

MINEROPAR[®]
MINERAIS DO PARANÁ SA

F
574.2
P 386r

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DA ÁREA ACIDENTADA DO OLEODUTO PARANAGUÁ-ARAUCÁRIA

Atendendo solicitação do IAP e determinação desta Diretoria, visitamos a área onde ocorreu a ruptura do duto da Petrobrás que interliga o Porto de Paranaguá à REPAR em Araucária, que provocou um vazamento, admitido pela Petrobrás, de 50.000 litros de óleo diesel, com conseqüências danosas ao meio ambiente que se estenderam até a baía de Antonina (rio do Meio, rio Sagrado, rio Nhundiaquara).

A visita, realizada em duas etapas, respectivamente as tardes dos dias 21 e 22 de fevereiro p.p. teve como objetivo primeiro avaliar as condições geológicas-geotécnicas do local com vistas a possível identificação das causas que deram origem ao acidente, dado que fontes diversas, e inclusive a própria PETROBRÁS, formularam e/ou divulgaram hipóteses diversas e até estapafúrdias.

O segundo objetivo, mas igualmente fundamental, era avaliar se as providências que estavam sendo adotadas eram compatíveis e adequadas ao momento e às condicionantes geológico-geotécnicas do sítio atingido.

1. Localização

O local do acidente está situado ao norte do km 36 da BR-277/PR, trecho Paranaguá-Curitiba, nas cabeceiras no rio do Meio, com acesso por estrada rural existente, num percurso acidentado de 2,4 km de extensão. O acidente se verificou bem próximo do cruzamento do duto sob esta estrada. (Figura 1 – Mapa de Localização)

2. Aspectos Ambientais

A área localiza-se na altitude aproximada de 250m s.n.m sobre terrenos que fazem parte do grande domínio morfo-estrutural da Serra do Mar.

A densa floresta tropical, característica da Serra do Mar, não está presente no local, tendo sido substituída, em período anterior à implantação do oleoduto, por campos antrópicos, de usos diversos, como por exemplo pastagem, cultura da banana, da cana e do milho.

BIBLIOTECA
MINEROPAR

Registro n. f1301



Biblioteca/Mineropar

MINEROPAR
BIBLIOTECA
Reg. F1301 Data 07/10/14

O relevo pode ser caracterizado como montanhoso, com vales bem encaixados e encostas íngremes convexo-retilíneas, ou retilíneas-côncavas, em locais escorregados/coluvionados (Foto 1).

A precipitação pluviométrica na região, historicamente (1922-1997), apresenta índices mensais que raramente ultrapassam 200 *mm*, mas dificilmente baixam de 100 *mm*, o que configura um quadro de alta pluviosidade com média anual próxima de 1800*mm*. As chuvas mais intensas, normalmente, ocorrem entre os meses de dezembro e março, mas também ocorrem chuvas excepcionais em outros meses como por exemplo em agosto e setembro de 1998 onde a média mensal ultrapassou 250 *mm*. Chuvas mensais excepcionais superiores a 500 *mm* também já foram registradas, na série histórica mencionada.

A forma do relevo da Serra do Mar tem uma condicionante lito-estrutural determinante, cuja evolução depende de outros condicionantes exógenos, cuja importância relativa varia ao longo do tempo e que vão determinar o tipo e espessura da cobertura edáfica, o padrão de escoamento da drenagem superficial e profunda atual e, também, as características do meio-biótico.

Os agentes exógenos principais na evolução desta paisagem são:

- a pluviosidade e seu padrão de distribuição;
- a temperatura e as amplitudes térmicas;
- a força da gravidade.

É inevitável considerar a ação do homem, no período pós revolução industrial, como um agente geológico importante na modificação da paisagem ou como agente indutor — acelerador ou retardador — de determinados processos naturais.

3. Caracterização das Áreas Instáveis

A tendência normal dos agentes geológicos que esculpem a paisagem é erodir as partes altas dos terrenos e depositar o produto nas áreas baixas, utilizando diferentes agentes de transporte quais sejam água, vento, geleiras, gravidade.

