

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS- GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

**ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE VOÇOROCAS NA RODOVIA AM-010, NO  
AMAZONAS.**

Bolsista: Miriliane Judite dos Santos Fernandes, FAPEAM

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fabio Sabbá Guimarães Vieira

Manaus

2013

Relatório Final

**ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE VOÇOROCAS NA RODOVIA AM-010, NO  
AMAZONAS.**

Manaus

2013

## **RESUMO**

Este projeto apresenta a proposta de analisar a ocorrência de voçorocas na rodovia AM-010 no município de Itacoatiara região metropolitana de Manaus. Motivo principal da pesquisa é pelo fato das incisões erosivas na Amazônia esta diretamente ligada à construção de estradas o que causa danos ambientais principalmente assoreamento de igarapé. Desta forma o presente projeto apresenta a localização geográfica das voçorocas cadastradas na rodovia a morfometria assim como a capacidade de penetração e infiltração da água no solo e valores de custo para recuperação de cada voçoroca para construção civil.

**Palavras-Chaves:** Voçorocas. Estrada. Amazonas

**SUMÁRIO**

1-INTRODUÇÃO.....	0.5
2- OBJETIVOS.....	0.9
3-FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	10
4- PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS.....	13
5- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	16
6-RESULTADOS E DISCURSÃO.....	21
7-CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
8- CRONOGRAMA.....	49
9-REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	50

## 1-INTRODUÇÃO

Segundo Rodrigues (1995) do ponto de vista técnico a ação progressiva da erosão, no caso específico de rodovias, pode provocar situações de interrupção de tráfego, acidentes de conseqüências imprevisíveis, assim como dificultar as soluções de caráter corretivo. Dessa forma a erosão tem ocasionado assoreamento dos leitos das rodovias, obstrução dos sistemas de drenagem e pode provocar estabilização de taludes, condicionando até mesmo movimento de massa e contribuindo para a degradação maior da paisagem.

Para compreender o processo de erosão de acordo com Guerra (1993) a erosão é a distribuição física das estruturas do solo e seu carregamento, consistindo num processo natural e importante para formação do relevo, que pode ser provocado pela chuva, vento entre outros. Para Boegli (1980) a verdadeira origem da erosão está no fato da infiltração deficiente de água no solo.

Para Stein (1995), as atividades humanas constituem o principal fator na deflagração dos processos erosivos. Segundo Goudie (1995) o homem tem sido responsável pela aceleração das taxas de sedimentos que são removidos das encostas, de varias maneiras, onde são depositadas nas áreas mais deprimidas e nos rios, lagos, baias e reservatórios, causando o assoreamento e poluição desses corpos líquido.

O principio para evolução da erosão natural e acelerada, se da desde o impacto inicial, causado por desmatamentos, há uma ruptura no equilíbrio natural do meio físico. A erosão normal, própria da evolução da paisagem, dá lugar á erosão acelerada, resposta incontinenti de um meio em busca de nova condição de estabilidade, Stein (1995).

Esta ocorrendo uma serie de impactos no solo, como feição erosiva chamadas de sulcos, ravinhas e incisões erosiva do tipo voçorocas, a erosão pode ocorrer em dois grupos: a erosão normal e acelerada, para compreender esses processos procurou-se partir das principais causas que a erosão provoca no meio urbano e rural e como objeto de estudo nas rodovias.

A erosão em áreas rurais ocorre na medida em que ocorrem grande extensões desmatadas para agricultura, ou pecuária, as taxas de erosão começam a aumentar muito rápido principalmente em terrenos que são deixados descobertos durante uma boa parte do ano ou naquelas áreas onde há o super pastoreio, aumentando a densidade do solo,

com o excessivo pisoteio do gado, o que facilita para erosão acelerada, Guerra e Mendonça (2004).

A erosão urbana é um grande problema nos Estados, pois tem um poder destrutivo, promovendo situações de risco à população, ameaça habitações e equipamentos públicos. Os sedimentos produzidos pelas erosões provocam o assoreamento dos reservatórios e cursos d'água, com conseqüente perda da capacidade de armazenamento e causando inundações nos períodos de chuvas intensas Kertzman (1995).

Segundo Goudie (1990-1990) citado por Guerra e Mendonça (2004) a erosão urbana ocorre durante a face de construção de uma cidade, quando há uma grande quantidade de solo exposto, além de muita perturbação no terreno, devido à movimentação de máquinas e escavações e as taxas erosivas, nas áreas recém desmatadas para a construção de cidades, podem ser maiores, em apenas um ano, do que as taxas erosivas há décadas, nos solos agrícolas.

Para compreender o motivo de analisar a ocorrências de erosão nas rodovias segundo Rodrigues (1995) se dá durante a construção, onde o problema mais freqüente é a seqüência lógica das obras, quando a terraplenagem é feita deixando a implantação da drenagem e da proteção vegetal superficial para uma face posterior. Que seriam as áreas de empréstimo e depósito de material excedente (bota foras), ficam relegados para segundo plano, sem os devidos cuidados.

É de grande importância ressaltar como se dá o início do processo erosivo até chega ao estudo que o projeto visa analisar no decorrer da pesquisa. O início do processo erosivo se dá com ação do salpicamento que dificulta a infiltração, formando poços nas irregularidades (microrravinas) existentes no topo do solo. As poças podem ser rompidas por dois mecanismos: transbordamento, quando a água ultrapassa o obstáculo, situado a jusante da poça, ou pelo próprio volume de água, que consegue romper o obstáculo, situado a jusante. Dando início ao escoamento superficial (Morgan, 1986; Goudie, 1990; guerra, 1999 e 2001) citado por Guerra e Almeida 2004.

A princípio, o escoamento de água tende a ser difuso, ou seja, nesse estágio não há concentração de fluxo em canais, provocando uma erosão em lençol. As próprias irregularidades existentes no terreno podem provocar a formação de um fluxo linear que irá evoluir para microrravinas e, posteriormente, para microrravinas com cabeceiras. Esta seqüência pode evoluir para o desenvolvimento de bifurcações, através dos pontos

de rupturas das ravinas dando origem a novas ravinas, que vão recuando em direção ao topo das encostas, podendo dar origem a uma rede de ravinas, ocupando praticamente toda encosta (Merritt, 1984; Guerra, 1999 e 2001) citado por Guerra e Almeida.

À medida que o fluxo de água canalizada nas ravinas continua aprofundando e alagando essas feições erosivas, ele pode dar origem a voçorocas, que são características erosivas relativamente permanentes nas encostas. As mesmas possuem paredes laterais íngremes e, em geral, fundo chato, ocorrendo um fluxo de água no seu interior, durante os eventos chuvosos (Morgan, 1986; Oliveira, 1999; Guerra, 1999 e 2001) citado por Guerra e Almeida.

As voçorocas podem também se originar a partir do escoamento sub-superficial, através da formação de dutos (*pipes*), que podem ser responsáveis pela remoção de uma grande quantidade de sedimentos, aumentando o diâmetro desses dutos. Pode, dessa forma, ocorrer o colapso do teto desses dutos, dando origem a uma voçoroca Guerra e Almeida (1993)

Enquanto houver material disponível e pontos de rupturas, o escoamento superficial concentrado continua a aprofundar e alargar as voçorocas, que recuam em direção ao topo da encosta. Uma série de pequenos movimentos de massa ocorre nas laterais e cabeceiras das voçorocas, contribuindo para o seu avanço, que pode cessar, por causas naturais, quando tais feições erosivas atingem o lençol freático ou o substrato rochoso. O avanço desse processo erosivo pode causar o estabelecimento de uma rede de voçorocas conectadas e desconectadas na paisagem, denominadas *bad lands* pela literatura internacional. As voçorocas podem atingir as áreas rurais e urbanas, causando uma série de danos e prejuízos, alguns deles de caráter irreversível Guerra e Almeida (1993).

Entre tantos problemas ambientais que o planeta Terra está passando fica claro a influência que a erosão tem causado nesses últimos tempos e, continua frequente principalmente no Brasil, dessa forma é muito importante o seu estudo, para que se possa controlar e conter esse problema bem como recuperar as áreas já atingidas para amenizar os danos ambientais.

Partindo da importância do estudo e controle de erosão o presente projeto apresenta a proposta de analisar a ocorrência de voçorocas na rodovia AM-010 no município de Itacoatiara região metropolitana de Manaus ligado ao projeto aprovado pelo CNPq em 2011, ***Impactos ambientais decorrentes de voçorocas em rodovias no***

*Amazonas*, que busca determinar as causas das ocorrências de voçorocas e estimar um grau de evolução.

Na Amazônia a ocorrência das incisões erosivas está diretamente ligada à construção das estradas o que traz danos ambientais, principalmente no que se refere ao assoreamento de igarapés. Esse fato ocorre na base de exploração petrolífera do Urubu (AM) onde diminui a lamina d' água o que compromete os níveis atuais de navegação. Dessa forma a análise da ocorrência de incisões erosivas do tipo voçorocas e o cadastramento da mesma é muito importante para contenção e recuperação dessas áreas degradadas (VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004). Deve-se lembrar ainda que durante as fases de projeto, construção e conservação da rodovia, a preocupação dominante é a recuperação e proteção apenas do corpo da estrada nos limites da faixa de domínio, desprezando inteiramente os efeitos que a erosão causa nas regiões vizinhas Rodrigues (1995).

Realizando o cadastramento das incisões erosivas do tipo voçoroca será preciso responder algumas questões referentes a esse processo erosivo: 1) Levando em consideração que a rodovia AM-010 passa sobre numerosos cursos d'água e apresenta diversos cortes nos interflúvios, qual o papel do seu traçado na deflagração de voçorocamentos? Essa rodovia apresenta alguma diferenciação na geologia e no relevo que estariam contribuindo para ocorrência de voçorocas? O surgimento de voçorocas nessas rodovias estaria ligado estritamente ao sistema de drenagem da pista ou da combinação deste com aspectos naturais? Quais os principais impactos ambientais decorrentes dos voçorocamentos nestas vias?



## **02- OBJETIVOS**

Conforme aos poucos dados referente a voçorocas na rodovia AM-010, o presente questionamento será respondido de acordo com os objetivos a seguir.

### **2.1 Objetivos Gerais**

Analisar a ocorrência de voçorocas na AM-010, no Amazonas.

#### **2.1.1 Objetivos Específicos**

- Cadastrar as voçorocas existentes no trecho estudado;
- Monitorar a expansão das voçorocas em relação à pista;
- Caracterizar a morfometria dessas incisões e o ambiente onde se desenvolvem;
- Estimar os danos, custos e previsão de evolução das voçorocas cadastradas;
- Identificar as principais causas do surgimento dessas incisões na estrada.

### **03 - FUDAMENTAÇÃO TEORICA**

A melhor forma de se compreender como ocorre uma erosão e começar pelo conhecimento dos fatores que causam esse processo erosivo para pode se ter uma classificação, que vai permitir elaborar um diagnostica da dinâmica erosiva e só assim, chegar a uma medida de prevenção com objetivo de evitar a degradação de uma determinada área. Os fatores que influenciam nos processos erosivos são as variáveis que estão relacionadas à erosividade das chuvas, as propriedades do solo, ás características da encosta, a cobertura vegetal e o uso da terra.

#### **3.1 Fatores da erosão no solo**

Dentro as propriedades que afetam a erosão dos solos, podemos destacar a textura, densidade aparente, densidade real, porosividade, teor de matérias orgânicas, teor e estabilidade dos agregados e pH. Essas propriedades afetam, em conjunto, a maior ou menor resistência do solo em ser erodido, ou seja, são elas que determinam a erodibilidade, e influenciam também na maior ou menor resistência do solo em ser removido e transportado Guerra, Roizen e Schueler (1995).

#### **3.2 Classificações da erosão no solo**

De acordo com Guerra, Roizen e Schueler (1995) as formas erosivas, causadas pelas águas da chuva podem ser divididas em dois grupos, as que são resultantes do escoamento superficial e as resultantes do escoamento subsuperficial.

O escoamento superficial tende a ser difuso, quando as águas começam a escoar pela superfície do terreno, podendo provocar a erosão em lençol ou laminar. Essas águas podem devido às propriedades irregulares do terreno, se concentra em sulcos, formando as ravinas. Essas ravinas podem se alarga e se aprofundar através do escoamento, dando origem as voçorocas. As águas que se infiltram no solo, podem escoar em subsuperfície formando dutos, devido a dissolução e remoção de sedimentos. Havendo a multiplicação desses dutos e aumente seu diâmetro, pode haver um colapso do material situado acima, dando origem também a uma voçoroca Guerra, Roizen e Schueler (1995).

#### **3.3 Impactos ambientais**

Segundo Guerra, Roizen e Schueler (1995) os impactos ambientais advindos doa erosão dos solos, são encontrados tanto nas áreas erodidas, como nas adjacentes e

ate as mais afastadas. No primeiro caso, refere-se às ravinas e voçorocas que provocam a remoção de materiais, impossibilitando por vezes a mecanização, reduzem os nutrientes e a matéria orgânica do solo, diminuindo a sua fertilidade. Essa degradação seria o estagio final, provocando, em especial nas regiões tropicais, a chamada agricultura itinerante. Esse processo acelerada, além, de reduzir a profundidade do solo (Wild,1993), pode algumas vezes remover completamente o horizonte A, que contem a maior parte de nutrientes utilizados pelas plantas, a maioria da matéria orgânica existente no solo e além disso, a melhor estrutura para o desenvolvimento das raízes (Guerra, 1994).

### **3.4 Definições de Voçorocas**

Guerra (1994) citada por Vieira (1998) de acordo com a classificação Americana de solos, as voçorocas são definidas como sendo incisões que apresenta profundidades superiores a 0,5m. Na classificação utilizada pelo Instituto de Pesquisa e Tecnologia-IPT, as voçorocas apresentam como características principais a queda em bloco e afloramento do lençol freático e/ ou surgencias de água, não estando em ultimo caso sua definição ligada a parâmetro dimensional, como comprimento, largura e profundidade (São Paulo 1990).

Para Bigarella e Mazuchowsk (1985) citado por Vieira (1998) voçoroca constitui um canal de drenagem de paredes abrutadas, com fluxos efêmeros ou eventualmente pequenos, apresenta geralmente uma erosão intensa e uma cabeceira bastante íngreme e escarpa. Para Oliveira et al. (1994) descrevem as voçorocas como canais incisivos que estão ligados a dissecação do relevo, decorrentes da ação integrada entre processos geomorfológicos, como: escoamento de fluxos d'água superficiais, subsuperficiais e movimento de massa nos domínios da encosta.

Segundo Vieira e Lima (1996) definem as voçorocas como incisões erosivas associadas a queda em bloco das camadas dos solos, apresentando fundo chato com dimensão superior a 1,5m de profundidade, possuindo largura e comprimento superior a 3m.

### **3.5 Definições de sulcos e ravinas**

Os sulcos e ravinas são principais contribuintes para chegar ao processo erosivo do tipo voçoroca em Manaus, desta forma compreender esses parâmetros é de fundamental importância.

Os sulcos ocorrem no momento em que a água da chuva começa a correr na superfície do terreno por caminhos preferenciais (pequenas fissuras de até 5 cm de profundidades de até 50cm, nesse caso a erosão ocorre de maneira progressiva segundo a gravidade, Vieira (1998).

As ravinas são caracterizadas como o aprofundamento dos sulcos, com profundidade que fica entre 0,50cm e 1,5m apresentando um crescimento tanto progressivo (igual à erosão por sulcos) como regressivo (igual a erosão por voçorocas). Para diferenciar uma ravina e uma voçoroca basta verificar a forma da calha por onde escoar a água da chuva. A ravina possui a calha em **V** e nas voçorocas essa calha tem a forma em **U**, Vieira (1998).

### **3.6 Definições de Voçorocas**

Guerra (1994) citada por Vieira (1998) de acordo com a classificação Americana de solos, as voçorocas são definidas como sendo incisões que apresentam profundidades superiores a 0,5m. Na classificação utilizada pelo Instituto de Pesquisa e Tecnologia-IPT, as voçorocas apresentam como características principais a queda em bloco e afloramento do lençol freático e/ ou surgências de água, não estando em último caso sua definição ligada a parâmetro dimensional, como comprimento, largura e profundidade (São Paulo 1990).

Para Bigarella e Mazuchowski (1985) citado por Vieira (1998) voçoroca constitui um canal de drenagem de paredes abruptas, com fluxos efêmeros ou eventualmente pequenos, apresenta geralmente uma erosão intensa e uma cabeceira bastante íngreme e escarpa. Para Oliveira et al. (1994) descrevem as voçorocas como canais incisivos que estão ligados à dissecação do relevo, decorrentes da ação integrada entre processos geomorfológicos, como: escoamento de fluxos d'água superficiais, subsuperficiais e movimento de massa nos domínios da encosta.

Segundo Vieira e Lima (1996) definem as voçorocas como incisões erosivas associadas à queda em bloco das camadas dos solos, apresentando fundo chato com dimensão superior a 1,5m de profundidade, possuindo largura e comprimento superior a 3m.

### **3.7 Definições de sulcos e ravinas**

Os sulcos e ravinas são principais contribuintes para chegar ao processo erosivo do tipo voçoroca em Manaus, desta forma compreender esses parâmetros é de fundamental importância.

Os sulcos ocorrem no momento em que a água da chuva começa a correr na superfície do terreno por caminhos preferenciais (pequenas fissuras de até 5 cm de profundidades de até 50cm, nesse caso a erosão ocorre de maneira progressiva segundo a gravidade, Vieira (1998).

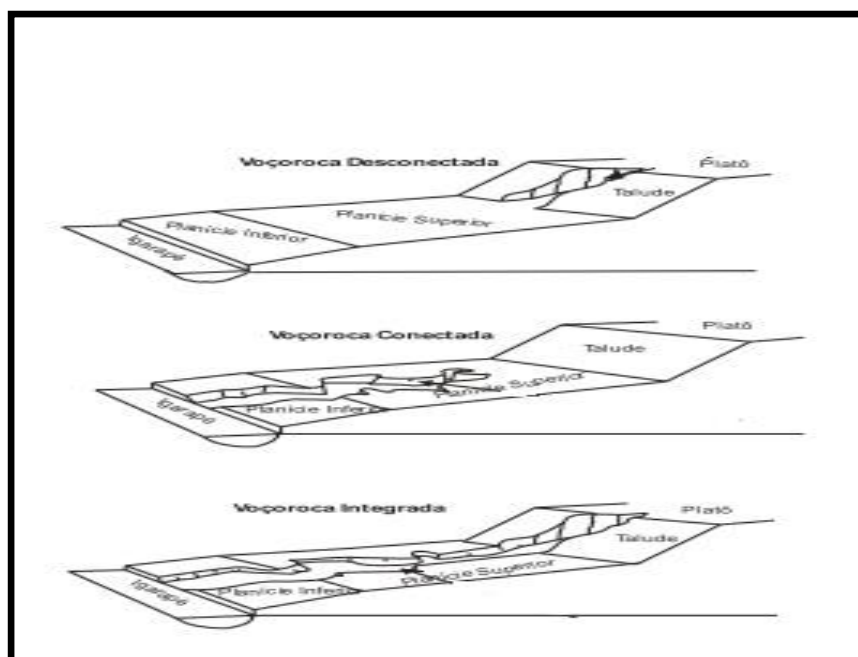
As ravinas são caracterizadas como o aprofundamento dos sulcos, com profundidade que fica entre 0,50m e 1,5m apresentando um crescimento tanto progressivo (igual à erosão por sulcos) como regressivo (igual a erosão por voçorocas). Para diferenciar uma ravina e uma voçoroca basta verificar a forma da calha por onde escoar a água da chuva. A ravina possui a calha em **V** e nas voçorocas essa calha tem a forma em **U**, Vieira (1998).

