

## Relatório de vistoria

**Localidade:** Bituruna

**Locais da vistoria:** morros da Antena e de Santa Bárbara, denominações informais, adotadas para facilitar a identificação.

**Data da vistoria:** 30 de junho a 2 de julho de 2014

**Solicitante:** Prefeitura Municipal de Bituruna.

**Participantes:** geólogo Edir Edemir Arioli e prospector Manoel de Cristo, funcionários da MINEROPAR - Serviço Geológico do Paraná.

### Objetivo

Delimitar áreas de risco nos morros da Antena e de Santa Bárbara, em função das feições de instabilidade provocadas por eventos de chuva recorrentes.

### Procedimento

Inspeção visual do terreno, sem execução de ensaios geotécnicos, e coleta de informações com moradores e funcionários da Prefeitura Municipal. As descrições abaixo atualizam e completam os registros apresentados no Relatório de Vistoria de 18 de junho de 2014. Algumas informações do relatório anterior foram suprimidas, de modo a permanecer apenas dados descritivos e georreferenciados que atendem ao objetivo deste relatório.

### Descrição

A encosta oeste do Morro da Antena apresenta uma grande concentração de feições produzidas por movimentação do terreno, principalmente fendas abertas com abatimento, deslizamentos planares antigos, com e sem reativação recente, deslizamentos planares recentes e quedas de solo em taludes escavados (Fotos 1 a 8). Esta encosta está recoberta por depósitos de colúvio retrabalhados por processos erosivos, material naturalmente instável em encostas com declividades variadas, desde baixas até elevadas. Colúvio é solo transportado sobre encostas, contendo proporções e tamanhos variáveis de blocos de rocha em matriz fina, que na região de Bituruna é essencialmente argilosa, resultante da alteração química de basalto (Foto 9).

O perfil topográfico da encosta, traçado ao longo da propriedade Jaworski, pode ser dividido nos segmentos: zona de topo, essencialmente horizontal, acima da escarpa de deslizamento antigo; zona de umbral, com declividade de 10-12°, da base deste deslizamento até a cabeceira da escarpa formada acima do aprisco;

encosta superior, entre o topo e a base da escarpa do aprisco, com declividade de 43°; meia encosta, da base desta escarpa até a Rua Itália, com declividade média de 22°, mas variando de 5 a 28°; encosta inferior, da Rua Itália até o córrego, com declividade de 30°. As declividades dos segmentos foram medidas no campo com clinômetro da bússola Brunton, com precisão de 2°. A declividade média da encosta, calculada com base em um desnível de 160 m e uma distância horizontal de 560 m, medidos na planta topográfica entre a base e o topo do Morro da Antena, corresponde a 29°.

Os perfis geológicos transversais à encosta mostram na encosta superior a predominância de blocos subangulosos (com arestas arredondadas) de basalto, com diâmetros de até 0,8 m. Esses blocos diminuem em abundância, dentro da matriz argilosa, à medida que os perfis se aproximam da encosta inferior, onde o colúvio é exposto nos cortes da Rua Itália. De acordo com a literatura geomorfológica, esta distribuição resulta da erosão diferencial, que transporta a argila para a base da encosta, restando próximo ao topo o material mais grosseiro.

No topo do relevo, entre as duas escarpas apresentadas no mapa, a antiga no alto e a reativada acima do aprisco do Sr. Jaworski, uma cobertura de solo argiloso, também coluvial, parece ter resistido à erosão devido à menor declividade, típica da zona que se denomina umbral nos perfis de encostas. Na zona de umbral, os processos de instabilização do terreno são menos agressivos, o que explica a presença de solo argiloso remanescente da erosão diferencial.

A consequência mais evidente desta separação de frações granulométricas pode ser observada no campo: as áreas mais instáveis, onde as fendas e os deslizamentos ocorrem em abundância, situam-se acima da Rua Itália, atingindo colúvio fino, com poucos blocos de rocha. A argila deve ter-se acumulado sobre um terraço natural do terreno, no topo de uma das camadas de basalto, abundantes na região. O material argiloso apresenta espessura aflorante de até 12 m, abaixo da propriedade do Sr. Jaworski, o que é uma espessura excepcional e precisa ser confirmada por meio de sondagens.

