

ESTABILIZAÇÃO DE VOÇOROCA - SUBPRODUTO AMBIENTAL DO DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS, O CASO DO ASSENTAMENTO DONA ANTONIA, CONDE – PB.

Pedro Costa Guedes Vianna – Prof. DGEOC/PPGG - LEPAN – pedro@ccen.ufpb.br

Valeria Raquel P. de Lima – Bol. PIBIC/CNPq – LEPAN - vrportol@yahoo.com.br

Lairton Lopes Lunguinho – Bol. PIBIC/CNPq – LEPAN – llairton@click21.com.br

Avaní T. G. Torres – Bol. CTHidro - PPGG – LEPAN - avanitorres@yahoo.com.br

Araci Silva –Geógrafa do LEPAN -aracigeo@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

No vale do rio Caboclo que corta o assentamento Dona Antônia, localizado no litoral sul da Paraíba, fatores naturais como chuvas torrenciais, aliados ao manejo inadequado do solo, acarretaram o surgimento de uma erosão de grande dimensão, caracterizando-se como uma voçoroca pela presença de fluxos de água subterrânea.

De acordo com (PICHLER,1953), erosão desenvolvida não somente por águas superficiais, mas também por fluxos de águas subterrâneas, através do lençol freático, com desenvolvimento de tubos tipo *piping*¹, configura-se como uma voçoroca.

Por definição, erosão é o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou das rochas, pela ação combinada da gravidade com diversos fatores como a água e vento. (BERTONI & NETO 1990).

As perdas de solo por erosão afetam principalmente o agricultor, foi estimado por (MARQUES,1949), que o Brasil perde por erosão laminar, cerca de quinhentos milhões de toneladas de terra anualmente.

Apesar de trazer transtornos como a redução de área agrícola no assentamento, a erosão ao se tornar uma voçoroca fez aflorar água do lençol freático.

Esta pesquisa realizou uma investigação para identificar os principais fatores exógenos que originaram a erosão, e realizou ações para conter e o controlar a mesma. Essas ações tiveram como propósito minimizar a perda do solo agrícola no assentamento e, sobretudo, apresentar formas de usos múltiplos dos recursos hídricos no assentamento para o desenvolvimento econômico local.

¹ *Piping*, palavra da língua inglesa que é usada para descrever a ocorrência de cavidades semelhantes a um conjunto de tubos interligados, com saída de água sob pressão, que pode provocar a remoção de partículas no interior do solo, formando canais que evoluem em sentido contrário ao fluxo de água. Podem dar origem a colapsos no terreno, tipo corridas de lama, solapamentos e escorregamentos com desabamentos ou criação de novos ramos.

De acordo com Albuquerque (2004), quantitativamente, um sistema aquífero é composto de potencial, reservas e disponibilidades, em princípio, uma parcela do potencial pode ser explorada de forma sustentada, isso é, sem reflexos negativos sobre a oferta e o meio ambiente.

Para a realização dessa investigação foram utilizados vários procedimentos metodológicos separados em três momentos distintos.

No primeiro momento, dados de precipitação foram analisados, cuja análise esta representada através um gráfico, essa análise foi essencial para a interpretação do comportamento mensal da precipitação no litoral da Paraíba. As chuvas torrenciais foram um dos fatores que mais contribuíram para o surgimento e evolução da erosão em estudo.

A infiltração de água no solo está diretamente ligada à capacidade de absorção de água do solo, e de acordo com sua capacidade de infiltração, contribui para a geração de escoamento superficial e conseqüentemente para formação de incisões erosivas. Para analisar este parâmetro, realizou-se o teste de infiltração de água no solo baseado na proposta metodológica de (GUERRA, 1996), com a utilização do infiltrômetro de Hills.

Em um segundo momento, observações *in loco* e entrevista realizada com o Sr. Euclides, antigo parceiro da antiga fazenda Baraúna, hoje morador do assentamento Dona Antônia, teve a intenção de conhecer os principais agentes naturais e de intervenção humana que contribuíram com a gênese e evolução da erosão.

A medição de toda extensão da erosão com ajuda de uma trena, a confecção de um croqui com todas as dimensões da erosão (anexo I), a realização de dois perfis do solo com a coleta de amostras para análises granulométrica no Laboratório de Solos do Centro de Tecnologias da UFPB e o preenchimento de ficha técnica copilada de modelo do Instituto de Pesquisa Mato-grossense – IPEM, fizeram parte do segundo momento de investigação.