#### **04-PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A metodologia adotada para a classificação e descrição das voçorocas encontrada na estrada segue: o tipo a forma e o tamanho.

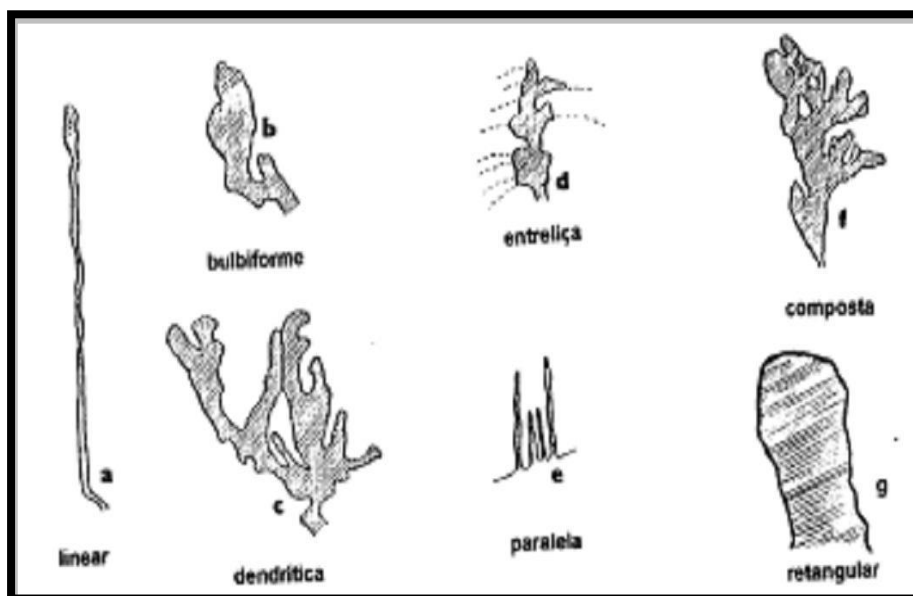
Segundo Oliveira e Meis (1985); Oliveira et al.(1994) e Oliveira (1989,1992,1995b e 1996) citado por Vieira(1998) há três tipos principais de voçorocas que podem ser classificadas como voçorocas conectadas a rede regional de canais, as desconectadas e aquelas que resultam da junção das anteriores.

As voçorocas conectadas são aquelas que estão associadas ao escoamento hipodérmico e / ou subterrâneo nas partes baixas da encosta, podendo ser considerada um canal de primeira ordem; as voçorocas desconectadas, encontrando-se na parte superior da encosta, estariam ligadas a um canal de primeira ordem em virtude de não estarem ligadas à rede de drenagem; e o terceiro tipo, é a junção das duas formas anteriores (voçorocas conectadas e voçorocas desconectadas), formando uma só incisão erosiva (Oliveira e Meis, 1995 e Oliveira, 1996) citado por Vieira (1998). (figura01).



**Figura 01-** Modelo conceitual para evolução de voçorocas.

Segundo Ireland (19939, apud Bigarella e Mazuchowski, 1985), citados por Vieira (1998) as formas das voçorocas são classificadas, como: 1) linear, 2) bulbiforme, 3) dendrítica, 4 em treliça, 5) paralela e 6) composta. No entanto foi incluso uma forma característica de voçorocas que ocorre em Manaus (AM) chamada de retangular possui uma forma semelhante o retângulo na cabeceira variando de arredondada a triangular Vieira (1998), (figura 02).



**Figura 02** - Formas de voçorocas, adaptado de Ireland, 1939 *apud* Bigarella & Mazuchowski (1985).

Outra metodologia utilizada foi o tamanho que se caracteriza pelo modelo utilizado por Vieira e Albuquerque onde existe cinco escalas de tamanho, conforme o volume erodido, (quadro 01).

<b>Classificação das voçorocas por tamanho (m<sup>3</sup>)</b>		
<b>Ordem</b>	<b>Volume Erodido</b>	<b>Tamanho</b>
1	Até 999 m <sup>3</sup>	Muito pequena
2	De 1.000 m <sup>3</sup> até 9.999 m <sup>3</sup>	Pequena
3	Entre 10.000 e 19.999 m <sup>3</sup>	Média
4	Entre 20.000 e 40.000 m <sup>3</sup>	Grande
5	Mais de 40.000 m <sup>3</sup>	Muito grande

Vieira e Albuquerque (2004)

Para coleta dos dados em campo utilizamos uma ficha de cadastro, com base nas informações contidas na ficha facilita a identificação da voçoroca referente à forma, tipo, tamanho, área e outros dados importantes na análise em campo, (figura 3).

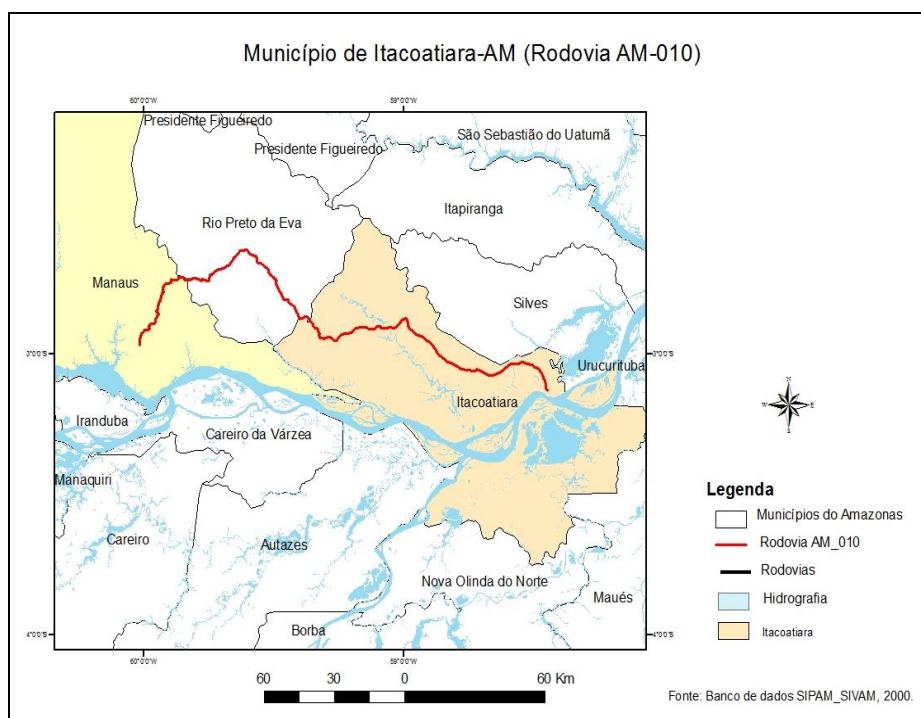
<b>VOÇOROCAS</b>						
FICHA DE CADASTRAMENTO						
DATA DO 1º CADASTRAMENTO:						
1. LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA VOÇOROCA:						Nº
ACESSO:						
BAIRRO:		ZONA:				
2. COORDENADAS: GPS.:						
3. DADOS DA VOÇOROCA						
DATAS DOS MONITORAMENTOS	1º cad	2º 16AD.	3º 16AD.	4º cad.	5º 16AD.	6º cad.
COMPRIMENTO (m):						
LARGURA (m):						
PROFUNDIDADE (m):						
ÁREA:	VOLUME:			DIREÇÃO:		
TIPO:	FORMA:			TAMANHO:		
DIST. DA PISTA:	EVOLUÇÃO:			ORIENT. DA PISTA:		
4. GEOLOGIA:						
5. GEOMORFOLOGIA						
( ) PLATÔ		( ) BAIXIO			( ) ENCOSTA	
CARACTERÍSTICAS DA ENCOSTA						
( ) ENCOSTA SUPERIOR ( ) ENCOSTA MEDIANA ( ) ENCOSTA INFERIOR						
FORMA:	COMPRIMENTO:			DECLIVIDADE:		
6. SOLO:						
( ) INALTERADO ( ) ALTERADO ( ) COMPACTADO ( ) CROSTAS						
( ) LATOSSOLO ( ) ESPODOSSOLO ( ) ARGISSOLO ( ) ATERRO						
7. HISTÓRICO DA OCORRÊNCIA						
8. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A MONTANTE						
9. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE						
10. DANOS MATERIAIS						
						R\$
11. DANOS AMBIENTAIS						
12. MEDIDA DE CONTENÇÃO ADOPTADA:						
13. PREVISÃO DE EVOLUÇÃO:						
14. OBSERVAÇÕES GERAIS:.						

## 05- Localizações da área de estudo

A cidade de Manaus é ligada a outros municípios por dois eixos rodoviários fundamentais, que compõem a malha do Estado: Rodovia Estadual AM-010 e Rodovia Federal BR-174 (Anuários Estatísticos Bienio 2008-2009). A área de estudo



compreende a estrada da AM-010 pertencentes à região metropolitana de Manaus a 234 km que liga aos municípios de Rio Preto da Eva, Itapiranga, Silvem e Itacoatiara. A escolha dessa rodovia em primeiro momento é pelo fato de não haver pesquisas que envolvem incisões erosivas e ser uma via importante para tráfego de veículos. De essa forma analisar as ocorrências de voçorocas nessa rodovia nos remete gerar um modelo de previsão de evolução, (figura 4)



**Figura 04-** Localização do Km 0 a 234 na rodovia AM 010, trecho Manaus/Itacoatiara.

### 5.1 Rodovias AM 010

Segundo trabalho realizado por Silva (2005), de Manaus até a cidade de Rio Preto da Eva, ao longo da Rodovia AM-010, os poucos afloramentos disponíveis mostram apenas o desenvolvimento de fraturas subverticais e o pode denunciar uma área pouco deformada. Na cidade de Rio Preto da Eva, próximo a margem esquerda do rio homônimo, as camadas da Formação Alter do Chão e horizontes de solo possuem fraturas NW-SW e N-S. Cerca de 17 Km após essa cidade são encontradas falhas normais N45E/45SE, que deslocam os sedimentos caulíticos estratificados do Cretáceo, levemente inclinando para noroeste, o solo mosqueado e a linha de pedras com rejeito métrico. No Km 102 rodovia, no interflúvio dos rios Preto da Eva e Urubu, predominam falhas inversas que cortam os sedimentos Alter do Chão, no Km 106 da AM-010, o corte mostra falhas normal principalmente bem marcada com direção quase

N-S. Que desloca-se no nível de base do colúvio (linhas de pedras) e o mosqueado da Formação Alter do Chão.

Compreender essas falhas na rodovia AM 010 pode acrescentar uma suposta resposta para os processos erosivos que ocorrem, já que nessa região predomina falhas normais NW-SE e NE-SW, Silva (2005). De acordo como destaque de Rodrigues (1995) na construção das rodovias a terraplanagem é feita sem lógica de acordo com a geomorfologia da área onde estrada esta sendo construída dificulta o escoamento da água.

### **5.1.1 Características Geoambientais**

A rodovia AM 010 está inserida na formação Alter do Chão pertencente ao Grupo Trombetas, datada do período cretáceo/terciário. Sua litologia é construída por arenitos de granulação finos e médio, siltes e argilas caulínicos, caracteriza uma coloração clara e tons mais escuros (de branca a vermelha),vermelhos, amarelos e claros mal consolidados: horizontes de aglomerados e arenitos grosseiros; (RADAMBRASIL, 1978).

### **5.1.2 Geomorfologia e Geologia**

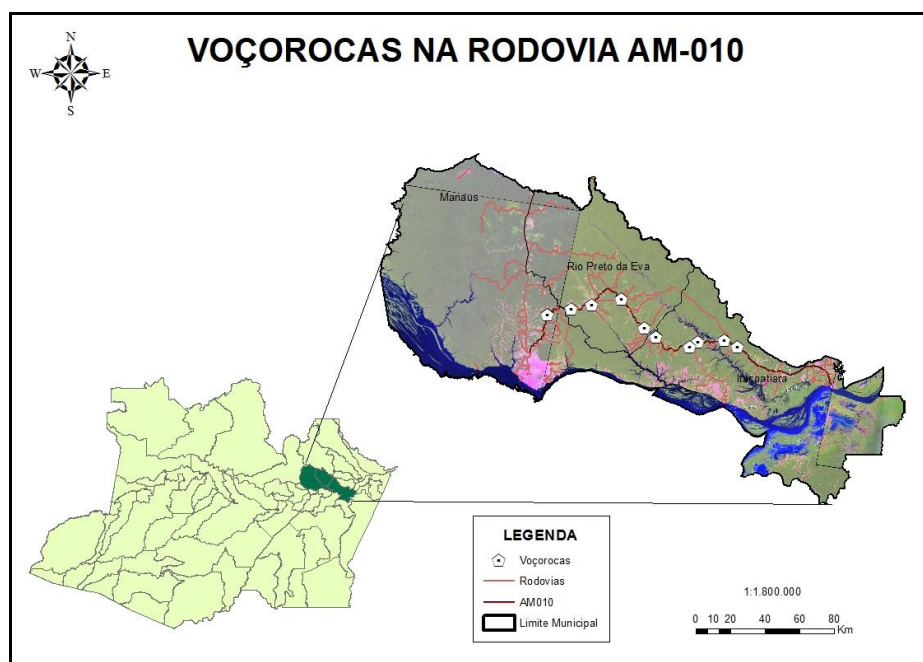
A geomorfologia presente na AM-010 esta inserida, na Unidade Morfoescultural do Planalto Dissecado Rio Trombetas- Rio Negro (2009), composta basicamente de colinas e interfluvios altimetria não ultrapassa 100m, Paes, Filho, Molinari (2011).

Segundo Igreja (2000) a região corresponde á seqüência cretácea composta de solos clásticos Flúvio-lacustre. O solo que predomina, ao longo das colinas é o Latossolo amarelo rico em alumínio, ao passo que, nos anfiteatros e / ou nas proximidades dos cursos d' água, verifica-se a presença de solos Hidromorficos Gleyzados. A cobertura apresentada nas bordas da rodovia é secundaria devido ao processo da construção da rodovia, no entanto ainda verifica-se vegetação primaria resistente caracterizada por espécies cujos troncos apresentam grandes dimensões, altura e densa cobertura de serrapilheira sobre o solo Paes, Filho, Molinari (2011).

## **06- RESULTADOS E DISCURSÃO**

No primeiro monitoramento realizado no dia 08 de Dezembro de 2012 foram cadastradas 11 voçorocas. No segundo monitoramento realizado no dia 07 de Junho de

2013 forma incluída mais 03 ravinas evoluídas para incisões erosivas. Com essa evolução esse trabalho totalizou 14 voçorocas cadastradas, (figura 5).



**Figura 05-** Localização geográfica das voçorocas na rodovia AM-010

Das voçorocas encontradas no primeiro cadastro 10 estão conectada a rede de drenagem e 01 voçoroca esta contida em possível evolução para um estagio maior de assoreamento do canal, onde os depósitos tendem a escoar para o fundo do vale. As principais características das voçorocas catalogadas no primeiro campo na ficha cadastral são apresentadas no quadro 02.

DADOS MORFOMÉTRICOS DAS INCISÕES								
Voçorocas	Tipo	Forma	Comprimento (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Tamanho
01	Conectada	Bifurcada	18,20	12,50	7,30	227,5	1660,75	Pequena
02	Conectada	Retangular	32,32	7,00	6,40	226,24	1447,94	Pequena
03	Conectada	Bifurcada	29,00	23,10		669,90		
04	Conectada	Retangular	17,70	5,50	6,40	97,35	623,04	Muito Pequena
05	Conectada	Irregular	17,00	14,00	3,00	238,00	714,00	Muito Pequena
06	Conectada	Retangular	16,00	7,00	9,00	112,00	1008,00	Pequena
07	Conectada	Dentritica	183,00	12,50	7,00	2287,5	16012,5	Média
08	Conectada	Linear	129,00	2,00	1,90	258,00	490,2	Muito Pequena
09	Conectada	Ramificada		49,0	4,50			
10	Conectada	Bifurcada	22,50	2,10	2,80	47,25	132,3	Muito Pequena
11	Conectada	Dentritica	23,20	21,40	1,70	496,48	844,016	

**Quadro 02:** Dados das voçorocas cadastrada na rodovia AM-010- 2012.

Das 11 voçorocas encontradas na estrada três são da forma Bifurcada, três da forma retangular, uma voçoroca apresenta forma irregular, duas voçorocas possuem a forma Dentritica e outras duas possuem a forma linear e uma voçoroca apresenta a forma ramificada.

Em relação à morfomêtrias das voçorocas no segundo monitoramento obtivemos uma evolução média em relação ao comprimento, largura, profundidades e distancia para pista de acordo com o primeiro cadastro as principais evoluções são apresentados no quadro a seguir quadro 3.

DADOS MORFOMÉTRICOS DAS INCISÕES								
Voçorocas	Tipo	Forma	Comprimento (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Tamanho
01	Conectada	Bifurcada	23,70	21,30	7,50	540,81	3,786.075	Pequena
02	Conectada	Retangular	24,70	7,00	6,40	172,9	1,109.56	Pequena
03	Conectada	Bifurcada	29,00	23,10	4,10	669,9	2,746.59	Pequena
04	Conectada	Retangular	17,70	5,50	6,40	97,35	623,04	Muito Pequena
05	Conectada	Irregular	17	14	3	238	714	Muito Pequena
06	Conectada	Retangular	26,20	9	9	235.8	2,122.2	Pequena
07	Conectada	Irregular	227	12,5	7	2,837,5	19,862,5	Média
08	Conectada	Linear	138	2,8	1,20	386,4	463,68	Muito Pequena
09	Conectada	Ramificada	26,50	49	5,80	1,298.5	7,531,3	Pequena
10	Desconectada	Ramificada	4,20	26	6,90	190,20	753,49	Muito Pequena
11	Desconectada	Retangular	25,30	3,40	3,10	86,02	266, 662	Muito Pequena
12	Conectada	Bifurcada	28,00	6,50	3,60	186	655,2	Muito Pequena
13	Conectada	Bifurcada	39,20	2,30	3,75	9,16	338,1	Muito Pequena
14	Conectada	Dentritica	28,30	23,50	5,20	665,05	3458,26	Pequena

**Quadro 03:** Dados das voçorocas cadastrada na rodovia AM-010- 2013.

### 6.1 CARACTERISTICA MORFOMETRICA DAS INCISÕES CADASTRADAS

De acordo com os dados morfométricos nesse tópico serão apresentados os resultados obtidos do monitoramento das voçorocas é importante ressaltar que todas as incisões cadastradas estão na Região Metropolitana de Manaus zona rural todas na rodovia AM-010 com acesso pela pista ou com autorização dos moradores da margem da rodovia todas com evolução para pista em longo, médio e curto prazo.

**1° VOÇOROCA- S. 02° 46' 03,5'' W. 059° 55' 19,5''**

A primeira voçoroca foi encontrada no Km 46, localizada a margem direita da pista direção Manaus a Rio Preto da Eva. Sua ocorrência originou-se principalmente em função da canaleta que escoar a água da pista ocupa na área a montante vegetação e abertura de canal compactado e na área a jusante igarapé e presença de palmeiras. Em relação a danos ambientais temos assoreamento de igarapé não possui danos materiais nem medidas de contenção o custo da recuperação para construção civil é R\$ 170,37.