No topo da encosta, a cobertura de solo argiloso também apresenta feições de movimentação, na forma de fendas abertas com abatimentos de até 0,8 m (Figura 3). Localmente, a dissipação lateral dos esforços liberados na abertura das fendas e no abatimento do solo forma o que se denomina falha de empurrão superficial (Foto 7). Esta feição registra a grandeza dos esforços envolvidos na instabilização do terreno, devido ao grande desnível topográfico da encosta, e explica o poder destrutivo dos deslizamentos.

A despeito da densidade e extensão das fendas, que atingem profundidades visíveis de até 1,5 m, os blocos rompidos de solo permanecem no local, mesmo

com o aumento progressivo dos rejeitos e das aberturas cerca de um mês após as chuvas que os provocaram. Isto sugere que a cobertura de solo tem pouca espessura, caso contrário a tendência das fendas seria de convergir para a escarpa reativada sobre o aprisco, gerando deslizamentos de grande volume e alto poder destrutivo. Por isto, é necessário confirmar a espessura do solo, principalmente nesta área de topo, para uma avaliação mais precisa do perigo remanescente.

Ao longo da Rua Itália, vários taludes escavados junto a moradias, alguns com alturas de até 12 m e outros com extensões de 50 m ou mais, constituem focos de instabilização, devido à alteração na geometria da encosta, sem obras de contenção (Fotos 10 e 11). Estas intervenções modificam o regime hídrico da encosta, criando pontos de surgência de água, canais de percolação acelerada no subsolo e concentrando energia hidráulica deflagradora de movimentos gravitacionais de massa. Os seus efeitos extrapolam os limites dos taludes e produzem movimentação no terreno, a distâncias relativamente grandes.

Nos setores intermediários da encosta, onde o terreno é pedregoso e o solo argiloso raso (< 1 m), não foram observadas feições de instabilidade. Estas áreas estão ocupadas pelos conjuntos residenciais Jaworski, Nalon e Mattiola, situados a distâncias seguras dos trajetos previsíveis de materiais liberados por eventuais movimentos gravitacionais de massa (Foto 12).

### **Diagnóstico**

A encosta imediatamente acima da Rua Itália apresenta suscetibilidade muito alta a movimentos gravitacionais de massa, especialmente deslizamentos planares, quedas de solo e, secundariamente, fluxos de lama. A suscetibilidade corresponde à propensão natural do terreno sofrer instabilização, por efeito de agentes externos, tais como infiltração de água da chuva, vibrações e alterações na geometria da encosta. Risco é a probabilidade de perdas por danos impostos à população, às propriedades, à infraestrutura e aos recursos ambientais, em consequência dos impactos desta instabilização. Consequentemente, o risco de perdas na ocupação física e humana na encosta oeste do Morro da Antena é também avaliado como muito alto. Os limites da área de risco são indicados no mapa anexo, para uso da Prefeitura Municipal.

A suscetibilidade muito alta é comprovada pela abundância de deslizamentos, fendas, degraus de abatimento e desmoronamentos atestam a fragilidade mecânica deste material, acumulado à meia encosta, possivelmente sobre um terraço natural de basalto. Fluxos de lama de alto poder destrutivo podem ser formados ao longo dos canais de drenagem, mas como este tipo de processo nunca foi registrado na área, a sua probabilidade de ocorrência é muito baixa.

## **Prognóstico**

Reativações de todas as feições de instabilidade sobre a Rua Itália são altamente prováveis de ocorrer durante eventos de chuvas intensas. As fendas observadas são de um modo geral abertas e mostram rejeitos importantes, alguns de até 2 m de altura, o que significa condições favoráveis à infiltração de grandes volumes de água, dentro de um fenômeno que tende a se agravar e não mostra tendência de estabilizar a curto prazo. Este perigo não ameaça as moradias situadas abaixo da rua, uma vez que até esta data nenhuma delas foi atingida por lama ou blocos de rocha liberados na encosta acima.

## **Recomendações**

Recomenda-se à Prefeitura Municipal de Bituruna incorporar a Área de Risco do Morro da Antena ao Plano de Diretor do Município, na qualidade de Área de Preservação Permanente. Os limites desta Área de Risco envolvem setores da encosta destituídos de feições de instabilidade, de modo a evitar que a sua eventual ocupação induza a abertura de acessos diretos à Rua Itália, gerando cortes em colúvio instável ou produzindo focos de instabilidade em cortes e desaterros encosta acima.