O terceiro passo da pesquisa foram às ações de contenção e controle da Voçoroca. As técnicas utilizadas para contenção da erosão encontram-se algumas delas nas bibliografias, (BERTONI & NETO. 1990; SALOMÃO. 1999; LEPSCH. 1976). Outras técnicas sofreram adaptações para melhor se ajustar às condições do assentamento.

As obras de contenção da erosão foram realizadas por moradores do assentamento Dona Antônia, por meio do convênio firmado com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma

Agrária – INCRA para o desenvolvimento da pesquisa Diagnóstico dos Recursos Hídricos no Assentamento Dona Antônia², do qual este trabalho é um subproduto.

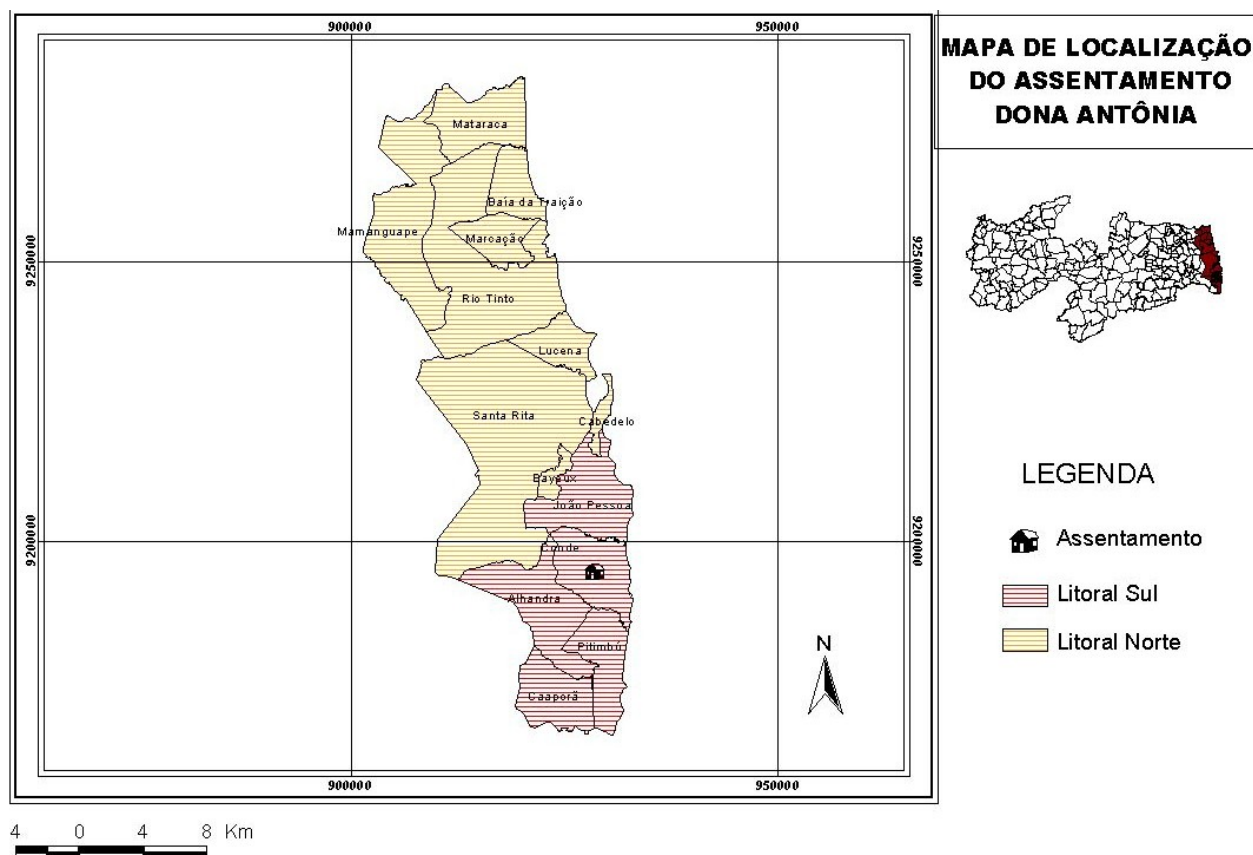


Figura I – Mapa de Localização do assentamento Dona Antônia.