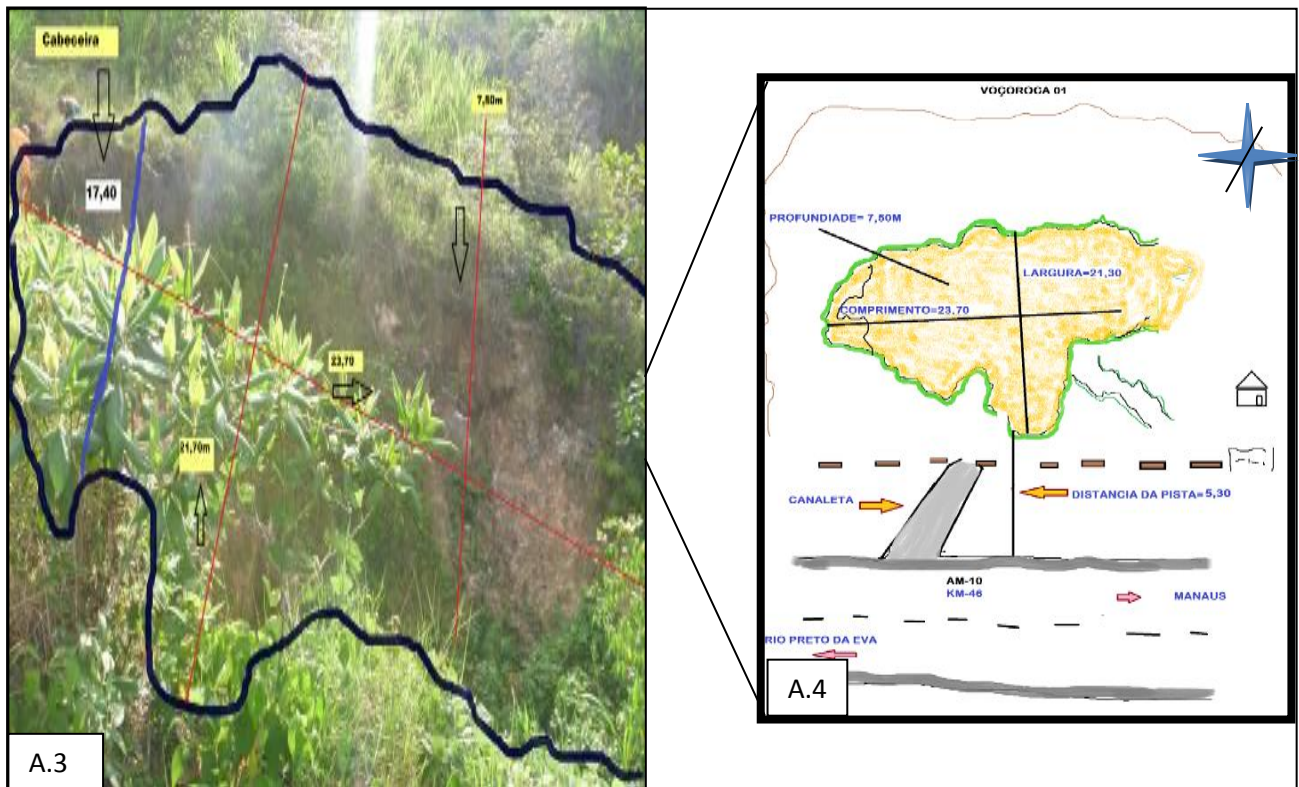
Com relação às características temos uma voçoroca do tipo conectada de forma bifurcada com tamanho pequeno sua orientação esta em direção Noroeste a Sudoeste, ocupa uma área de 540,81m<sup>2</sup> com volume erodido de 3, 786, 075m<sup>3</sup> localizada em uma encosta mediana com solo alterado e compactado com PH do solo 6.8.

De acordo com o primeiro monitoramento seu comprimento estava com 18,20m com largura de 20m e profundidade de 7,20m distante da pista a 6,57m, (Figura A.1). No segundo monitoramento seu comprimento evoluiu para 23,70m com largura de 21,30m e profundidade de 7,50m, (Figura A.3).



**Figura (A.1):** Voçoroca 01, traçado amarelo indica os limites da incisão, setas indica comprimento, Largura, profundidade e cabeceira. **Fonte:** Anne Dirane, 2012 **Figura (A.2):** indica canaleta presente **Fonte:** Anne Dirane 2012.





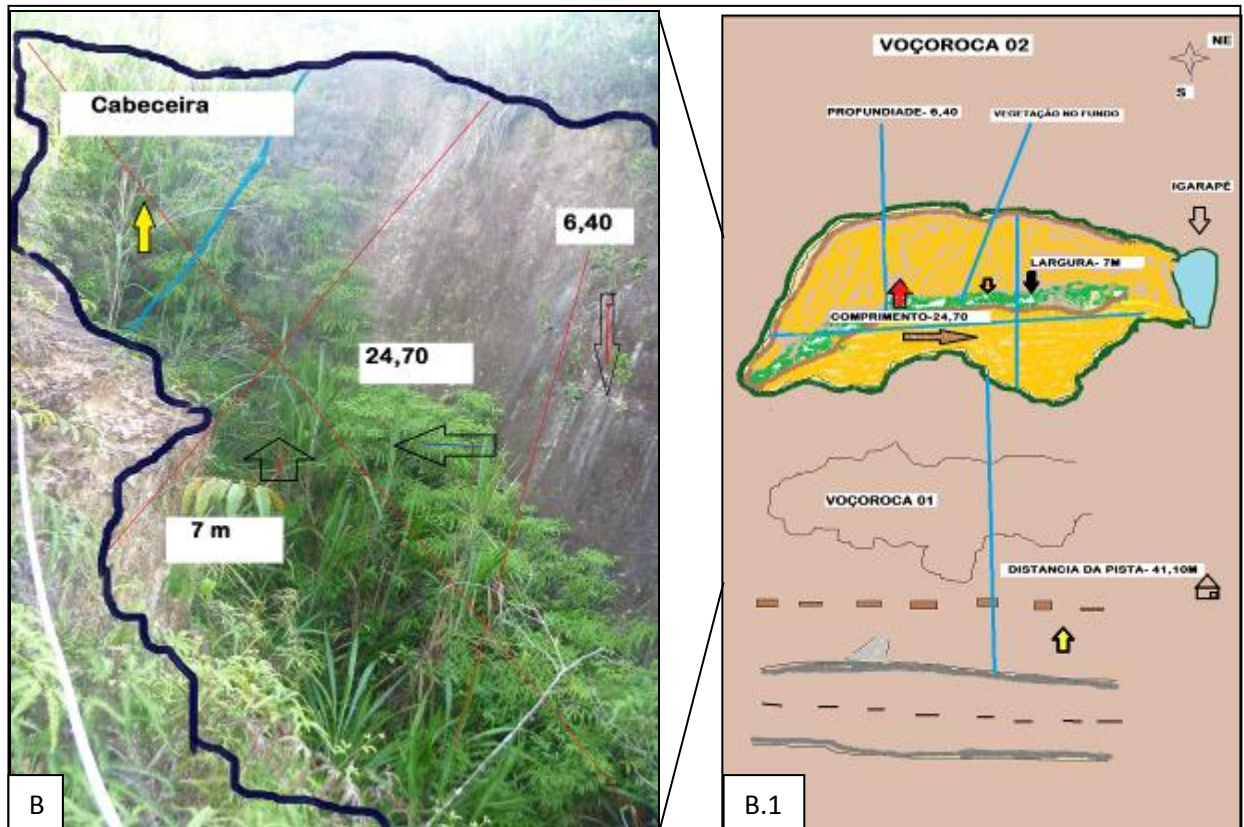
**Figura (A.3):** Voçoroca 1, traçado azul indica os limites da incisão, setas indica comprimento, largura profundidade, cabeceira. **Fonte:** Anne Dirane, 2013./ **(Figura A.4)** Croqui da voçoroca 01. **Fonte:** Miriliane Fernandes, 2013

- **2° VOÇOROCA- S. 02° 46' 03,9" W. 59° 55' 19,0"**

A segunda voçoroca foi cadastrada no Km 46 na mesma propriedade da primeira incisão erosiva, surgiu devido ao escoamento concentrado na área com uso na ocupação a montante de vegetação e declividade acentuada e ocupação a jusante de um igarapé. Em relação a danos ambientais temos erosão e assoreamento não possui danos materiais nem medidas de contenção a previsão de evolução e que ocorra a junção com a primeira voçoroca o custo da recuperação para construção civil é R\$ 49,79.

É uma voçoroca do tipo conectada com a forma retangular com tamanho pequena ocupa uma área de 172,9m<sup>2</sup> e volume erodido de 1,106.56m<sup>3</sup> com elevação de 77m, encontra-se em uma encosta mediana com solo alterado e compactado.

Com relação a sua morfometria no primeiro cadastro seu comprimento era de 23, 23m com largura de 7m e profundidade de 6,40m. No segundo monitoramento seu comprimento evolui para 24,70 e largura e profundidade permaneceram distante da pista a 41,10m distante da primeira voçoroca a 19,8m (figura B).



**Figura (B):** Voçoroca 02, traçado azul indica os limites da incisão, setas indica comprimento, largura profundidade, cabeceira. **Fonte:** Anne Dirane, 2013./ **(Figura B.1)** Croqui da voçoroca 02. **Fonte:** Miriliane Fernandes, 2013

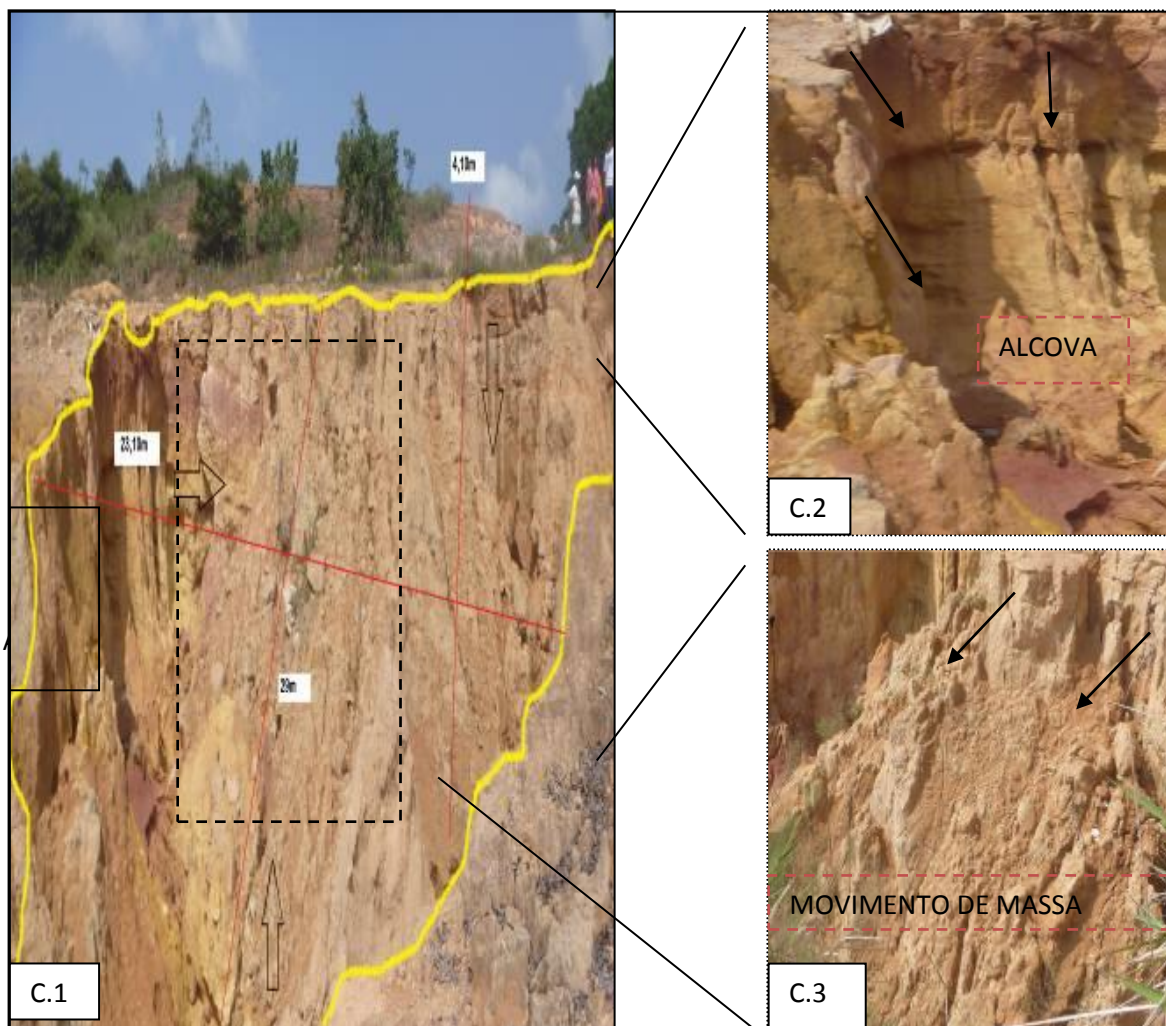
**Observação:** As voçorocas cadastradas de numero 3°, 4° e 5° não foram possíveis realizar o segundo monitoramento por não ter autorização do proprietário para entra na propriedade e na 5° voçoroca a chuva não permitiu a realização do trabalho.

- **3° VOÇOROCA- S. 02° 41' 14,5" W. 59° 32' 21,7"**

A terceira voçoroca foi encontrada no Km 104 a margem direita direção Rio Preto da Eva a Itacoatiara sua ocorrência é devido ao escoamento concentrado com ocupação a montante de vegetação e declividade e a jusante um igarapé em relação a danos ambientais temos erosão e assoreamento não possui danos materiais nem mediadas de contenção o custo da recuperação para construção civil é R\$ 123,59.

É uma voçoroca do tipo conectada com forma bifurcada de tamanho pequena encontra- se na encosta mediana com presença do latossolo ocupa uma área de 669,9m e volume erodido de 2,746.59m<sup>3</sup> com Ph de 6,5. Seu comprimento e de 29m com largura de 23,10 e profundidade de 4,10 distantes da pista a 17,70m apresenta movimento de massa, alcova no seu interior, (figura C).





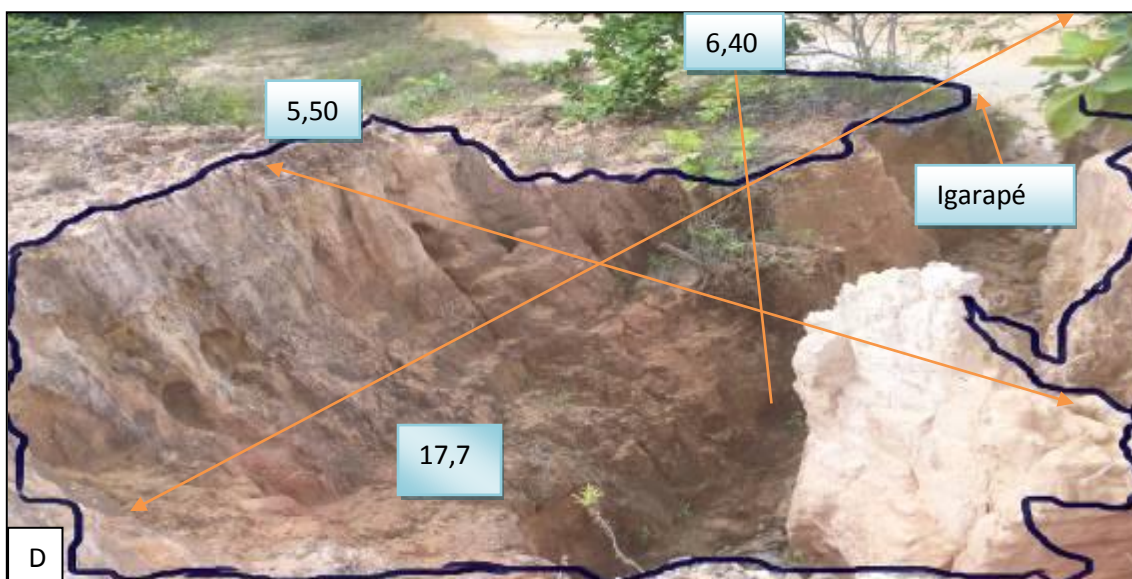
**Figura (C.1):** Voçoroca 03, traçado amarelo indica os limites da incisão, setas indica comprimento, largura profundidade, quadrado em preto indica presença de alcova e movimento de massa em ação. Figura (C.2) Alcova, Figura (C.3) Movimento de massa. **Fonte:** Anne Dirane, 2012.

- **4º VOÇOROCA- S. 02° 41' 14,5" W. 59° 32' 21,7"**

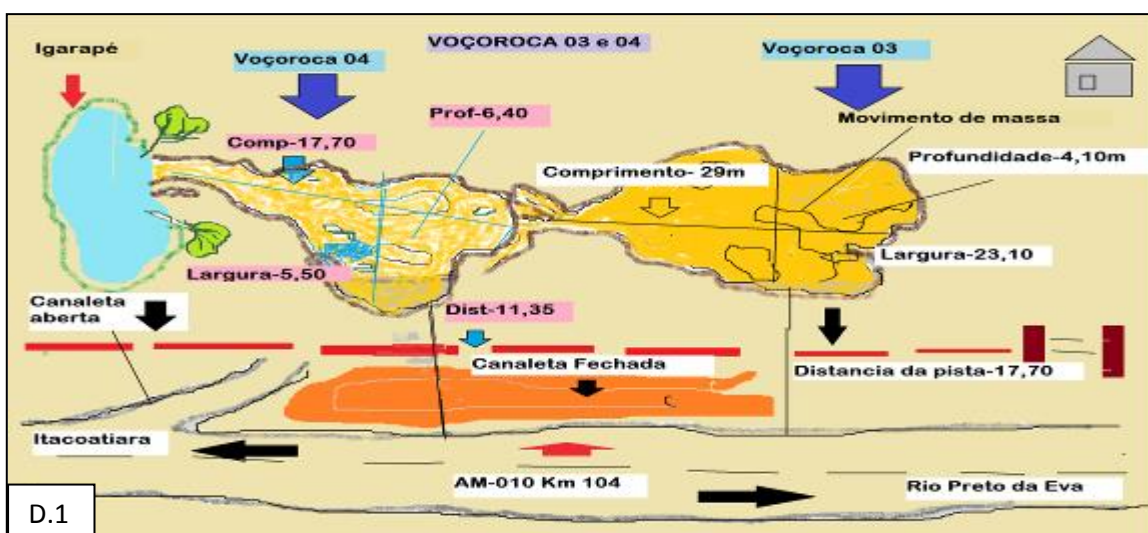
A quarta voçoroca encontra-se no Km 104 próximo a terceira voçoroca sua ocorrência ocorreu devido ao escoamento superficial com vegetação e declividade a montante e igarapé a jusante. Não possui danos materiais nem medidas de contenção com relação a danos ambientais temos erosão e assoreamento o custo da recuperação para construção civil é R\$ 28,03.

A sua forma é retangular do tipo conectada ocupa uma área de 97,35m<sup>2</sup> com volume erodido de 623,4m<sup>3</sup> classificado como pequeno, seu comprimento é de 17,70m com largura de 5,50m e profundidade de 6,40m distante da pista a 11,35m, (figura D) e figura (D.1) representa o croqui da voçoroca 3 e 4 que estão na mesma propriedade.





