

CONFIGURAÇÃO GEOMORFOLÓGICA CONTEMPORÂNEA DE UMA VOÇOROCA SOBRE A LITOESTRUTURA SEDIMENTAR DA SUB-BACIA DE TUCANO CENTRAL – BA

Contemporary geomorphological configuration of a gully on the sedimental liturecture of the central *tucano* sub-basin – Ba

Configuración geomorfológica contemporânea de una voçoroca sobre la litoestructura sedimentaria de la sub-cuenca de tucano central – Ba

Bismarque Lopes Pinto
Universidade Federal de Sergipe
bismarque.lopes93@gmail.com

Hélio Mário de Araújo
Universidade Federal de Sergipe
heliomarioaraujo@yahoo.com.br

Resumo:

O entendimento evolutivo e atual das cicatrizes erosivas na paisagem dão subsídios para uma melhor compreensão da dinâmica do ambiente natural pretérito e contemporâneo de modo que a sua configuração geomorfológica denunciam a atuação dos condicionantes ambientais no processo de esculturação do relevo. Assim, para melhor conhecimento sobre a cicatriz erosiva em seus diferentes estágios, objetivou-se analisar a configuração contemporânea de uma voçoroca levando em consideração a evolução das feições morfológicas internas e externas no contexto da sub-bacia sedimentar de Tucano Central, no semiárido baiano. Neste sentido, para cumprimento desse objetivo norteador da pesquisa, utilizaram-se diferentes procedimentos metodológicos, priorizando o trabalho de campo e a elaboração de cartas temáticas sobre os condicionantes morfométricos do perímetro das voçorocas e perfis topográficos associados. Dessa forma, os resultados desse estudo mostram que a voçoroca apresenta uma abrangência areal correspondente a 10,979 km². Entretanto, pelo fato de apresentar uma dinâmica evolutiva avançada, possui uma configuração retangular sem a presença de canais secundários. Além disso, em sua setorização, observou-se foco erosivo de 9,008 km² predominando nos terços superior e médio da voçoroca que apresenta um sistema de morfologias internas com 08 alcovas de regressão no topo da cicatriz erosiva, além da formação de dutos, pedestais, queda de blocos, sulcos e ravinas generalizadas. Também, na porção inferior de maior acumulação de sedimentos abrangendo 1,971 km², constatou-se um extenso banco de sedimentação consolidado. Inclusive, seu posicionamento encontra-se desconectado à rede de drenagem local, com perda de solo estimada em 3,045 m³.

Palavras-chave: Voçoroca, feições, erosão.

Abstract:

The evolutionary and current understanding of erosive scars in the landscape provides insights for a better understanding of the dynamics of the past and contemporary natural environment so that their geomorphological configuration denounces the role of environmental constraints in the relief sculpting process. Thus, for better understand the

erosive scar in its different stages; the objective was to analyze the contemporary configuration of a gully taking into account the evolution of internal and external morphological features in the context of the *Tucano Central* sedimentary sub-basin, in the Bahian semiarid. In this sense, in order to achieve this objective guiding the research, different methodological procedures were used, prioritizing, field work and the elaboration of thematic charts over the morphometric conditions of the perimeter of the participants and associated topographic profiles. The results of this study show that the audience has an aerial range of 10.979 km². However, because it presents an advanced evolutionary dynamics, it has a rectangular configuration without the presence of secondary channels. In its sector, it was observed erosive focus of 9.008 km² prevailing in the upper and middle thirds of the gullies that presents a system of internal morphologies with 08 alcoves of regression on the top of the erosive scar, besides the formation of ducts, pedestals, falling of blocks, furrows and generalized ravines. In the lower portion of the largest accumulation of sediment covering 1.971 km², an extensive consolidated sedimentation bank it was found. Its positioning is disconnected from the local drainage network, with soil loss estimated at 3.045 m³.

Keywords: Gullies, Features, Erosion.

Resumen:

El entendimiento evolutivo y actual de las cicatrices erosivas en el paisaje dan subsidios para una mejor comprensión de la dinámica del ambiente natural pretérito y contemporáneo de modo que su configuración geomorfológica denuncian la actuación de los condicionantes ambientales en el proceso de escultura del relieve. Así, para mejor conocimiento sobre la cicatriz erosiva en sus diferentes pasos, se objetó analizar la configuración contemporánea de una voçoroca teniendo en cuenta la evolución de las facciones morfológicas internas y externas en el contexto de la sub-cuenca sedimentaria de *Tucano Central*, en el *semiárido baiano*. En este sentido, para cumplir este objetivo de investigación se utilizaron diferentes procedimientos metodológicos, priorizando el trabajo de campo y la elaboración de cartas temáticas sobre los condicionantes morfo métricos del perímetro de las voçorocas y perfiles topográficos asociado. De este modo, los resultados de este estudio muestran que la superficie de la superficie corresponde a 10,979 km². Sin embargo, por el hecho de hacer una dinámica evolutiva avanzada, tiene una configuración rectangular sin la presencia de canales secundarios. Además, en su sectorización, se observó foco erosivo de 9,008 km² predominando en los tercios superior y medio de la voçoroca que presenta un sistema de morfologías internas con 08 (ocho) alcobas de regresión en la cima de la cicatriz erosiva, además de la formación de conductos, pedestales, caída de bloques, surcos y barrancos generalizados. También, en la parte inferior de mayor acumulación de sedimentos que abarca 1,971 km², se ha encontrado un extenso banco de sedimentación consolidado. Incluso, su posicionamiento se encuentra desconectado de la red de drenaje local, con pérdida de suelo estimada en 3,045 m³.

Palabras Claves: Voçoroca, rasgos, erosión.

Introdução

O escoamento superficial concentrado pode ser rapidamente estabelecido em áreas consideradas agrícolas onde a vegetação natural já foi retirada e não possui mais a proteção natural do solo, que seria a copa e o sistema radicular das árvores. Assim, sem a

cobertura vegetal, a energia cinética da chuva não é interrompida e, conseqüentemente, o período de evolução da erosão laminar para o escoamento de fluxo concentrado é bem menor (GUERRA, 2011).

Nesse sentido, o fluxo concentrado promove uma seqüência de aberturas no solo onde a água, que vem sendo carregada vertente abaixo, é direcionada para esses riscos na camada superficial do solo, fazendo com que essa mesma água retire cada vez mais os sedimentos dos horizontes do solo, promovendo o afundamento significativo na encosta (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010).

Sob esse viés, quando a camada d'água possibilita o arraste e a incisão concentrada em um único fluxo, é de se esperar que a matéria orgânica seja retirada e transportada para outro local. Com isso, a matéria orgânica junto com outros componentes pedológicos são responsáveis em manter o equilíbrio dos agregados do solo. Então, quando há a abertura em sulcos, começa a desestabilização da cobertura pedológica (GUERRA, 2009; CARVALHO *et. al.*, 2006).