² Esse projeto visa potencializar o uso dos recursos hídricos no assentamento. Após a realização de uma pesquisa sobre o potencial quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos o uso deste recurso para sua o lazer, criação de peixes, hidropônia e até a industrialização da água, será de grande importância para a viabilidade econômica do assentamento.

A hidroponia é a ciência de cultivar plantas sem solo, onde as raízes recebem uma solução nutritiva balanceada que contém água e todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta. Apesar de ser uma técnica relativamente antiga, o termo hidroponia só foi utilizado pela primeira vez em 1935 pelo Dr. W. F. Gericke da Universidade da Califórnia. <http://www.labhidro.cca.ufsc.br/hidroponia.htm>

O cultivo de plantas hidropônicas, é uma perspectiva importante de uso dos recursos hídricos do assentamento. Inclusive após a realização de um curso para capacitação dos agricultores no cultivo das plantas hidropônicas, os mesmos já estão construindo estrutura para iniciar a produção. Este curso foi realizado através de um convênio da SUDEMA com o SEBRAE – PB por indicação desta pesquisa, que viabilizou informações da quantidade e qualidade da água existente no assentamento para utilização dos recursos hídricos locais nesta atividade.

Em relação à industrialização da água, esta pesquisa em nome da associação dos trabalhadores do assentamento Dona Antônia, entrou com o pedido de pesquisa da água do assentamento no Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM.

Fatores exógenos que contribuíram para gênese da voçoroca.

O entendimento dos processos erosivos ocorridos em uma área deve levar em consideração diversos fatores, as chuvas, o fluxo de água subterrânea e a declividade do terreno, são alguns elementos que contribuíram para o desenvolvimento da erosão.

Para conhecer a quantidade de chuva precipitada durante o período em que os processos erosivos ocorreram, foram analisados dados da estação meteorológica da bacia hidrográfica Abiaí – Popocas³, localizada no município de Alhandra, zona da mata paraibana. Os dados recolhidos são de 1971 a 1989, ou seja uma média de 19 anos.

A outra análise de dados referente à precipitação, foi obtida na estação analógica e digital, do LES – Laboratório de Energia Solar, onde foram analisados os dados de 1990 a 2002, uma média de 11 anos.

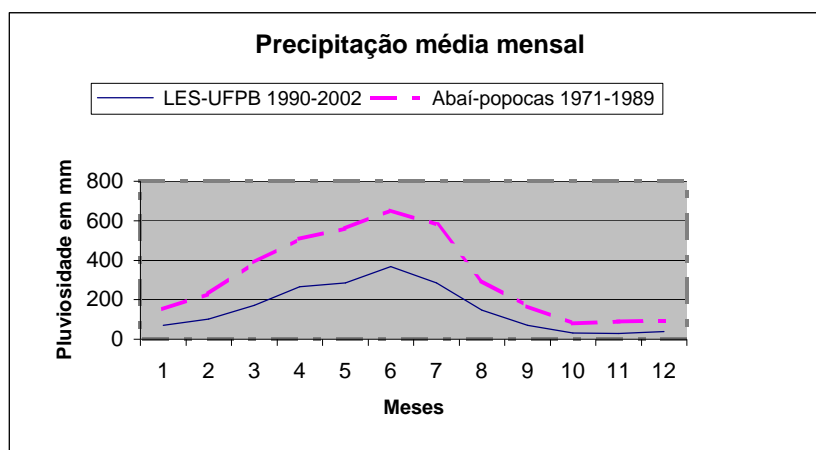


Gráfico I - Precipitação média mensal no litoral da Paraíba.
Fonte: Valéria Raquel Porto.

O gráfico mostra que a quantidade de chuva precipitada no litoral paraibano é relativamente semelhante entre os anos, havendo uma concentração da ordem de 57% da pluviosidade entre os meses de abril a julho, registrada na Estação Abiaí-Popocas. Já em João Pessoa entre os anos de 1999 a 2002, essa concentração representa 65% da pluviosidade anual.

³ Os dados foram fornecidos pelo Laboratório de Hidrologia do Centro de Tecnologia e Laboratório de Geografia Aplicada - LGA do Departamento de Geociência, ambos localizados na Universidade Federal da Paraíba.

Os dados referentes aos anos de 1971 a 1989 possuem maior relevância para a interpretação da gênese da erosão, nos relatos do Sr. Euclides foi durante a década de 1980 o período de maior evolução da erosão.

As chuvas ocorridas entre 1971 a 1989, e os fluxos de água subterrânea, ajudaram a provocar o rompimento da base da vertente dando origem à erosão que hoje possui 460 metros de extensão.