Nos terrenos das regiões serranas as encostas apresentam grandes declividades que em média superam os 35%, mas localmente ultrapassam 100% em diversas ocasiões. Esta condição submete os solos de cobertura a grandes tensões que os levam a se deslocar em lentos movimentos de fluência encosta abaixo.

Adicionalmente, nas encostas da Serra do Mar encontram-se depósitos coluvionais – também denominados de depósitos de gravidade – formados pela deposição de material transportado encosta abaixo, como produto de escorregamento e desmoronamento ocorridos acima. Tais materiais são depositados sem qualquer tipo de compactação ou adensamento, estando em estado fofo, com fendas abertas, e tem baixa resistência, além de serem muito heterogêneos, contendo blocos, matacões e fragmentos de rocha em meio a massa de solo argiloso.

Como são depositados em seu ângulo de repouso natural, estão numa posição de equilíbrio-instável, de modo que qualquer alteração de suas condições pode reativar e/ou acelerar a sua movimentação. A principal causa na deflagração do movimento é a água uma vez que a saturação destes solos reduz a sua resistência a praticamente zero, tomando os colúvios instáveis e dando origem a deslocamentos cuja velocidade depende das condições do material, da chuva, ou aporte de água à massa coluvial, e da topografia da encosta.

3.1 – Tipos fundamentais de escorregamento

Os escorregamentos podem ser agrupados em quatro tipos fundamentais:

- Movimento visco-plásticos lentos, desde simples rastejos até movimentos dos “talus” deflagrados por escavações em seus pés;
- escorregamentos ao longo de superfícies bem determinadas de rupturas, desde os deslizamentos planares de camadas superficiais de encostas muito inclinadas até rupturas rotacionais profundas que se dão preferencialmente no topo dos morros, onde as espessuras dos solos de alteração de rocha são mais profundas;
- escorregamentos de rocha, desde os deslizamentos de cunhas ou placas de rochas, ao longo de superfícies de fratura ou descontinuidade, até o escorregamento de maciços rochosos muito fraturados, ou a queda de grandes blocos de rocha;
- avalanches ou corridas de lama, por completa liquefação de camadas terrosas superficiais, ou por grandes massas de lama e blocos de rocha (corridas de detritos).

Os escorregamentos rotacionais são típicos de maciços em solo ou colúvios, mas em encostas íngremes, como é o caso da Serra do Mar, por exemplo, esses maciços podem ter escorregamentos translacionais, ou associar uma ruptura rotacional na “cabeça” do maciço com a subsequente translação do corpo.

A incidência de chuvas prolongadas ou intensas é um dos fatores principais de instabilização provocada pela saturação do solo. Esta condição pode ser potencializada por condições onde o escoamento superficial está prejudicado associado, ou não, a sulcamento e ravinamento por erosão e/ou mau uso do solo.

A velocidade dos movimentos de rastejo, considerados lentos, medem-se na escala dos centímetros por ano, variando desde alguns centímetros por ano até alguns decímetros por ano.

A deflagração de um movimento de rastejo, bem como do incremento da velocidade de deslocamento de uma massa em processo de rastejo, geralmente deve-se a um conjunto de fatores predisponentes, dos quais, sem dúvida a chuva é o fator preponderante.

A intensidade das chuvas pode ser relacionada a períodos de retorno, ou seja a intervalos de tempo que uma determinada intensidade de chuva tem probabilidade de ocorrer. Logicamente, com o aumento das intensidades, também aumentam os períodos de retorno em termos estatísticos, com menor probabilidade de ocorrência.

Existem autores que estabelecem equações que relacionam a deflagração das instabilidades com a precipitação pluvial acumulada num determinado período de tempo, sendo este o melhor índice para monitorar a probabilidade de ocorrência deste tipo de evento geológico.

Existe extensa bibliografia especializada versando especificamente sobre o tema, sendo o Brasil detentor de notável acervo tecnológico sobre este tipo de evento, dado que as regiões mais desenvolvidas do Brasil estão situadas no entorno da Serra do Mar, sendo a experiência acumulada bastante significativa e consolidada.