Dentro desse contexto, para Bigarella *et. al.* (2007, p. 923), “[...] a erosão em ravina consiste na remoção, a montante, de solos e materiais alterados, com formação de canais pelo fluxo de água concentrado [...]”. Ainda nessa mesma linha de definição, as ravinhas (CARVALHO *et. al.*, 2006) são classificadas a uma profundidade de até 50 cm tendo em vista que até o estágio da ravina, ainda se tem uma certa estabilidade da vertente e possibilidades concretas de recuperação.

Nessa conjuntura, o último estágio do processo erosivo, a formação de voçorocas, possui diversas definições e morfologias que explicam com maior clareza seu desenvolvimento na vertente. Inclusive, a *Soil Science Society of America* (2008) introduz o conceito dizendo que as voçorocas são incisões profundas e estreitas com no mínimo 50 cm de profundidade e máximo 30 metros.

Sendo assim, Vieira (2008, p. 53) salienta que as voçorocas também podem se comportar como uma “[...] incisão erosiva que apresenta queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais e fundo plano, formando secção transversal em ‘U’ e profundidade superior a 1,5 m”. Essa variabilidade da feição se dá pela evolução erosiva através da retirada dos sedimentos e alargamento das laterais.

A mudança morfológica de formato em “V” para formato em “U” está associada aos mecanismos de evolução das voçorocas, uma vez que no processo de avanço do fluxo superficial concentrado, os materiais pouco coesos localizados na cabeceira das voçorocas

são retirados através da formação de alcovas de regressão que vão promovendo aberturas e formação de degraus a montante da feição erosiva (OLIVEIRA, 2009; VIEIRA, 2008).

Logo, o aparecimento das alcovas de regressão contribui para o alargamento das vertentes bem como na mudança estrutural que são classificadas entre desconectadas, conectadas e integradas. Assim, de acordo com Vieira (2008), as voçorocas do tipo conectadas (figura 07) possuem um comprimento curto e um fluxo concentrado subterrâneo além de se formarem na parte inferior da vertente.

As voçorocas desconectadas são atribuídas as feições erosivas que localizam-se na parte superior da vertente com a presença de movimentos de blocos. Normalmente as feições desconectadas são as voçorocas no estágio inicial. Já as voçorocas integradas são a junção dos mecanismos evolutivos das duas classificações anteriores tendo em vista que, nesse caso, a voçoroca já se estende em toda a vertente, além de possuir a conexão com a rede de drenagem (OLIVEIRA, 2009; VIEIRA, 2008).

Desse modo, este estudo objetivou analisar a configuração contemporânea de uma voçoroca levando em consideração a evolução das feições morfológicas internas e externas no contexto da sub-bacia sedimentar de Tucano Central, no semiárido baiano.

Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento da análise da morfologia da voçoroca em estudo, a pesquisa foi dividida em 03 etapas: pré-campo (etapa 01), trabalho de campo (etapa 02) e pós-campo (etapa 03). Assim, é importante ressaltar que na etapa 01 foi feito o levantamento cartográfico inicial na construção dos dados morfométricos da voçoroca, tendo em vista principalmente os elementos topografia e geologia. Posto isso, os dados geológicos foram capturados na base do serviço de informação do projeto GEOBANK, na escala de 1:100.000 da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), na qual buscou-se a compreensão e espacialização de cada unidade geológica bem como suas características minerais, idade e estrutura atual.

Posteriormente, foram construídos os mapas de altimetria e declividade da voçoroca de modo à espacializar previamente os níveis de inclinação e posicionamento da mesma sobre a vertente. Assim, para essa elaboração, foram extraídos das grades TIN, construídas a partir das imagens 10S39_ZN e 11S39_ZN do projeto TOPODATA da SRTM, refinada pelo método Krigagem, na qual a resolução de 90 metros é aumentada para 30 metros. O projeto TOPODATA foi desenvolvido pelo INPE e disponibilizado pela

EMBRAPA por monitoramento de satélites. No mapa de altimetria das voçorocas, optou-se pela quebra de curva de nível de 50 a 50 metros por cota altimétrica.

Na etapa 02, o trabalho de campo se deu na aplicação de metodologias de reconhecimento de feições internas e externas, além do reconhecimento da vertente bem como a delimitação dos setores de predominância erosiva e acumulativa que constituem a voçoroca. Para isso, na classificação de vertente, foi usado o método de Ruhe (1975) envolvendo a análise de sua morfologia de topo-inclinação-base.

Sucessivamente, aplicou-se a metodologia de Bigarella e Mazuchowski (1985) na classificação da morfologia externa da voçoroca, considerando o padrão de canais no escoamento superficial. Com base nessa classificação, subdividiu-se a unidade erosiva numa classificação setorial da zona de erosão e zona de acumulação, construindo uma avaliação da área de maior intensidade erosiva ou de acumulação de sedimentos.

É importante evidenciar que, na classificação tipológica, pautou-se no método de Oliveira (2009) para buscar compreender a localização da voçoroca na vertente e o seu grau de evolução a partir de sua conexão na rede de drenagem ou não. Na determinação da perda de solo, o método aplicado de Vieira e Albuquerque dimensiona os valores em m³ a partir da medição da área (comprimento X largura) X profundidade. A categorização das morfologias internas foi pautada nas descrições e determinações feitas nas literaturas de Vieira (2008), Bertoni e Lombardi Neto (2010) Carvalho *et. al.* (2006) e Guerra (2011).

Por fim, na etapa 03, o pós-campo se deu na organização e tabulação dos dados capturados em campo bem como na finalização dos mapas altimétrico e declividade. Além disso, foram construídos também os mapas que espacializaram a morfologia externa, zonas de erosão e acumulação assim como na elaboração de perfis topográficos em ambiente SIG que levaram a compreensão morfométrica, o posicionamento da voçoroca na vertente e sua interligação com a rede de drenagem.

Resultados e discussões

Área de estudo

A bacia sedimentar do Recôncavo-Tucano-Jatobá possui extensão aproximada de 45.000 km², sendo formada a partir de processos de rifteamento sobre as litologias cratônicas são-franciscana e da Borborema por volta de 144 milhões de anos (Idade Mesozoica). Sua gênese estrutural de abertura da base cratônica para a formação da bacia

de sedimentação está ligada a divisão dos continentes sul-americano e africano ainda na Gondwana (SANTOS *et. al*, 1990; PEDREIRA *et. al*, 2010).

A Sub-bacia de Tucano Central faz parte do complexo da Bacia de Tucano a qual se subdivide nas porções Sul, Central e Norte. Essa sub-bacia apresenta a maior subsidência quando comparada às demais porções da bacia de Tucano, com uma profundidade máxima de 12.000 metros, preenchida por sedimentos até o período do Cretáceo. No entanto, é importante destacar que a área apresenta falhas antitéticas, contrapondo ao plano de formação meridional da bacia que evoluiu no sentido N-S (SANTOS *et. al*, 1990; PEDREIRA *et. al*, 2010). Diante deste contexto geológico, a voçoroca em estudo, corresponde a uma área de 10,979 km² entre os paralelos 10°56'40" a 10°59'20" O e meridianos 38°44'10" a 38°42'30" S, localizada na zona rural do município de Tucano, estado da Bahia (figura 01).