Os moradores já instalados nos conjuntos residenciais Jaworski, Nalon e Mattioli não precisam ser removidos da área, porque as suas residências localizam-se a distâncias seguras das feições de instabilidade presentes na encosta (Foto 12). Basta a esses moradores manter vigilância sobre sinais de aparecimento de novas fendas ou deslizamentos, na encosta imediatamente acima das suas residências. Em caso de se verificar estas instabilizações no terreno, os moradores devem ser instruídos a comunicar à COMDEC e esta repassar a informação à MINEROPAR, para execução de novas vistorias.

Ao longo da Rua Itália, é urgente executar obras de contenção para evitar o avanço de lama sobre o leito de tráfego, tanto a que está acumulada ao pé de taludes escavados e deslizamentos próximos, quanto a que vier a ser liberada por futuros movimentos de massa. Os tipos mais adequados de obras a executar devem ser definidos por profissionais da engenharia civil, uma vez que esta competência não está afeta aos técnicos da MINEROPAR. Recomenda-se adotar as mesmas providências especificadas para o Morro de Santa Bárbara, no que diz respeito aos estudos prévios de engenharia para dimensionamento das obras.

A recomendação básica para estas sondagens é de executar uma malha de furos com espaçamento de até 40 m ao longo da Rua Itália e 3 furos em linha ao longo da propriedade do Sr. Jaworski, nos pontos BT-05, BT-13 e BT-14. A localização

desta linha deverá coincidir com uma sondagem da Rua Itália, para otimização da metragem a ser perfurada.

## **2. Morro de Santa Bárbara**

### **Descrição**

A gravidade das deformações no terreno na encosta sul do morro de Santa Bárbara está suficientemente caracterizada nos relatórios anteriores, datados de 18 de julho de 2013 e de 18 de junho de 2014. São acrescentadas aqui as evidências observadas na última vistoria, de 2 de julho p.p., que comprovam o progressivo agravamento da instabilidade geotécnica da encosta a cada evento de chuva intensa:

- manilhas da drenagem pluvial, que estavam apenas fendidas longitudinalmente, foram totalmente prensadas pelo avanço do barranco adjacente;
- falhas de empurrão apareceram na base do barranco, ao longo da Avenida Paraná, indicando o aumento das tensões até o ponto de romper o basalto alterado, que aparentava ser mecanicamente resistente, nas vistorias anteriores;
- aumento na amplitude (medida vertical) das ondulações e dos rejeitos das fendas com abatimento, ao longo da avenida e nas extensões laterais das fendas;
- abaulamento e fragmentação do corte em basalto alterado, na Avenida Paraná, abaixo da fenda principal;
- abertura de novas trincas acima da fenda principal;
- aumento das fendas e rachaduras existentes e surgimento de novas deformações nas edificações situadas entre a Avenida Paraná e a Rua Palmas, a ponto de torná-las impróprias à ocupação;
- aumento dos esforços e das deformações no terreno, acima da Rua Palmas, a ponto de danificar a casa 150 e deslocar a casa 126 por pelo menos 0,2 m sobre a rua.

Embora sem prejuízo para os diagnósticos já realizados, esta vistoria não confirmou o caráter rotacional do deslizamento da Avenida Paraná, aventado como hipótese de campo nas vistorias anteriores. A pequena espessura do colúvio sobre basalto alterado e a verificação de que a própria rocha está sendo

movimentada pelos esforços ao longo da encosta eliminam esta possibilidade. O deslizamento rotacional exige grande espessura de material geotecnicamente homogêneo para se desenvolver, o que não se comprova ao longo da Avenida Paraná.

### **Diagnóstico**

A reativação do deslizamento agravou a situação de risco das moradias situadas acima das ruas Antônio Coradim e Palmas, inviabilizando a ocupação da encosta devido ao risco muito alto de reativação da movimentação no terreno, que pode se acentuar a cada evento de chuva mais forte.

### **Prognóstico**

O fato de ter ocorrido reativação, cerca de um ano após o evento de 2013, justifica considerar a possibilidade de outras reativações, em consequência de chuvas, uma vez que as fendas encontram-se abertas e favorecem a infiltração ao longo do plano de rotação do deslizamento. Enquanto não forem executadas obras de correção e contenção da encosta, este perigo permanece como uma ameaça às moradias ao longo das ruas Antônio Coradim e Palmas, podendo estender-se para as quadras abaixo.

### **Recomendações**

Recomenda-se interditar, em caráter definitivo, todas as residências listadas no relatório de 18 de julho de 2013, que reproduzimos abaixo.