4. O Local do Acidente

O local onde rompeu a tubulação do oleoduto enterrado da Petrobrás, está localizado nas cabeceiras do Rio do Meio, e constitui-se de um corpo coluvial, cuja história está razoavelmente registrada em fotografias aéreas antigas e nas cicatrizes de cisalhamento existentes (Foto 3 e Figura 2).

Apresenta, tipicamente, declividades elevadas na área próxima a sua “cabeça” onde as superfícies de cisalhamento rotacional estão bem evidentes (Foto 2) demonstrando a atividade do evento e declividades moderadas na zona do corpo que busca o perfil de equilíbrio, através de lentos movimentos de rastejo. Apresenta, também, surgências d’água junto à cicatriz no topo do escorregamento, cujo escoamento superficial se faz por valetas escavadas manualmente e não revestidas, conduzindo as águas até as linhas de drenagem naturalmente estabelecidas.

A deposição inicial deste corpo coluvial constitui-se num evento geológico anterior a implantação do oleoduto, e com toda certeza tem-se mantido em movimento lento, intercalado com períodos de inércia segundo as condições de precipitação pluviométrica, de infiltração, de escoamento superficial das águas, de evapo-transpiração e de uso e ocupação do solo.

Portanto, o projeto de implantação do oleoduto em sua fase de estudos topográficos, geológicos e geotécnicos deve ter assinalado a presença deste, como de numerosos outros corpos de colúvio ocorrentes nesta parte da Serra do Mar.

Também, é improvável que ao longo dos últimos 25 anos, desde a implantação desta dutovia, esta tenha sido a primeira vez que o corpo coluvial tenha manifestado instabilidade.

5. O Acidente

Do ponto de vista holístico-ambiental o grande acidente, com consequências graves, foi o vazamento do óleo diesel com larga distribuição sobre o meio ambiente natural através da rede de drenagem, até a Baía de Antonina, com repercursões tanto sobre o meio físico como o biótico.

Entretanto, o “rasgamento” da tubulação que permitiu o vazamento do óleo teve sua origem, sem sombra de dúvida, no aumento da velocidade de rastejo do corpo de colúvio com o consequente aumento do deslocamento/deformação das massas do solo, provocando excessiva tensão de tração na tubulação até a sua ruptura, fato reconhecido pelo Engenheiro Alvaro do CENPES/PETROBRÁS, especialista da empresa, presente na área, durante a visita de inspeção do dia 21/02.

Esse processo não ocorreu de uma só vez, como num estalo.

De fato o projeto do oleoduto deve contemplar a possibilidade de tais movimentos lentos incidirem sobre o conjunto da tubulação enterrada no corpo dos colúvios existentes na Serra do Mar, bem como especificar parâmetros aceitáveis e críticos para os deslocamentos relativos e absolutos, tanto para o contato solo/tubulação, como para o contato solo autóctone/ solo em rastejo.

As relações de tensão e deformação entre a massa de solo coluvial e a tubulação de aço são extremamente complexas, de difícil caracterização, e não resta dúvida que ao mesmo tempo que a tubulação de aço enterrada no colúvio exerce um fator estruturante na massa de solo, a obra de instalação desta estrutura estabelece superfícies e canais preferenciais de percolação de água e/ou de escorregamento solo/aço.

Os locais, fora das massas coluviais, onde a tubulação está assentada diretamente em solos de alteração, devem funcionar como pontos de ancoragem da linha de tubos, sendo mais resistentes às deformações e aos movimentos relativos solo/aço.

