principal. A fim de se poder analisar a extensão dos fluxos gerados pela barreira lateralmente e longitudinalmente utilizou-se as entrevistas e as alturas do nível d'água nas edificações.

Nos pontos com barreiras foram analisados os deslizamentos (volume de sedimento gerado próximo) e a presença de mudança de nível de base (confirmado em campo), principalmente, em locais associados com estrangulamentos do vale. Foram consideradas associado com a hidrografia, as características geomorfológicas e antrópicas (usos, práticas, pontes e obras de engenharia) sobrepostas ao inventário de cicatrizes. As características destes pontos serviram de base para o entendimento da formação de barreiras temporárias em bacias hidrográficas e como este fenômeno intensifica inundações e enxurradas, além na identificação de barreiras por evidência indireta.

Dentre as características geomorfológicas analisadas através da sobreposição dos dados estão:

- a. Proximidade do canal e da cicatriz

- b. Volume do material redirecionado (equação 1)
- c. Localização e identificação de sub-bacia e cabeceira de drenagem que representou entrada abrupta de material no canal principal.

A partir da literatura, se identificou que os deslizamentos predominantes na bacia do Córrego d'Antas são do tipo translacionais rasos (Silva et al., 2016), com base na literatura (IPT, 1986; Highland et al, 2008) e observações de campo, adotou-se 1,5 metros de profundidade para as cicatrizes no equação 1. Portanto, o cálculo foi realizado conforme equação abaixo:

$$V = A \times P$$

Em que:

(Equação 1)

V = volume,

P = profundidade, m

A = área da cicatriz, km²

Contudo, não possível confirmar estas alturas em alguns pontos, sendo assim os relatos de altura das entrevistas foi considerado, adotando-se nestes casos o termo barreiras por evidência indireta. As barreiras confirmadas pelas características analisadas, alturas confirmadas e entrevistas, adotou-se o termo barreiras por evidência direta.

As intervenções antrópicas foram consideradas, pois se observou que estas podem causar barreiras e/ou intensificá-las. Outro ponto importante para o entendimento da formação de barreiras temporárias foi a entrevista semiestruturada, com os moradores e lideranças comunitárias das áreas de risco.

5.3. Análise do impacto socioambiental

O impacto socioambiental da inundação e a repercussão das barreiras no evento de 2011 foram quantificados através de entrevista semiestruturada (anexo 1). A entrevista foi realizada na faixa amostral do mapeamento semafórico de risco elaborado pela empresa Ecologus-Engenharia Consultiva a pedido do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) em um trecho do córrego d'Antas, disponibilizado no site do INEA-RJ (www.inea.rj.gov.br). Produzido em 15 pranchas em Formato Portátil de Documento (PDF) (figura 9), a fim de atender aos *Serviços Emergenciais na Macrodrenagem do Município de Nova Friburgo e Projetos do Parque Fluvial no Córrego d'Antas*. A escala do mapa, segundo a informação

que consta no PDF, é de 1: 1000. Nos PDFs consta a data de 8/07/2011, porém, não há especificação se esta é a data da imagem ou da elaboração do mapa.

A área amostral contém 477 edificações localizadas nas faixas vermelhas (260) e amarelas (217) em um trecho do canal, no qual foi identificado como tendo eventos de inundações. A faixa verde foi excluída do presente estudo.

- Cor vermelha - edificações com desocupação compulsória (risco iminente de inundação) - restrição total à ocupação.
- Cor amarela - edificações com desocupação optativa (alto risco de inundação) - estabelece a necessidade de o proprietário assinar um termo de responsabilidade para permanecer na área.
- Cor verde – edificações que podem permanecer na área, pois estão em área de risco moderado ou baixo de inundação.

O formulário de entrevista anexado ao texto contém sete perguntas realizadas no intuito de compreender a percepção de risco da população no evento de 2011 e pós-desastre, além das iniciativas tomadas na comunidade afetada após nove anos da tragédia. Contudo devido ao período de tempo pós-evento, além das remoções que já haviam sido feitas, só possível realizar 113 entrevistas.

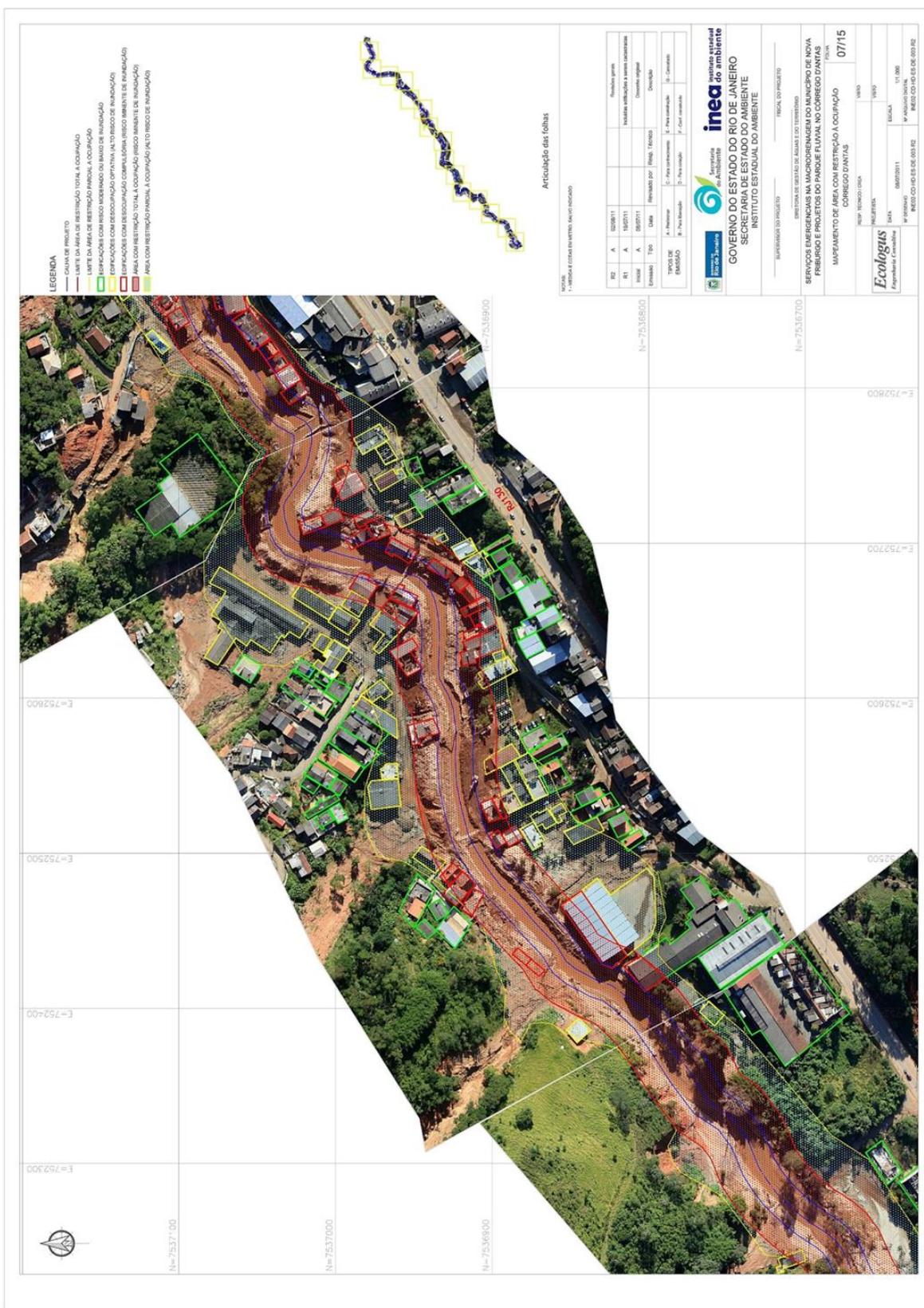


Figura 9. Prancha nº 07 do projeto de zoneamento, disponibilizado pelo INEA.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. O Município de Nova Friburgo antes do desastre de 2011: Córrego d'Antas.

Os dados históricos levantados de inundações e enxurradas no município de Nova Friburgo (RJ) mostram que estes eventos ocorrem desde sua fundação, quando imigrantes construíram e cultivaram ao longo do Rio Bengalas, e tiveram suas plantações destruídas por inundações datadas no final de 1820 e início de 1821 (Pró-memória). No Instituto Pró-memória foi possível encontrar jornais que registram na história de Nova Friburgo diversos eventos Geo-Hidroecológicos, demonstrando assim a recorrência que considerando o aumento populacional e a falta de planejamento justifica os desastres socioambientais. Chama-se a atenção para os desastres de 1945, 1979, 1996, 2005, 2007 e 2011, apontados pelas manchetes como os maiores já registrados, até a data presente nos seus respectivos anos (figura 10).



Figura 10. Manchetes jornalísticas de eventos históricos (A – O Nova Friburgo em fevereiro de 1979; B e D - O Fluminense e A Voz da Serra em dezembro de 1996; C - A Voz da Serra em fevereiro de 2005). Fonte: Pró memória, 2018.

Botelho (2011) aponta dois fatores que provavelmente contribuíram para o aumento acentuado da população de Nova Friburgo no século XX:

- O empobrecimento de municípios do noroeste fluminense (desvalorização do café), onde parte da população emigrou para Nova Friburgo em busca de melhores oportunidades.
- O processo de industrialização atrai boa parte dos habitantes desses mesmos municípios para trabalhar em suas indústrias.

A manchete de maio de 1997, “Crescimento desordenado de Friburgo cria focos de pobreza em vários níveis” (figura 11 - A), a de janeiro de 2011 (figura 11 - B) e na entrevista de janeiro de 2007 com Roberto Vianna, na época secretário municipal do meio ambiente, demonstram que o risco socioambiental já é conhecido pela população e pelos governantes antes do evento de 2011, contudo, a repetição dos riscos ao longo dos anos pode ser explicada pela falta de fiscalização nestas áreas.



Figura 11. Manchetes jornalísticas que demonstram a ocupação de áreas vulneráveis e o risco socioambiental. Fonte: Pró-memória, 2018.

A partir de reportagens no jornal A Voz da Serra em setembro de 1994 e maio de 1997 (figura 12) e das entrevistas semi-estruturadas, identificou-se que o localidade do córrego d'Antas apresenta ao longo de sua historia eventos de inundações, enxurradas, deslizamentos e fluxo de detritos. A localidade do Corrego d'Antas, localizada no medio curso da bacia, segundo o plano diretor revela um grande pontencial para crescimento e presença de diversas indústrias. Contudo, a partir de fotointerpretação de imagens do Google Earth atuais (2019), se observa que a localidade cresceu ao redor do rio, em planícies fluviais encaixadas no vale e cercado por encostas íngremes. Também foram identificadas reclamações em relação a capina de ruas, dragagem dos rios, sistema de esgoto e abastecimento.



Figura 12. Manchetes jornalísticas bairro de córrego d'Antas. Fonte: Pró-memória, 2018.

A partir das manchetes, não foi possível identificar na bacia do córrego d'Antas formação de barreiras naturais temporárias nos eventos extremos anteriores que marcaram a memória de Nova Friburgo.

Apesar de ocupações de áreas susceptíveis serem algo presente na ocupação de Regiões Serranas, só se vê uma preocupação crescente com a gestão de risco a desastres após o evento de janeiro de 2011 (Fernandes, 2017). O desastre socioambiental de janeiro de 2011 evidenciou as lacunas e a falta de prevenção e preparação a desastres desta magnitude (Freitas e Coelho Netto, 2016), colocando em foco a gestão de risco.