As declividades mais acentuadas favorecem a concentração de escoamento de água. A forma da encosta representa um papel importante na erodibilidade dos solos, pois pode possibilitar a maior retenção de água ou maior velocidade proporcionando escoamento preferencial em alguns pontos.

O teste de infiltração de água no solo considerou a permeabilidade do terreno, a compactação promovida pela ocupação do solo, natureza e granulométrica do solo, além de outros fatores como inclinação e comprimento das vertentes.

O teste de infiltração foi realizado em três pontos distintos, na base da vertente, na meia encosta e no topo da encosta.

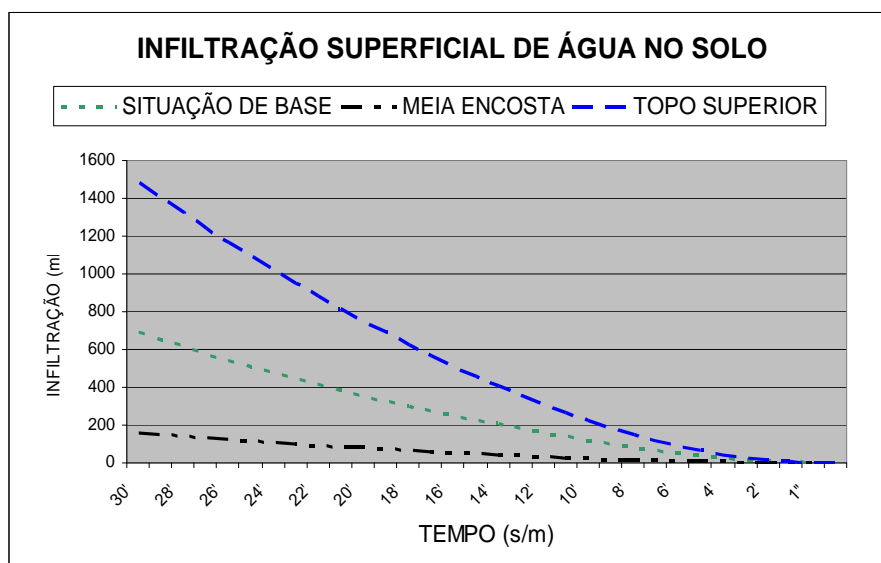


Gráfico II - Taxa de infiltração superficial no solo em três pontos analisados.
Fonte: Valéria Raquel Porto.

A base da vertente foi o local onde ocorreu o rompimento por “corrida de lama”, que provavelmente já estava sendo desenvolvida por ravinamento, processo erosivo por escoamento concentrado da chuva. Este processo permitiu que a ravina pouco a pouco se

desenvolvesse e interceptasse o lençol freático provocando deslizamentos de partes do solo dando origem a uma voçoroca.

A meia encosta teve a menor capacidade de infiltração de água no solo, além de ser uma área de plantio, provavelmente esta saturação rápida, ocorreu por haver um nível mais argiloso que foi observado no perfil de solo dentro da voçoroca.

O gráfico mostra que o comportamento no topo da encosta onde o solo é bastante arenoso e a área é mais plana, é o local onde tem maior potencial de infiltração de água.

Os resultados permitem destacar que num mesmo tipo de solo podem ocorrer taxas de infiltrações diferenciadas, ocasionadas possivelmente pelas características morfológicas do solo, pela declividade do terreno ou influenciada pelas características de cobertura vegetal.

A cobertura vegetal da área ao redor é composta em sua maioria por coqueirais e resquícios de mata secundária de tabuleiro, além da agricultura familiar praticada por agricultores do assentamento de forma incorreta com praticas de plantação em linha vertente abaixo e queimada para limpeza do lote (foto I).



**Foto I – Manejo do solo. Queimada do terreno.
Foto: Jorge Flávio Cazé.**

Caracterização da Erosão.

A erosão possui 460m de extensão, caracteriza-se inicialmente como sulco de aproximadamente 20cm de profundidade. A cobertura vegetal de mata secundária de baixo e médio porte acompanha toda erosão. Alguns metros abaixo a erosão tem características de uma ravina com a dimensão de 15m de largura e 2,5 metros de profundidade.

Ao longo da ravina estas dimensões tem variações, em determinados pontos esta ravina reduz sua largura para 50cm com 2m de profundidade.