**Figura (D):** Voçoroca 04, traçado azul indica os limites da incisão, setas indica comprimento, largura profundidade e igarapé. **Fonte:** Anne Dirane, 2012.

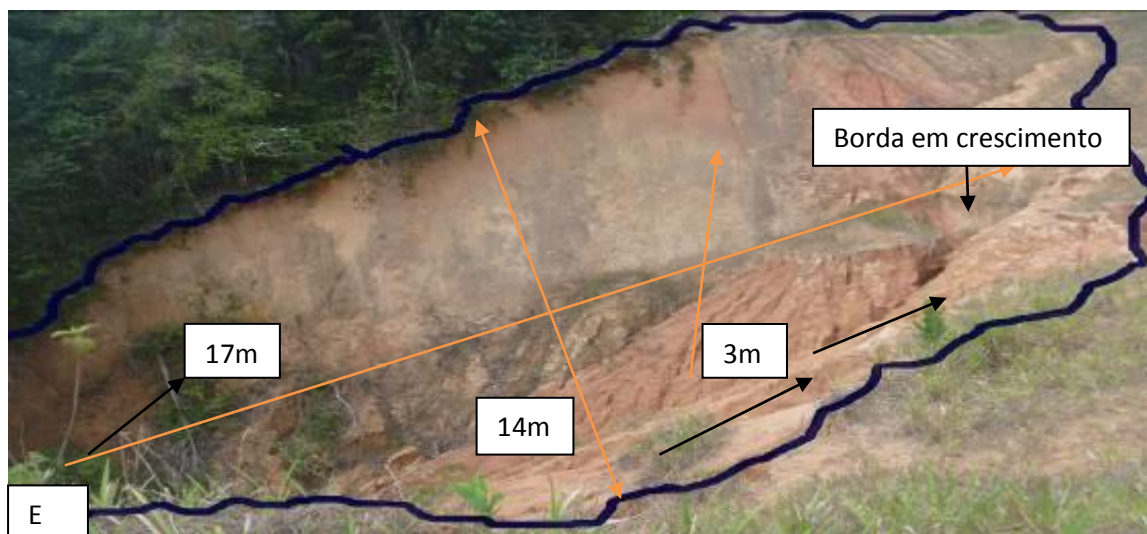


**Figura (D.1):** Croqui da voçoroca 03 e 04. **Fonte:** Miriliane Fernandes, 2013

### • 5º VOÇOROCA

A quinta voçoroca ocorreu devido ao escoamento superficial com vegetação e declividade a montante e vegetação a jusante. Não possui danos materiais com relação a danos ambientais esta ocorrendo a queda em bloco da borda lateral, a medidas de contenção adotadas tem gramíneos em patamares e canaleta com forma de escadaria o custo da recuperação para construção civil é R\$ 32,13.

Com relação a sua forma é uma voçoroca irregular do tipo conectada ocupa uma área de 238m<sup>2</sup> com volume erodido de 714m<sup>3</sup> distante da pista a 16,10m seu tamanho muito pequeno, figura (E) .



**Figura (E):** Voçoroca 05, traçado azul indica os limites da incisão, setas indica comprimento, largura e profundidade. **Fonte:** Anne Dirane, 2012.

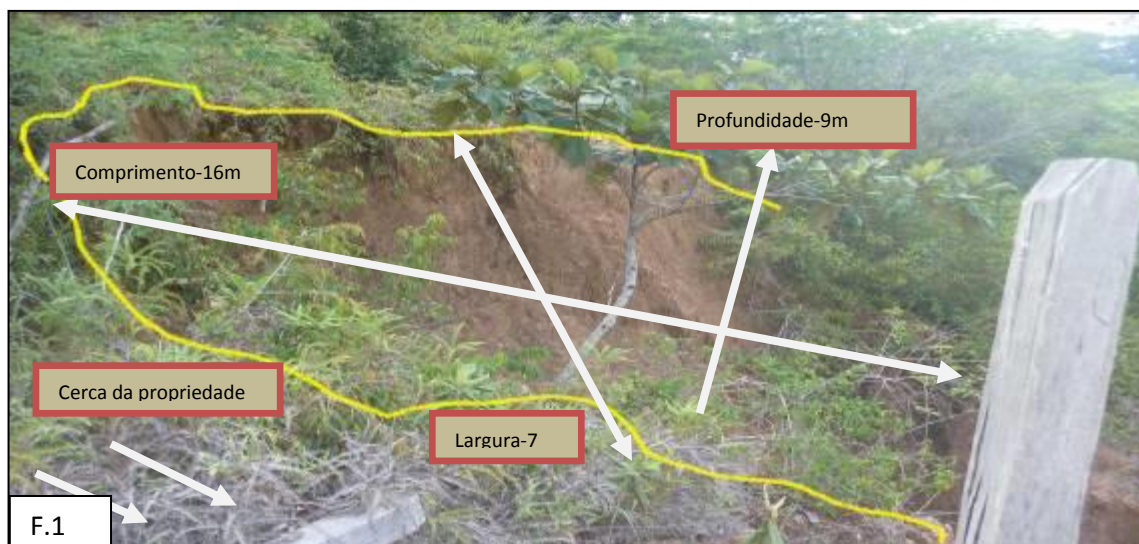
- **6º VOÇOROCA**

A sexta voçoroca foi encontrada no Km 125 localizada a margem direita da pista direção Rio Preta da Eva a Itacoatiara. Seu surgimento ocorreu devido ao escoamento concentrado com ocupação a montante de vegetação e a jusante vegetação e igarapé. Encontra-se em uma encosta mediana com o solo alterado e compactado o custo da recuperação para construção civil é R\$ 95,49.

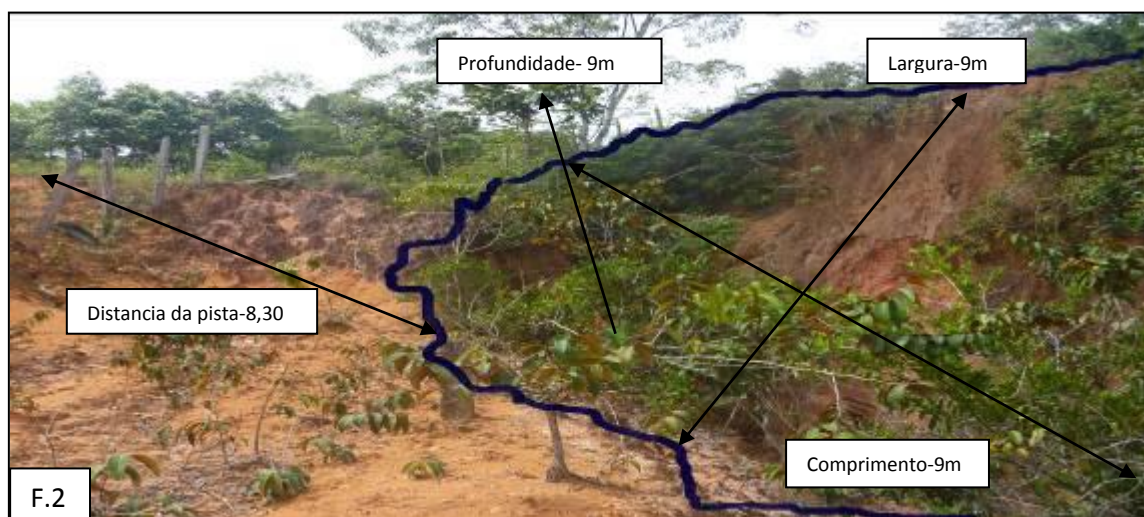
Com relação a danos materiais temos a destruição da cerca do terreno e danos ambientais têm o assoreamento e não possui medidas de contenção. A sua evolução esta em direção a pista em curto prazo. De acordo com sua morfometria trata-se de uma voçoroca do tipo conectada com a forma retangular ocupa uma área de 235,8m<sup>2</sup> com volume erodido de 2, 122.2m<sup>3</sup> com Ph 6.8.

No primeiro monitoramento seu comprimento estava com 16m e largura de 7m com profundidade de 9m distante da pista a 9,60m, (figura F.1). No segundo monitoramento seu comprimento evolui para 26,20m com largura de 9m com profundidade de 9m, distante da pista a 8,30m, (Figura F.2).





**Figura (F.1):** Voçoroca 06, 1º monitoramento- traçado amarelo indica os limites da incisão, setas indicam comprimento, largura e profundidade. **Fonte:** Anne Dirane, 2012.



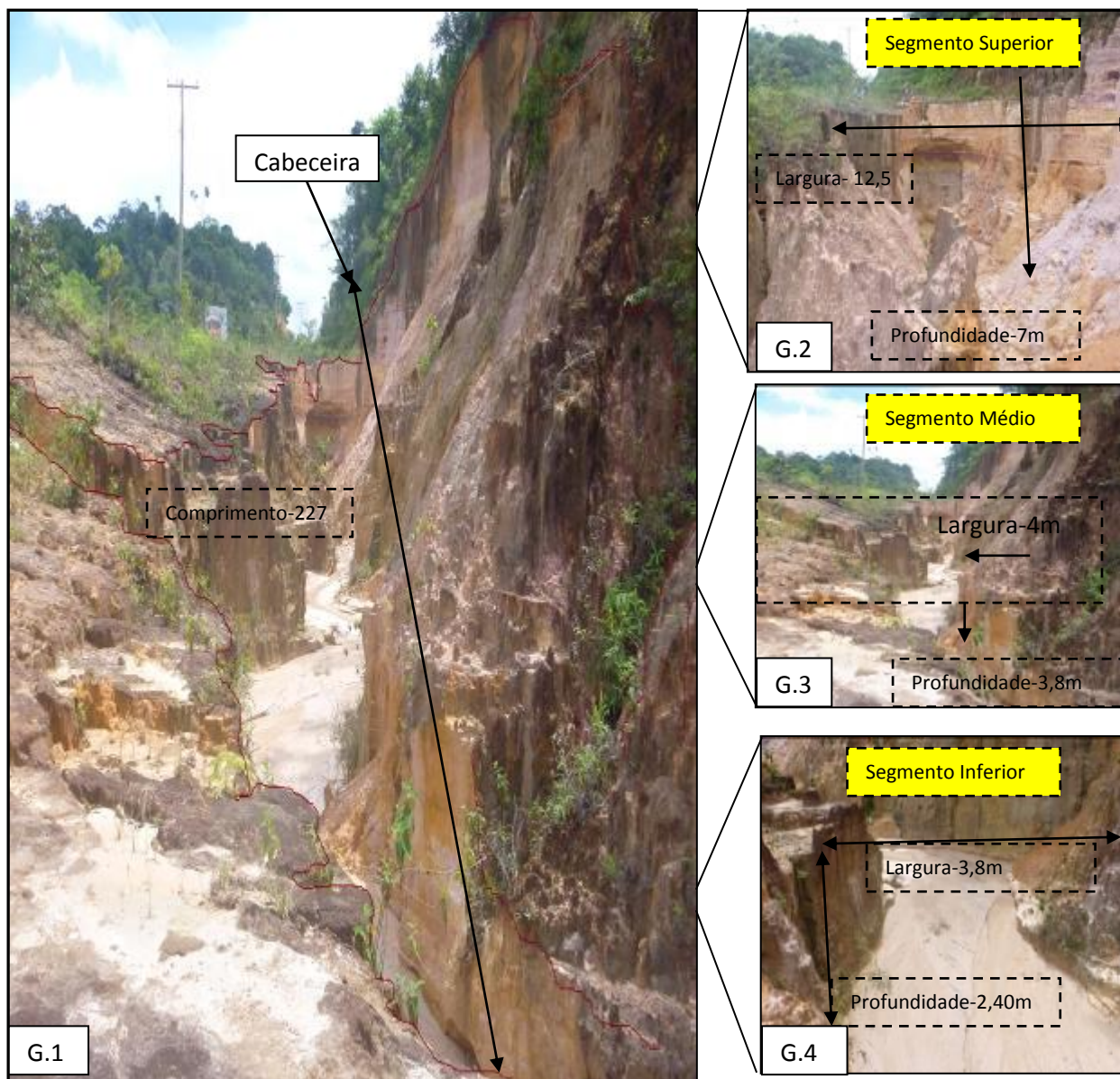
**Figura (F.2):** Voçoroca 06, 2º monitoramento traçado azul indica os limites da incisão, setas indica comprimento, largura e profundidade. **Fonte:** Anne Dirane, 2013.

- **7º VOÇOROCA- S. 02° 52' 34,4" W. 059° 21' 52,2"**

A sétima voçoroca foi encontrada no Km 135 localizada a margem esquerda da pista direção a Itacoatiara. A sua ocorrência se deu devido à canaleta e escoamento concentrado com ocupação a montante de vegetação e a jusante de vegetação e igarapé. Em relação a danos ambientais temos o assoreamento, não possui danos materiais nem medidas de contenção, a sua evolução esta em crescimento paralelo a pista o custo da recuperação para construção civil é R\$ 893,81.

É uma voçoroca do tipo conectada sua forma e irregular de tamanho médio com área ocupada de 2, 837.5m<sup>2</sup> e volume erodido de 19, 862.5m<sup>3</sup>. Encontra-se na encosta inferior com crosta compactada e surgimento de água na cabeceira.

De acordo com o primeiro monitoramento o seu comprimento era de 183m com largura de 12,5m e profundidade de 7m distante da pista a 2,60m. No segundo monitoramento seu comprimento evolui para 227m com largura no segmento superior 12,5 seguimentos, médio 2,80 e inferior 4,0m e profundidade nos seguimentos superior 7m seguimento médio 3,8 e inferior 2,40 distante da pista a 2,20 (Figura G).



**Figura (G.1):** Voçoroca 07, traçado em vermelho indica os limites da incisão, seta comprimento./ **Figura (G.2)** Seguimento superior, setas indicam largura e profundidade./ **Figura (G.4)** Seguimento médio, setas indicam largura e profundidade./ **Figura (G.5)** Seguimento inferior, setas indicam largura e profundidade.

A figura (G.5) representa o croqui da área que a voçoroca 07 esta localizada.



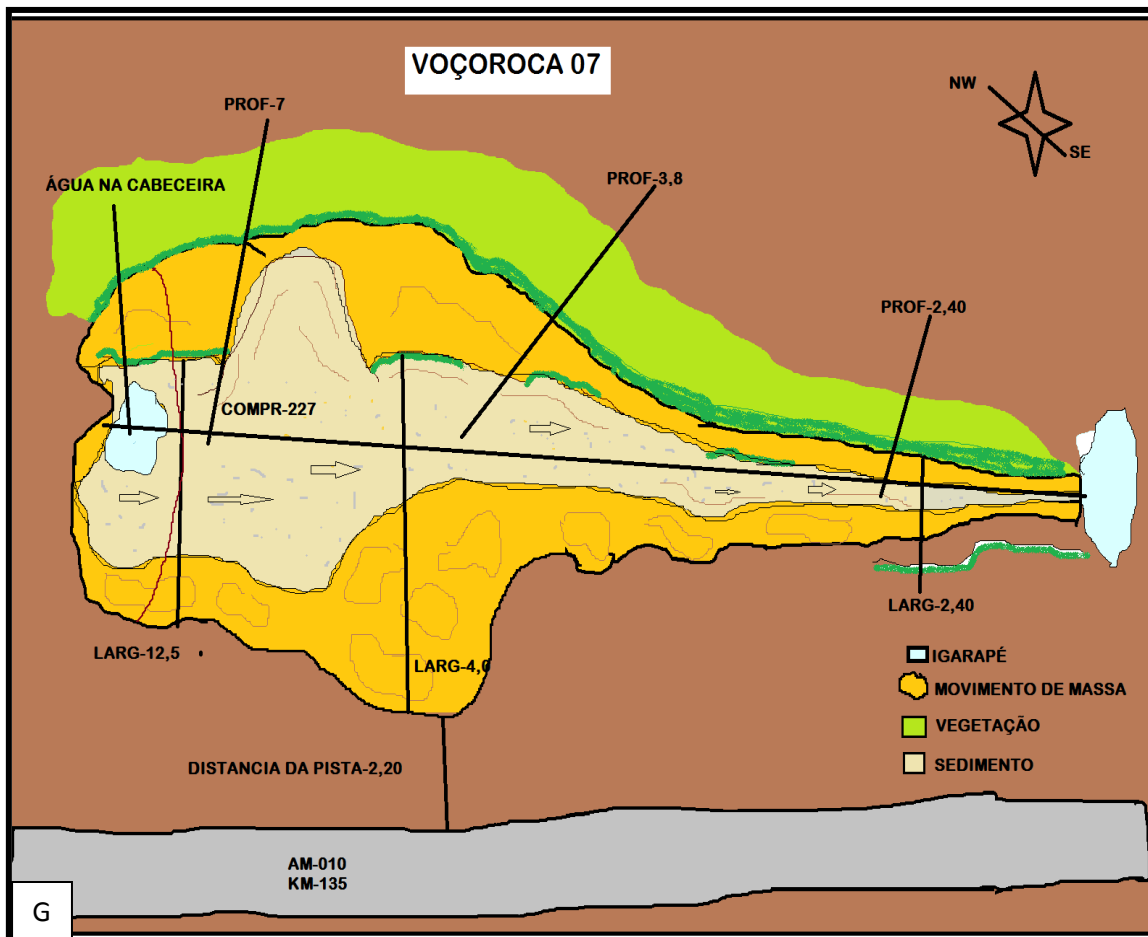


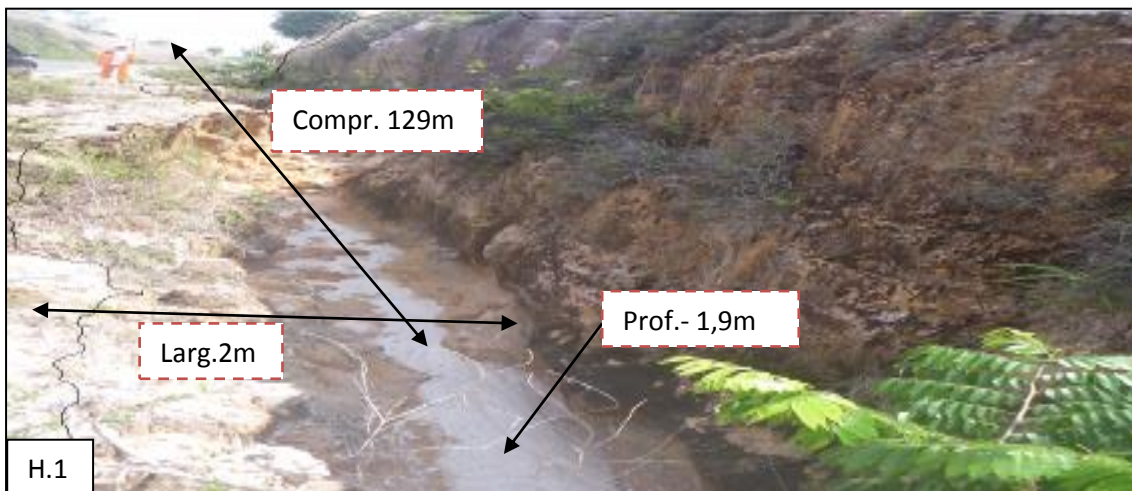
Figura (G.5): Croqui da voçoroca 07./ Fonte: Miriliane Fernandes, 2013

- 8 ° VOÇOROCA- S. 02° 52' 46,6" W. 059° 21' 40,8"

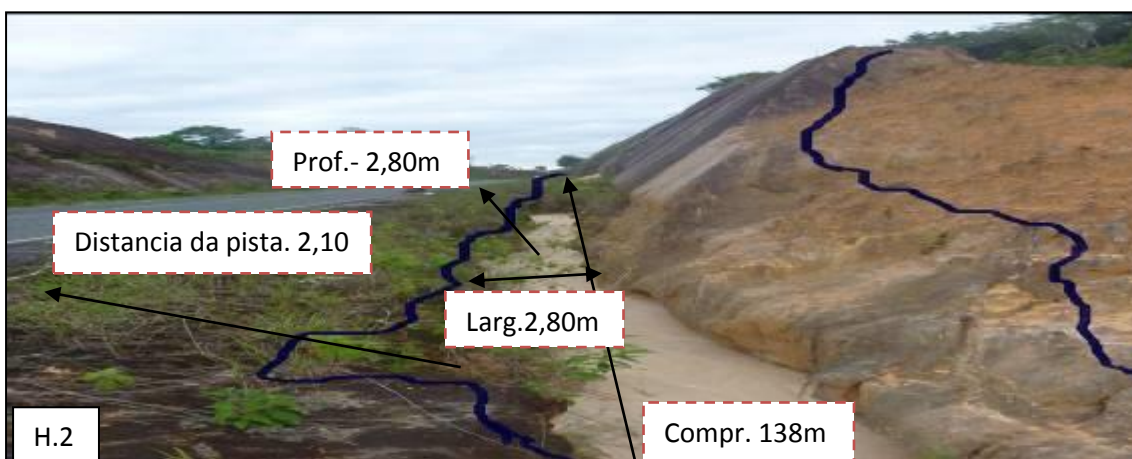
A oitava voçoroca foi encontrada no Km 135 localizada a margem esquerda da pista direção a Itacoatiara a sua ocorrência originou devido ao escoamento com inclinação da vertente paralela a pista com uso a ocupação na área a montante de vegetação e a ocupação a jusante e igarapé. Em relação a danos ambientais temos o assoreamento, não possui danos materiais nem medidas de contenção o custo da recuperação para construção civil é R\$ 20,86.