6.2. A bacia hidrográfica do córrego d'Antas: A onda da inundação e formação das barreiras temporárias.

Na bacia do córrego d'Antas, com área aproximada de 53 km², teve aproximadamente 1,6 km² erodidos no desastre de 2011, representando 435 cicatrizes de deslizamentos na bacia. No qual, movimentou o volume total de 2.089 m³ de sedimentos, porém, deste total 82% chegou à rede de canais (tabela 1), oriundo de deslizamentos localizados em sub-bacias ou próximos do canal principal. Há que se ressaltar que os dados de volume são estimativas referentes ao solo, não contabilizando material orgânico e

	<i>nº de cicatrizes</i>	<i>m³</i>	<i>% de volume</i>
<i>Volume de sedimentos retidos nas encostas</i>	191 cicatrizes	37 mil	18%
<i>Volume de sedimentos que alcançou a rede de canais</i>	244 cicatrizes	1.720 mil	82%
<i>Volume total de sedimentos da bacia</i>	435 cicatrizes	2.089.751	100%

Tabela 1. Dados de volumes de sedimentos segundo o inventário de cicatrizes (Adaptado de Silva et al, 2016).

detritos.

Ao considerar a topografia do vale, a morfologia do canal (confinado e parcialmente confinado) combinado com o grande aporte de sedimentos, além do abandono na perspectiva de gestão e convivência com eventos naturais, a magnitude do desastre de janeiro de 2011 pode ser compreendida. A partir de idas a campo, entrevistas e relatos foi verificado no rio principal da bacia hidrográfica que o fluxo de detritos em 2011 acabou sendo represado temporariamente em certos pontos.

A partir das marcas da água nas edificações se observou que em um ponto o nível d'água variava de 4,1 metros a montante para 1,9 metros à jusante em, aproximadamente, 200 metros de distância (figura 13). Por ser uma distância relativamente pequena entre os pontos e somado a análise da morfologia neste trecho com as entrevistas infere-se a formação de barreira temporária neste local.

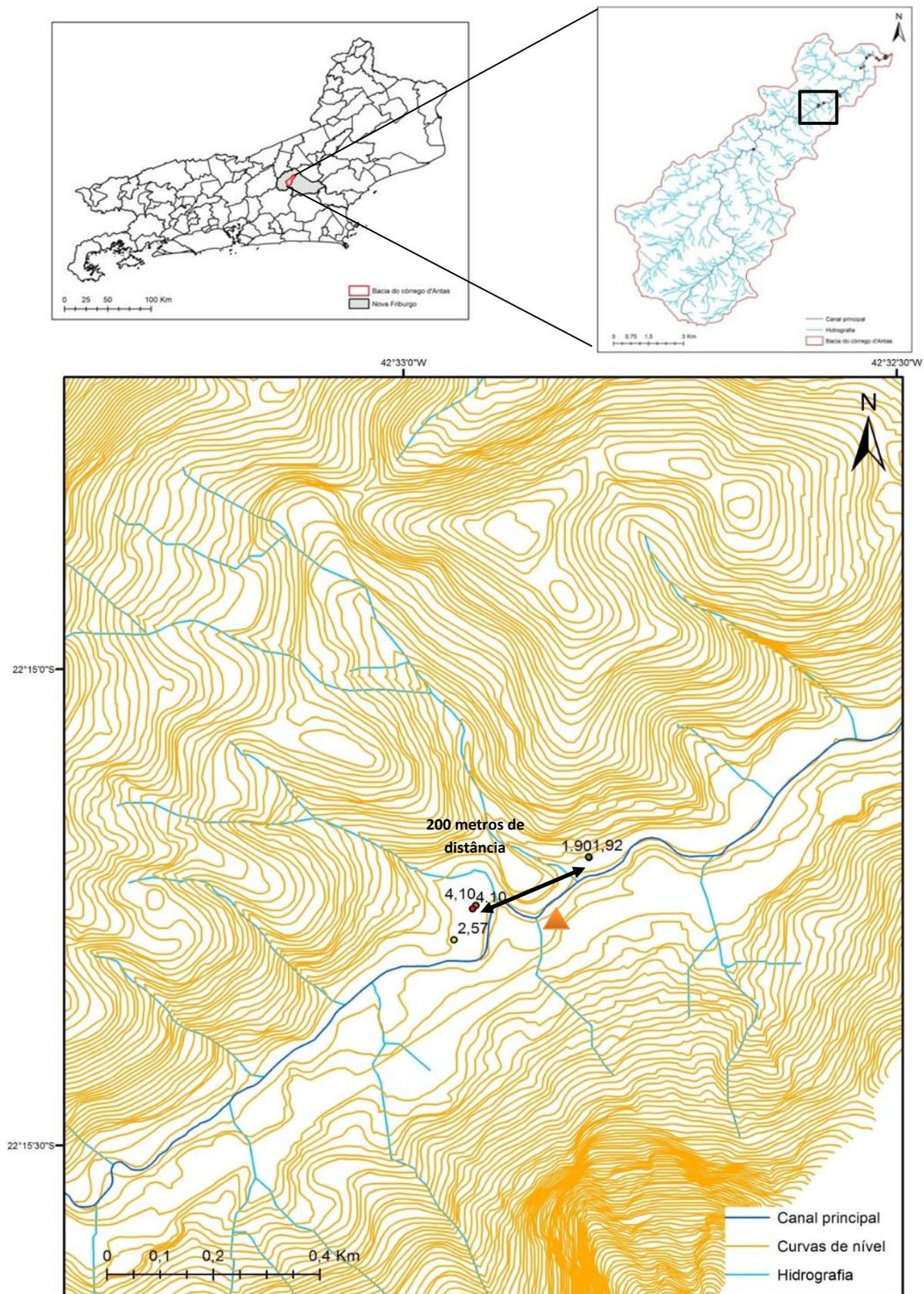


Figura 13. Identificação de barreira: distância (metros) dos pontos de altura (metros) do nível d'água e morfologia de estreitamento do rio. Localização barreira B. Fonte dos dados: hidrografia - Lima, 2014.

Como compreendido pela literatura, características morfológicas podem influenciar o acúmulo de detritos na parte do canal em que se encontra, e, portanto, propiciar a formação de barreiras temporárias. A partir das entrevistas foi identificado que pontes também podem influenciar no acúmulo de detritos e sedimentos. No qual, a montante representa aumento do nível d'água e no momento de ruptura a constituição de uma enxurrada, portanto, a ampliação da força e velocidade do fluxo e por consequência, aumento do poder de destruição como visto na literatura e confirmado em campo.

Através destas informações identificou-se a formação de 4 barreiras por evidência direta (Tabela 2) e 4 por evidência indireta (Tabela 3) ao longo do canal principal (figura 14). Nestas localizações foram analisadas as características morfológicas, cicatrizes próximas aos canais e confluências de fluxos, além de se considerar a identificação do nível d'água em 2011, levantado nas entrevistas semiestruturadas. Contudo, nos pontos classificados como barreiras por evidência indireta, não foram considerados os valores de altura apresentados nas entrevistas, e sim, se estes identificaram variações abruptas de altura, podendo, assim, indicar o acúmulo de sedimentos e a formação de barreiras.

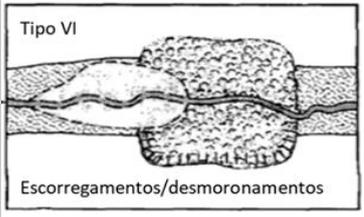
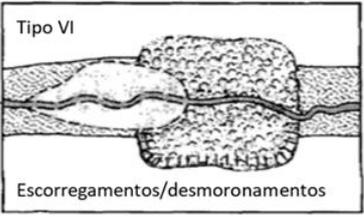
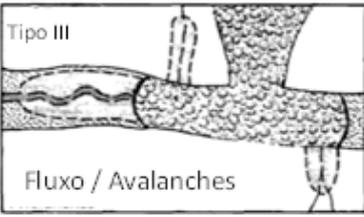
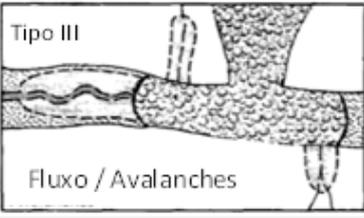
	<i>Volume total de sedimentos (m³)</i>	<i>Características morfológicas</i>	<i>Fatores Antrópicos</i>	<i>Modelo de barreira (Costa & Schuster, 1988)</i>
Barreira A (figura 15)	5.354,2	Deslizamento	Ponte	
Barreira B (figura 16)	-	Estreitamento do canal	Ponte	
Barreira C (figura 17)	195.255	Estreitamento do vale; Sub-bacia (3 ^a ordem)	-	
Barreira D (figura 18)	16.681	Sub-bacia (3 ^a ordem) Deslizamento.	-	

Tabela 2. Barreiras por evidência direta.

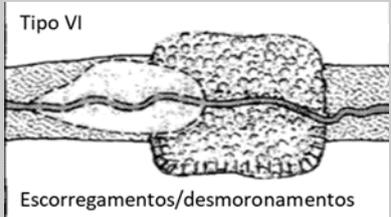
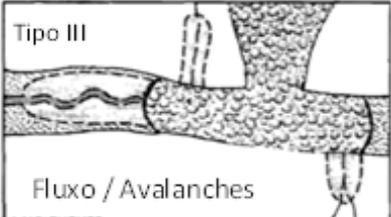
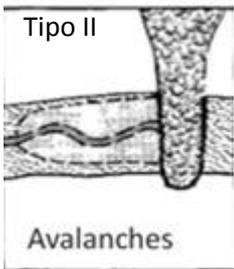
	<i>Volume total de sedimentos (m³)</i>	<i>Características morfológicas</i>	<i>Fatores Antrópicos</i>	<i>Modelo de barreira (Costa & Schuster, 1988)</i>
Barreira a (figura 19)	-	-	Ponte	 <p>Tipo VI Escorregamentos/desmoronamentos</p>
Barreira b (Figura 20)	4.721,88 m ³	Estreitamento do vale Deslizamento Mudança de nível de base.	-	 <p>Tipo III Fluxo / Avalanches</p>
Barreira c (figura 21)	4.200,3 m ³	Deslizamento Sub-bacia de 3 ^a ordem;	-	 <p>Tipo I Quedas Escorregamentos</p>
Barreira d (figura 22)	25.203,6 m ³	Sub-bacia 4 ^a ordem Deslizamento	-	 <p>Tipo II Avalanches</p>

Tabela 3. Barreiras por evidência indireta.