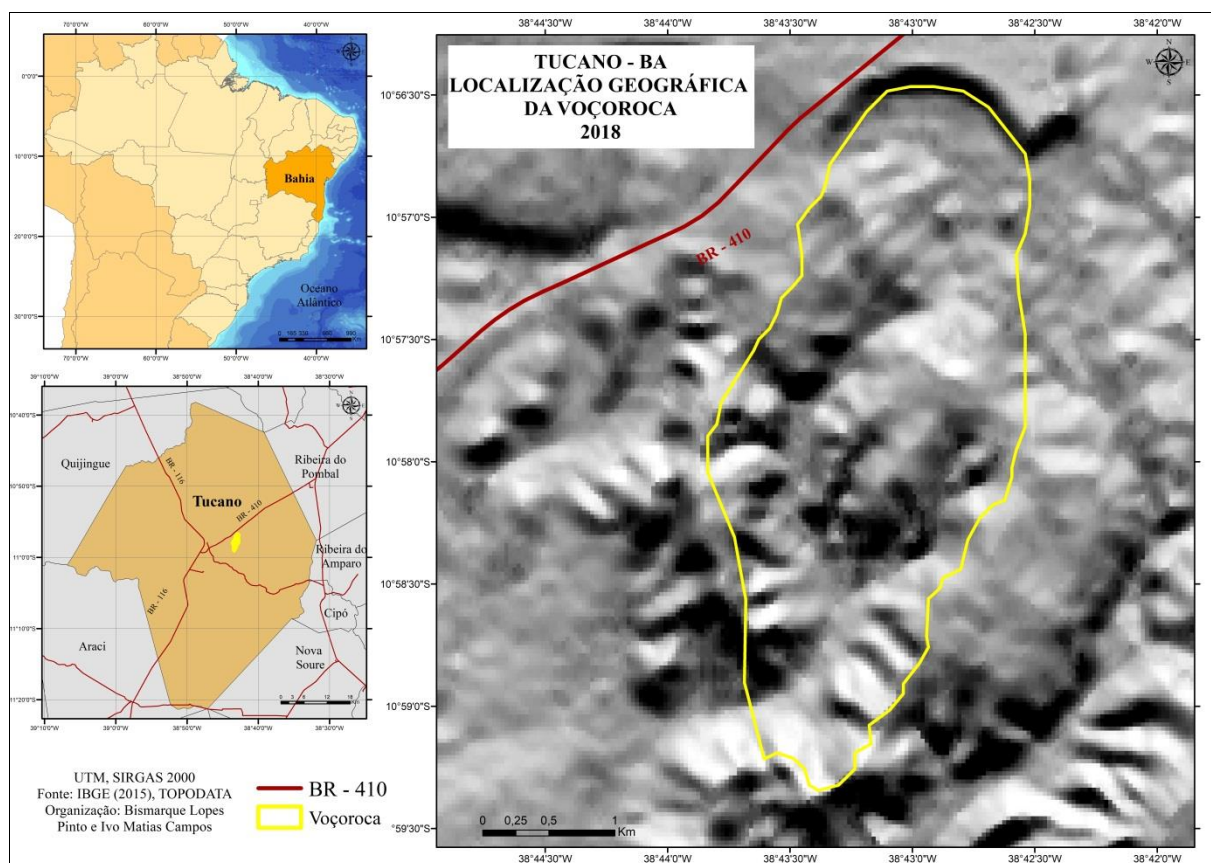


Figura 01 - Mapa de localização geográfica da voçoroca no município de Tucano/BA e sua sobreposição na interface tabuleiro/depressão, no contexto interiorano da sub-bacia sedimentar de Tucano central.

A feição erosiva situa-se em 86% na unidade da formação Marizal e 14% na formação São Sebastião (figura 02). A formação Marizal é a deposição de sedimentos

provenientes de ambientes de deposição fluvial ocorridos entre 120 a 110 milhões de anos, os quais foram retrabalhados pela ação eólica na localidade. Além disso, os arenitos da formação Marizal possuem planos de estratificação cruzada e cores que variam do acinzentado a alaranjado (PEDREIRA *et. al*, 2010).

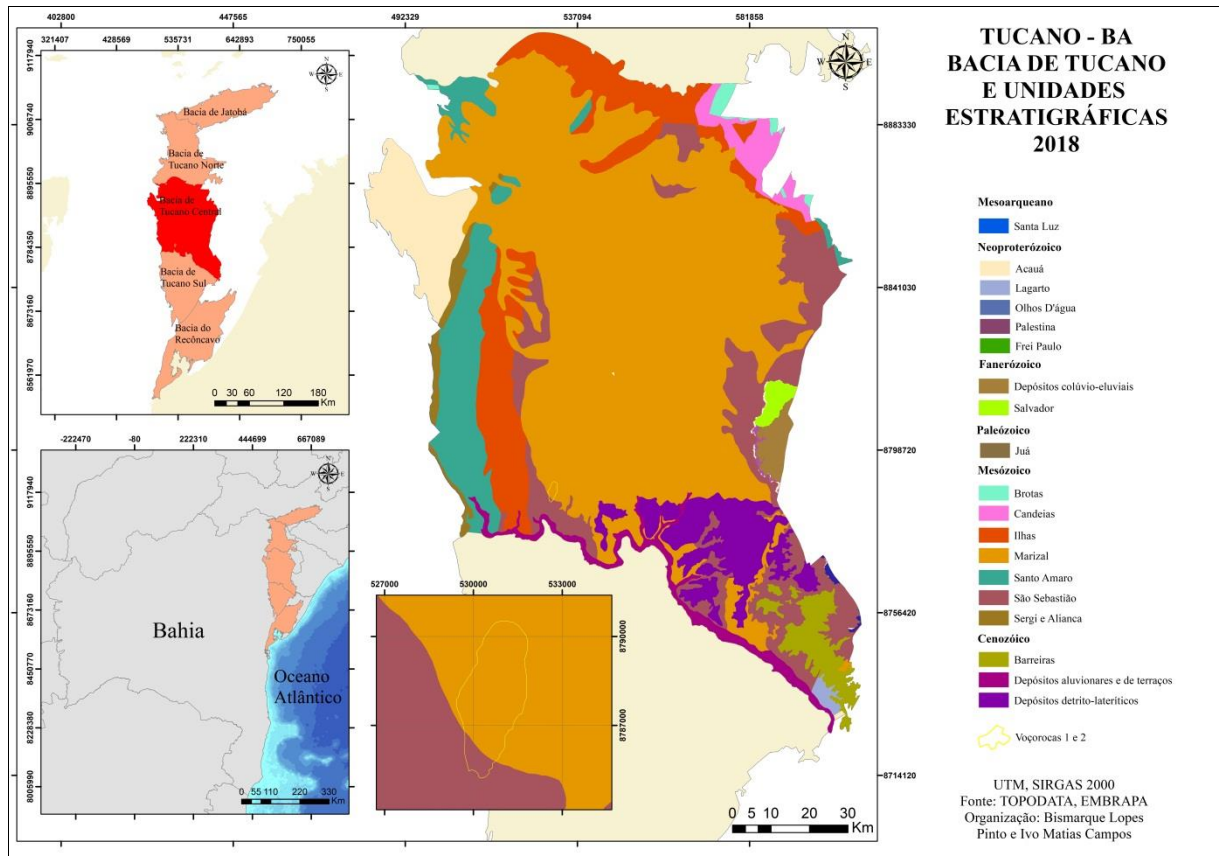


Figura 02 – localização da voçoroca no contexto geológico das formações de Marizal e São Sebastião na Sub-bacia de Tucano Central.