É uma voçoroca do tipo conectada com a forma linear ocupa uma área de 386,4m<sup>2</sup> com volume erodido de 463,68m<sup>3</sup>, classificada com tamanha muito pequena encontra-se na encosta inferior com o solo alterado e compactado com queda em bloco.

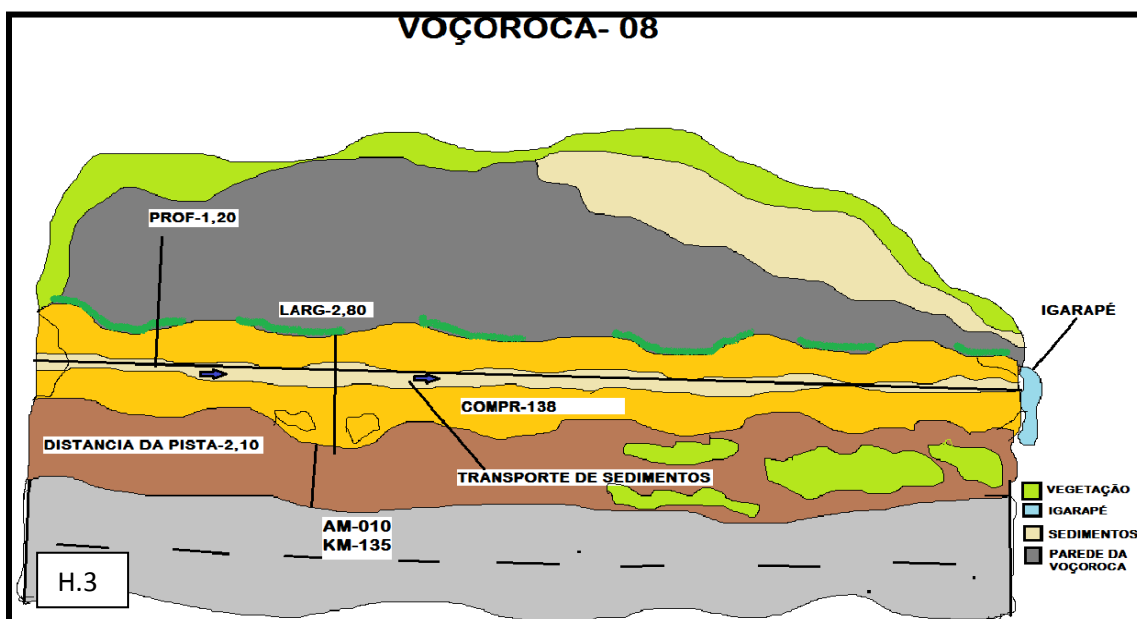
De acordo com o primeiro monitoramento o seu comprimento era de 129m com largura de 2m e profundidade de 1,9m distante da pista a 2,10m, figura (H.1). No segundo monitoramento seu comprimento evolui para 138m com largura de 2,80m e profundidade 1,20m distante da pista 2,10m, (figura H.2) a figura (H.3) representa o croqui da voçoroca 8 .



**Figura (H.1):** Voçoroca 08, 1º monitoramento- traçado preto indica os limites da incisão, setas indicam comprimento, largura e profundidade. **Fonte:** Anne Dirane, 2012.



**Figura (H.2):** Voçoroca 08, 2º monitoramento- traçado azul indica os limites da incisão, setas indicam comprimento, largura, profundidade e distancia da pista. **Fonte:** Anne Dirane, 2012.



**Figura (H.3):** Croqui da voçoroca 07./ **Fonte:** Miriliane Fernandes, 2013

- 9° VOÇOROCA- S.02° 52' 54,5" W.059° 21' 32,5"

A nona voçoroca foi encontrada no Km 136 localizada a margem esquerda da pista direção a Itacoatiara. Ocorreu devido ao escoamento superficial com ocupação a área montante de vegetação e terraplanagem e na área a jusante um igarapé. Não possui danos materiais nem medidas de contenção com relação a danos ambientais temos lixo e entulhado o custo da recuperação para construção civil é R\$ 338,90.

Em relação a características trata-se de uma voçoroca do tipo conectada com forma ramificada de tamanho pequena ocupa uma área de 1, 298.5m<sup>2</sup> e volume erodido de 7, 531.3m<sup>3</sup> encontra-se com o solo alterado e compactado.

Com relação ao primeiro cadastramento o comprimento é de 26,50m com largura de 49m e profundidade 4,5m. No segundo monitoramento o comprimento e a largura permaneceram apenas a profundidade evolui para 5,80 distantes da pista 14,90 (figura J).



**Figura (J):** Voçoroca 09, 2° monitoramento- traçado azul indica os limites da incisão, setas indicam comprimento, largura, profundidade e distancia da pista. **Fonte:** Anne Dirane, 2013

As voçorocas 10, 11 e 12 foram cadastradas como ravinas no primeiro monitoramento na mesma propriedade que se encontra a voçoroca de numero 09 nenhuma possuem danos materiais e nem medidas de contenção com relação a danos ambientais temos a erosão, assoreamento e lixo acumulado. (figura L).

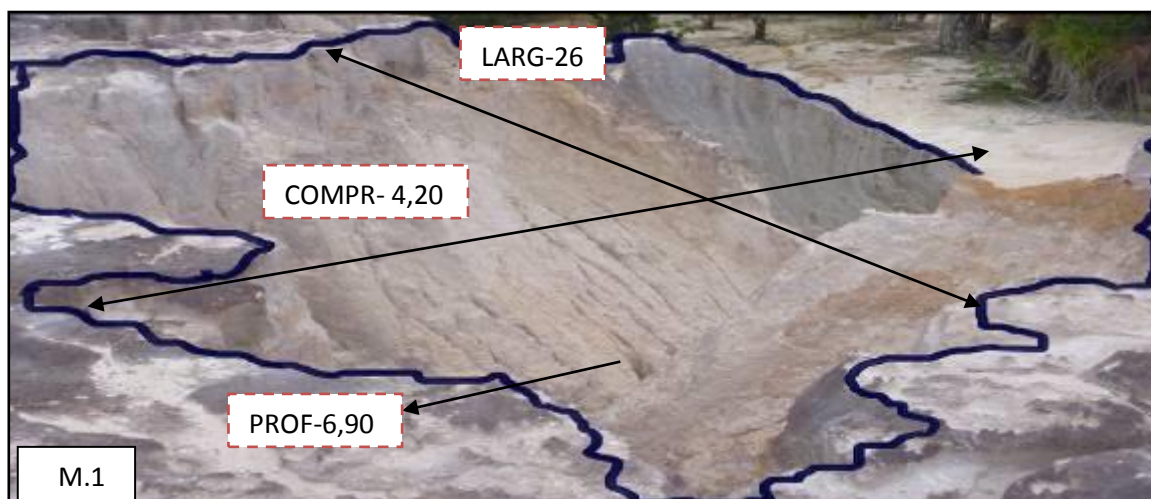




**Figura (L):** 1º monitoramento- Ravinas. **Fonte:** Anne Dirane, 2012.

- **10º VOÇOROCA**

É uma voçoroca do tipo desconectada com forma ramificada de tamanho muito pequeno ocupa uma área de 190,20m<sup>2</sup> com volume erodido de 753,49m<sup>3</sup> o custo da recuperação para construção civil é R\$ 33,90. Encontra-se em uma encosta com solo compactado. Seu comprimento é de 4,20m com largura de 26m e profundidade 6,90m distante da pista a 19,20m (M.1).



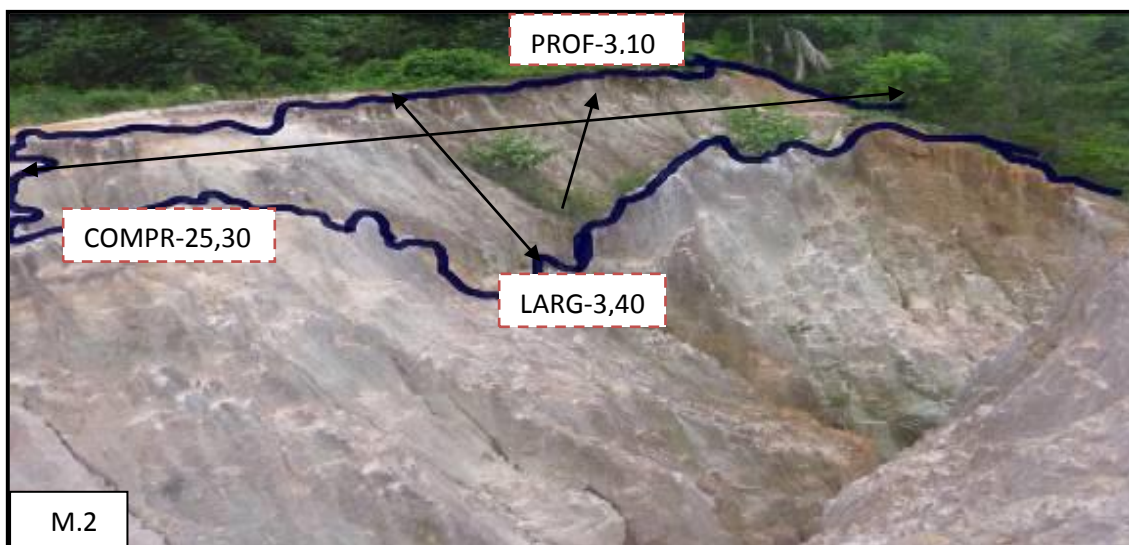
**Figura (M.1):** Voçoroca 10, 2º monitoramento- traçado azul indica os limites da incisão, setas indicam comprimento, largura, profundidade. **Fonte:** Anne Dirane, 2013

- **11º VOÇOROCA**

É uma voçoroca do tipo desconectada com forma retangular de tamanho muito pequeno ocupa uma área de 86,02m<sup>2</sup> com volume erodido de 266,662m<sup>3</sup> o custo da



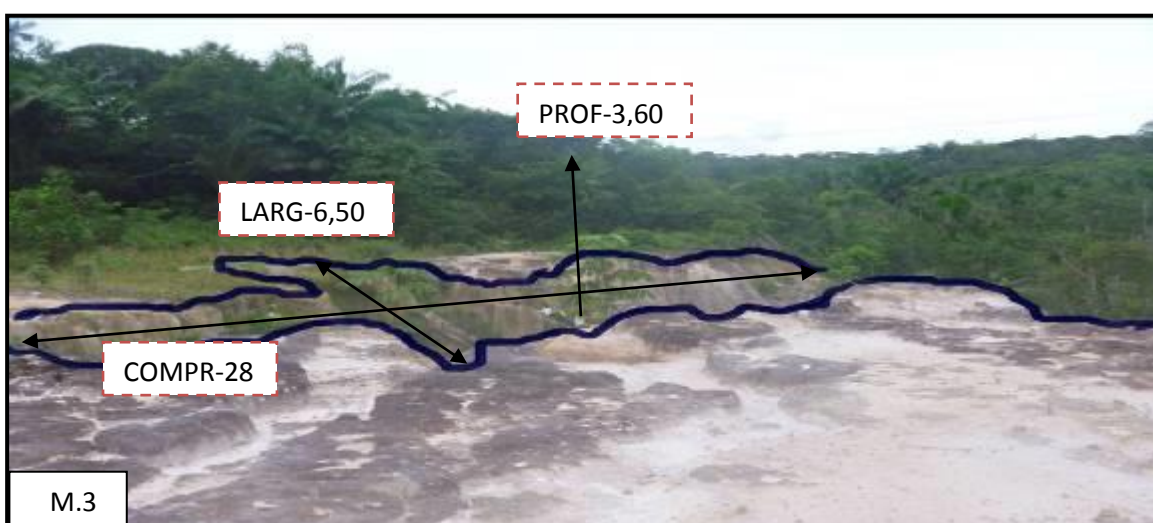
recuperação para construção civil é R\$ 11,99. Encontra-se em uma encosta com solo alterado e compactado. Seu comprimento é de 25,30m com largura de 3,40m e profundidade 24,20m distante da pista a 24,20m (Figura W. 2).



**Figura (M. 2):** Voçoroca 11, 2º monitoramento- traçado azul indica os limites da incisão, setas indicam comprimento, largura, profundidade. **Fonte:** Anne Dirane, 2013.

- **12º VOÇOROCA**

É uma voçoroca do tipo conectada com forma bifurcada de tamanho muito pequeno ocupa uma área de 182m<sup>2</sup> com volume erodido de 655,2m<sup>3</sup> o custo da recuperação para construção civil é R\$ 29,47. Encontra-se em uma encosta com solo compactado e alterado. Seu comprimento é de 28m com largura de 6,50m e profundidade 3,60m distante da pista a 27,40m (Figura W. 3).



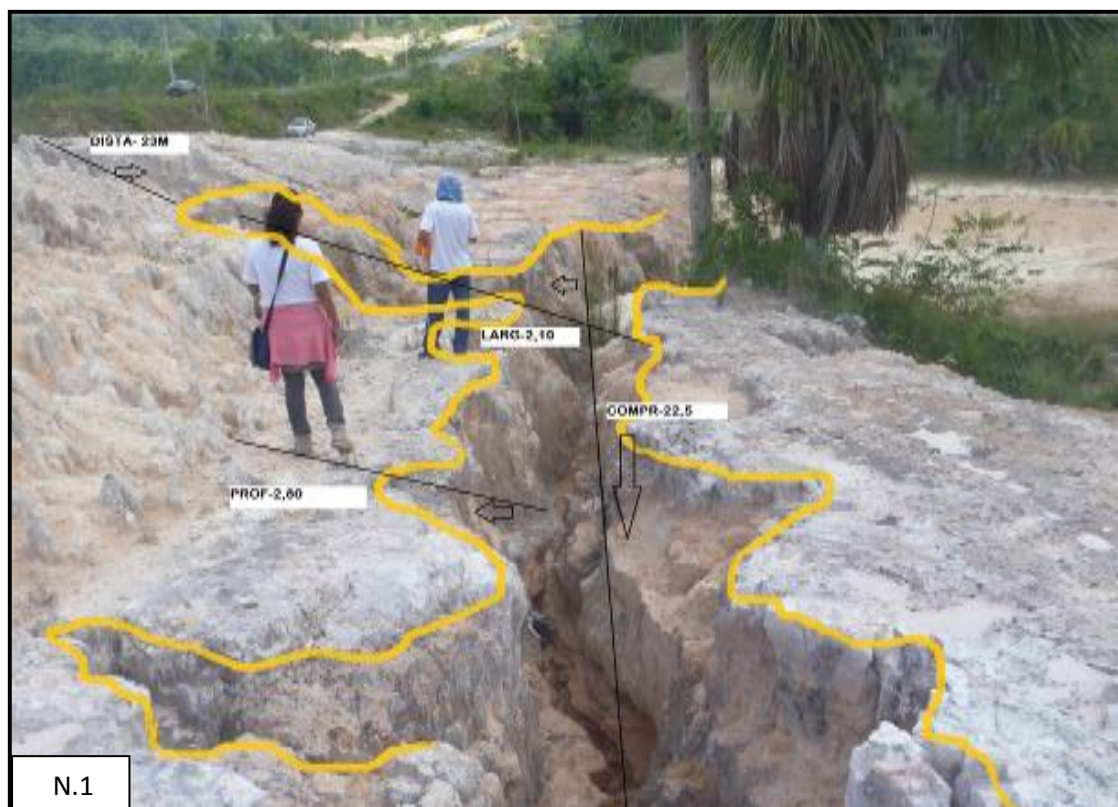
**Figura (M. 3):** Voçoroca 12, 2º monitoramento- traçado azul indica os limites da incisão, setas indicam comprimento, largura, profundidade. **Fonte:** Anne Dirane, 2013.

- 13 ° VOÇOROCA- S. 02° 52' 55,1" W. 059° 21' 34,2"

A décima terceira voçoroca foi encontrada no Km 136 localizada a margem direita da pista direção a Itacoatiara a sua ocorrência originou devido ao escoamento com ocupação na área a montante de vegetação e a jusante vegetação e igarapé.

Em relação a danos ambientais temos o assoreamento, lixo entulhado e assoreamento do leito, não possui danos materiais nem medidas de contenção. É uma voçoroca do tipo conectada com a forma bifurcada ocupa uma área de 90,16m<sup>2</sup> com volume erodido de 338,1m<sup>3</sup>, classificada com tamanha muito pequena encontra-se na encosta com o solo alterado e compactado o custo da recuperação para construção civil é R\$ 15,21.