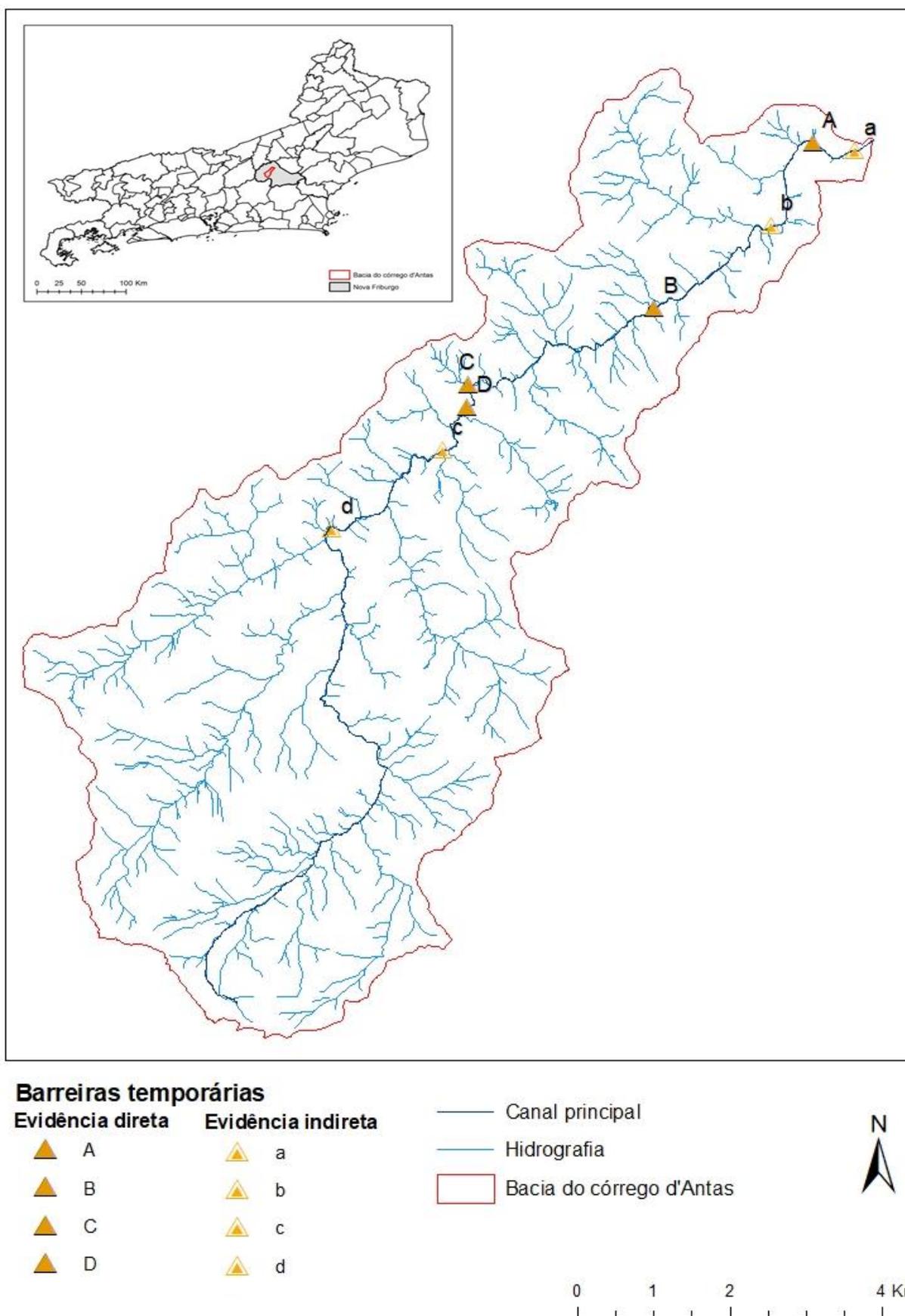


Figura 14. Localização barreiras confirmadas e por interpretação de campo. Fonte hidrografia: Lima, 2014

6.2.1. Barreiras por evidência direta

I. Barreira A

O deslizamento localizado próximo ao canal (figura 15), gerou um fluxo de detritos, que devido as características do vale se direcionou à ponte de alvenaria, barrando temporariamente o fluxo. A borda do canal à esquerda (visão a montante), apresenta uma planície fluvial de deposição ocupada (figura 15), assim, o impacto foi mais significativo à margem esquerda, no qual, o nível do fluxo da inundação se espalhou lateralmente afetando um número maior de indivíduos.



Figura 15. Localização barreira A.

II. Barreira B

O estrangulamento do vale e a ponte de alvenaria (figura 16) torna este um ponto, suscetível a inundações a montante. A própria comunidade, devido ao estreitamento do vale, apelida este local como “gargalo”. Através das entrevistas se observou em janeiro de 2011, que troncos de árvores se encaixaram na parte de baixo da ponte e represaram parcialmente o canal, intensificando a inundação que aconteceria naturalmente pelo estrangulamento e ponte. Relatos evidenciam que no momento de ruptura da barreira, o fluxo ganhou velocidade, portanto, intensificou o poder de destruição da onda a jusante da barreira.

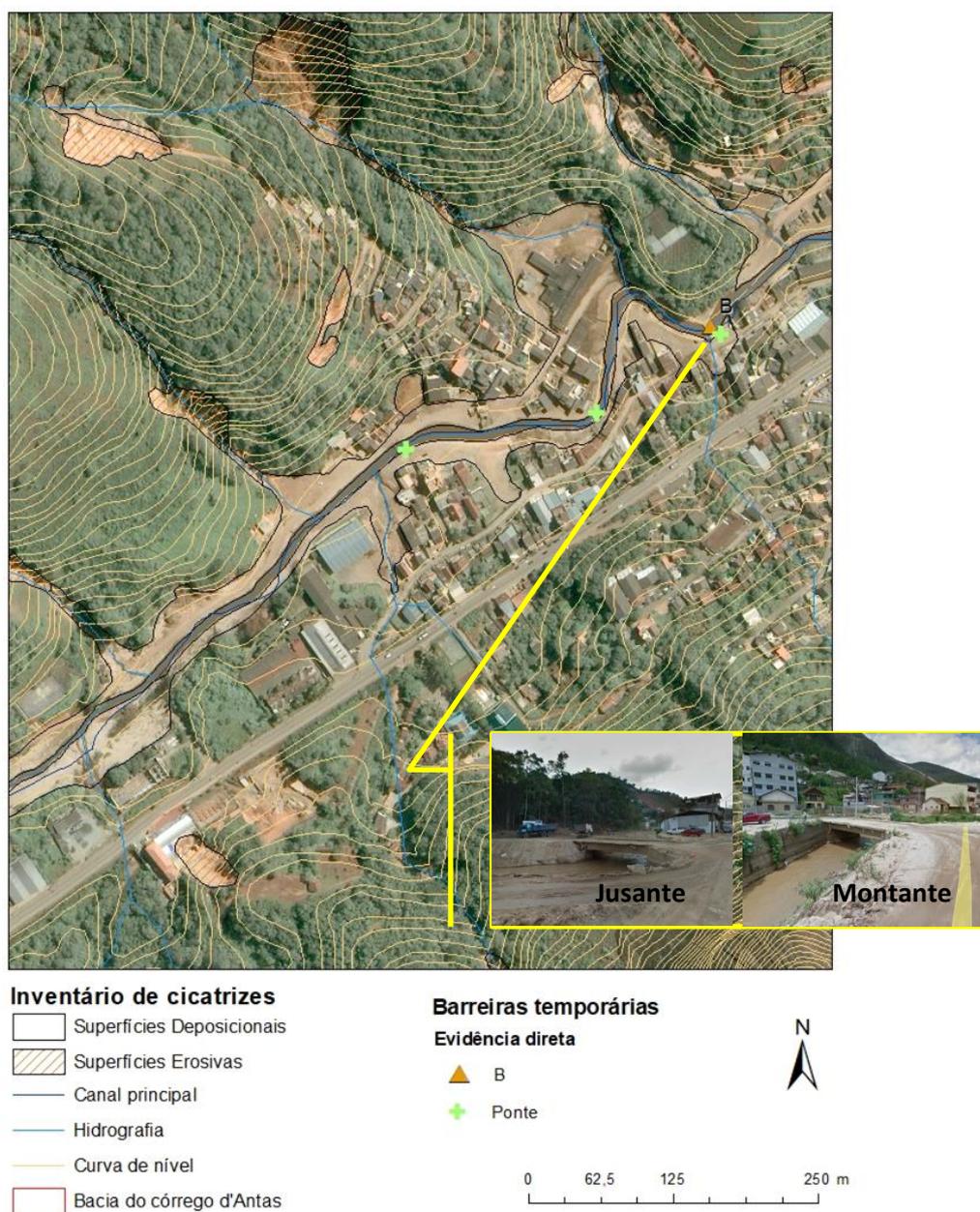


Figura 16. Localização barreira B e Fotografias da ponte do Córrego d'Antas. Fonte: Google Earth 07/2011.

III. Barreira C

A convergência de uma sub-bacia de 3ª ordem chama atenção pelo grande número de cicatrizes de deslizamentos (figura 17), a qual representou a entrada de energia e sedimentos abruptamente no canal principal. O curto espaço de tempo do desencadeamento dos deslizamentos e a pouca distância até o canal principal (aproximadamente 373 m) somados a declividade, representaram uma rápida resposta direto no canal principal, o qual, não tendo capacidade de transportar o aporte de sedimentos, resultou na constituição de uma barreira temporária.

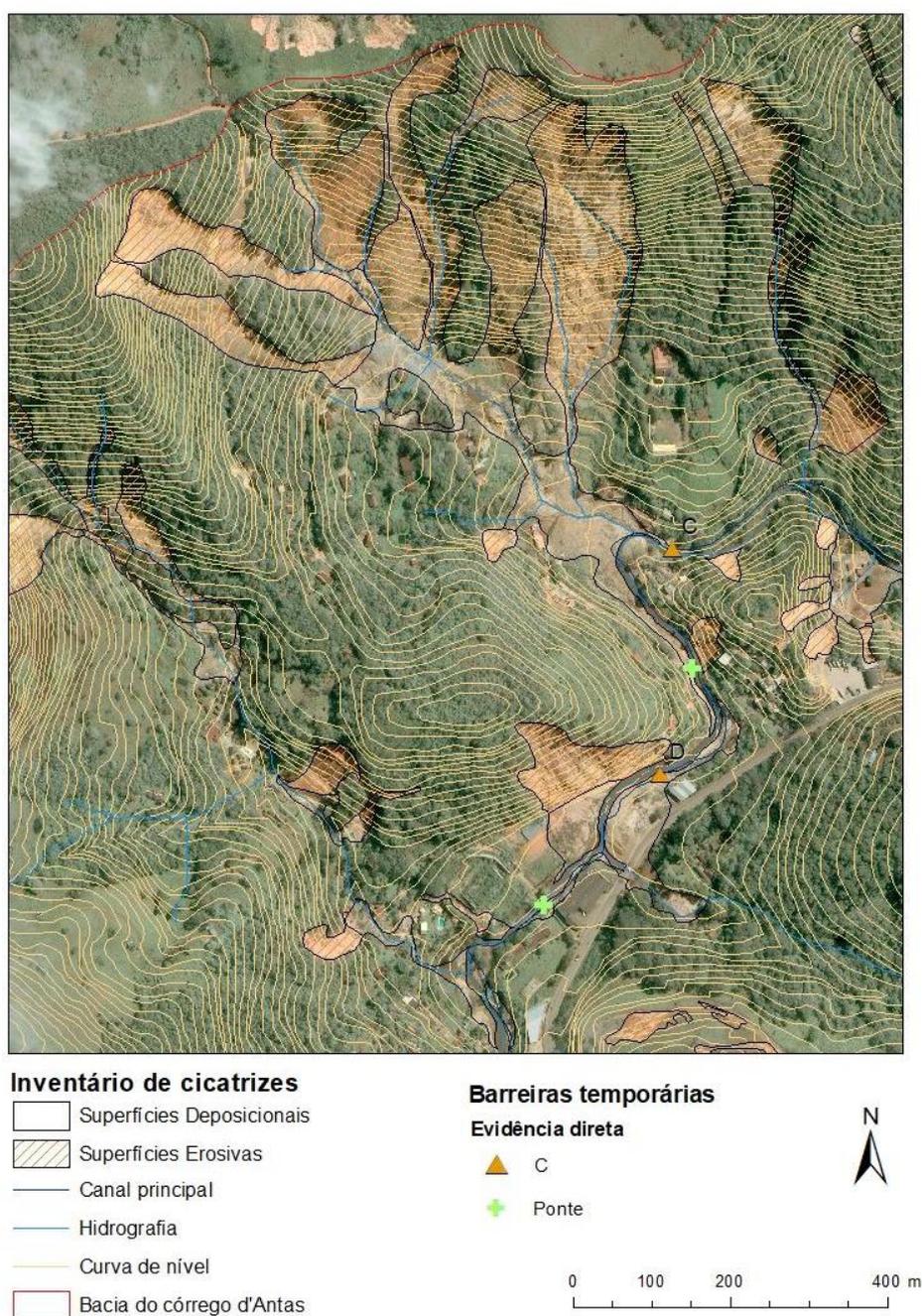


Figura 17. Localização barreira C.