Entre a alternância deposicional do arenito, tem-se a ocorrência de conglomerados, folhelhos e siltitos. Os conglomerados são formados, basicamente, com seixos de arenitos e matações de quartzo leitoso ou calcário. Os folhelhos e siltitos possuem predomínio da tonalidade rosa, castanho e mosqueado (PEDREIRA *et. al*, 2010).

Quanto à formação de São Sebastião, essa resulta de antigas deposições de planícies fluviais durante o processo de rifteamento no período Cretáceo. Sua composição litológica é basicamente constituída de arenitos de alta porosidade, composição granulométrica média a grossa e tonalidade amarelo-claro associado ao plano de sedimentação de camadas de folhelhos e siltitos de tonalidade avermelhada e amarelo-claro (NASCIMENTO e ALVEZ, 2014; PEDREIRA *et. al*, 2010).

Declividade e variações altimétricas

A voçoroca deste estudo se posiciona numa vertente com característica morfológica convexa em seu topo e concavidade sobre a base. Nesse contexto, esse padrão de vertente exhibe seguimento com rompimento abrupto de declividade. Atualmente, o topo apresenta aspecto de achatamento num plano generalizado, denunciando um grau de dissecação elevado da morfologia pela atuação dos processos morfogenéticos pretéritos e atuais na área (figura 04a).

Dessa forma, observa-se nos mapas de declividade e altimetria que a voçoroca se desenvolveu em um padrão diferencial de declividade e desnível altimétrico, sendo assim isso impulsionou seu processo evolutivo no relevo local (figura 03). Como se constata, a feição erosiva, dada as suas dimensões no terreno, expande-se sobre as classes de declividade 20-45% e 45-75%.

Neste condicionamento, a inclinação da vertente, Bigarella *et. al.* (2007) já aponta como o fator agravante para o aumento da velocidade da água e, por consequência, a desagregação mecânica do material pedológico pela ação difusa ou concentrada. Afinal, a forte declividade em vertente é a maior responsável pelo surgimento de subaberturas e profundas incisões erosivas recorrentes na cabeceira e borda oeste da voçoroca (figura 04b).

Esse estágio declivoso proporciona a abertura de cicatrizes erosivas irregulares, com aprofundamento vertical e alargamento lateral. A classe de declividade menos expressiva na voçoroca é a de 20% de inclinação, restrita à parte interna do seu canal, apresentando uma zona de sedimentação ao sul, constituída de material transportado (figura 04c).

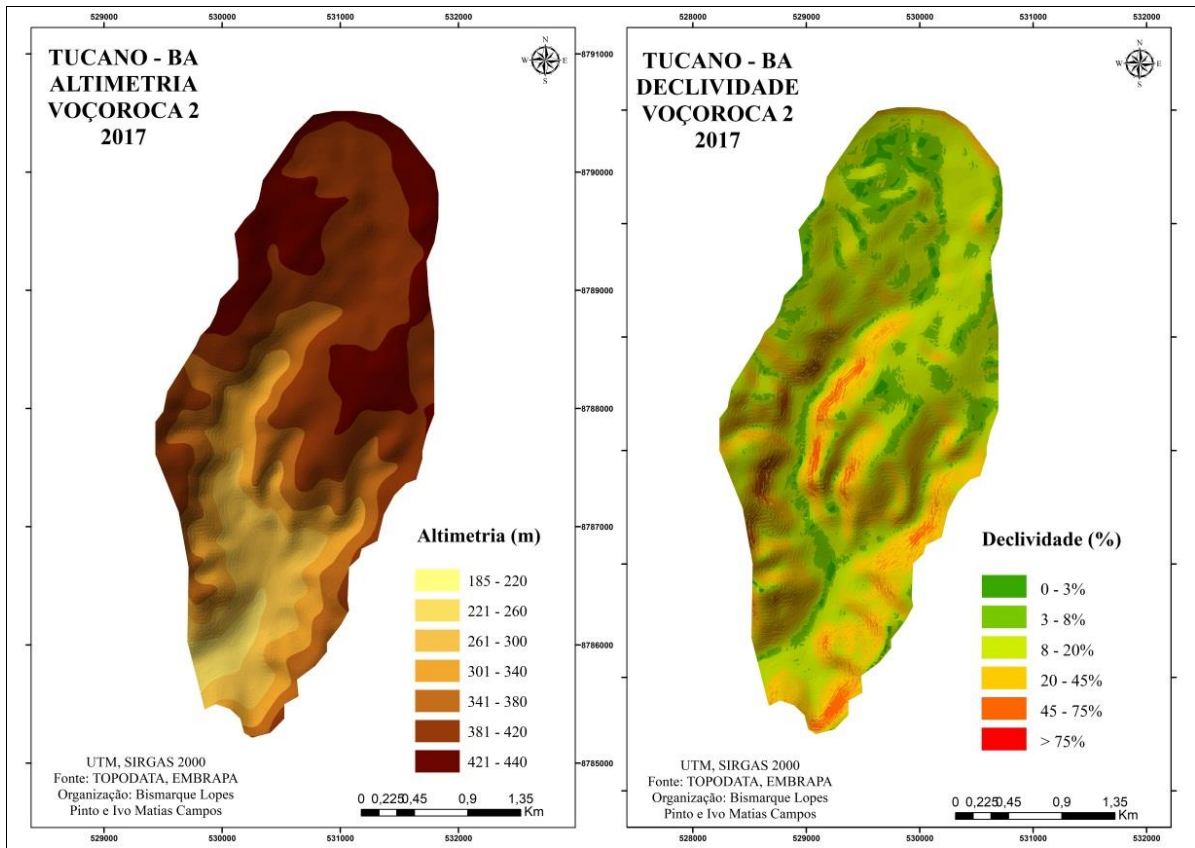


Figura 03 - Declividade e Altimetria da voçoroca.