Próximo ao rio Caboclo a erosão torna-se uma voçoroca com vários tubos de *piping* (foto II). A água subterrânea que aflora dentro desta voçoroca alimenta o riacho Caboclo que cruza o assentamento Dona Antônia.



Foto II - Ocorrência de tubos de *Piping*.
Foto: Valéria Raquel Porto.

Dentro da erosão estudada, foram realizados dois exames de perfis do solo com o intuito de conhecer as características físicas pedológicas do solo “*in loco*”.

O solo coletado foi armazenado em sacos plásticos etiquetados e enviados para análise granulométrica no Laboratório de Solos do Centro de Tecnologias da UFPB.

O primeiro perfil (anexo II), foi realizado a montante da erosão caracterizada neste ponto como uma ravina.

O segundo perfil (anexo III), este localizado no trecho inferior da erosão, onde esta localizada o “*piping*”, caracterizando a erosão deste ponto como uma voçoroca.

A estrutura do solo tem formatos e tamanhos diferentes e estão separados uns dos outros por pequenos fragmentos. Para analisar a estrutura do solo no perfil realizado, utilizou-se uma faca retirando blocos de terra dos horizontes que foram analisados. Em anexo, inseridos nos perfis estão os resultados dos testes granulométricos por peneiramento simples, (peneira N° 10 a 200).

As observações dentro da voçoroca permitiram deduzir duas hipóteses de ocorrência do lençol freático.

A primeira seria a existência de dois lençóis freáticos, o primeiro estaria confinado pela concreção laterítica e o segundo estaria acima desta concreção, caracterizando o lençol

freático como suspenso ou livre. A segunda hipótese seria a existência de um único lençol freático com locais confinados ou semi confinados.

O aquífero descrito é o Barreiras que constitui um sistema de aquífero livre, porém com algumas áreas semi-confinadas por concreções de argila e/ou camadas lateríticas.

Suas águas subterrâneas estão restritas aos níveis mais arenosos, sofrendo importantes perdas para os aquíferos inferiores e alimentando a drenagem superficial de origem local. (SUDENE, 1978).

Controle e Práticas de Contenção da Erosão.

O controle e estabilização da erosão no assentamento Dona Antônia é uma ação complexa por envolver questões de ordem socioeconômica. No entanto há uma perspectiva por parte dos assentados em explorar os recursos hídricos existentes na erosão em estudo, por isso é necessária a aplicação de técnicas para a sua estabilização.

Estas ações visam reduzir a evolução da erosão que provavelmente influenciará na melhoria da qualidade da água e aumento de sua vazão nos *pipings*.

Para conter a erosão na área do assentamento Dona Antônia, os assentados seguindo a posposta da pesquisa implementaram algumas práticas de caráter vegetativo e mecânico.

As praticas de caráter mecânico visam o desenvolvimento de técnicas artificiais com a finalidade de controlar o escoamento superficial das águas e facilitar a infiltração da água.

Neste sentido, estão sendo utilizadas as técnicas de barragens vegetais com fardos de capim e bambu, dentro da erosão, a fim de disciplinar as águas superficiais.(foto III)

Cinquenta mudas de bambu foram plantadas no ponto onde a erosão caracteriza-se como uma ravina, após alguns metros foram plantadas mais quarenta e nove mudas.

No local onde a erosão se torna uma voçoroca foram plantadas sessenta e cinco mudas. Foram cultivadas três mil mudas, que serão plantadas em locais pré-estabelecidos para melhor contenção da erosão, como por exemplo, no “abraço” em torno da erosão, em uma distância média de 2 metros da borda dos barrancos.

A outra técnica, consiste na marcação do terreno acompanhado as curvas de nível um tipo de sulco ou canal (foto IV). Tem a finalidade de interceptar a água das enxurradas e conduzir o excesso da água pelo canal, criando uma infiltração forçada e desviando os fluxos de água da erosão.



**Foto III- Prática de caráter mecânico, plantação de bambus em forma côncava.
Foto: Pedro Vianna**



**Foto IV – Aplicação de técnica para desvio fluxos de água.
Foto: Valéria Raquel Porto.**

Considerações Finais

Os processos erosivos iniciaram-se há pelo menos 30 anos com o desmatamento da vertente da microbacia do rio Caboclo. A vertente onde se insere a voçoroca é constituída predominantemente por solos com horizontes superficiais essencialmente arenosos e horizontes sub-superficiais areno-argilosos menos permeáveis.