IV. Barreira D

O deslizamento, com área aproximada de 11.120,7 m² (figura 18), desencadeado por erosão fluvial, no qual, a base da encosta, escavada pelo fluxo, levou ao enfraquecimento e colapso diretamente no canal. A onda do fluxo de detrito se estendeu pelo fundo de vale preenchendo a planície, alcançando a margem oposta á cicatriz de deslizamento. A presença de alvéolo neste ponto e a convergência de uma sub-bacia de 3ª ordem em área de floresta secundária (fotointerpretação), o que tornou esta barreira uma das maiores de janeiro de 2011.

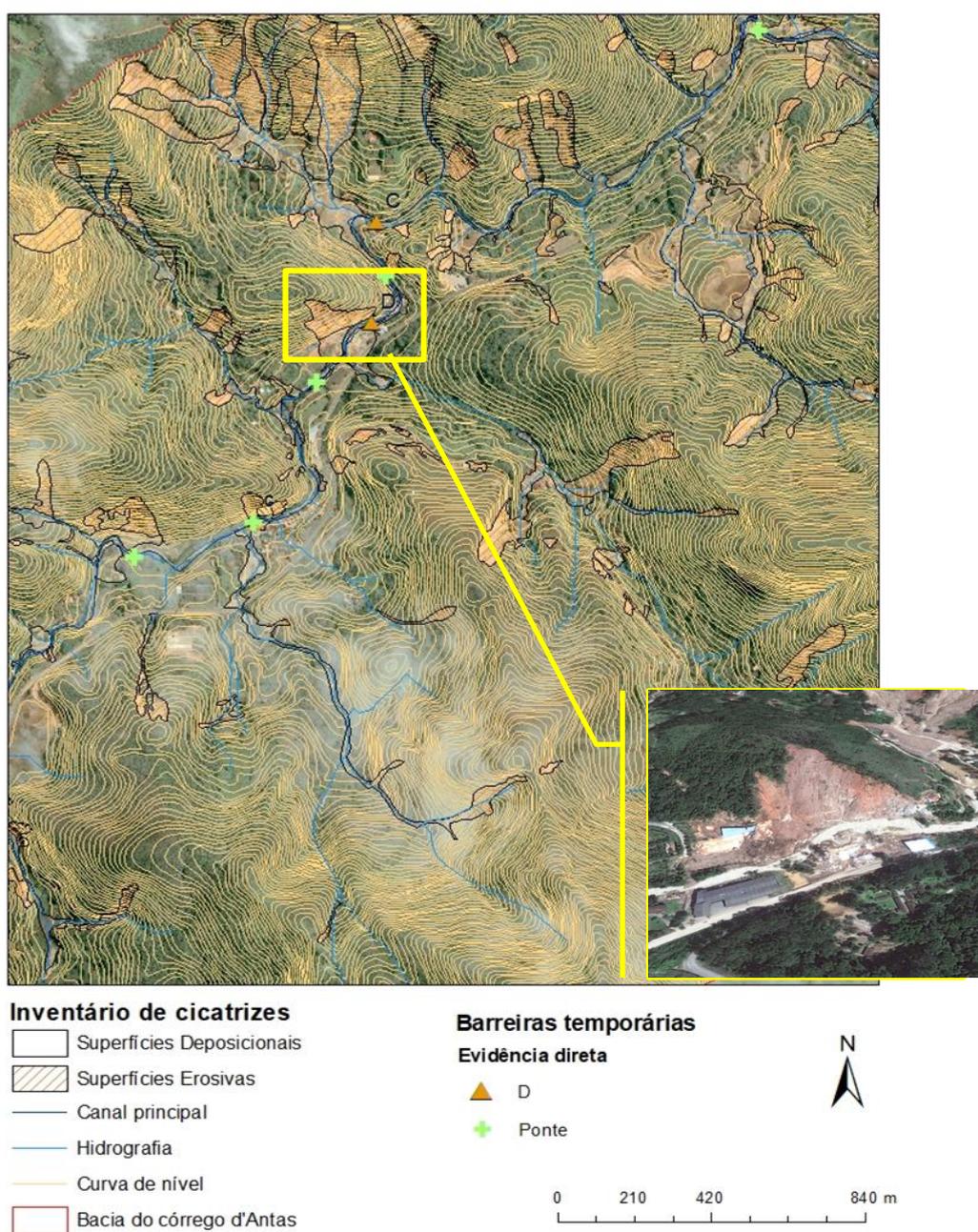


Figura 18. Localização barreira D e fotografia da cicatriz de deslizamento diretamente no canal. Fonte: Google Earth.

6.2.2. Barreiras por evidência indireta

I. Barreira a

Segundo as entrevistas, a ponte de alvenaria (figura 19) reteve parte do volume de detritos transportado pelo fluxo no canal na parte inferior e gerou a barreira temporária parcial. Espalhou-se lateralmente passando pela parte superior da ponte, afetando as edificações próximas ao canal, atingindo níveis de altura d'água nunca alcançado anteriormente.



Figura 19. Localização barreira a e ponte - visão à montante.

II. Barreira b

Identificou-se um deslizamento direto no canal (figura 20) sem área de deposição ($4.721,88 \text{ m}^3$). A entrevista nesta localidade demonstrou que a força do deslizamento provocou uma onda lateral e abalou a estrutura de prédios. Se comparado as barreiras por evidência direta o volume inferior a proximidade de um local de mudança de nível de base e o estrangulamento (tabela 3).



Inventário de cicatrizes

-  Superfícies Depositionais
-  Superfícies Erosivas
-  Canal principal
-  Hidrografia
-  Curva de nível
-  Bacia do córrego d'Antas

Barreiras temporárias

Evidência indireta

-  b
-  Ponte

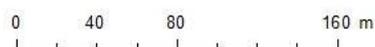


Figura 20. Localização barreira b.

III. Barreira c

As entrevistas revelaram que o deslizamento na margem do canal (figura 21), apesar de pequeno, preencheu o canal e no momento da ruptura formou uma enxurrada levando o que estava perto do canal, destruindo muros e pequenas edificações que ficavam na parte baixa do terreno. A convergência de uma sub-bacia de 3ª ordem à 1 km de distância do canal principal, na qual, deslizamentos movimentaram 18.178,6 m³ de solo, porém, não foi possível identificar o momento de ruptura.

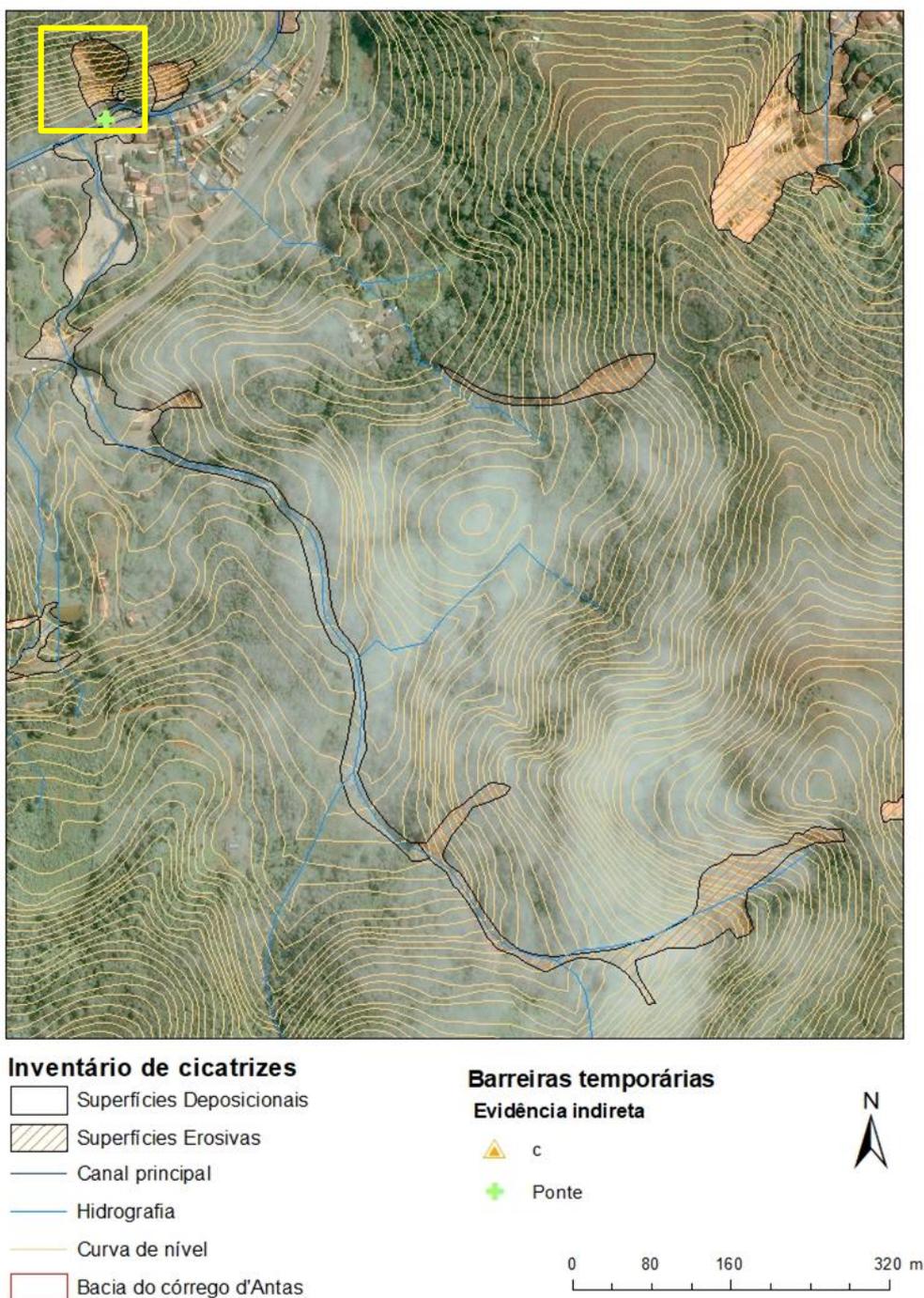


Figura 21. Localização barreira c.

IV. Barreira d

A existência de um alvéolo, sendo o único ponto em que o rio meandra sem ter controles morfológicos evidenciando uma alta probabilidade de deposição. Atribuído a convergência de uma sub-bacia de 4ª ordem, na qual, houve o maior deslizamento da bacia (aproximadamente 46.711,9 m³ de solo) na rede de drenagem à 3 km do canal principal (figura 22).