<b>Proprietário</b>	<b>Endereço</b>	<b>UTM E</b>	<b>UTM N</b>
Dirceu Soares da Silva	Av. Paraná, 335	444316	7106426
Dirceu Soares da Silva	Av. Paraná, 335 fundos	444316	7106426
Leandro Soares da Silva	Av. Paraná, sem número	444367	7106470
Rose Vieira	Av. Palmas, sem número	44358	7106425
Tereza Puchodengue	Av. Palmas, 32	444295	7106529
Marlene Puchodengue	Av. Palmas, 40	444290	7106533
Ivo Adão Karpinsky	Av. Palmas, 126	444305	7106416

A casa 150 da Avenida Palmas permanece em situação indefinida, por falta de condições para uma vistoria interna, até esta data. As fotografias analisadas durante a última vistoria, de posse da engenheira Jéssica Braga Franchin, Coordenadora da COMDEC, mostram danos importantes no piso e nas paredes da moradia. Entretanto, somente uma vistoria completa do terreno e uma

avaliação por profissional da engenharia civil podem confirmar se ela apresenta condições de segurança para obras de recuperação.

Na mesma rua, a casa 170 e a sede do Lar Espírita Dr. Adolfo Bezerra de Menezes são consideradas fora de risco, mas os ocupantes devem manter vigilância sobre sinais de instabilização nos cortes dos fundos. A primeira já sofreu danos no muro lateral, por pressão do barranco, mas a distância deste à residência é segura, sendo aproximadamente igual à altura do talude escavado. Além disto, os indícios de instabilização são mínimos, sem consequências para as edificações, até esta data.

As residências situadas abaixo das ruas Antônio Coradim e Palmas devem ser desocupadas apenas em períodos de chuva. Para garantia da integridade física dos moradores, recomenda-se que a desocupação ocorra antecipadamente, quando houver boletim meteorológico divulgado com previsão de chuvas de qualquer intensidade.

O mapa anexo apresenta os limites da Área de Risco, do ponto de vista geomorfológico. Esses limites são propostos para a definição de uma Área de Preservação Permanente, a ser incorporada ao Plano Diretor Municipal. Esta proposta visa o cumprimento da legislação ambiental vigente e a proteção da comunidade contra o agravamento das deformações no terreno, em consequência de futuros eventos de chuvas semelhantes às dos últimos anos. Os limites sul e oeste recomendados para a APP coincidem com as ruas Antônio Coradim e Palmas, respectivamente, seguindo a norte ao longo da Rua Waldacyr Cusin. O limite traçado ao longo da Rua Antônio Coradim estende-se até a esquina com a Rua Florindo Joaquim Bet. O restante do perímetro recomendado para a APP do Morro de Santa Bárbara acompanha parcialmente as curvas de nível que interligam os limites anteriores e a conformação natural do terreno.

Recomenda-se à Prefeitura Municipal executar estudo de engenharia para definir a extensão, o porte e as especificações de resistência mecânica para uma obra de contenção sobre a Rua Antônio Coradim, com o objetivo de sustentar possíveis deslizamentos de solo na encosta a montante e proteger as moradias a jusante. Ainda que sem o apoio de ensaios geotécnicos, as três vistorias realizadas pela equipe da MINEROPAR, em 2013 e 2014, permitir avaliar o alto nível dos esforços cisalhantes que estão sendo impostos à rocha e à cobertura de colúvio, acima desta rua e da Avenida Palmas, pelo seu deslocamento ao longo da encosta.

Os esforços atuantes na encosta do Morro de Santa Bárbara não devem ser subestimados, assim como não deve uma obra de engenharia para sua contenção ser executada sem a devida avaliação da resistência mecânica que deverá opor à movimentação do terreno. Esta avaliação deverá incluir sondagens

rotativas para investigar os níveis de solo e rocha, incluindo o grau de alteração intempérica e a densidade de fraturamento. Os furos de sonda deverão ser executados ao longo do limite superior da Rua Antônio Coradim e das Avenidas Palmas e Paraná, e não devem ter espaçamento maior do que 40 m. Outras especificações poderão ser discutidas oportunamente com a equipe técnica da Prefeitura e com os executores da obra.

Considerando que as encostas vistoriadas nos morros da Antena e de Santa Bárbara localizam-se dentro da área urbana e que outras encostas podem apresentar condições geotécnicas semelhantes, recomenda-se executar o mapeamento do meio físico para atualização do Plano Diretor Municipal, com inclusão destas áreas de risco, em cumprimento às disposições legais.