Como acidente geotécnico, o movimento apresentado tem pequena expressão, e nem ocorreu de uma só vez, tendo sido resultado de sucessivas manifestações de aceleração dos movimentos de rastejo, que pelas iniciativas tomadas pela PETROBRÁS, e outras evidências, tiveram seu início, pelo menos, em meados do ano passado (junho de 2000):

- A PETROBRÁS nesta época contratou e mandou executar mapeamento geotécnico da área, e projeto de prevenção/estabilização inclusive com instalação de uma série de piezômetros e inclinômetros com vistas ao monitoramento da evolução do rastejo. (Foto 6)
- O sistema de drenagem superficial da área de montante fora da servidão foi desobstruído e melhorado, manualmente, enquanto que o sistema dentro da área de servidão a jusante do rompimento foi refeito e/ou melhorado com o revestimento das sarjetas e canaletas em argamassa de cimento.
- A existência de inúmeras trincas de cisalhamento, distribuídas na área de montante, cujo grau de oxidação e preenchimento das superfícies cisalhadas indicavam eventos de diferentes idades, inclusive alguns bem recentes que devem ter culminado com o rompimento da tubulação.

Após o acidente, a inspeção do local revelou que o sistema de drenagem superficial da faixa de servidão, constituída essencialmente por canaletas revestidas de argamassa, era relativamente recente (estado de oxidação da superfície da argamassa) e encontrava-se cisalhado e deslocado em inúmeras posições.

Não nos foi possível determinar a época dessas rupturas, isto é, se elas ocorrem antes ou depois que a PETROBRÁS providenciou a instalação dos dispositivos de monitoramento do sítio.

Por outro lado, a informação corrente no canteiro era de que o oleoduto não estava em operação no momento do acidente. O que não ficou claro é se o *momento* considerado foi o de detecção do local onde se deu o rompimento, ou o *momento* onde o sistema de segurança operacional do oleoduto registrou os primeiros sinais de perda de pressão (o aparecimento das primeiras fissuras da tubulação, precursoras do rompimento propriamente dito).

6. Sobre as Medidas Corretivas Adotadas

Evidentemente, como a PETROBRÁS dispunha em mãos do estudo/projeto de estabilização elaborado em meados do ano anterior, no momento da ocorrência ela dispunha do diagnóstico do fenômeno e imediatamente contratou os serviços necessários à execução do projeto. Tanto é assim que no dia 21/02, cinco dias após o evento, estavam mobilizadas equipes e equipamentos para obras de drenagem profunda do maciço e instalação de equipamentos adicionais de monitoramento (Foto 7).

As medidas adotadas são procedentes e visam essencialmente impedir a saturação dos solos argilosos e garantir a permanência das tensões de sucção que desenvolvem a coesão neste tipo de depósito.

Estão previstos cerca de 1500m de drenos sub-horizontais, além das obras de drenagem superficial e de proteção contra a erosão e paisagismo.

Mesmo sem ter tido acesso ao projeto, a entrevista com o técnico da PETROBRÁS, revela que o evidente conhecimento do fenômeno e de sua evolução fundamentou um projeto que, dentro da tecnologia atual, responde às necessidades de estabilização.

Durante esta inspeção/entrevista não ficaram evidentes os critérios adotados no gerenciamento do risco geológico (monitoramento) e as consequências sobre a gestão do risco ambiental envolvido na operação de um oleoduto.

7. Riscos Geológicos e Riscos Ambientais

O risco geológico é definido como uma situação de perigo, perda ou dano ao homem e as suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processo geológico, induzido ou não.

A ocorrência de um fenômeno geológico pode ou não gerar perdas e danos. No primeiro caso ele é chamado de acidente e no segundo de evento.