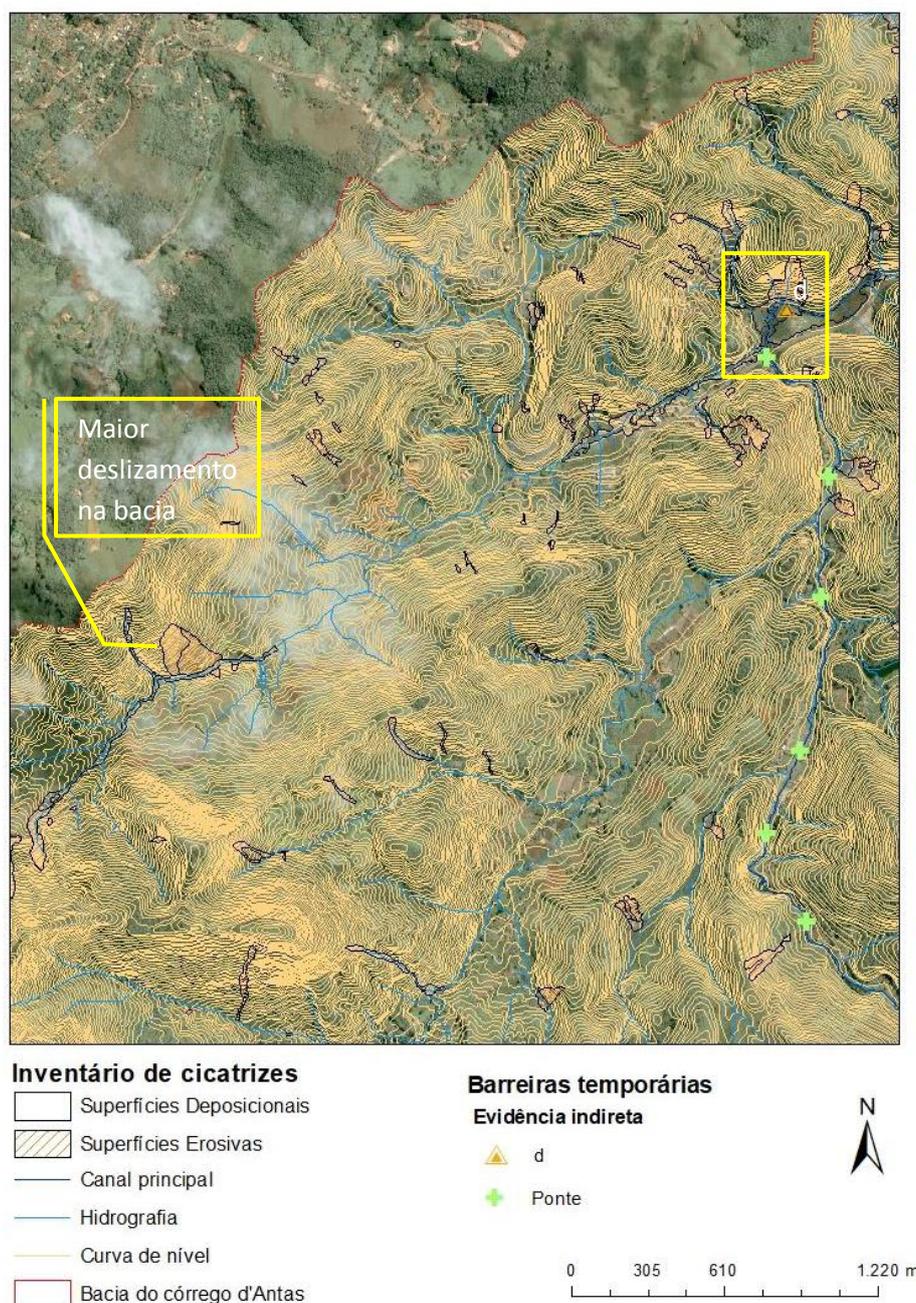


Figura 22. Localização do maior deslizamento identificado no desastre socioambiental de 2011 na bacia do córrego d'Antas.

O deslizamento que gerou a barreira, apresenta declive acentuado, assim, infere-se que o deslizamento se deu de forma abrupta diretamente no canal. A partir das entrevistas, identificou-se que o deslizamento gerou uma onda lateral que se propagou e alcançou as edificações na margem oposta ao deslizamento (figura 23).

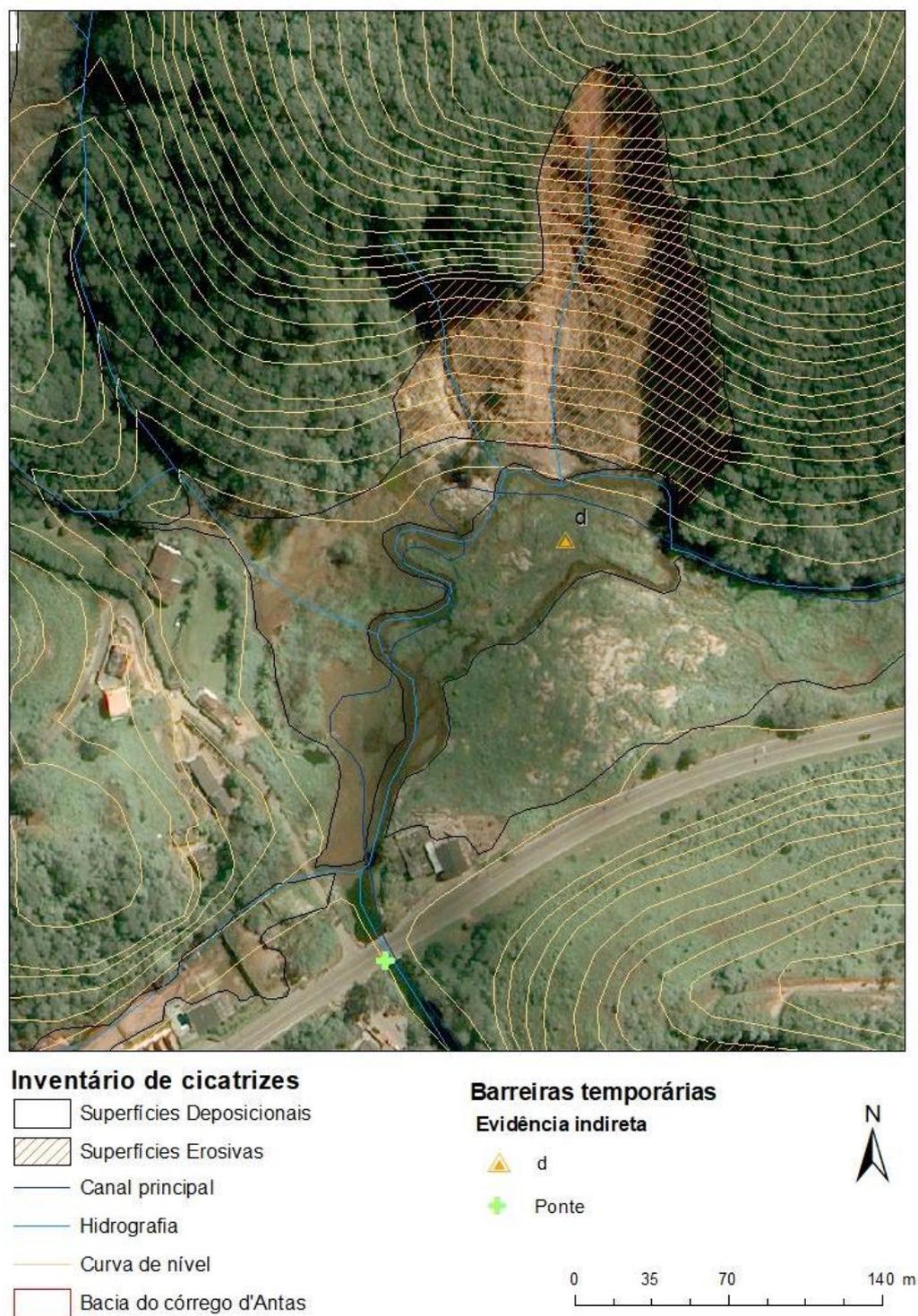


Figura 23. Localização barreira d.

6.2.3. Análise das barreiras temporárias

Segundo as entrevistas, o principal material de formação das barreiras nas localidades com fatores antrópicos (pontes de alvenarias) foi tronco de árvores, os quais se fixaram na parte de baixo da ponte ou no canal e impediam a passagem do fluxo. A partir da identificação das barreiras, classificadas em barreiras por evidência direta e indireta, segundo os dados confirmados em campo e entrevistas.

Identificaram-se as barreiras por evidência direta **A** (figura 15) e **B** (figura 16), além de locais de barreira por evidência indireta **a** (figura 19) por fatores antrópicos (pontes). Nestes 3 pontos, houve a retenção de detritos grosseiros e/ou grande volume de sedimentos deslocados para o canal, impedindo a passagem do fluxo. A barreira **B** (Córrego d'Antas), segundo a entrevista, foi o ponto com o nível d'água mais alto (4,5 metros de altura), com altura confirmada em campo.

Em relação as características morfológicas (estrangulamento do vale, mudança de nível de base e a presença de sub-bacia íngreme) identificou-se a barreira **C** (figura 17), formada por causa da entrada abrupta do volume de material no canal oriundo de uma sub-bacia. Outro processo morfológico natural que aumenta substancialmente o risco à formação de barreiras temporárias é o deslizamento próximo da margem do canal.

Em 2011 representou na formação da barreira **D** (figura 18) por evidência direta e as barreiras por evidência indireta **b** (figura 20), **c** (figura 21) e **d** (figura 23) acredita-se que momento de solapamento da encosta (em suma, devido a erosão da base da encosta pelo fluxo). A entrada abrupta de um aporte de sedimentos no fluxo já alterado representou a formação de uma onda lateral que atingiu a margem oposta do canal e impactou a comunidade que vivia nesta margem, o fator do rio estar encaixado e/ou do volume total do sedimento no rio acarretou na formação das barreiras. As barreiras por evidência indireta **c** e **d** ocorreu com o canal encaixado, acredita-se que deslizamentos diretos nos canais barraram o fluxo temporariamente.

A principal barreira por evidência direta foi a do tipo VI (classificação de Costa & Schuster, 1988), na qual, pontes de alvenaria tiveram influência direta na retenção e funcionaram como impedimento na conectividade e no transporte de sedimentos/ detritos no canal. Contudo, nas barreiras por evidência indireta, observou-se que deslizamentos diretos no canal podem constituir barreiras temporárias.

Após o desastre de 2011, foram feitas dragagens no canal, portanto, modificando o nível de base, de acordo com as entrevistas a dragagem foi positiva, diminuindo as inundações, contudo, a falta de limpeza por parte do poder público e conscientização da população em relação ao descarte do lixo, tem gerado preocupações. Deve se pensar os efeitos desse tipo de medida estrutural à longo prazo visto que pode representar mudanças da morfologia fluvial.

6.3. O impacto socioambiental: formação de barreiras temporárias em eventos extremos

A inundação e a enxurrada geram impactos em toda a comunidade das áreas afetadas, principalmente nas populações que vivem próximas ao rio, podendo provocar danos na parte da economia da cidade (interrupção das atividades), na parte material ou óbitos. O impacto deste tipo de desastre quando é ligado a eventos extremos pode facilitar a constituição de processos que podem aumentar o risco e a vulnerabilidade que a população está exposta, como exemplo as barreiras temporárias.

Através da realização de 113 entrevistas semiestruturadas, sendo que 10 destas são de novos moradores. Identificou-se que um ano após a tragédia (2012) já havia novos moradores nos locais apontados como potenciais riscos (faixa amarela - INEA) e que nove anos pós-tragédia as áreas que sofreram remoção nas faixas vermelhas e amarela estão sendo loteadas novamente e vendidas para a população.

Entre os entrevistados, a população que presenciou o evento de 2011 (72%), 70% sentiu que a inundação foi repentina (figura 24), destes 15 evidenciaram que o desastre foi intensificado por deslizamentos direto no canal que formaram ondas lateralmente atingindo as edificações. Entre os entrevistados 17% salientaram não ter sentido a inundação visto que suas edificações foram construídas mais altas que o nível da rua ou em terrenos altos.