Figura 04 – a) Vertente Convexo-Côncava (cx-cc) sobre a voçoroca. Seta preta: Indica o achatamento do topo do tabuleiro em processo de desgaste erosivo. Setas brancas: indicam a convexidade da vertente desgastada pelos processos erosivos até chegar ao contato com o fundo plano arenoso (seta vermelha); b) Processos erosivos sobre classes de declividade 20-45% e 45-75% no topo da vertente; c) Sedimentação ao sul da voçoroca na classe de declividade inferior a 20% e cota altimétrica de 220m.

No que pese aos aspectos de altimetria do relevo local de inserção da voçoroca, tem-se que as cotas mais elevadas com intervalos de 440-420 e 420-381 metros a qual favorecem o desenvolvimento de cicatrizes erosivas em maior quantidade, devido à presença de ruptura de declive acentuada entre o topo e a base da vertente. O elevado desnível altimétrico, aliado a atuação de diversos fatores naturais, a exemplo da água de escoamento superficial, provoca a perda de solo e queda de blocos rochosos, que por sua vez, abrem canais com profundidade superior a 6 metros e largura de pouca expressividade em torno de 47 cm (figura 05a/b).

Ainda nas classes altimétricas com variações entre 301-340, 341-380 sobrepaja a erosão com bastante intensidade refletindo no desencadeamento de cicatrizes erosivas que se estendem por mais de 5 metros de comprimento, com profundidade variável de 43 cm até 67 cm. Observa-se, portanto, que na parte interna da voçoroca, nesse nível de

altimetria, ainda é marcada pela forte inclinação do relevo, com registro de perda de solo (figura 05c/d).

Em níveis mais baixos do relevo, com valores altimétricos variáveis de 261 até 185 metros, verifica-se a concentração de bancos de sedimentos, decorrentes dos processos de sedimentação, cujo material provém do terço superior e médio da vertente denunciando estágio de evolução da voçoroca. Aliás, nessa área, o processo erosivo se manifesta com baixa intensidade.

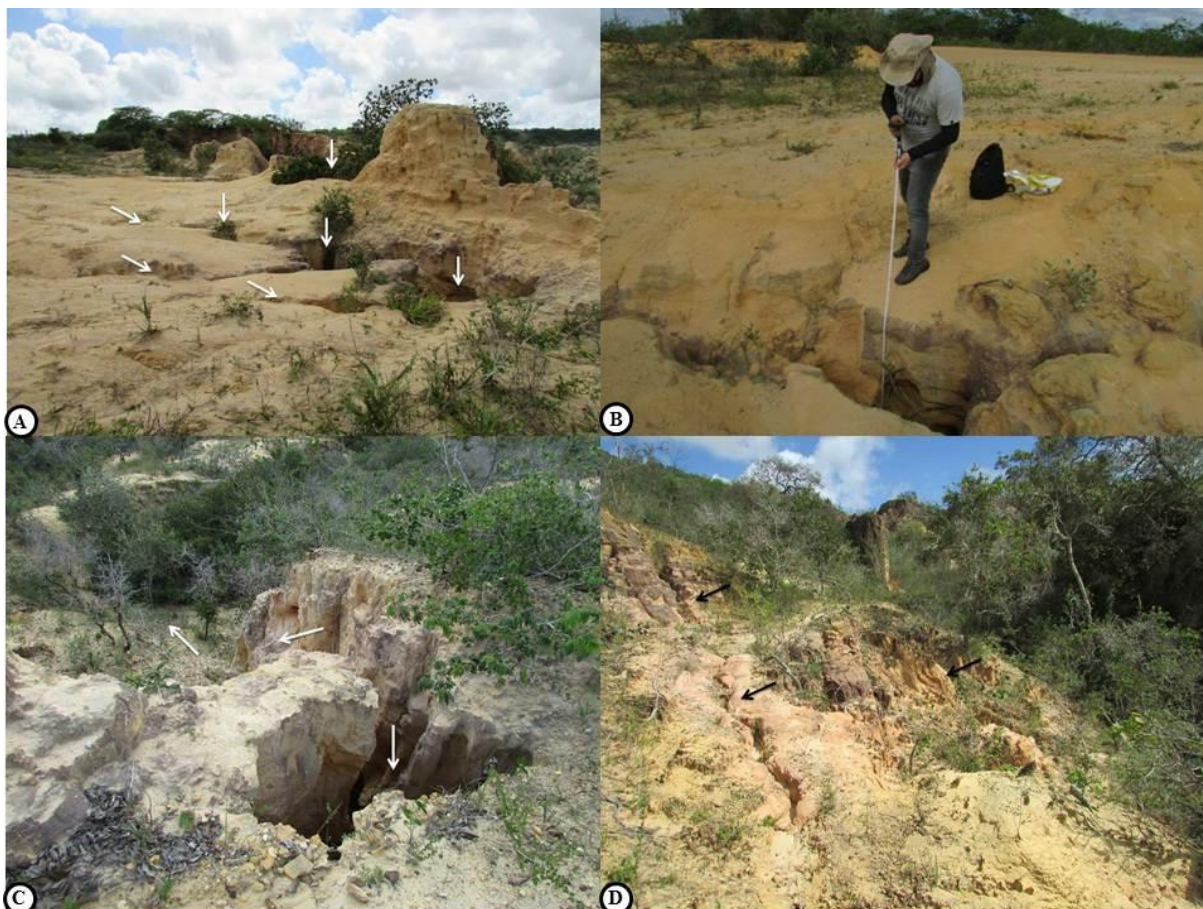


Figura 05 – a/b) Cicatrizes erosivas com aprofundamento de 6 metros e largura máxima de 47 cm; c/d) Processos erosivos difusos a 330 metros de altitude, com declividade de 20 a 45%.

Organização morfológica externa e interna

As morfologias interna e externa da voçoroca denunciam um ciclo evolutivo mais avançado em termos de dissecação do relevo. Nesse sentido, o trabalho de campo *in loco* atesta o elevado nível de entalhamento na vertente, na qual evidencia a ação de processos erosivos difusos que inibem a formação de canais secundários, devido, principalmente, ao avançado grau de abertura transversal da feição erosiva.

É relevante enfatizar que a voçoroca desenvolve-se em um sistema erosivo retangular. A validação desse tipo de identificação se dá pelo fato de não apresentar a divisão física interna de canais primários e secundários, tendo em vista a ocorrência de sequências erosivas de diversas dimensões que, por essa razão, acabam se conectando umas às outras quando rompem os bordos que separam os canais típicos de um sistema de voçorocamento (figura 06).

Nesse aspecto, com o avanço dos processos erosivos internos, a morfologia externa ganhou uma feição retangular típica da classificação teórica de Bigarella e Mazuchowski (1985) que entendem essa feição como sendo o último estágio de um voçorocamento, no qual já não há fluxos concentrados individuais (canais secundários) e sua dinâmica interna encontra-se em intenso desgaste difuso (figura 07).