Curitiba, 10 de julho de 2014



Edir Edemir Arioli  
Geólogo CREA 5717-D/RS

## **ANEXO 1 - PONTOS DE CAMPO**

### **1. Morro da Antena**

#### **BT-01: 445273, 7106635**

Escarpa côncava com 8 m de altura e 50 de extensão, paralela à curva de nível, foi formada pelas chuvas de 1983, segundo informações dos representantes da Prefeitura Municipal. Morrote de blocos de basalto, no centro da área da escarpa é remanescente do movimento de massa, cuja matriz argilosa foi removida parcialmente por erosão. Vista geral da encosta com feições de deslizamentos é apresentada na Foto 1.

#### **BT-2: 445267, 7106614**

Limite norte da escarpa sem feições de reativação.

#### **BT-03: 445246, 7106606**

Limite inferior norte da escarpa.

#### **BT-04: 445244, 7106637**

Ponto central da base da escarpa. A extensão da escarpa para sul é aproximadamente a mesma medida entre este ponto e o anterior.

Logo abaixo, diversas fendas anastomosadas (entrecruzadas) e abertas, com até 20-30 cm de abertura e rejeitos de até 1 m, formam blocos lenticulares com até 10 m de largura e até 40 m de comprimento (Foto 2).

Φ Local favorável para execução de sondagem para verificar espessura do colúvio.

#### **BT-05: 445196, 7106624**

Junção de duas fendas abertas e com degraus de abatimento, sendo uma a mais extensa, mais aberta e com maior rejeito entre os blocos opostos, de até 0,8 m. O abatimento da fenda secundária é de até 0,3 m.

#### **BT-06: 445201, 7106643**

Limite sul da fenda principal, que é também a primeira formada abaixo da escarpa antiga, isto é, todas as demais situam-se abaixo desta, na encosta.

#### **BT-07: 445199, 7106664**

Limite oposto da mesma fenda, na divisa do terreno do Sr. Francisco Edgar Jaworski, em capo de matações, alguns dos quais apresentam perigo de rolamento devido à alta declividade.

**BT-08: 445188, 7106610**

Limite norte da fenda principal, que se torna fechada e sem rejeito nesta terminação.

**BT-09: 445184, 7106618**

Limite sul da fenda principal.

**BT-10: 445159, 7106632**

Limite norte da escarpa reativada recentemente, sobre o aprisco do Sr. Jaworski. A escarpa estende-se mais 20 m a norte, sem condições seguras de acesso.

**BT-11: 445152, 7106637**

Limite oposto da escarpa reativada, que se transforma em fenda com degrau de abatimento com rejeito inferior a 1 m.

**BT-12: 445164, 7106660**

Frente de bloco raso (lobo) de solo formado por pequeno deslizamento planar incipiente e raso, com largura de 10 m e altura de 0,8 m. Não há escarpa visível que permita medir o comprimento do deslizamento.

**BT-13: 445109, 7106626**

Aprisco da propriedade do Sr. Jaworski, a meio caminho entre o pé da escarpa subvertical, com pelo menos 15 m de altura, formada por movimentos de massa antigos e a moradia (Foto 3). A escarpa expõe colúvio fino, com poucos blocos de basalto dispersos. Vistoria na escarpa mostra que ela é formada por tálus de basalto, isto é, depósito de blocos com pouca ou nenhuma matriz argilosa. Não foram observados afloramentos de rocha maciça no local.

☉ Na base da escarpa, ao lado do aprisco, local favorável para execução de sondagem para verificar espessura do colúvio.

A declividade do terreno entre o aprisco e a moradia, que se encontra cerca de 50 m abaixo, é de pelo menos 25°, o que favorece o deslocamento de materiais fluidizados (água e lama) sobre a residência. A declividade média da encosta é de pelo menos 45°, indicando altos níveis de energia cinética podem ser liberados por movimentos de massa e aumentando o potencial destrutivo dos materiais em deslocamento.

**BT-14: 444989, 7106647**

Limite sul da casa do Sr. Jaworski, em terraço escavado.

**BT-15: 444930, 7106640**

Abaixo da moradia do Sr. Jaworski, uma ruptura do solo é visível logo acima da Rua Itália, onde várias residências foram interditadas pela Defesa Civil. Sobre a rua, talude escavado com pelo menos 12 m de altura, atrás de duas residências, com degraus de abatimento na extensão norte, o que indica reativação de fendas antigas. A situação local representa risco iminente para os moradores, em caso de chuvas intensas, isto é, quando houver previsão de chuvas acima de 150 mm/24 h.