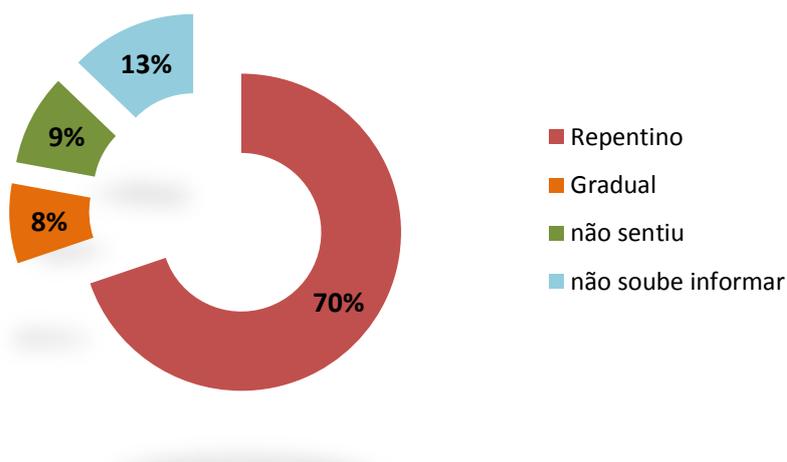


Figura 24. Gráfico de percepção da inundação no desastre socioeconômico em janeiro de 2011. N=86 pessoas.

Nas entrevistas, identificou-se que 41% dos participantes apontaram ter presenciado o canal inundar a rua ou alcançar as edificações no passado (figura 25), tendo sido os anos de 1996 (13) e 2007 (15) os desastres passados mais apontados, contudo, dois moradores evidenciaram que em eventos de chuvas fortes o rio sempre demonstra alterações em seu fluxo.

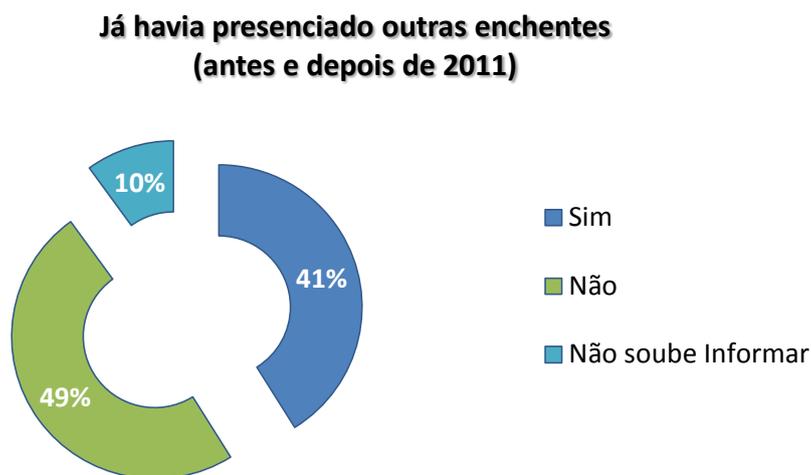


Figura 25. Gráfico de inundações pretéritas. 100% = 90.

Estes dados acabam por demonstrar que a inundação é um problema recorrente na bacia do córrego d'Antas. Nos locais mais recorrentes, como o Girassol e Córrego d'Antas, foi observado casas construídas já pensadas na convivência com este tipo de evento como construções acima do nível da rua ou edificações que o primeiro andar era para garagem,

somente com pilastras de sustentação. O que, exemplifica o resultado das entrevistas, no qual, 46% dos entrevistados se refugiaram no 2º ou 3º andar de suas casas ou de vizinhos (figura 26).

Medidas estruturais e não estruturais como sistema de alerta alarme, rotas de fuga e abrigos são de extrema importância em áreas suscetíveis a eventos Geo-Hidroecológicos, pois permitem que a comunidade aprenda a conviver com as chuvas. Contudo, na bacia do córrego d'Antas estas medidas não estruturais se mostraram ineficientes, visto que de 113 entrevistas, 85 evidenciaram não se sentirem seguros.

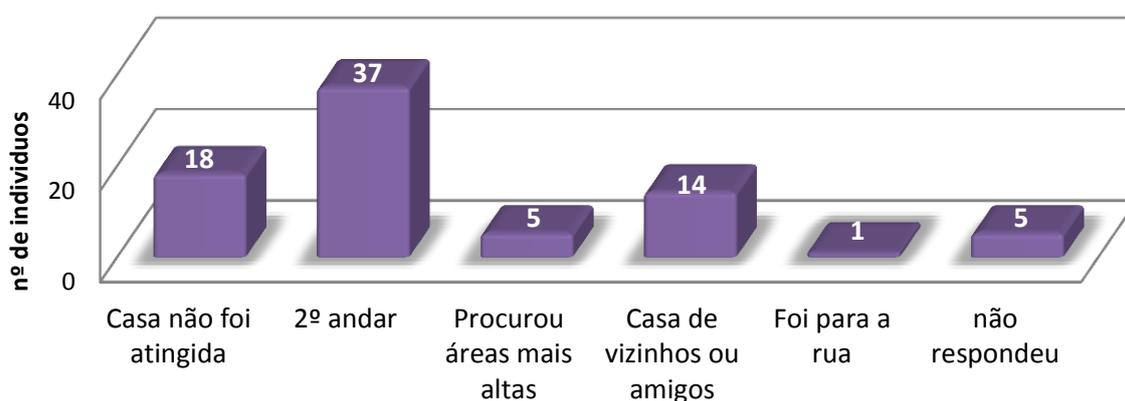


Figura 26. Locais que a população se refugiou durante o desastre socioambiental de janeiro de 2011.

Após 2011 se vê um movimento para mitigação deste tipo de evento por parte do governo, contudo, os produtos surgem de forma rápida e são impostos de forma autoritária e sem explicações para as comunidades afetadas (Neves et al, 2017; Freitas e Coelho Netto, 2016). Carvalho (2016), em estudos na localidade do Córrego d'Antas identificou que 60% dos moradores afirmam não confiar nos laudos e mapas elaborados pelo poder público, dados que se refletem atualmente, analisando-se que 57% dos entrevistados, localizados em área de risco a inundação segundo o INEA na bacia hidrográfica, não se sentem preparados a eventos extremos (figura 27). A comunidade aponta o abandono, por parte do público, das remoções e das obras previstas como um dos principais problemas atuais, no qual, prédios vazios e abandonados, marcados para demolição, foram invadidos ou estão abandonadas, tornando-se áreas de periculosidade e de proliferação de doenças (ratos e insetos).

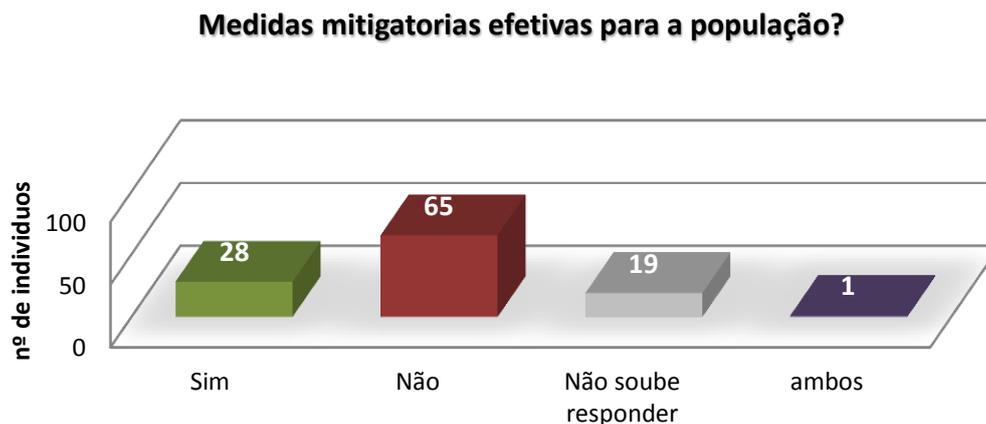


Figura 27. Percepção da população à preparação de desastres segundo as medidas mitigatórias tomadas na bacia hidrográfica.

Dentre as medidas não estruturais identificadas efetivas adotadas pela própria comunidade na bacia hidrográfica estudada está a adoção da fundação das casas acima do nível da rua e o uso do primeiro andar como garagem, o que se mostrou eficiente no evento de 2011. Através de entrevista e evidências de campo foi observado que a montante da barragem, a inundação se dá de forma gradual o que torna possível fugir, contudo, no momento de ruptura forma-se uma onda de inundação com alto potencial de destruição a jusante, como demonstrado pela literatura. Pontes de alvenaria podem representar um risco potencial à formação de barreiras temporárias em eventos extremos, amplificando a inundação.

Mapeamento de gestão de risco que inferem sobre remoções de indivíduos de áreas suscetíveis a inundações e deslizamentos é de extrema importância. Contudo, é conhecido que a implantação destes gera conflitos entre os gestores e comunidade visto que se trata da remoção de espaços vivenciados, portanto, tendem a sofrer rejeição por parte da comunidade, principalmente, quando aplicados de forma autoritária.

A rejeição de produtos de gestão de risco pode ser evitada a partir da adoção de um modelo de gestão que tenha a comunicação interativa entre os gestores e a comunidade afetada e devem considerar as medidas adotadas de convivência com os fenômenos pela comunidade. Modelos de gestão que buscam integrar a comunidade e o conhecimento popular no processo de construção da gestão de risco tendem a ter menores índices de rejeição popular (Carvalho, 2016; Freitas et. al., 2016; Neves et al, 2017).

7. CONCLUSÕES

No Brasil, após 2011 começou uma preocupação com gestão de risco de desastres. No entanto, os trabalhos que abordam o papel da formação e rompimento de barreiras temporárias em eventos extremos são escassos. Associados ao acúmulo de sedimentos e fluxos de detritos na rede de drenagem acarretam no aumento da magnitude e do poder destrutivo do fluxo, principalmente, em regiões serranas, onde as aglomerações urbanas se dão em fundos de vale. Deve-se ressaltar que a magnitude dos desastres socioambientais se dá segundo a vulnerabilidade (risco ao qual a população está exposta), assim, torna-se possível inferir que estes são desastres resultantes da falta de políticas de enfrentamento e planejamento de convivência com as ameaças naturais e de estudos dos eventos pretéritos.

Eventos pretéritos podem revelar aspectos do comportamento hidrológico e destacar o comportamento antecipado, possibilitando projetar e planejar a ocupação territorial, assim como medidas de convivência com as chuvas, diminuindo o número de perdas materiais e humanas. Portanto, é de extrema importância análises históricas de eventos de inundação e enxurrada no planejamento de ocupação, principalmente, em bacias hidrográficas localizadas em regiões serranas, geomorfologicamente propensas.

As barreiras temporárias, no desastre de 2011, revelaram que os deslizamentos em vales geram um alto aporte de sedimento, o qual chega de forma abrupta ao canal que não tendo capacidade de transporte, acumula e gera a barreira. Assim como descrito no trabalho as características dos pontos identificados podem servir de base para o entendimento da formação de barreiras temporárias em bacias hidrográficas, potencializando inundações e formando ondas de detritos com alto poder destrutivo.

Pesquisadores apontam que a população ao longo dos anos acaba por esquecer o desastre, assim, como as medidas de enfrentamento. Portanto, torna-se necessário a integração da comunidade exposta e a desnaturalização de desastres no processo de gestão de risco. Assim, a comunidade irá compreender o risco e adotará as medidas de prevenção, além de se diminuir a rejeição. A remoção de indivíduos em riscos de seus espaços só se torna necessária em caso de impossibilidade da construção de planos de convivência com o fenômeno que é natural ao meio.

O estudo apresentado pode servir de ferramenta para o planejamento territorial e, quando necessário, auxiliar na remoção de indivíduos localizados em áreas de risco.