As águas de chuva caindo sobre o terreno desprovido da cobertura vegetal original, infiltrou com relativa facilidade nos horizontes superficiais que foram parcialmente barradas nos horizontes sub-superficiais menos permeáveis, estimulando a percolação d'água por escoamento superficial e sub-superficial, em direção ao fundo do vale do Riacho do Caboclo.

Águas de escoamento concentradas na provável linha de talvergue que se dirigia ao fundo do vale deram origem a uma ravina. Essa ravina adquiriu conformação por aprofundamento e alongamento condicionada as características da cobertura pedológica que apresenta horizonte com diferentes erodibilidades.

Com o rompimento da base da vertente ocasionada por escorregamento unificado, na década de 1980 a ravina transformou-se em voçoroca.

Esse fenômeno originou-se provavelmente devido à ascensão do lençol freático com maior rigor na base da vertente, tendo em vista o barramento dos fluxos do lençol pela subida do nível de base do rio, gerando pressões hidrostáticas e diminuição da resistência dos materiais por saturação, instabilizando o maciço terroso/rochoso e promovendo o rompimento na forma de escorregamento em provável corrida de lama.

O lençol freático que surge na base dos taludes da voçoroca em sua porção de jusante num trecho de aproximadamente 12,70 m, se forma no material constituído por arenito alterado.

Tubos de “piping” com diâmetro máximo de 8cm, foram identificados em locais onde ocorrem as surgências do lençol, sugerindo uma certa resistência da rocha alterada ao desmoronamento. Até o presente momento não existem evidências de avanço erosivo remontantes com desmoronamentos dos taludes condicionados ao desenvolvimento dos fenômenos de “piping”.

Bibliografia

ALBUQUERQUE, J. P. T. Sustentabilidade De Aquíferos. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004, São Luis - MA. **Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**. São Luis: MA. 2004.

BRANDY, C. Nyle: **Natureza e Propriedade dos Solos**. Rio de Janeiro: Ed. Biblioteca Universitária Freitas Bastos S. A. 6^a ed. 1983.

BERTONI, J. & NETO, L. F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ed. ìcone. 1990.

COSTA, W. D. Disponibilidades Hídricas Subterrâneas na Região Nordeste do Brasil. **A água em Revista**. ano V, n° 9. 1997.

FEITOSA, F. A. C. & MANOEL F. J. **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: Ed. CPRM 389p. 1997.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil (1996)

LEPSCH, I. F. **Solos – Formação e conservação**. São Paulo: Ed. Série Prisma. Melhoramentos.1976. P 144 a 154.

MARQUES, J. Q. A. Política de conservação do solo. Ministério da Agricultura: **Boletim S.I.A., Serviço de Informação Agrícola**. Brasília, DF, v 4. 73p, 1949.

PICHLER, E. Boçoroca. **Boletim de Sociedade Brasileira de Geologia**, V. 2, n 1, pp. 3- 16. 1953.