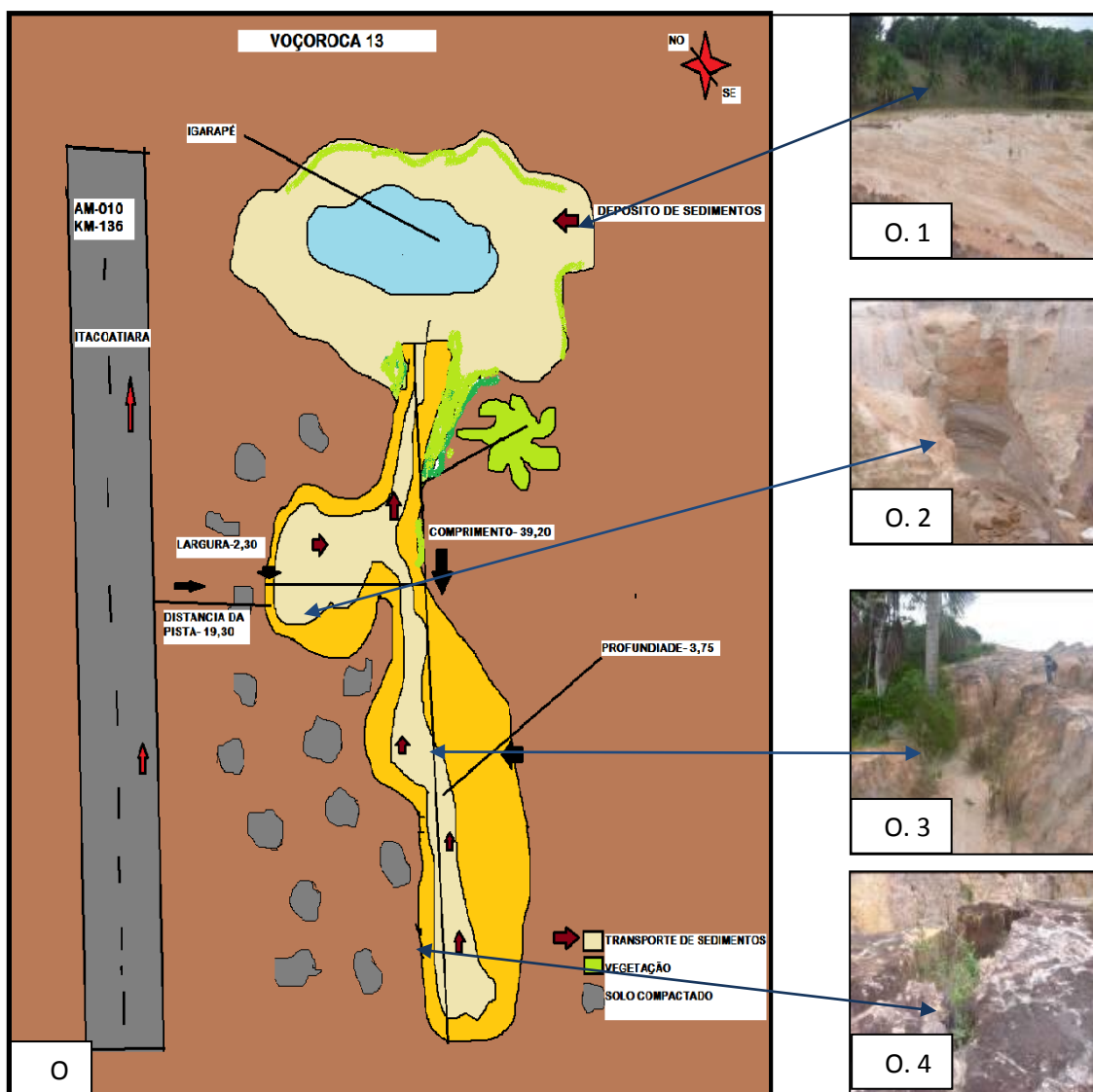
De acordo com o primeiro monitoramento o seu comprimento era de 22,5m com largura de 2,10m e profundidade de 2,80m distante da pista a 23m, (figura N.1). No segundo monitoramento seu comprimento evolui para 39,20m com largura de 2,30m e profundidade 3,75m distante da pista a 19,3m (figura N. 2).



**Figura (N.1):** Voçoroca 13, 1º monitoramento- traçado amarelo indica os limites da incisão, setas indicam comprimento, largura, profundidade e distancia da pista. **Fonte:** Anne Dirane, 2012.



**Figura (N.2):** Voçoroca 13, 2º monitoramento- traçado azul indica os limites da incisão, setas indicam comprimento, largura, profundidade. **Fonte:** Anne Dirane, 2013.



**Figura (O):** Croqui da voçoroca 13./ **Fonte:** Miriliane Fernandes, 2013. **Figura (O.1):** Deposito de sedimentos./ **Figura (O.2):** Sulco./ **Figura (O3):** Transporte de sedimentos./ **Figura (O4):** Solo compactado.



- 14° VOÇOROCA- S. 02° 54' 26,5" W. 059° 08' 28,5"

A décima quarta voçoroca foi localizada a margem esquerda da pista direção a Itacoatiara a sua ocorrência originou devido ao aterro com ocupação na área a montante de aterro e a ocupação a jusante vegetação e igarapé.

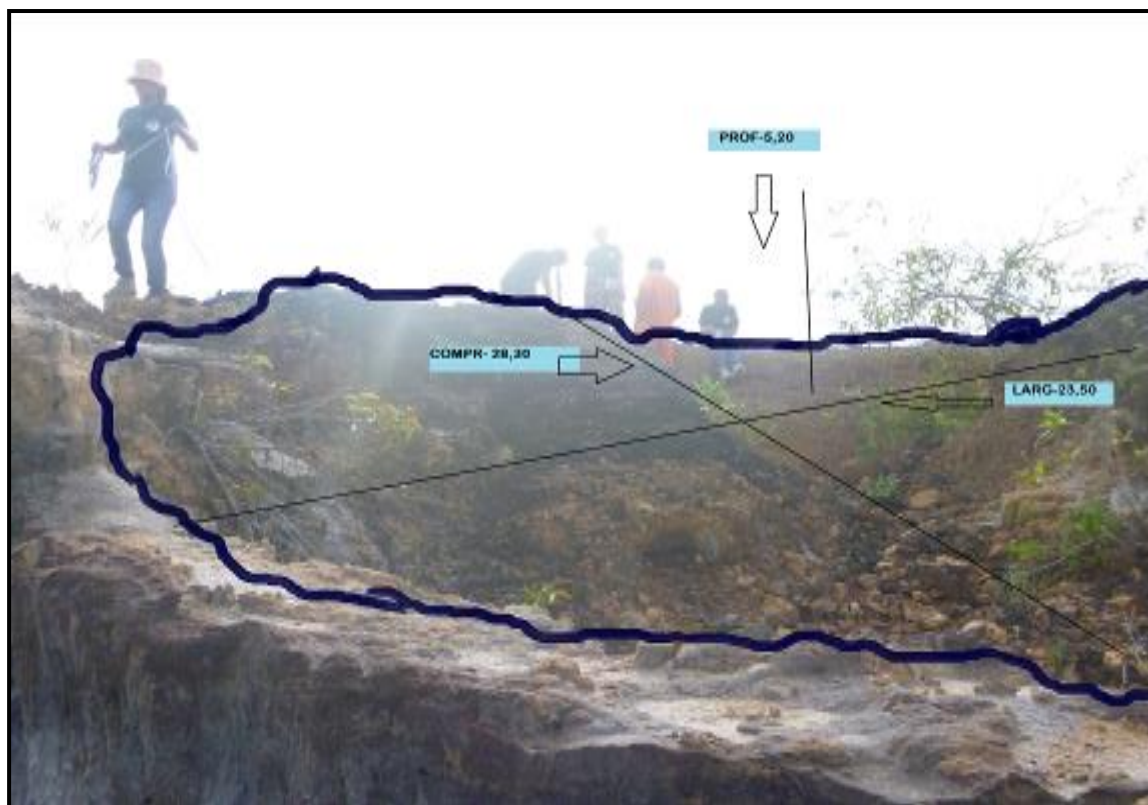
Em relação a danos ambientais temos o assoreamento, presença de seixos, lateritas e resto de asfalto na cabeceira. Não possui danos materiais nem medidas de contenção o custo da recuperação para construção civil é R\$ 116,00.

É uma voçoroca do tipo conectada com a forma dentritica ocupa uma área de 665,05m<sup>2</sup> com volume erodido de 3458,26m<sup>3</sup>, classificada com tamanha muito pequena encontra-se na encosta mediana com o solo alterado e compactado, crostas e aterro.

De acordo com o primeiro monitoramento o seu comprimento era de 23,20m com largura de 21,40m e profundidade de 1,70m distante da pista a 11,30m, (figura P). No segundo monitoramento seu comprimento evolui para 28,30m com largura de 23,50m e profundidade 5,20m distante da pista 6,60m, (figura P.1).



**Figura (P):** Voçoroca 14, 1º monitoramento- traçado amarelo indica os limites da incisão, setas indicam comprimento, largura e profundidade. **Fonte:** Anne Dirane, 2012.



**Figura (P.1):** Voçoroca 14, 2º monitoramento- traçado azul indica os limites da incisão, setas indicam comprimento, largura, profundidade. **Fonte:** Anne Dirane, 2013.

### 6.1.1 CAPACIDADE DE PENETRAÇÃO NO SOLO

As medidas de resistência a penetração do solo foram realizadas com o penetrometro de impacto, (figura 6). As análises foram realizadas em setes pontos próximas as voçorocas. Em decorrência do teste foi verificado o numero de impacto necessário para a penetração no solo a cada 10 cm até atingir a profundidade de 50 cm. A resistência a compactação obtida segue o resultado do gráfico (01)

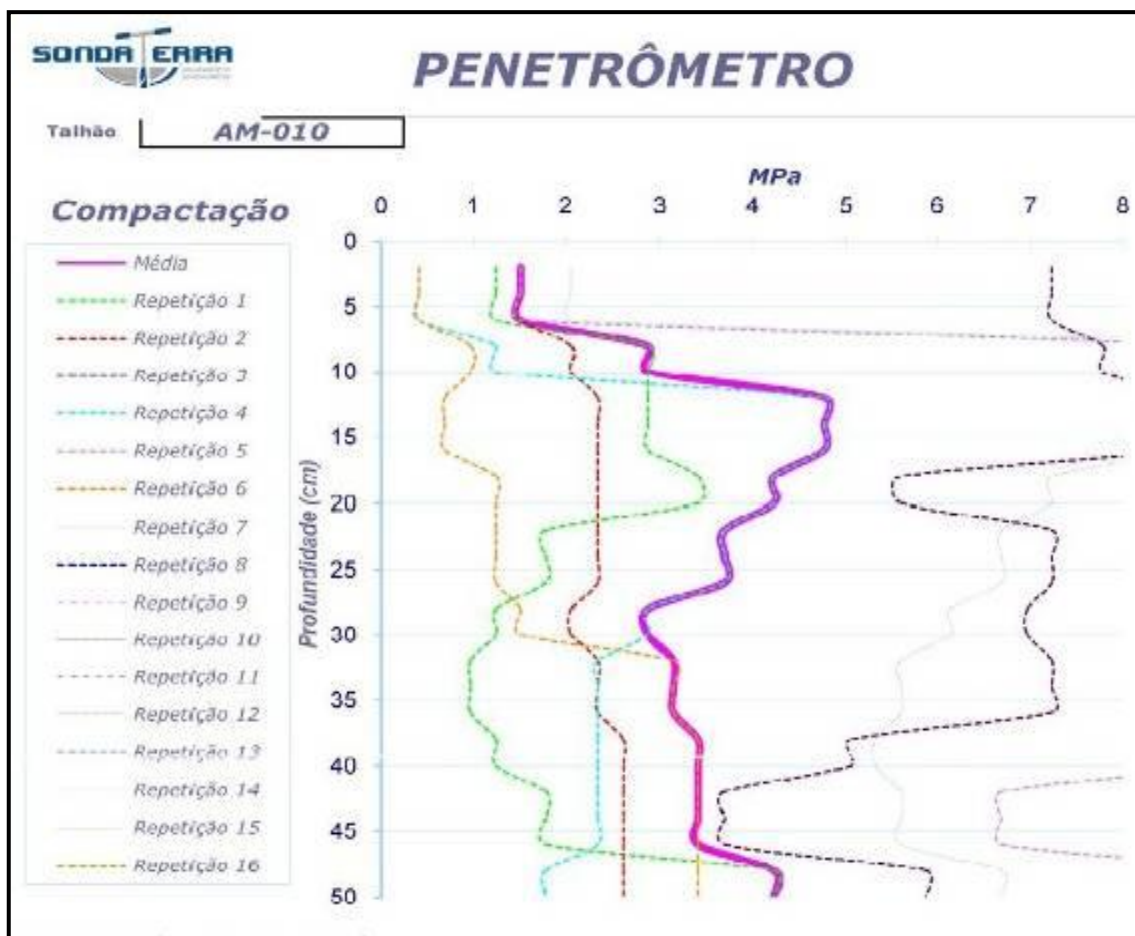


**Figura (6):** Teste de resistência a penetração no solo. **Fonte:** Anne Dirane, 2013

De acordo com os dados obtidos da capacidade de compactação do solo observa-se que o número de impactos de 5 a 10 cm de profundidades o solo manteve uma leve resistência aos impactos lançados o que facilita a infiltração da água.

Entre 10 a 25 cm de profundidade o solo apresentou uma compactação rápida aos números de impactos lançados com pouca resistência em alguns trechos no solo obtendo uma infiltração de água mais rápido. De 25 a 30 cm de profundidade o solo mostrou mais resistência aos números de impactos lançados dificultando a infiltração. No entanto de 35 a 50 cm o solo começa a apresenta menos resistência aos números de impactos lançados no solo.

Desta forma a média de números de impactos lançados no solo mostra que a resistência a penetração no solo está entre 20 a 35 cm de profundidade em torno da rodovia AM-010 onde há uma resistência a infiltração da água, ao chega em 40 a 50 cm de profundidade solo volta a apresenta menos resistência aos números de impactos no solo tornando a infiltração da água mais rápida caucionando o surgimento das incisões erosivas.



**Gráfico (1):** Resistência do solo ao impacto de penetração, 2013



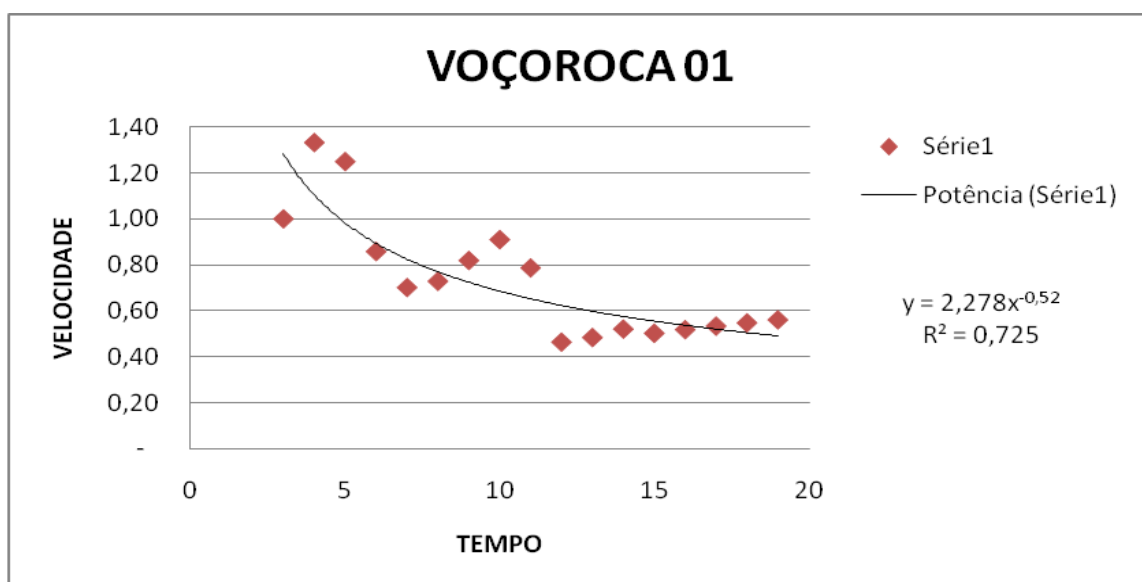
### 6.1.2 CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Os resultados obtidos de infiltração da água no solo foram realizados com o equipamento chamado de **Infiltrômetro** (figura 7).

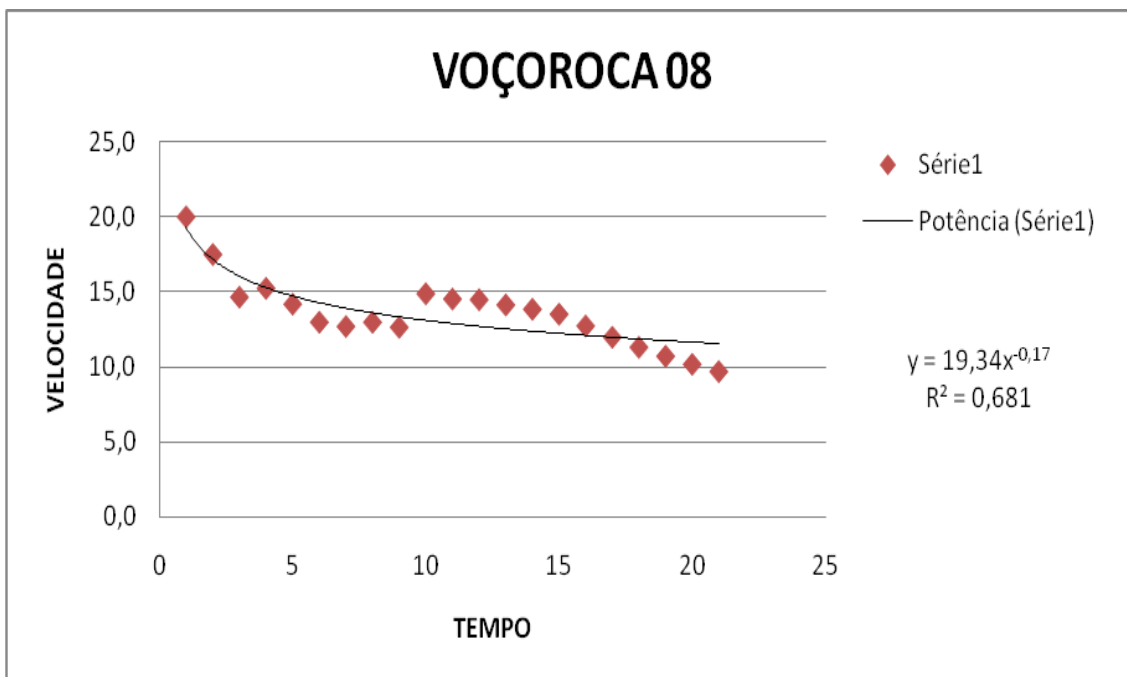


**Figura (7):** Teste de resistência a infiltração de água no solo. **Fonte:** Anne Dirane, 2013.

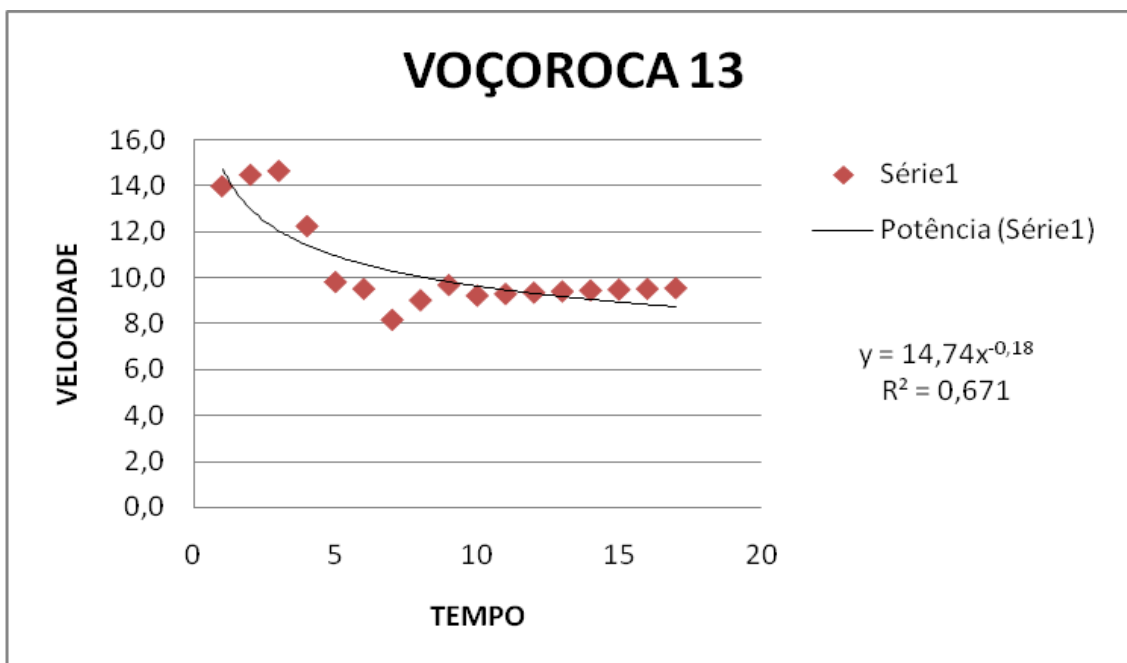
Foram realizados sete testes mais serão apresentados apenas três válidos para a análise, (**gráficos 2,3 e 4**).