Contudo, deve se considerar em conjunto as medidas não estruturais de convivência com o risco que diminuem a vulnerabilidade local (sistema de alerta alarme, abrigos, controle do nível do rio, construção adaptadas, etc.).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, D., 1989. Urban landslides. *Progress in Physical Geography* 13, 157–191.
- ARCHER, D.R., LEESCH, F., HARWOOD, K., 2007. Learning from the extreme River Tyne flood in January 2005. *Water and Environment Journal* 21 (2), 133–141.
- BANCO MUNDIAL. Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro - janeiro de 2011. Banco Mundial: Brasília, 59 p. 2012.
- BENISTON, M., 2009. Trends in joint quantiles of temperature and precipitation in Europe since 1901 and projected for 2100. *Geophys. Res. Lett.* 36, L07707.
- BERNINI, H.; MARTINEZ, J. M.; OLIVETI, D.; ROIG, H. L.; PINHEIRO, J. A. C. 2016. Descarga Sólida em Suspensão e dinâmica fluvial na bacia do rio Madeira: um perfil no período de cheia hidrológica. IX seminário latino-americano e v seminário ibero-americano de geografia física – Portugal. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308740269_Descarga_solida_em_Suspensao_e_dinamica_fluvial_na_bacia_do_rio_Madeira_um_perfil_no_periodo_de_cheia_hidrologica [accessed Sep 15 2018].
- BEVEN, K. J. e KIRKBY, M. J. A Physically-Based Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology. *Hydro. Sci. Bull.*, v. 24, n. 1, p. 43-69, 1979.
- BORGA, M., BOSCOLO, P., ZANON, F., SANGATI, M.. Hydrometeorological analysis of the August 29, 2003 flash flood in the eastern Italian Alps. *Journal of Hydrometeorology* 8 (5), 1049–1067. 2007.
- BORGA, M.; STOFFEL, M.; MARCHI, L; MARRA, F.; JAKOB, M.. Hydrogeomorphic response to extreme rainfall in headwater systems: Flash floods and debris flows. 2014. *Journal of Hydrology* 518 194–205
- BOTELHO CORRÊA, M. J. "História e Memória de Nova Friburgo". Lançamento dia 13 de setembro de 2011. EDUCAM
- BREIEN, H., F. V. DE BLASIO, A. ELVERHØI; K. HØEG (2008), Erosion and morphology of a debris flow caused by a glacial lake outburst flood, Western Norway, *Landslides*, 5(3), 271–280.
- BUENO, L. e DIAS, A. Povoamento inicial da América do Sul: Contribuições do contexto brasileiro. *Estudos Avançados*. v. 29, n.83, jan./abr. 2015.
- CANNON, S. H., R. M. KIRKHAM; M. PARISE (2001), Wildfire-related debris-flow initiation processes, Storm King Mountain, Colorado, *Geomorphology*, 39(3–4), 171–188
- CAPRA, L. AND MACÍAS, J.L. The cohesive Naranjo debris flow deposit (10 km³): A dam breakout flow derived from the pleistocene debris-avalanche deposit of Nevado de Colima volcano (México), *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 117, 213–235. (2002)
- CAPRA, L. Volcanic natural dams: Identification, stability and secondary effects, *Natural Hazards* 43, 45–61. (2007)

CARVALHO, N.L. Políticas públicas para a gestão de riscos a deslizamentos e inundações: a adesão comunitária ao sistema de alerta e alarme, Nova Friburgo/RJ. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

CASTRO, A.L.C. Manual de desastres: desastres naturais, Brasília, Ministério da Integração Nacional, 2003. 182p

CASTRO, A. L. C. Manual de Desastres: desastres naturais. Volume 1. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 182 p. 1996.

CEPED. Diretrizes em redução de riscos de desastres: região serrana do Rio de Janeiro / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. - Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

CHORLEY, Richard J. Geomorphology and General Systems Theory. Theoretical papers in the hydrologic and geomorphic sciences. Geological survey professional paper 500-b. United States Government Printing Office, Washington: 1962.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1980.

COE, J. A., D. A. KINNER; J. W. GODT (2008), Initiation conditions for debris flows generated by runoff at Chalk Cliffs, central Colorado, *Geomorphology*, 96(3–4), 270–297.

COELHO NETTO, A. L.; SATO, A. M.; AVELAR, A. S.; VIANNA, L. G. G.; ARAÚJO, I. S.; FERREIRA, D. L. C.; LIMA, Pedro H.; SILVA, A. P. A.; SILVA, R. P. January 2011: The Extreme Landslide Disaster In Brazil. In: Claudio Margottini; Paolo Canuti; Kyoji Sassa. (Org.). *Landslide Science and Practice*. 1ed. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2013, v. 6, p. 377-384.

COELHO-NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: A. J. T. GUERRA e S. B. CUNHA (Eds.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995, p.93-148.

COPPETEC – INEA. *Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro*. 2014. Vol. 1.

COPPETEC – INEA. *Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro. Ocorrências de Desastres Naturais entre 2000 e 2012 por Região Hidrográfica*. 2014. Vol. 2.

COSTA, J.E., SCHUSTER, R.L. The formation and failure of natural dams. *Bulletin Geological Society of America*, v. 100, p. 1054-1068. 1988

DOOCY, S., DANIELS, A., MURRAY, S., KIRSCH, T.D. 2013. The Human Impact of Floods: A Historical Review of Events 1980–2009 and Systematic Literature Review. *PLoS Currents*.

DRM-RJ. Megadesastre da Serra, disponível em: <http://www.drm.rj.gov.br/index.php/download/category/13-regio-serrana/download=48%3Amegadesastre-daserrajan-2011-pdf>. 2011.

DUNNE, T. e LEOPOLD, L. B. *Water in environmental planning*. New York: W. H. Freeman and Company, 1978, 818p.

ERMINI, L., CASAGLI, N. Prediction of the behaviour of landslide dams using a geomorphological dimensionless index. *Earth Surf. Process. Landf.* 28 (1), 31–47. 2003.

FERNANDES, R. S.. *Análise Das Legislações Referentes à Gestão Desastres Socioambientais: estudo de caso do município de Nova Friburgo (RJ), em um cenário pós-desastre*. Raíza Fernandes da Silva. Rio de Janeiro: UFRJ, IGEO, 2017. 38 f. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia, Bacharelado em Geografia, 2017.

FEMA - Federal Emergency Management Agency Design guidelines for flood damage reduction. 1981.

FIGUEIRÓ, A.S. & COELHO NETTO, A.L. (2011) Climatic variability and pluviometric trends in a humid tropical environment at Resende municipality-middle Paraíba do Sul river valley (Rio de Janeiro-Brazil). *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium*, 2 (2), 256-273.

FORMAN, R.T.T.; M. GODRON. (1981) Patches and structural components for a landscape ecology. *American Institute of Biological Sciences*, Vol. 31, No. 10 (Nov., 1981), p. 733-740

FRAGA, J. S. Aspectos vegetacionais e hidrológicos relativos à estabilidade de encostas em florestas secundárias de Nova Friburgo (RJ). *Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ*, 2014

FRASER D. G. E., et.al.. Bottom-up and and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. *Journal of Environmental management* 78 (2006) 114-127. ELSEVIER. Agosto de 2005

FREITAS, L. E. & COELHO-NETTO, A. L. *Reger Córrego d’Antas: uma ação coletiva para enfrentamento de ameaças naturais e redução de desastres socioambientais*. Ciência & Trópico, Ed. Massangana, Rio de Janeiro. 2016.

GIORGI, F., IM, E.S., COPPOLA, E., DIFFENBAUGH, N.S., GAO, X.J., MARIOTTI, L., SHI, Y., 2011. Higher hydroclimatic intensity with global warming. *J. Clim.* 24, 5309–5324.

GODSCHALK,D.R. (2003). *Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities*. *Natural Hazards Review*. Vol. 4, No. 3, PP 136-143.

HACK, J. T. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. *American Journal of Science*, Bradley Volume, 258-A: 80-97, 1960.

HARVEY, A.M., 2007. Geomorphic instability and change-Introduction: implications of temporal and spatial scales. *Geomorphology* 84 (3–4), 153–158.

HEWLETT, J. D. *Principles of Forest Hydrology*. Georgia: The University of Georgia Press, 1982, 192p.

HIGHLAND, L.M., and BOBROWSKY, PETER, 2008, *The landslide handbook – A guide to understanding landslides*: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129p.

HORNBERGER, G. M., et al. *Elements of physical hydrology*. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1998, 312p.

HUGGETT, R. J. *Geocology: An Evolutionary Approach*. Routledge, 1995, ISBN: 0415086892, 9780415086899.

HÜRLIMANN, M., COPONS, R., ALTIMIR, J., 2006. Detailed debris flow hazard assessment in Andorra: a multidisciplinary approach. *Geomorphology* 78, 359–372.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Sinopse do Censo Demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1986. *Indicação preliminar de áreas prioritárias para recomposição da cobertura vegetal na serra do mar na área de Cubatão*. IPT, São Paulo.

IVERSON, R. M. *The physics of debris flows*. n. 97, p. 245–296, 1997.

IVERSON, R. M., M. E. REID; R. G. LAHUSEN (1997), Debris-flow mobilization from landslides, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 25(1), 85–138, doi:10.1146/annurev.earth.25.1.85.

JAKOB, M., HOLM, K., LANGE, O., SCHWAB, J.W. 2006. Hydrometeorological thresholds for landslide initiation and forest operation shutdowns on the north coast of British Columbia. *Landslides* 3 (3), 228–238.

KELLER, E., DEVECCHIO, D. *Natural Hazards: Earth's Processes as Hazards, Disasters, and Catastrophes*. 3rd Edition. Keywords: Caspian forest ; Landslide susceptibility assessment; Cost estimation model; Weight of evidence model; PEGGER 2012.

KITA, S. M. Urban vulnerability, disaster risk reduction and resettlement in Mzuzu city, Malawi. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. ed.22 (2017) 158–166

KOONTZ, T.M., THOMAS, C.W., 2006. What Do We Know and Need to Know about the Environmental Outcomes of Collaborative Management? *Public Administration Review* 66, 111–121.

KORUP, O. Fluvial response to large rock-slope failures: Examples from the Himalayas, the Tien Shan, and the Southern Alps in New Zealand. 2006. Elsevier B.V. All rights reserved. doi:10.1016/j.geomorph.2006.01.020

KORUP, O. Geomorphometric characteristics of New Zealand landslide dams. *Eng. Geol.* 73 (1–2), 13–35. 2004

KUHLICKE, C., STEINFÜHRER, A., BEGG, C., BIANCHIZZA, C., BRÜNDL, M., BUCHECKER, M., DE MARCHI, B., DI MASSO TARDITTI, M., HÖPPNER, C., KOMAC, B., LEMKOW, L., LUTHER, J., MCCARTHY, S., PELLIZZONI, L., RENN, O., SCOLOBIG, A., SUPRAMANIAM, M., TAPSELL, S., WACHINGER, G.,

WALKER, G., WHITTLE, R., ZORN, M., FAULKNER, H., 2011. Perspectives on social capacity building for natural hazards: Outlining an emerging field of research and practice in Europe. *Environ. Sci. Policy* 14 (7), 804–814.

LANGBEIN, W. B. Geometry of river channels, *J. Hydraul. Div. Am. Soc. Civ. Eng.*, 90(HY 2), 301–312. 1964.

LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C.; SINHA, R. 2005. Grandes sistemas fluviais tropicais: uma visão geral. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 6 número 1 (2005) 01-18. <http://www.ugb.org.br/home/?pg=9>. [Acessado em 14 de março de 2016]

LAVELL, A. Entrevista Allan Lavell em Seminario Internacional Ciencias Sociales y Riesgo de Desastres en America Latina: un encuentro inconcluso, setembro, 15 a 17. Buenos Aires, 2015

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. *Fluvial Process in Geomorphology*. San Francisco: W. F. Freeman and Co., 1964. 522 p.