Φ Acima da rua e na base do talude de 12 m, local favorável à execução de sondagem para verificar espessura do colúvio.

**BT-16: 444937, 7106812**

Deslizamento planar com árvores de grande porte caídas, escarpa com 2 m de altura e 10 m de extensão bem curva.

**BT-17 445020, 7106855**

Trilha de motocross sem movimentação do terreno no intervalo desde o ponto anterior. Deste ponto em diante, rumo ao topo da encosta, o solo torna-se mais pedregoso do que abaixo, onde o terreno é liso e firme. Sem indícios de movimentos de massa nos arredores. Laje de basalto logo acima comprova pequena espessura do colúvio.

**BT-18: 445101, 7106967**

Topo do morro, sem movimentação do terreno até aqui. Mais 100 m e a encosta vira para leste.

**BT-19: 444998, 7106986**

Escarpa vertical e antiga, com 8 m de altura, reativada em junho com árvores de grande porte caídas. Queda de blocos e desmoronamento na escarpa.

**BT-20: 445008, 7107014**

Limite norte da escarpa, com desmoronamento de solo e árvores caídas. Declividade abaixo: 30°. Matacões de 0,6-1,2 m de diâmetro rolados em pouca matriz de argila solta, inconsistente.

**BT-21: 444979, 7107022**

Canal aberto para desvio de água da chuva com dique a jusante, direção geral para N15°W. Cerca de 10 m a sul, fenda aberta paralela ao dique, seguindo-se outras paralelas, abertas e com abatimento, encosta abaixo até os fundos da igreja Assembléia de Deus.

**BT-22: 444963, 7107052**

Escarpa antiga com 2 m de altura e desmoronamento recente.

**BT-23: 444975, 7107118**

Limite da sul da Área de Risco do Morro da Antena, onde desaparecem feições de movimentação do terreno no limite do loteamento, atrás de moradia de 2 pisos sem número.

**BT-24: 445103, 7106814**

Da trilha de motocross até aqui o terreno é firme, pedregoso e sem indícios de movimentos de massa antigos ou recentes, com declividade de 30°.

**BT-25: 445130, 7106737**

Clareira aberta por moradores cerca de 200 m acima das casas da família Jaworski, sem sinais de movimentação antiga ou recente no terreno.

**BT-26: 445035, 7106778**

Sem sinais de movimentação antiga ou recente no terreno, que é pedregoso e firme.

**BT-27: 445050, 7106721**

Limite do mato atrás das casas da família Jaworski, sem sinais de movimentos de massa antigos ou recentes.

**BT-28: 455335, 7107136**

Vários cortes verticais e terraços horizontais em loteamento acima da Rua Itália, expondo colúvio raso (< 1 m) sobre saprólito (alteração de rocha) e basalto alterado, formando matacões arredondados de até 0,6 m. No piso do terraço superior há surgência de água com vazão constante da ordem de 20 L/min.

**BT-29: 445311, 7107139**

Eixo de vale aberto e raso sobre colúvio com pelo menos 4 m de espessura, matriz argilosa mais abundante do que blocos de basalto de até 0,6 m de diâmetro. Surgência de água sem vazão importante, somente poças em filete de água. Declividade da encosta acima: 15-18°.

**BT-30: 445417, 7107143**

Colúvio com 6 m de espessura aflorante, formado por matriz argilosa e poucos seixos de basalto e pedaços de geodos de quartzo. Aparentemente mais compacto e estável do que o colúvio dos arredores.

**BT-31: 445129, 7107158**

Limite norte de grande desaterro, com solo raso (0,8 m) sobre basalto maciço, com disjunção de até 0,8 m de espaçamento.

**BT-32: 445050, 7107122**

Corte de 8 m em colúvio raso (< 1 m) sobre alteração de basalto com blocos de até 0,6 m e alguns com até 1,2 m de diâmetro e argila preenchendo os espaços entre os blocos. Material visivelmente instável. Fundações de uma residência estão suficientemente longe do corte e evitam risco de danos, em caso de eventual desmoronamento. Declividade da encosta acima: 15°.

**BT-33: 444938, 7107000**

Fundos da igreja Assembléia de Deus com desmoronamento em corte vertical, com 6 m de altura, aberto em basalto alterado, cerca de 10 m distante da edificação e envolvendo-a completamente. Árvores de grande porte acima do corte aparecem inclinadas e caídas sobre o material desmoronado. Córrego passa 2 m atrás da igreja. O desmoronamento danificou edícula lateral à igreja, que foi demolida. Fendas no solo mostram movimentação do terreno. Grande volume de colúvio instável na encosta situada atrás da igreja.