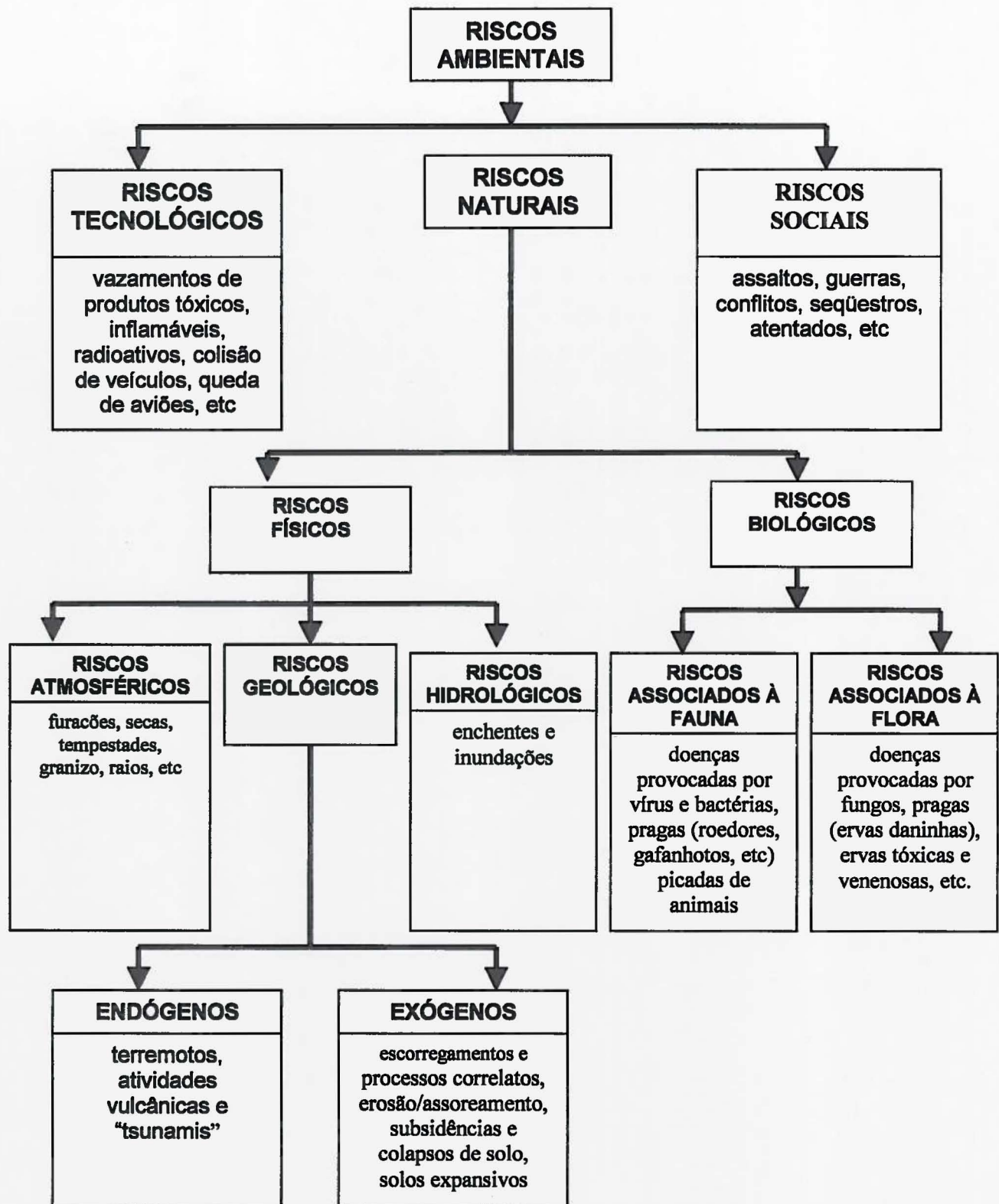
A suscetibilidade de uma área com relação a determinado evento geológico caracteriza a possibilidade de sua ocorrência (evento) enquanto que o risco envolve a possibilidade de que o fenômeno seja acompanhado de danos e perdas (acidente).

No Brasil, historicamente, os escorregamentos e processos correlatos (rastejo, corridas de lamas etc), correspondem aos acidentes geológicos que acarretam mais perdas e danos.

Há inúmeras formas de classificar os riscos. Uma delas tendo por base situações potenciais de perdas e danos ao homem, considera os riscos ambientais como a classe maior dos riscos, subdividindo-os em classes e subclasses, conforme se expressa na figura anexa.

Da análise desta figura fica claro que a operação de um oleoduto envolve uma gama de riscos que podem se desdobrar e se refletir em outras classes e subclasses, indicando a necessidade de multiplicar a atenção e a implantação de ações para redução da possibilidade de ocorrência de acidentes, bem como de suas conseqüências. Estas ações, segundo a ONU, obedecem a um modelo estruturado em cinco etapas:

- identificação dos riscos;
- análise do risco;
- medidas de prevenção de acidentes;
- planejamento para situações de emergência;
- informações públicas e treinamento.