LEOPOLD, L.B., WOLMAN, M.G. AND MILLER, J.P. *Fluvial Processes in Geomorphology*. Freeman, San Francisco, 522 p. 1964.

LI TIANCHI, SCHUSTER, R. L., AND WU JISHAN, 1986, Landslide dams in south-central China, in Schuster, R. S., ed., *Landslide dams-Processes, risk, and mitigation: American Society of Civil Engineers Geotechnical Special Publication No. 3*, p. 146-162.

LIMA, P.H.M. ; COUTINHO, B.H. ; GOMES, G.B.; FERNANDES, M.C.; COELHO NETTO, A.L.; Parâmetros Morfométricos relacionados às bacias de 1º ordem e a ocorrência de deslizamentos rasos na bacia do Córrego Dantas: Nova Friburgo – RJ. *revista geonorte, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.218-223, 2014. (ISSN 2237-1419)*

LIMA, R. *Geomorfologia Fluvial e o megadesastre'11 do córrego Dantas, Nova Friburgo (RJ): Trajetórias, ajustes e Mudanças. Tese de doutorado. 2017. PPGG/UFRJ*

LIMA, R. *Análise de movimentos de massa no Córrego Dantas, Nova Friburgo (RJ). Anais: Geomorfologia de encostas. 9º SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia 21 à 24 de Outubro de 2012 Rio de Janeiro/RJ.*

MACEDO, E.S. *Gestão de riscos no Brasil. Anais do Seminário Internacional de Prevenção de Desastres Naturais. Rio de Janeiro, 2013*

MACNAUGHTEN, P., JACOBS, M., 1997. Public identification with sustainable development – investigating cultural barriers to participation. *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions* 7, 5–24.

MANNING, J. C. *Applied Principles of Hydrology*. New York: Macmillan Publishing Company, 1992, 276p.

MAO, D. e CHERKAUER, K. A. Impacts of land-use change on hydrologic responses in the Great Lakes region. *Journal of Hydrology*,v. 374, n. p. 71-82, 2009.

MARCHI, L., CAVALLI, M., SANGATI, M., BORGA, M., 2009. Hydrometeorological controls and erosive response of an extreme alpine debris flow. *Hydrol. Process.* 23 (19), 2714-2727. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.7362>.

MENDES, C. A. R. Erosão superficial em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no Município de Bom Jardim - RJ. 2006. 237 f. Tese (Doutorado) – UFRJ

MEYER, G. A.; S. G. WELLS (1997), Fire-related sedimentation events on alluvial fans, Yellowstone National Park, USA, *J. Sediment. Res.*, 67(5), 776–791.

MMA. 2007. Vulnerabilidade Ambiental – Desastres naturais ou fenômenos induzidos. Brasília. Ministério do Meio Ambiente. 196 p

NAVEH, Z. & LIEBERMAN, A. *Landscape ecology: theory and application*. Springer-Verlag, New York. 1994

NEVES, A. V.; HEIDRICH, B.; FREITAS, L. E.; COELHO NETO, A. L. Mapeamento de áreas de remoção compulsória na bacia hidrográfica do Córrego D'antas, Nova Friburgo/RJ: conflitos na gestão de risco a desastres. II Congresso Brasileiro de Redução de Riscos e Desastres: Rio de Janeiro, RJ, Brasil – 11 a 14 de Outubro de 2017.

NEWIG, J., Does public participation in environmental decisions lead to improved environmental quality? Towards an analytical framework. *Communication, Cooperation, Participation. Research and Practice for a Sustainable Future* 1, 51–71. 2007.

OETOMO, A. *Kerangka Kerja Kota Siaga Bencana*. Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, SAPPK ITB dan Pusat Penelitian Mitigasi Bencana, LPPM ITB. Bandung. 2012.

OLIVEIRA, S. S.; PORTELLA, S.; SIQUEIRA, A.; FREITAS, M.. Desnaturalização dos Desastres e Mobilização Comunitária: redes e rodas. *Ci. & Tróp. Recife*, v. 40, n. 1, p. 13-36, 2016

O'LOUGHLIN, E. M. Saturation regions in catchments and their relations to soil and topographic properties. *Journal of Hydrology*, v. 53, n. 3–4, p. 229-246, 1981.

PENG, M., ZHANG, L.M. Breaching parameters of landslide dams. *Landslides* 9 (1), 13–31. 2012

PINTO, RODRIGO; MOTTA, MARCELO. (2012). Considerações a Respeito dos Movimentos de Massa ocorridos em janeiro de 2011 na bacia do Córrego D'antas, Nova Friburgo-RJ. *Revista Geopuc*. 5. 79-96.

RENWICK, W. H. *Equilibrium, Disequilibrium, and Nonequilibrium Landforms in The Landscape*. *Geomorphology*, Volume 5, Issue 3, p. 265-276. 1992 Elsevier Science B.V. All rights reserved

RICKENMANN, D. *Empirical Relationships for Debris Flows*. n. 9, p. 47–77, 1999.

RICKLEFS, R. E. 2003. *A Economia da Natureza*. 5ª ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

ROCHA, R.R. de A.; ROCHA, P.C. Sistemas rio-Planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. *Revista Tópos.*, V.1, N.2, P.81 – 112, 2007. Disponível em: <http://revista.fct.unesp.br/index.php/topos/article/viewFile/2198/201>

ROWE, G., MARSH, R., FREWER, L.J. Evaluation of a deliberative conference in science. *Technology and Human Values* 29, 88–121. 2004.

SANTOS, I. Monitoramento e modelagem de processos hidrogeomorfológicos: mecanismos de geração de escoamento e conectividade hidrológica. 2009. 167 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SAUER, C. (1925) "The morphology of landscape", University of California, Publication in Geography, vol.2, nº2, p. 19-54.

SCHUMM, S. A., River Metamorphosis. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers. Journal of the Hydraulics Division*, v. 95, p. 255-273, 1969.

SCHUMM, S.A., 1977. *The Fluvial System*. Wiley-Interscience, New York, pp .338.

SCOLOBIG A.; PRIOR, T.; SCHRÖTERC, D.; JÖRIN, J.; PATTA, A.. Towards people-centred approaches for effective disaster risk management: Balancing rhetoric with reality. *International Journal of disaster Risk Reduction*. ELSEVIER. 2015.

SCOTT, K.M.; VALLANCE, J.V.; KERLE, N.; MACIAS, J.L., STRAUCH, W. AND DEVOLI, G. Catastrophic precipitation-triggered lahars at Casita Volcano, Nicaragua, flow bulking and transformation, *Earth Surf Process Landforms* 30, 59–79. (2005)

SHADECK, R.; SANTOS, M.S.; SCHNORR, T.M.; PEIXOTO FILHO, G.E.C. A atuação da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) na gestão de riscos e resposta a desastres naturais. *Anais do VI Congresso CONSAD de Gestão Pública*, Brasília, 27p. 2013.

SHERIDAN, M.F., BONNARD, C., CARRENO, C., SIEBE, C., STRAUCH, W., NAVARRO, M., CALERO, J.C. AND TRUJILO, N.B. Report on the 30 October 1998 Rock Fall/ Avalanche and breakout flow of Casita Volcano, Nicaragua, Triggered by Hurricane Mitch, *Landslide News* 12, 2–4. (1999)

SHI, Y.; DAVIS K. J.; ZHANG F., DUFFY C. J.. Evaluation of the parameter sensitivity of a coupled land surface hydrologic model. *Journal of Hydrometeorology*, 15:279–299. 2014

SILVA, A. C. Simulação da descarga fluvial em resposta a mudanças de uso e cobertura da terra: bacia do rio bonfim, Petrópolis (RJ). Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:<http://objdig.ufrj.br/16/teses/819767.pdf>

SILVA, R.P.; LIMA, P.H.; FACADIO, A.C; COELHO NETTO, A.L (2016). Condicionantes geomorfológicos e geológicos relacionados à deflagração de movimentos gravitacionais de massa: bacia do Córrego Dantas, Nova Friburgo - RJ. In: *Anais do XI Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Maringá/PR (Trabalho completo) 2016.

TANG, C.; VAN ASCH, T.W.J.; CHANG, M.; CHEN, G.Q.; ZHAO, X.H.; HUANG, X.C. Catastrophic debris flows on 13 August 2010 in the Qingping area, southwestern China: The combined effects of a strong earthquake and subsequent rainstorms. *Geomorphology* 139–140 (2012) 559–576. Elsevier

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TRENBERTH, K.E., JONES, P.D., AMBENJE, P., BOJARIU, R., EASTERLING, D., KLEIN TANK, A. PARKER, D., RAHIMZADEH, F., RENWICK, J.A., RUSTICUCCI, M., SODEN, B., ZHAI, P., 2007. Observations: surface and atmospheric climate change. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

TROLL, C. (1950). Die geographische Landschaft und ihre Erforschung – Studim Generale, traduzido por BRAGA, G.C. Espaço e Cultura, Nº 4, junho de 1997.

TUCCI, C.E.M. *Gestion de Inundaciones Urbanas*. Editora Evangraf Ltda, 2007. ISBN: 978-85-7727-127-6

TUCCI, C.E M.; BERTONI, J.C. (orgs) *Inundações Urbanas na América do Sul Ed. Brasileira de Recursos Hídricos*, p. 471. 2003.

TUPINAMBÁ ET AL. *Geologia e recursos minerais da folha Nova Friburgo SF.23-Z-B-II, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000*. Organizador Luiz Carlos da Silva – Belo Horizonte : CPRM, 136 p. (2012)

TURNER, M. G. (1989) Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol.20, p. 171-197.

WALLERSTEIN, N., 1999. Power between the evaluator and the community: research relationships within New Mexico's healthier communities. *Social Science and Medicine* 49, 39–53.

WIECZOREK, G.F., Effect of rainfall intensity and duration on debris flows in central Santa Cruz Mountains, California, in Costa, J.E., and Wieczorek, G.F., eds., *Debris flows/avalanches: Process, recognition and mitigation: Geological Society of America, Reviews in Engineering Geology*, 1987, 7, 93-104..

WILCOX, D. 2003. *The Guide to Effective Participation* (online). Disponível em: <http://www.partnerships.org.uk/guide>.

WORNI, R.; HUGGEL, C.; CLAGUE, J.J.; STAUB, Y.; STOFFEL, M. 2014. Advanced approaches to model process components and chains of glacial lake outburst floods. *Earth Sci. Rev.* (in press).

ANEXO 1

Nome:	Presenciou o evento:
Local:	
Tipo de estabelecimento: () Comercial () Residencial: () Próprio ou () Alugado	

1) Presenciou eventos de inundação em 2011?

2) Perdas por edificação (por família)

- Mortes: _____
- Doenças (físicas e/ou psicológicas): _____
- Sim _____
- Materiais: Total (a onda levou a casa)
- Carro e/ou moto () Meio de sustento
- Eletrodomésticos (geladeira, fogão, etc.).
- Móveis

3) Como sentiu a inundação em 2011? Qual foi a altura que a água chegou?

- Repentino
- Gradual _____

4) Sentiu que a água abaixou e depois subiu novamente? Se sim, qual o tempo de intervalo?

- Sim. Tempo: _____
- Não

5) Já havia presenciado outras enchentes (antes e depois de 2011)? Se sim, qual a altura aproximada?

- Sim. _____
- _____
- _____
- Não

6) Como procedeu durante a tragédia em 2011?

- Subiu para o 2º andar Foi para a rua
- Procurou áreas mais altas (encostas) Casas de vizinhos ou amigos
- Espaços públicos.

7) Se sente mais preparado caso aconteça de novo? Se sim, por quê?

- Sim. _____
- _____
- Não.