Dada às considerações sobre a evolução morfológica externa da voçoroca, Vieira (2008) aponta que a feição regular é o último estágio de qualquer avanço de erosão sobre a vertente na medida em que não há mais bordos de divisão dos canais de drenagem, ocasionando a junção de diversos fluxos superficiais, com o único trabalho de entalhamento do material da vertente, aumentando significativamente a cratera erosiva.

Quanto à setorização da voçoroca, nota-se que a erosão se manifestou no terço superior e médio, chegando a abranger uma área de 10, 970 km². Sob esse viés, a atuação dos processos erosivos sobre a vertente esculpem sucessivas aberturas de até 05 metros de profundidade (figura 08). O terço inferior da voçoroca caracteriza-se pela acumulação de sedimentos consolidados, com a presença da vegetação arbustiva sobre o material. Também ocupa uma dimensão de 1,48 km² e, em toda essa extensão, observa-se sulcos com 20 a 30 cm de profundidade, mas sem nenhuma interferência nos bancos de sedimentação.



Figura 06 - Sulcos e ravinas no interior da voçoroca evidenciando a generalização erosiva com rompimento de antigas divisões que formavam canais secundários. Comprovação da atual forma retangular avançada.

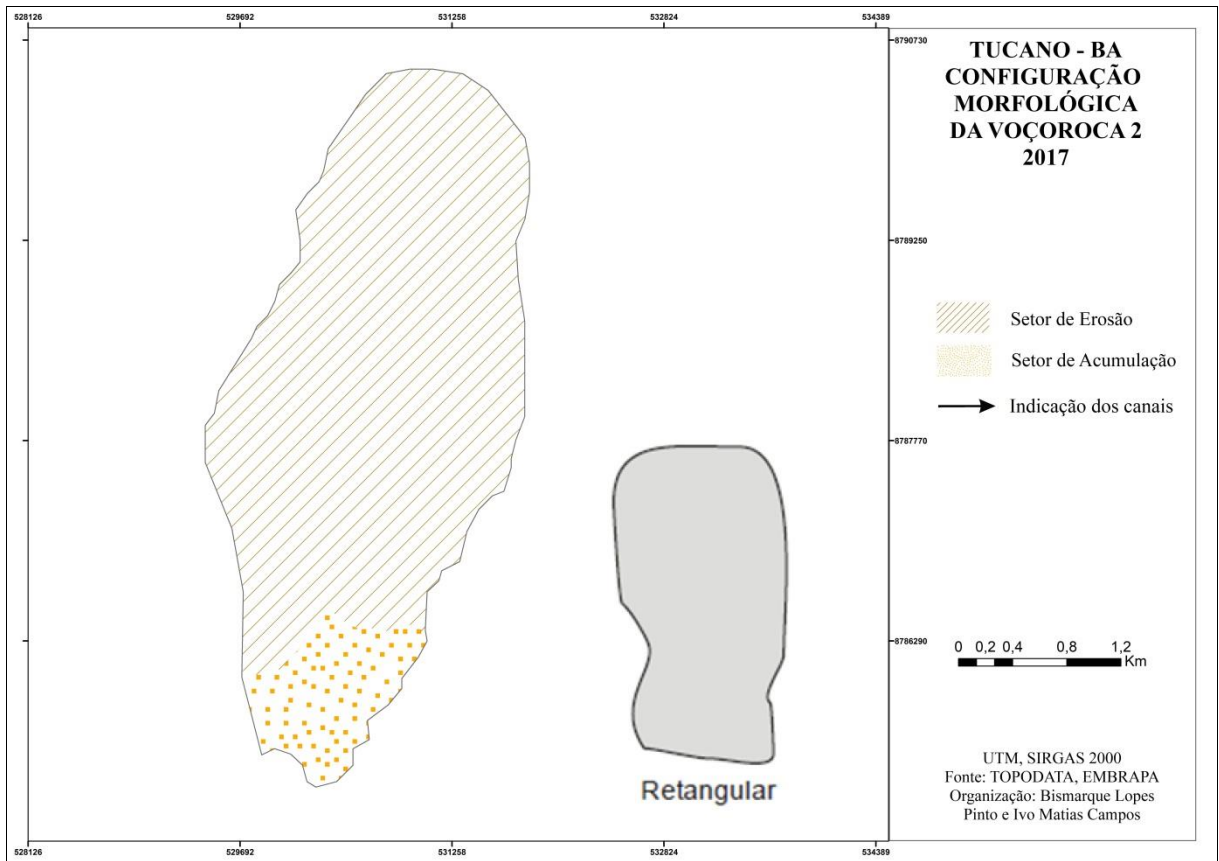


Figura 07 - Configuração morfológica externa da Voçoroca.



Figura 08 – Aberturas no terço superior e médio da voçoroca.

Dessa forma, percebe-se que a dinâmica interna da voçoroca sugere a atuação de diversos processos que interferem no seu processo evolutivo. Em seu topo, registra-se a ocorrência de um complexo de alcovas de regressão totalizando-se 08 (figura 09). As alcovas de regressão se constituem feições de desmoronamento que ampliam a cratera erosiva pelas sucessivas perdas de solo, em blocos, sob o efeito de escoamentos superficiais. As alcovas de regressão aqui analisadas, possuem largura mínima de 2,0 metros com variação até 6,3 metros. Conseqüentemente, como se percebe na tabela 01, a profundidade mínima entre elas é de 2,5 até 4,3 metros. Mas, apesar da proximidade das alcovas de regressão, a posição topográfica e a resistência da litologia certamente influenciam na dimensão métrica de ambas.

Tabela 01 - Dimensões métricas das alcovas de regressão na voçoroca.

<i>Alcovas de Regressão</i>	<i>Largura</i>	<i>Profundidade</i>
1	2,13 m	2,58 m
2	4,14 m	3,11 m
3	3,41 m	2,56 m
4	2,03 m	3 m
5	4,50 m	4m
6	2,34 m	3,12 m
7	5,10 m	4,13 m
8	6,38 m	4,32 m



Figura 09 – Vista panorâmica das 08 alcovas de regressão originadas no topo da voçoroca.

Mediante ao aparecimento do complexo de alcovas de regressão, essa feição, na perspectiva de Oliveira (2009), são ações internas localizadas nas cabeceiras das voçorocas que proporcionam o aumento das feições, transformando gradativamente o formato em “V” para o alargamento em formato “U”, sendo considerado o estágio de maior queda em blocos e desagregação mecânica da retirada de matéria do sistema erosivo.

O elemento alcova de regressão, mediante as considerações de Vieira (2008), leva a mudança da voçoroca em sua tipologia na vertente, saindo do nível de conexão com a rede de drenagem e localização apenas no terço inferior da vertente, evoluindo assim, para uma tipologia integrada, uma vez que as alcovas progridem a montante, sempre em direção ao aumento da voçoroca no sentido base-topo.

É relevante destacar que na parte interna da voçoroca também houve o reconhecimento de dutos com 4,28 metros de altura e 1,56 metros de largura. Assim, essa feição morfológica se desenvolve em área de atuação da erosão subsuperficial mais intensa e sua ocorrência acaba ampliando as dimensões areais da voçoroca.