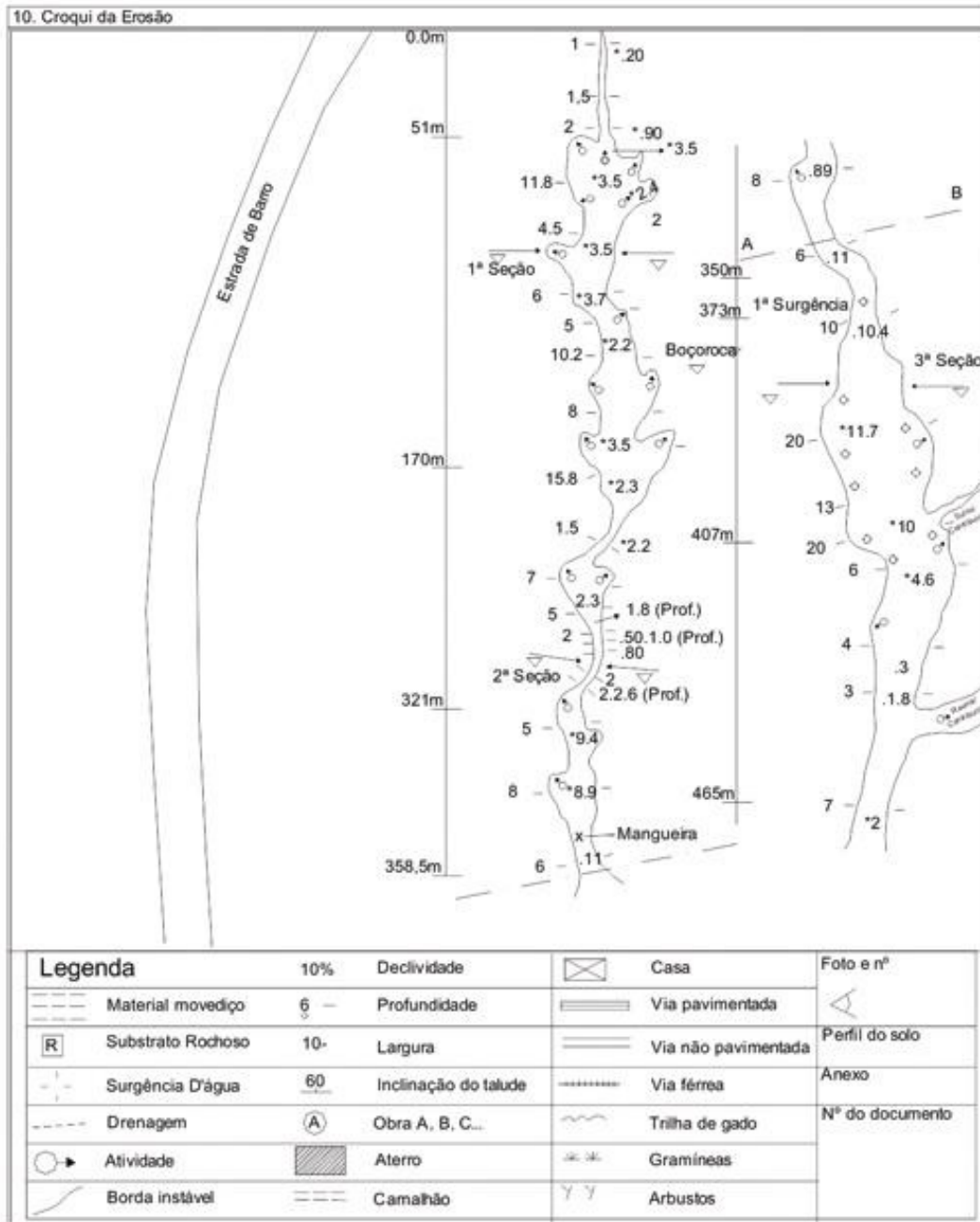
REBOUÇAS, A. da C., BRAGA, B. & TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Ed. Escrituras. 2002.

SALOMÃO, F. X. T. “**Controle e prevenção dos processos erosivos**”. In: Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, temas e aplicações. Org Guerra. A. T. G. Rio de Janeiro: ed. Bertrand Brasil. 1999. pp 229 – 267.

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. “Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste”. Folha 16. Paraíba -SO. Recife, PE, 167p, 1978.

TOOD, D. **Hidrologia de Águas Subterrâneas**. Rio de Janeiro: Ed. Agência norte-americana para o desenvolvimento internacional - USAID. 1967.

Anexo I



Anexo II

Figura II- Descrição do primeiro perfil realizado na parte superior da vertente, este local caracteriza-se como uma erosão do tipo ravina.

horizonte AP	0,0 - topo Textura: arenosa, com vestígios de matéria orgânica. Estrutura: granular fraca, com muita porosidade. Cor: 7,5 Y. R 5/2. (marron). Análise granulométrica: pedregulho 1,96%; areia total-95,25%; silte e argila – 2,79%.
horizonte E	40,0 cm Textura: arenosa. Estrutura: macroporos comuns. Cor: 7,5 Y. R 6/2 (Cinza Rosado). Análise granulométrica: pedregulho-1,78% areia total - 97,08% silte e argila 1.14 %
horizonte A/B	70,0 cm Textura: argilo arenosa. Estrutura: em blocos fracos. Cor: 10Y. R 6/6 (marrom amarelado). Análise granulométrica: pedregulho-2,48% areia total -93,77%; 1,12 cm silte e argila 3.75%
horizonte B	Textura: areno argilosa. Estrutura: prismática com porosidade comum. Cor: 10Y. R 5/6. (amarelo amarronzado). 1,40 cm Análise granulométrica: pedregulho 1,38%;areia total -92,24%; silte e argila 6.38%

Anexo III - Figura III - Descrição do segundo perfil, realizado na parte inferior da vertente caracterizado como voçoroca.