**BT-34: 444888, 7106784**

Acesso às propriedades da família Jaworski, sobre a Rua Itália, com desmoronamento de 60 m em colúvio com matriz mais abundante do que blocos de basalto.

**BT-35: 444880, 7106655**

Deslizamento no colúvio e alteração de basalto interrompeu a rua por uma distância de 50 m.

**BT-36: 444886, 7106545**

Moradia de alto padrão construtivo, número 387 da Rua Itália, propriedade do Sr. Costacurta, com muro reforçado por mãos francesas nos fundos, rachado e com surgências de água em vários pontos. Calçada dos fundos da casa está ondulada e quebrada pela deformação.

**BT-37: 444883, 7106431**

Grande desmoronamento em corte com mais ou menos 100 m e até 10 m de altura, desde a casa 492 até a 525.

**BT-38: 444892, 7106349**

Limite norte da área de risco, no córrego que passa atrás da casa 563. A partir deste ponto para norte, a encosta torna-se mais baixa e suave, com declividade menor do que dentro da área de risco.

**BT-39: 445050, 7106262**

Conjunto residencial Mattioli, com cerca de 30 moradias e uma fábrica de bolas de madeira, sem movimentação no terreno, exceto desmoronamento formado por erosão de enxurrada na encosta acima das casas. Corte vertical de 8 m de altura e 40 m de extensão em colúvio com raros blocos de basalto de 0,3-0,6 m de diâmetro em matriz argilosa, compacta e homogênea, não apresenta sinais de erosão ou desmoronamento. Níveis de seixos acima da base indicam pelo menos dois fluxos de material na formação do colúvio.

**BT-40: 445141, 7106291**

Escarpa de erosão acelerada na cabeceira da drenagem, com desmonte de colúvio contendo blocos de basalto em matriz argilosa.

**BT-41: 444960, 7106535**

Acesso ao conjunto residencial Nalon, com 3 fendas fechadas oblíquas à rua de acesso, uma das quais danificou muro em pedras de basalto. Informações de moradores são de que a primeira apareceu durante as chuvas de 1992 e as outras duas em junho de 2014. As fendas estendem-se a sul, no terreno dos fundos da casa 387 da Rua Itália, onde há degraus de abatimento.

**BT-42: 444943, 7106560**

Nos fundos da casa 387 da Rua Itália, 3 degraus de abatimento com rejeitos de até 2 m, na mesma direção das fendas observadas no leito da rua de acesso ao conjunto residencial Nalon. As fendas e ondulações na rua são extensões laterais dos degraus de abatimento e aumentam com as reativações provocadas por eventos de chuvas mais intensas.

**BT-43: 445095, 7106488**

Final da Rua Eliseu Ravello, no conjunto residencial Nalon, com erosão abaixo de desmoronamento em corte vertical. Segundo informações dos moradores,

cacimba cortou 1,5 m de solo e 4,5 de alteração de basalto, indicando a pequena espessura da cobertura de colúvio no local.

**BT-44: 445102, 7106482**

Pequena feição de erosão acelerada, em cabeceira de drenagem, atingindo alteração de basalto e solo raso, dentro de plantação de pinus. Moradores informam que verteu água limpa durante a chuva, sem vazão na data da vistoria.

**BT-45: 445173, 7106464**

Topo de aclave com 45° desde o ponto anterior, sem feições de movimentação no terreno, que é pedregoso e sem solo visível. Terraço natural, aparentemente em topo de derrame de basalto.

**BT-46: 444282, 7106479**

Fenda aberta com abatimento na Avenida Paraná, denominada principal neste relatório.

**BT-47: 444314, 7106453**

Fenda principal.

**BT-48: 444246, 7106492**

Fenda principal.

**BT-49: 444066, 7106574**

Deslizamento planar com queda de solo e desenvolvimento de boçoroca por avanço acelerado da erosão.

**BT-50: 444256, 7106540**

Limite SE de fenda aberta com abatimento.

**BT-51: 444234, 7106523**

Limite NW de fenda aberta com abatimento.

**BT-52: 444014, 7106573**

Fenda aberta com abatimento.

**BT-53: 444387, 7106411**

Talude escavado sem sinais de instabilização.

**BT-54: 444323, 7106410**

Talude escavado sem sinais de instabilização.