**Gráfico 02:** Velocidade de infiltração voçoroca 01 km 46.



**Gráfico 03:** Velocidade de infiltração voçoroca 08 km 135.



**Gráfico 04:** Velocidade de infiltração voçoroca 13 km 136.

Em relação aos gráficos é possível observar que a velocidade de infiltração esta entre 0 a 10 minutos entre 10 a 20 ou 25 minutos a velocidade de infiltração de água no solo reduz relacionando com os testes de penetrometro temos um solo resistente a penetração e infiltração apartir de 20 a 50 cm de profundidade.



### 6.1.3 POTENCIAL DE HIDROGENIO DO SOLO (pH)

A análise da característica do pH do solo foi realizada com equipamento chamado *Ph metro* (figura 8).



**Figura (8):** Coleta do pH solo. **Fonte:** Anne Dirane, 2013.

Foi realizadas coletas de sete pontos e o potencial hidrogênio (pH) do solo coletados são os seguintes (Quadro 03). De acordo com os resultados obtidos o potencial heterogêneo da rodovia AM-010 apresenta solo ácido, pois apresenta valores de pH inferiores a escala de 7,0.

PONTOS	pH DO SOLO
<b>TESTE</b>	<b>pH</b>
1	6.8
2	6.8
3	6.7
4	5.1
5	7
6	7
7	7

**Quadro 04:** Testes realizados e pH do pontos coletados, 2013

### 6.1.4 CARACTERISTICA GRANULOMETRICA DO SOLO

Para analisar as características do solo na rodovia AM-010 foram realizados varias coletas de solo próximas as voçorocas. As amostras coletadas passaram por analise em laboratório para identificas o tamanho de partículas e classe textural da areia, silte e argila de acordo com o Diagrama triangular (Figura 9)

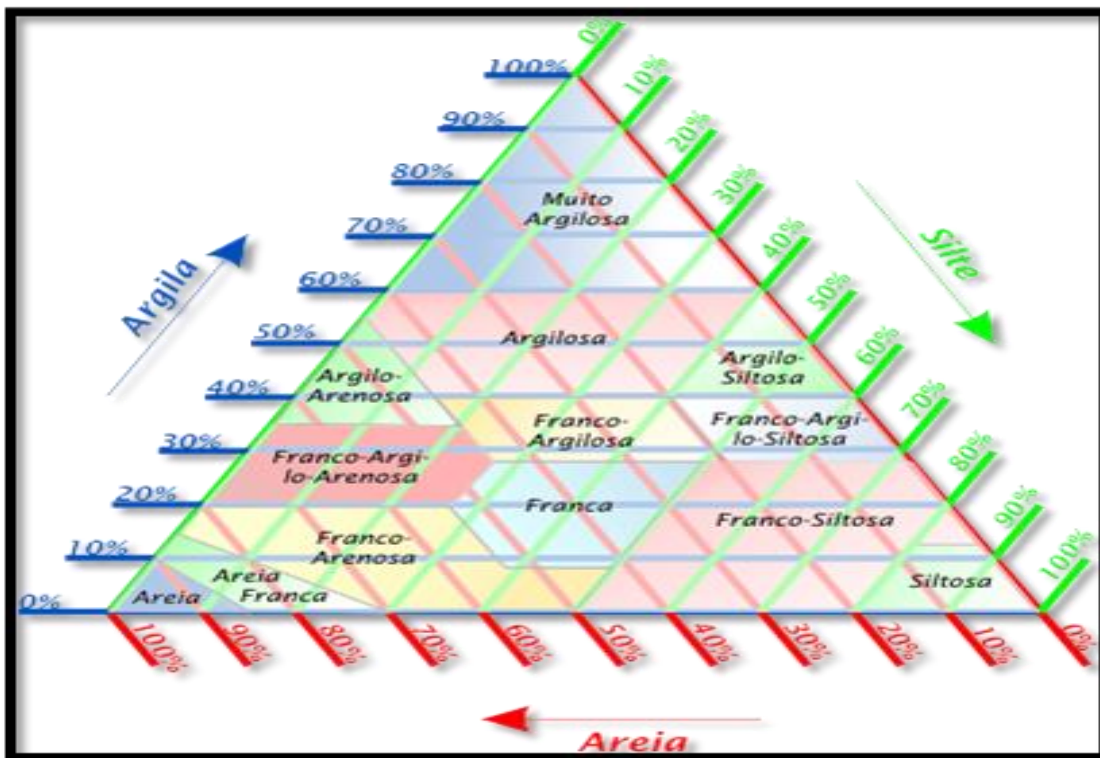


Figura (9): Diagrama triangular, 2013

De acordo com os dados analisados serão apresentados sete resultados de classe textural e tamanho de partículas de areia predominante na rodovia.

### 6.1.1 PRIMEIRA AMOSTRA

De acordo com a primeira amostra da voçoroca 01 e 02 o resultado dos tamanhos do grão de areia ficou em 4,4% areia muito grossa, 13,3% areia grossa, 29,9% areia média, 34,5% areia fina e 17,6% (gráfico 2).

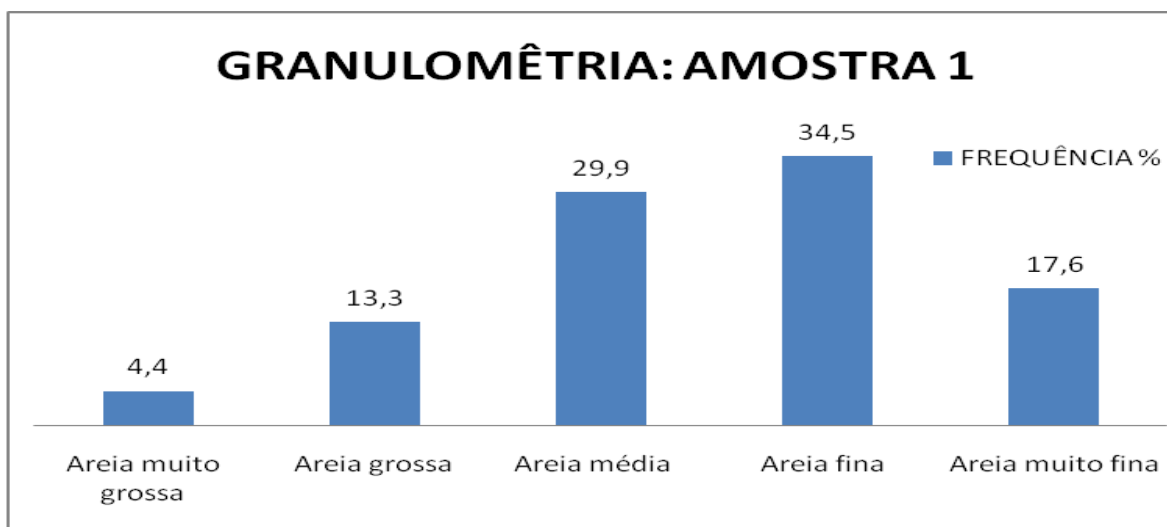
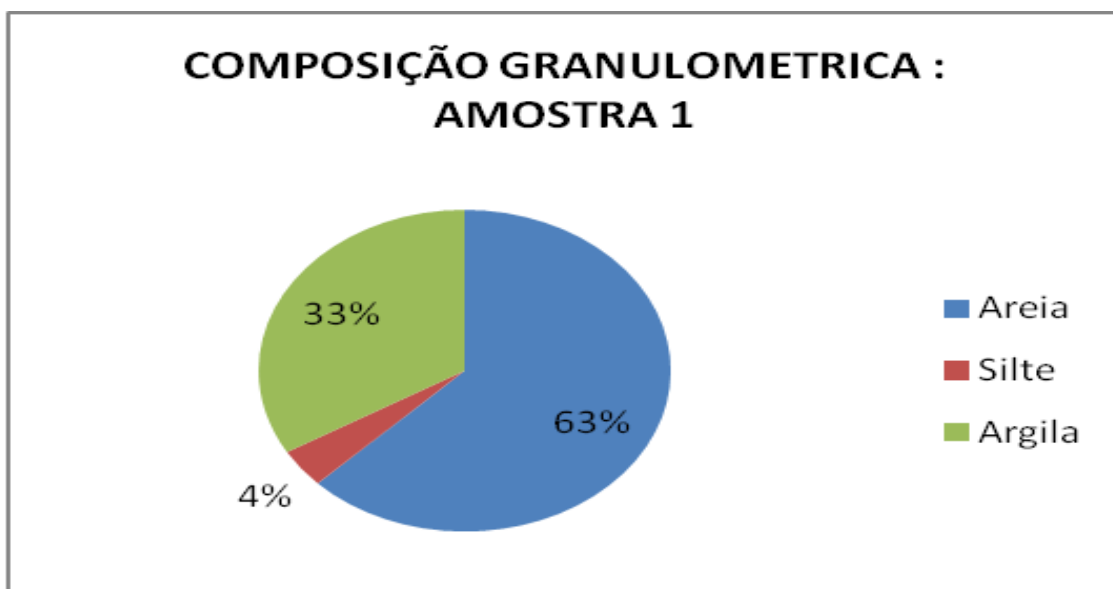


Gráfico (2): Amostra da voçoroca 1 e 2, tamanho dos grãos de areia, 2013

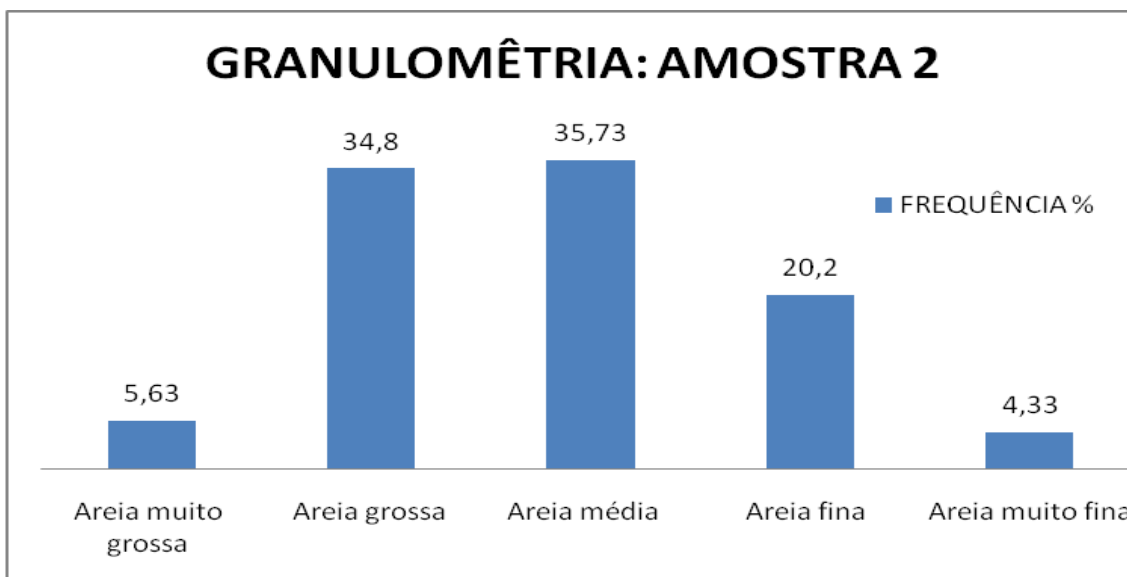
A classe textural presente temos 33% de argila, 4% de silte e 63% de areia correlacionado os dados com o diagrama a classe textural do solo e Franco Argiloso arenoso (gráfico 2.1).



**Gráfico (2.1):** Amostra da % de areia, silte e argila presente na voçoroca1 e 2,2013.

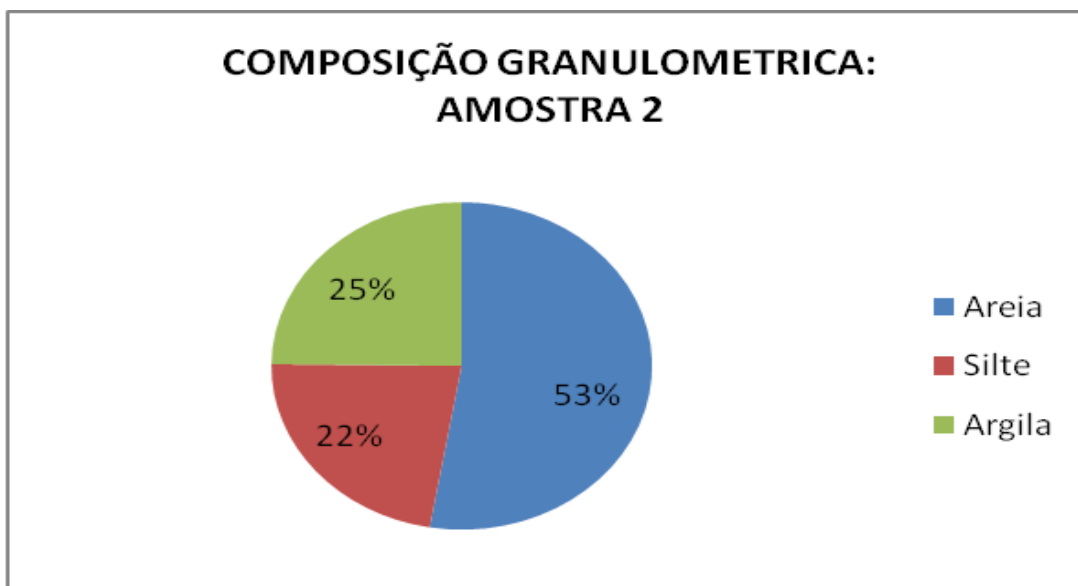
## SEGUNDA AMOSTRA

Na segunda amostra da voçoroca 06 o tamanho dos grãos de areia é 5,63% areia muito grossa, 34,8 areia grossa, 35,73% areia média, 20,2% de areia fina e 4,33 de areia muito fina (Gráfico 3).



**Gráfico (3):** Amostra da voçoroca 6, tamanho dos grãos de areia, 2013

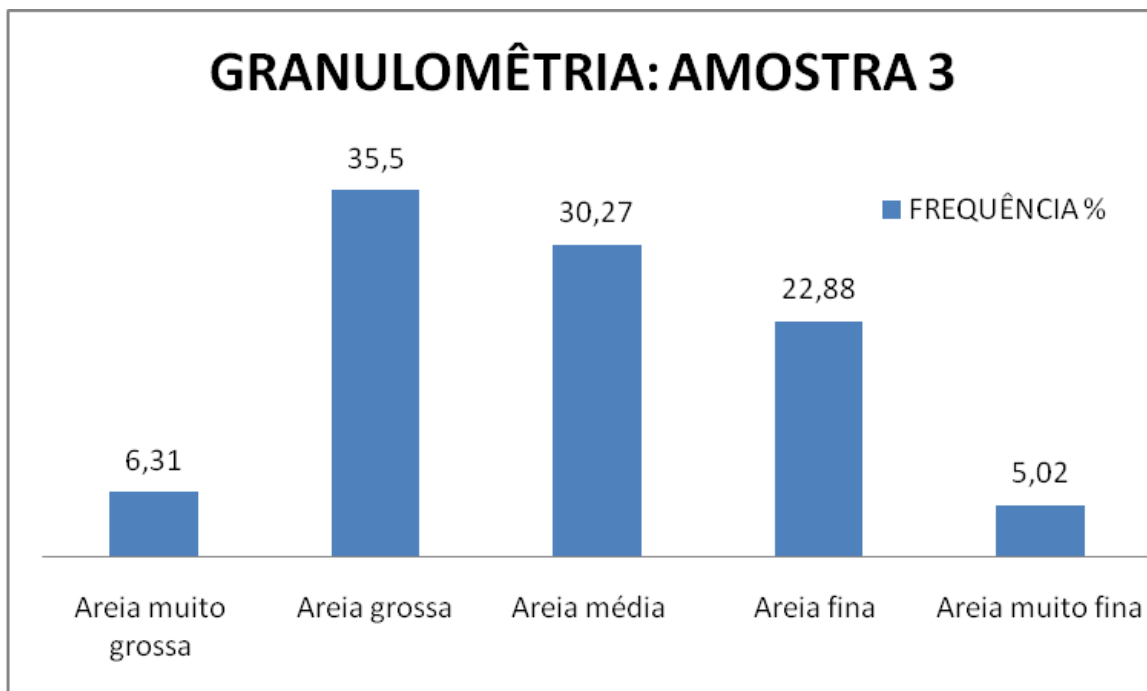
A classe textural é presente 53% de areia, 22% de silte e 25% de argila sua classe textural é franco arenosa (gráfico 3.1)



**Gráfico (3.1):** Amostra da % de areia, silte e argila presente na voçoroca 6, 2013.

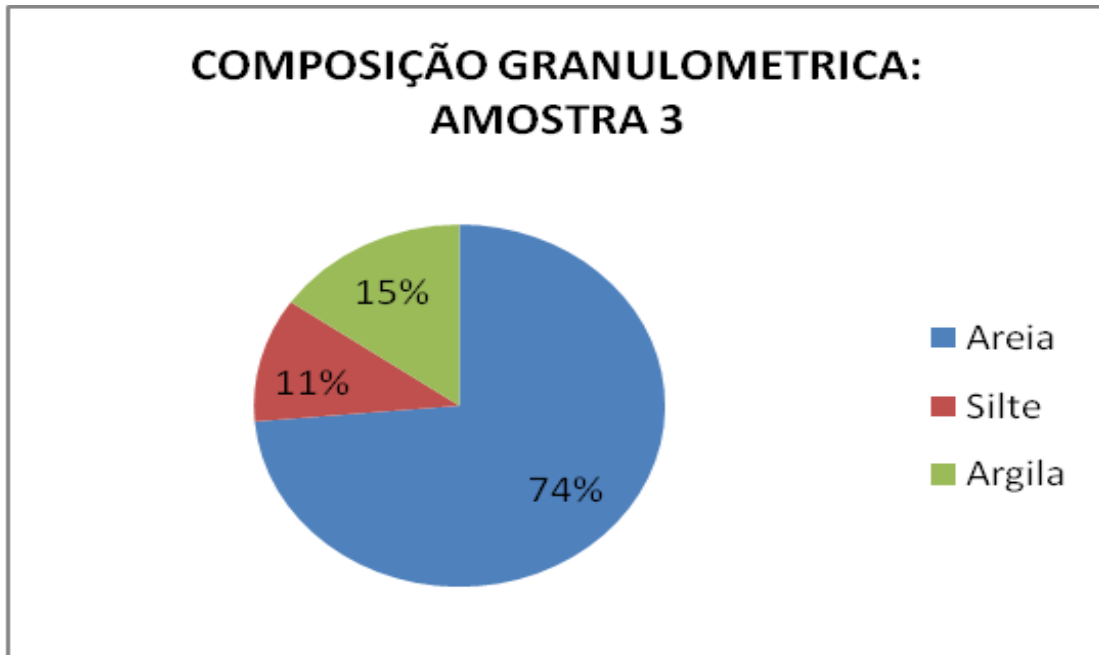
### 6.1.3 TERCEIRA AMOSTRA

A terceira amostra coleta na voçoroca 07 os tamanhos dos grãos é 6,31% de areia muito grossa, 35,5% areia grossa, 30,27 areia média, 22,88 areia fina e 5,02 areia muito fina (gráfico 4)