Os dutos, no entendimento de Guerra (2011), podem ter sua origem associados à ação biológica de raízes e micro-organismos, como também pela ação das águas do lençol freático que geram um movimento de rompimento da base ou das laterais da voçoroca. Inclusive, o sistema de dutos pode atingir alguns centímetros de diâmetros até vários metros de abertura (figura 10).

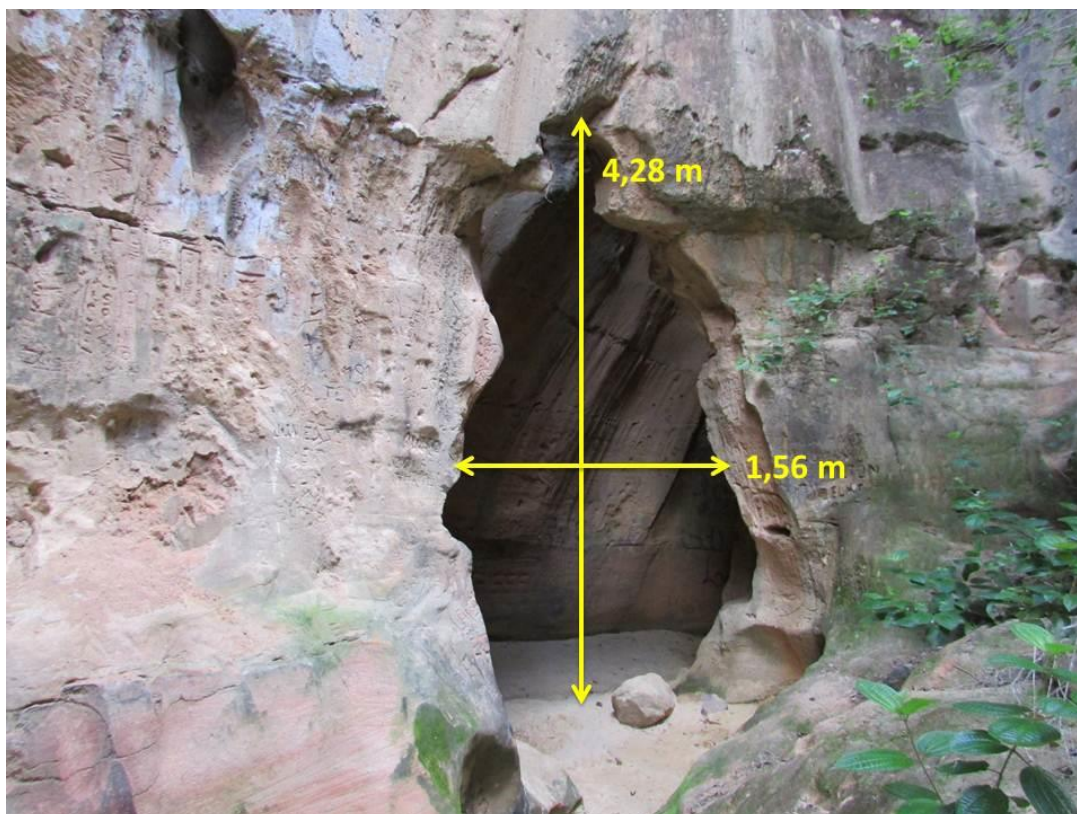


Figura 10 - Dimensão espacial do duto no interior da voçoroca.

Além das feições morfológicas anteriormente apresentadas, constatou-se também ao longo do interior da voçoroca diversos ambientes exibindo os Pedestais (figura 11). Esse tipo de morfologia resulta de atividades erosivas por salpicamento associados a fluxos superficiais difusos que deixam os pedestais na paisagem, denunciando maior resistência do material aos processos erosivos atuantes no local.

Ao longo do percurso da voçoroca, observou-se ainda a presença de solapamento das paredes laterais ocasionadas pelas águas superficiais que, em períodos de chuvas torrenciais, influenciam a queda de blocos que, desestabilizando ainda mais a estrutura interna da voçoroca, promovem a sua ampliação vertical, com conseqüente perda de solo (figura 12).

A ocorrência de queda em blocos, a partir da análise de Vieira (2008), se constitui um indicativo de mudança morfológica da voçoroca, uma vez que essa desagregação

mecânica irá promover o reajuste das paredes laterais da feição erosiva, modificando o formato íngreme em “V” para uma forma de maior alargamento em “U” com fundo plano e acumulação de sedimentos.



Figura 11 - Pedestais no interior da voçoroca.



Figura 12 - Queda de blocos do material arenoso das paredes internas da voçoroca.

Nas paredes internas, identificou-se a ocorrência de sulcos e ravinas demonstrando a ativa ação erosiva nos mais diversos níveis altimétricos da voçoroca, bem como a formação de bancos arenosos consolidados espreados no interior da voçoroca (figura 13). O aparecimento de sulcos e ravinas, na compreensão de Guerra (2011), denuncia a atividade constante do retrabalhamento de pequenas ações erosivas que, mesmo numa dimensão reduzida no interior da voçoroca, desempenham um papel crucial na remoção do material da cicatriz e auxilia no entalhamento das paredes laterais.

Considerando as colocações de Guerra (2011) e Araújo *et al.* (2008) acerca do fator vegetação no processo de estabilização da erosão em encosta, pôde-se constatar em campo, que a vegetação secundária da Caatinga já não atua como elemento protetor por conta de desmatamentos antigos que desestabilizaram a vegetação nativa, deixando apenas pontos isolados de vegetação que pouco contribuem dada as atuais dimensões erosivas (figura 14).



Figura 13 - Seta preta: Formação de sulcos e ravinas na parede interna da voçoroca / Seta branca: acúmulo de sedimentos no interior da voçoroca.



Figura 14 - Presença da cobertura vegetal secundária no interior da voçoroca.

Análise morfométrica, perda de solo e posicionamento topográfico na vertente

É importante ressaltar que, pelo fato de a voçoroca não apresentar canais secundários, as medições e cálculos da área foram subdivididos de acordo com a setorização da feição erosiva (tabela 02). Nesse contexto, evidencia-se que em termos de abrangência, a voçoroca ocupa uma área de 10,979 km², sendo a área de maior atuação da erosão de 9,008 km², enquanto a área de acumulação totaliza 1,971 km².

Tabela 2 - Dados morfométricos e do volume médio erodido da voçoroca.

Dimensões	Valores	Dimensão em km²	Perda média de solo em m³	Parâmetro correlativo entre volume médio erodido com o estabelecimento do tamanho da voçoroca.
Setor de Erosão da V2:				
Comprimento	3,848 km	9,008 km ²	2,612 m ³	Pequena
Largura	2,341 km			
Profundidade	290 m			
Setor de sedimentação da V2:				
Comprimento	1,698 km	1,971 km ²	433 m ³	Muito Pequena
Largura	1,161 km			
Profundidade	220m			
Total:		10,979km²	3,045m³	Pequena

Obtenção dos Dados: Coleta de dados em programa ArGis e Trabalho de campo, 2017.