**BT-55: 444285, 7106519**

Limite superior de talude com deformação.

**BT-56: 444312, 7106221**

Rua Waldacyr Cusin, proposta como parte do perímetro da Área de Risco do Morro de Santa Bárbara.

**BT-57: 444365, 7106345**

Terreno firme sem sinais de movimentação, mas bastante alterado por extração de madeira, aparentemente clandestina.

**BT-58: 444355, 7106380**

Terraço natural com trincas fechadas, extensões das formadas no terreno de Dirceu Soares da Silva.

**BT-59: 443922, 7106565**

Fenda aberta com abatimento de bloco.

**BT-60: 443923, 7106534**

Fenda aberta com abatimento de bloco.

**BT-61: 443826, 7106553**

Deslizamento planar com exposição do plano de contato entre dois níveis de solo com permeabilidades diferentes.

**ANEXO 2 - FOTOGRAFIAS DE CAMPO**

Foto 1. Vista da encosta oeste do Morro da Antena, com escarpas de deslizamentos reativados acima da Rua Itália.



Foto 2. Escarpa de deslizamento antigo, sem reativação, no topo do Morro da Antena.



Foto 3. Fendas abertas com degraus de abatimento, abaixo do topo do Morro da Antena.



Foto 4. Base da escarpa de deslizamento antigo, reativado em junho de 2014, atrás do aprisco da propriedade Jaworski.



Foto 5. Fenda aberta com degrau de abatimento, abaixo da residência do Sr. Jaworski e acima da Rua Itália.



Foto 6. A fenda da foto anterior, reativada cerca de 20 dias após cessadas as chuvas de junho de 2014.



Foto 7. Falha de empurrão em solo, que forma lobos de deslizamento sobre a superfície do terreno. Trata-se de feição secundária, resultante da dissipação dos esforços geradores das fendas, no mesmo local.



Foto 8. Corte em colúvio com nível de blocos de basalto na base do depósito, sobre alteração de rocha.



Foto 9. Corte nos fundos da igreja Assembléia de Deus, mostrando a predominância de argila sobre os blocos de basalto, acima da Rua Itália.



Foto 10. Deslizamento planar acima da Rua Itália, no início da trilha de motocross. Os blocos angulosos e são de basalto indicam que o maciço rochoso foi deslocado pela energia liberada na movimentação do colúvio.



Foto 11. Talude escavado sem proteção, na Rua Itália.



Foto 12. Segmento da meia encosta com declividade média, no conjunto residencial Jaworski, local distante de feições de movimentação no terreno.



Foto 13. Esquina da Avenida Paraná com Rua Palmas, com bloco alçado em primeiro plano e escarpa principal do deslizamento rotacional acima do terceiro poste de iluminação.



Foto 14. Escarpa principal do deslizamento rotacional, com bloco rebaixado em primeiro plano. Uma trinca fechada, paralela à escarpa principal, é visível alguns metros acima.



Foto 15. Bloco rebaixado e fragmentado abaixo da fenda principal.



Foto 16. Fenda reativada no acesso à moradia do Sr. Dirceu Soares da Silva, associada à fenda principal da Avenida Paraná.



Foto 17. Fenda aberta, extensão da mostrada na foto anterior, isola a casa do Sr. Dirceu sobre cunha instável do terreno.



Foto 18. Vista oposta da mesma fenda, mostrando a gravidade da movimentação que se mantém ativa no terreno da moradia.



Foto 19. Abatimento no piso da varanda na casa de Leandro Soares da Silva, em junho de 2013.



Foto 20. Agravamento dos danos na casa de Leandro Soares da Silva, em junho de 2014.



Foto 21. Fenda com abatimento no limite do aterro, sob a casa 32 da Avenida Palmas.



Foto 22. Abaulamento e deslocamento do corte em solo e rocha alterada, na Avenida Paraná, deformação inexistente em junho de 2013.



Foto 23. Rompimento longitudinal da meia-manilha na drenagem da Avenida Paraná, em junho de 2013.



Foto 24. Destruição da meia manilha na drenagem da Avenida Paraná, por empurrão lateral do barranco da foto 22, em junho de 2014.



Foto 25. Abaulamento do leito da rua por efeito de empurrão lateral do solo e da rocha alterada, demonstrando a grande energia envolvida na deformação da encosta.



Foto 26. Pequeno deslizamento planar nos fundos da última casa da Rua Benjamin Stanguerlin.