**Gráfico (4):** Amostra da voçoroca 7, tamanho dos grãos de areia, 2013

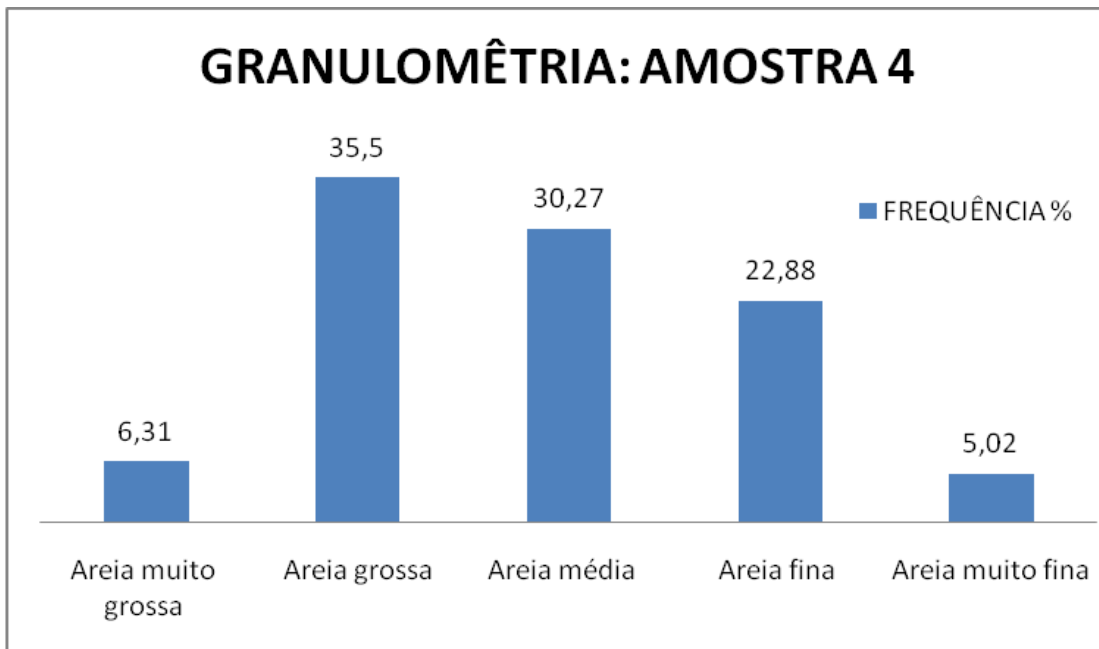
A classe textural presente é 74% de areia 11% de silte e 15% argila sua textura do solo é Franco Argiloso Arenoso (gráfico 4.1).



**Gráfico (4.1):** Amostra da % de areia, silte e argila presente na voçoroca 7, 2013.

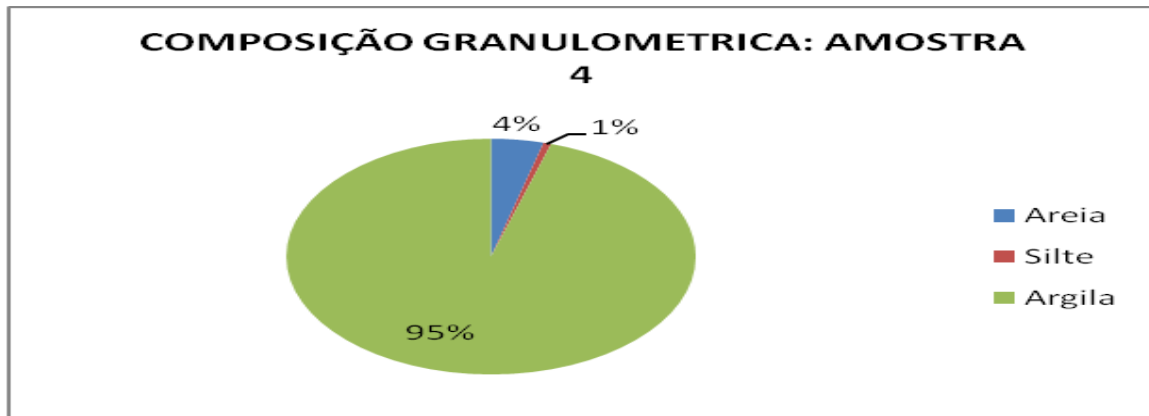
#### 6.1.4 QUARTA AMOSTRA

A Quarta amostra coletada na voçoroca 08 os tamanhos são de 6,31% de areia muito grossa 35,5% de areia grossa 30,27% de areia média 22,88% de areia fina e 5,02% de areia muito fina (Gráfico 5).



**Gráfico (5):** Amostra da voçoroca 8, tamanho dos grãos de areia, 2013

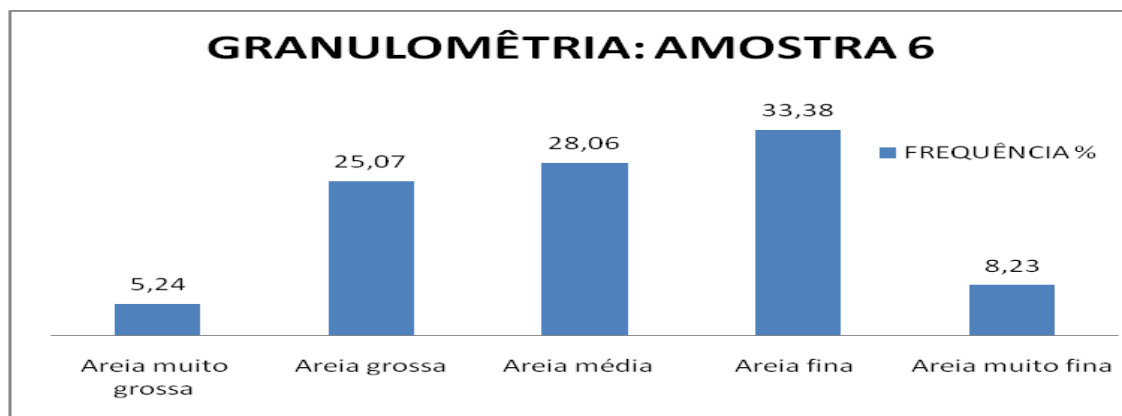
A classe textural é 4% de areia 1% de silte e 95% de argila característica textural solo muito argiloso (gráfico 4.1).



**Gráfico (5.1):** Amostra da % de areia, silte e argila presente na voçoroca 8, 2013.

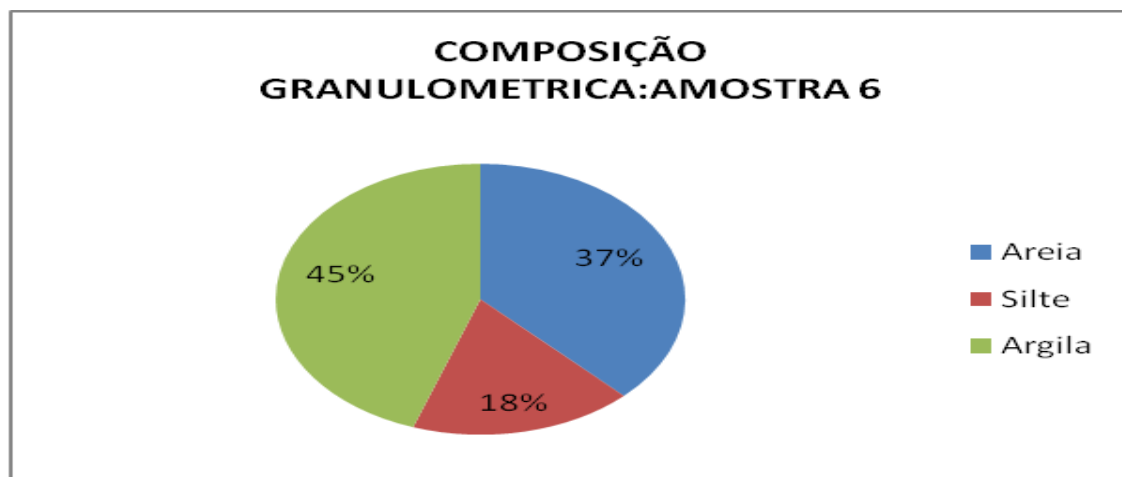
### 6.1.6 SEXTA AMOSTRA

A sexta amostra coletada na voçoroca 13 os tamanhos são 5,24% de areia muito grossa 25,07% de areia grossa 28,06% de areia média 33,38% de areia fina e 8,23% de areia muito fina (Gráfico 6).



**Gráfico (6):** Amostra da voçoroca 13, tamanho dos grãos de areia, 2013

O solo apresenta 37% de areia 18% de silte e 45% de argila o solo é muito argiloso (gráfico 6.1).



**Gráfico (6.1):** Amostra da % de areia, silte e argila presente na voçoroca 13, 2013.

### 6.1.7 SETIMA AMOSTRA

A sexta amostra coletada na voçoroca 14 os tamanhos são 1,41% de areia muito grossa 16,43% de areia grossa 29,51% de areia media 38,77% de areia fina e 13,39% de areia muito fina (Gráfico ).

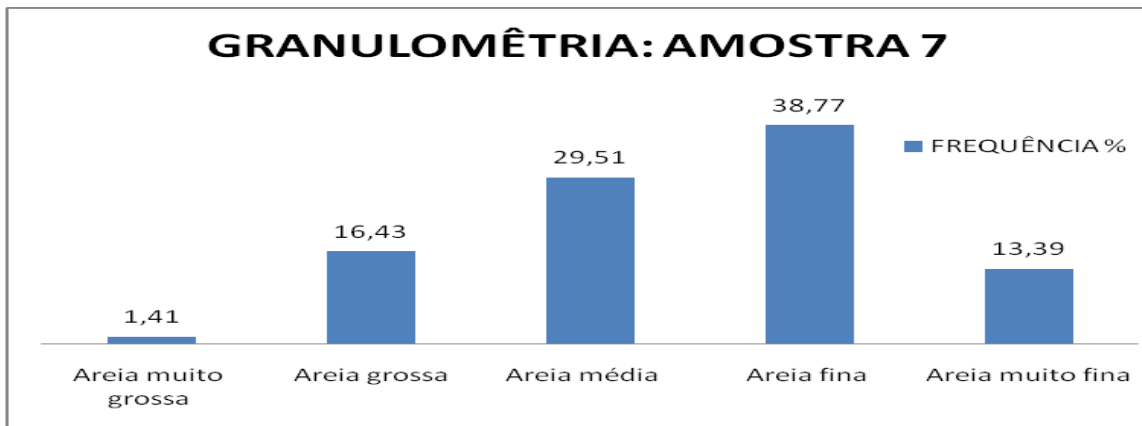


Gráfico (7): Amostra da voçoroca 14, tamanho dos grãos de areia, 2013

O solo apresenta 1% de areia 0% de silte e 99% de argila o solo é muito argiloso (7.1).

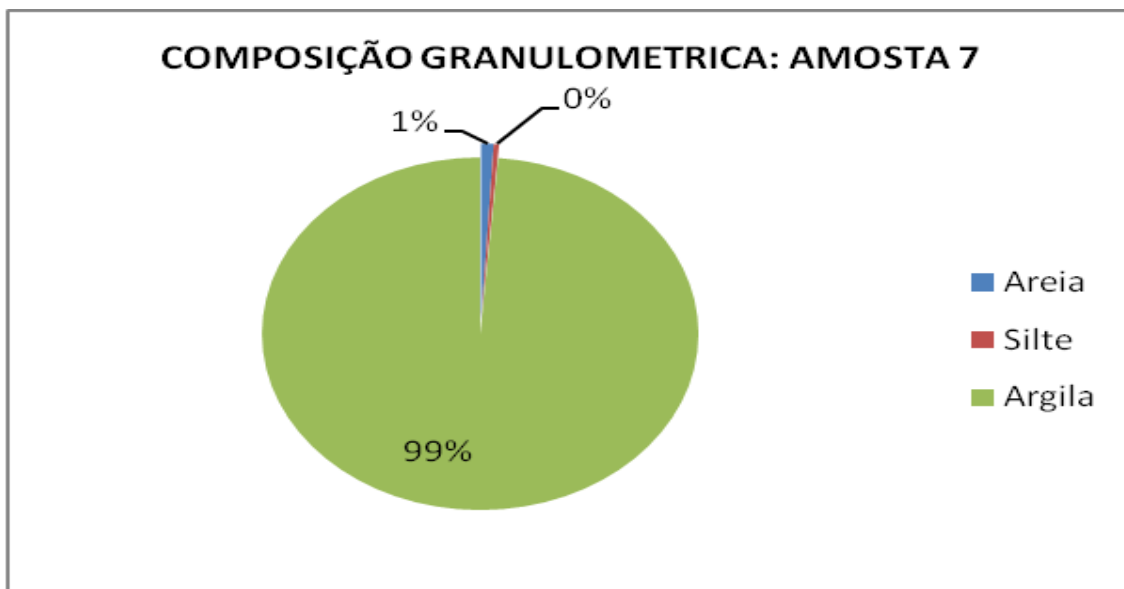


Gráfico (7.1): Amostra da % de areia, silte e argila presente na voçoroca 14, 2013.

## **07- CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De forma geral a análise de ocorrências de voçorocas na rodovia AM-010, no Amazonas permitiu em 2 monitoramento um no dia 08 de dezembro de 2012 e 07 de junho de 2013 o cadastramento de 14 voçorocas todas no perímetro da rodovia com evolução para pista em longo, médio e curto prazo.

Foi possível observa que o corte para construção da rodovia contribui para o surgimento das voçorocas principalmente pela concentração de igarapés em torno mais as correntes chuvas da região ocasionaram a evolução dos sulcos, ravinas para voçorocas.

Observa-se que não foi apenas o corte para construção da rodovia os valores encontrados nos testes de penetromêtro realizados um grau de compactação do solo e o teste de infiltração demonstra que ate 25 cm de profundidade o solo infiltra uma rápida taxa de água. E o solo apresenta a composição granulométrica de mais areia e argila tendo uma textura muito franca arenosa e argilosa.

Outro fato importante é que nenhuma voçoroca possui medida de contenção e o custo de recuperação do volume erodido para construção civil não passa de R\$ 1000,00 observando que na AM o maior custo seria de R\$ 893,81 e o menor de R\$ 11,99.

Contudo o fato da rodovia AM-010 apresenta o solo muito argiloso e arenoso mais a facilidade de infiltração e compactação do solo e a grande concentração de igarapés localizada ao entorno mais o escoamento da água da chuva pelas canaletas provocou o surgimento das voçorocas, entretanto as evoluções morfométricas que estão ocorrendo é devido ao escoamento superficial ocasionado pelas chuvas da região.





## **09- REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS**

NONATO, R.A. **Utilização de espécies vegetais na recuperação de solo sob área degradada/Manaus-AM.** Dissertação (Mestrado). MANAUS:UFAM,2012.p 56-60

RODRIGUES, Roberto. **Erosão em Rodovias: Problema a ser resolvido.** In: **5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão.** (ANAIS). Bauru- São Paulo: ABGE/DAEE, 1995. P. 93-94.

STEIN, Dirceu Pagotto. Diagnóstico de erosão. In: **5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão.** (ANAIS). Bauru- São Paulo: ABGE/DAEE, 1995. P. 55-56.

SCHIMITH, R da.S.; FARIA, A.L.L.de.; SCHMITH, D.da. S.B. **Uso do Geoprocessamento na análise da APA Carste de Lagoa Santa MG.** In: ANAIS XXIX Congresso Brasileiro de Espeologia. Ouro Preto MG, 07-10 de Junho de 2007- Sociedades Brasileira de Espeleologia.p.226.

Reflexoes sobre a geografia no Brasil/ Antonio Carlos Vitte, Antonio José Teixeira Guerra (organizadores). - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 280p.

KERTZMAN, Fernando F.; ALMEIDA, Luís Eduardo G.; ALMEIDA FILHO, Gerson S.; IWASA, Osvaldo Y. In: **5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão.** (ANAIS). Bauru- São Paulo: ABGE/DAEE, 1995. P. 41-43.

VIEIRA, A.F.G.; ALBUQUERQUE, A.R.da C. **Cadastramento de voçorocas e análise de risco erosivo em estradas: B-174 ( trecho Manaus - Presidente Figueiredo).** In: V SimposioNacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. (Anais). Santa Maria: UGB/UFSM, 2004. p. 50 – 65

Guerra, Antonio.; Roizem, Joana.; SCHUELER, Elka. . In: **5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão.** (ANAIS). Bauru- São Paulo: ABGE/DAEE, 1995. P. 447-449.

VIEIRA, A.F.G. **Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM). Dissertação (Mestrado).** Florianópolis: UFSC, 1998. 222p

Transporte Rodoviário Coletivo Intermunicipal de Passageiros do Amazonas- Anuário Estatístico Biênio, 2008-2009.

VIEIRA, A.F.G.; MOLINARI, D.C. e MUNIZ, L.da S. **Caracterização geral das voçorocas do CIRMAM: Manaus (AM). In: V Simpósio Nacional de geomorfologia e I Encontro Sul- Americano de Geomorfologia.** (Anais). Santa Maria: UGB/UFSM,2004.p.20 -35

RADAMBRASIL. **Projeto RADAMBRASIL- Folha AS 20- Manaus.** Rio de Janeiro: DNPM/MME, 1978.567p.

PAES, K. da. S.; FILHO, A.B.da.F.; MOLINARI, D.C.; **Caracterização Geomorfológica da rodovia AM 010: Trecho Compreendido nas adjacências do Km 124 (Rio Preto- Vila de Lindóia/ Itacoatiara) – AMAZONAS/BRASIL.** Revista Caminhos de Geografia. UrbeÍndia. V.12, n38, junho /2011-p57-64

Manual Técnico de geomorfologia / IBGE, **Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.** 2. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

MOLINARI, D.C. **Dinâmica erosiva em cicatrizes de movimento de massa- Presidente Figueiredo (Amazonas).** Dissertação (Mestrado). Florianópolis: UFSC/PPGG, 2007

SILVA, C.L. da S. **Análise da Tectônica Cenozóica da região de Manahus e Adjacências.** Dissertação (Doutorado). Rio Claro: SP- 2005.p 212-220.

GERRA, A.J.T. **A contribuição da Geomorfologia no Estudo dos Recursos Hídricos- Bahia Análise & Dados.** Salvador, v.13, n. Especial. 389-389p, 2003.