Classificação de riscos, com destaque para os riscos de natureza geológica (Cerri e Amaral, in Geologia de Engenharia, ABGE, 1998).

É neste nível de gestão do risco ambiental que parece residir a principal causa do acidente ocorrido no oleoduto, com as conseqüências ambientais/tecnológicas conhecidas.

Por exemplo, a instalação de piezômetros e inclinômetros na área movimentada, aparentemente não contava com o necessário suporte de um plano de monitoramento calçado no principal fator condicionante dos escorregamentos. Além da medida inicial, realizada por ocasião da instalação dos dispositivos, somente uma medição foi realizada durante o mês de outubro de 2000.

8. Gerência de Riscos Geológicos/Ambientais

Segundo George Head, um dos maiores especialistas em gerenciamento de seguro em grandes obras, "Gerência de Risco" é um processo de planejar, organizar, dirigir e controlar os recursos humanos e materiais de uma organização no sentido de minimizar os efeitos dos riscos ao mínimo custo possível.

A gerência de risco é, portanto, um conjunto de técnicas que visa reduzir ao mínimo os efeitos das perdas acidentais, sem causar danos aos funcionários, empresas e meio ambiente.

A sugestão óbvia, como conclusão do até aqui exposto, é que da PETROBRÁS seja exigido, além de outras cominações cabíveis, a apresentação de um Plano de Gerenciamento do Risco Ambiental da operação do oleoduto, com discriminação de todos os locais gravados com riscos geológicos atuais.

Curitiba, 02 de março de 2001.

/

Geólogo Elbio Pellenz
CREA-SP 26.960-D

Geólogo Rogério da Silva Felipe
CREA-PR 6386-D

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

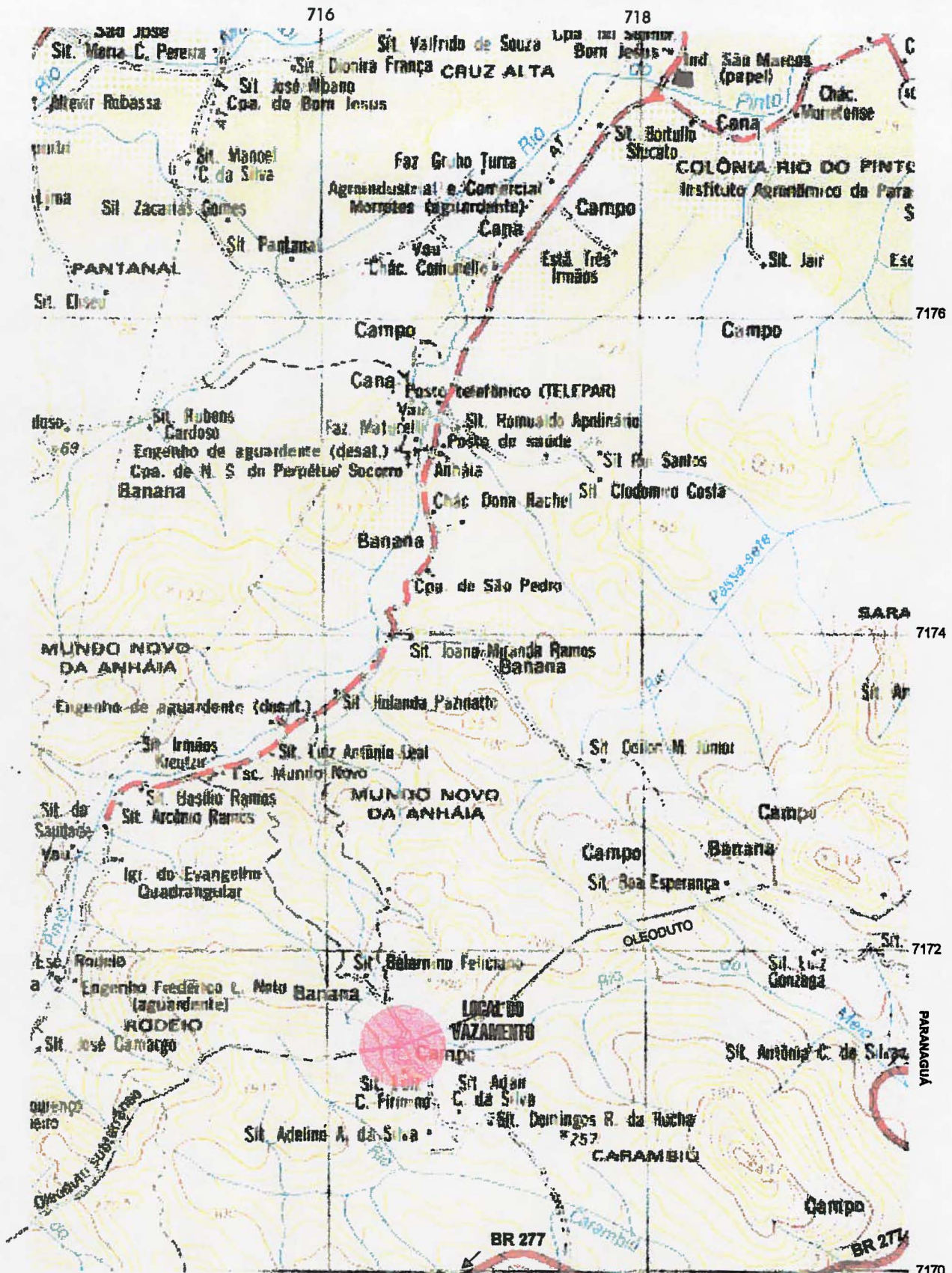


figura 01

CURITIBA

FOLHA SG.22-X-D-V-1 - MUNDO NOVO
ESCALA 1:50.000 - IBGE - 1992

**FOTOINTERPRETAÇÃO DAS CICATRIZES DO TERRENO
DEIXADAS PELOS DESLIZAMENTOS DE TERRA NO LOCAL
DO ACIDENTE E ARREDORES**

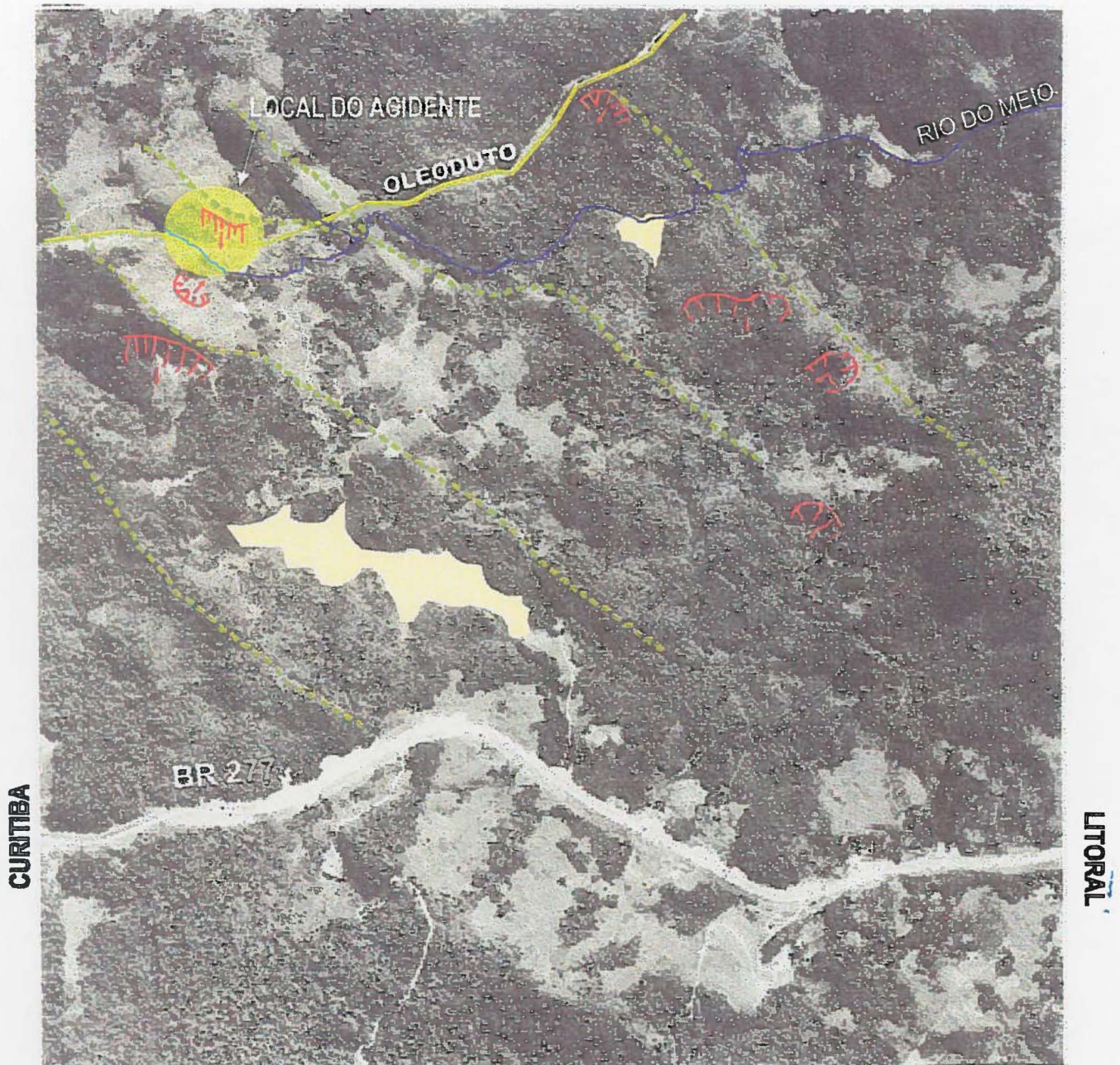






FIGURA 02

FOTOGRAFIA AÉREA 1:25.000 DA AEROSUL S.A - 1980

-  ALUVIÃO
-  DIQUE DE DIABÁSIO
-  COMPLEXO GNAISSICO - MIGMATÍTICO
-  FEIÇÕES NATURAIS DE ESCORREGAMENTOS (CICATRIZ) COM INDICAÇÃO DO MOVIMENTO



DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



FOTO 01

Vista geral do sítio, com destaque para a paleo-cicatriz, localizada ao lado da área acidentada, evidenciando a completa remoção da vegetação original, característica de todo o entorno da área acidentada.



FOTO 02

Vista da cicatriz principal do escorregamento na cabeça do corpo coluvial em que está instalado o duto rompido.



FOTO 03

Vista panorâmica do corpo de colúvio desde o topo do morro, podendo ser avistado ao fundo o local onde ocorreu o vazamento.



FOTO 04

Surgências de água no topo do escorregamento, as quais são aproveitadas pelos moradores locais como fonte de abastecimento domiciliar.



FOTO 05

Início das obras de recuperação do duto rompido. Registre-se a surgência de água a esquerda do duto e a necessidade de escoramento da cava, apesar da pequena profundidade da cobertura da tubulação (aproximadamente 1,7m).



FOTO 06

Vista parcial do corpo de colúvio, destacando-se as cicatrizes de escorregamento, um inclinômetro e um piezômetro instalados em meados do ano 2000.



FOTO 07

Tubos de PVC de 2 polegadas revestidos com tela de nylon para serem utilizados nos drenos profundos sub-horizontais em instalação na área do evento.



FOTO 08

Estrada de acesso ao local do acidente, onde se destaca a inclinação excessiva do poste de energia elétrica, decorrente do tracionamento sofrido pela fiação a partir de outro poste deslocado pelo rastejo.



GOVERNO DO
PARANÁ

**SECRETARIA DA INDÚSTRIA
DO COMÉRCIO E ASSUNTOS DO MERCOSUL**