A área de erosão mais agressiva apresenta profundidade de 290 metros, com registro de perda de solo em torno de 2,61 m³. Já no setor de acumulação, nos quais os processos de sedimentação são mais atuantes, verifica-se profundidade de 200 metros, com perda de solo equivalente a 433m³, pois, apesar de atualmente se constituir em área

sólida de acumulação do material removido do setor de erosão, em tempos pretéritos, essa área sofreu a influência de atuação dos processos erosivos com maiores perdas de solo.

Deste modo, no perfil longitudinal (seção A-B, figura 15), observa-se irregularidade no processo de entalhamento e aprofundamento do canal devido à forte resistência do material litológico e da presença de diversos blocos rochosos, das mais variadas dimensões, que ainda se fazem presentes no interior da voçoroca desencadeando a erosão e causando a irregularidade interna na morfologia.

No perfil transversal (figura 15, seção C-D), visualiza-se melhor o aprofundamento do canal com a formação de blocos de maior resistência à erosão. Esse material rochoso de maior resistência vem apresentando desgastes e feições de sulcos e ravinas como resultado dos processos erosivos que, neste ambiente, demandam um tempo maior para evoluir.

No setor de acumulação (figura 15, seção E-F), tanto nos perfis longitudinais quanto no transversal (seção G-H), verifica-se incisões com maior abertura resultantes da atuação de processos erosivos pretéritos. Além disso, uma outra forma de constatação do material depositado são os picos abruptos da linha do perfil (seção G-H) que indicam forte elevação da morfologia, pois, nesse segmento, encontra-se o material depositado.

Quanto à posição topográfica da voçoroca na vertente, constatou-se que ela se encontra desconectada, afinal analisando o perfil no ambiente SIG, juntamente com o cotejo de campo, não se percebeu nenhuma ligação direta com a rede de drenagem, uma vez que o rio mais próximo da voçoroca é o Itapicuru que se distancia por 08 km.

Destarte, essa posição desconectada se dá pelo fato de a voçoroca possuir maior área de ocupação nos terços superior e médio da vertente, constituindo, assim, uma voçoroca de expressiva evolução vertical (no sentido do aprofundamento), mas sem ainda conectar-se com a rede de drenagem local. Contudo, vale salientar que possivelmente a voçoroca sob as condições climáticas pretéritas de característica úmida, obteve ligação com a o Rio Itapicuru, tornando-se integrada à rede de drenagem.

O vestígio dessa transição de mudança tipológica em vertente é o extenso plano de acumulação que hoje se constitui enquanto barreira geográfica entre a voçoroca e a drenagem. Outro fator influenciador na possível conexão no passado são as mudanças naturais do nível de base do Itapicuru que, em períodos úmidos, possuía um nível maior do que o curso fluvial apresentado nas condições climáticas semiáridas atuais.

Com o aumento do nível de base do Itapicuru e a aparente ausência dos plainos de acumulação, a voçoroca localizada no terço superior e médio da vertente, estabelecia ligação com o rio que alcançava o terço inferior e médio da vertente e, por consequência, a cicatriz erosiva. No entanto, com a mudança das condições climáticas, o terço inferior da vertente é preenchido por sedimentos da voçoroca e do antigo nível de base do rio, formando os plainos e, em decorrência disso, o Itapicuru assume a atual posição do novo nível de base, afastando-se e desconectando-se da voçoroca.

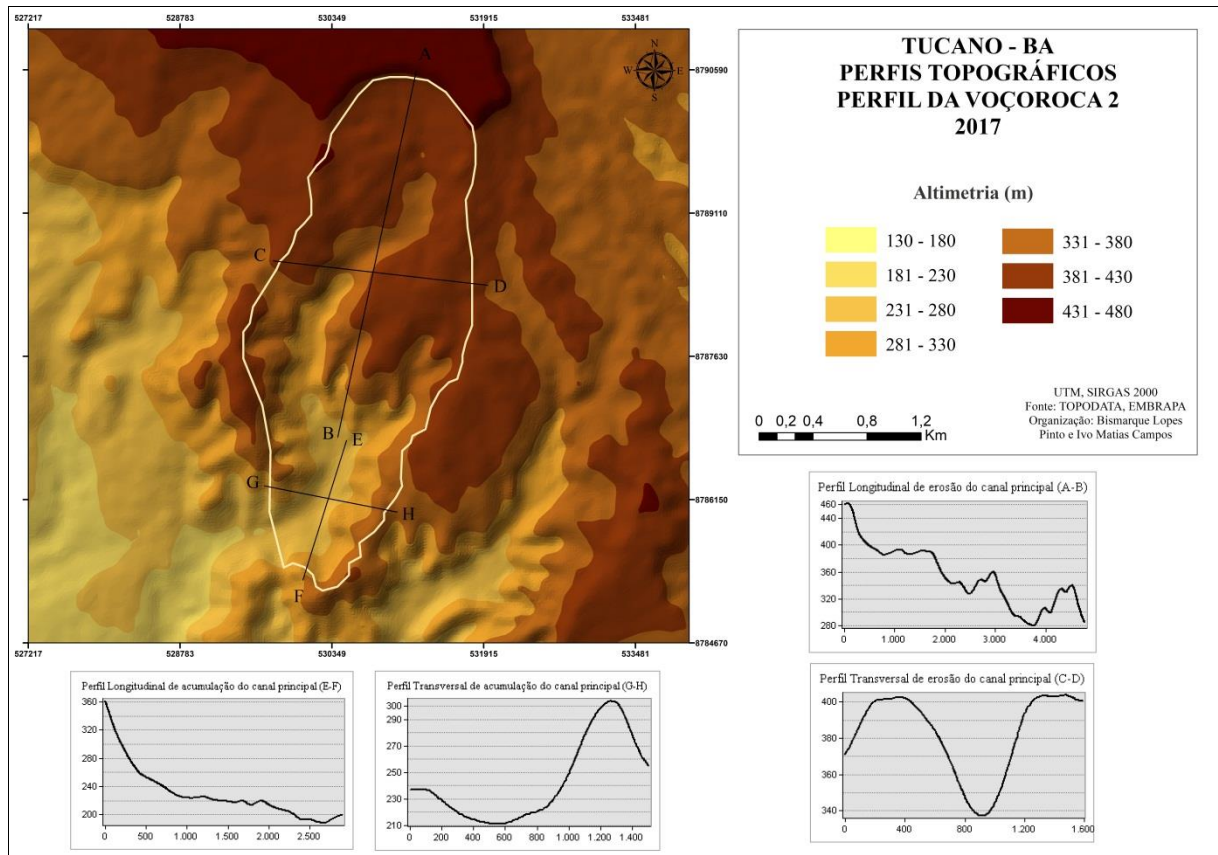


Figura 15 - Perfis topográficos da oçoroca.

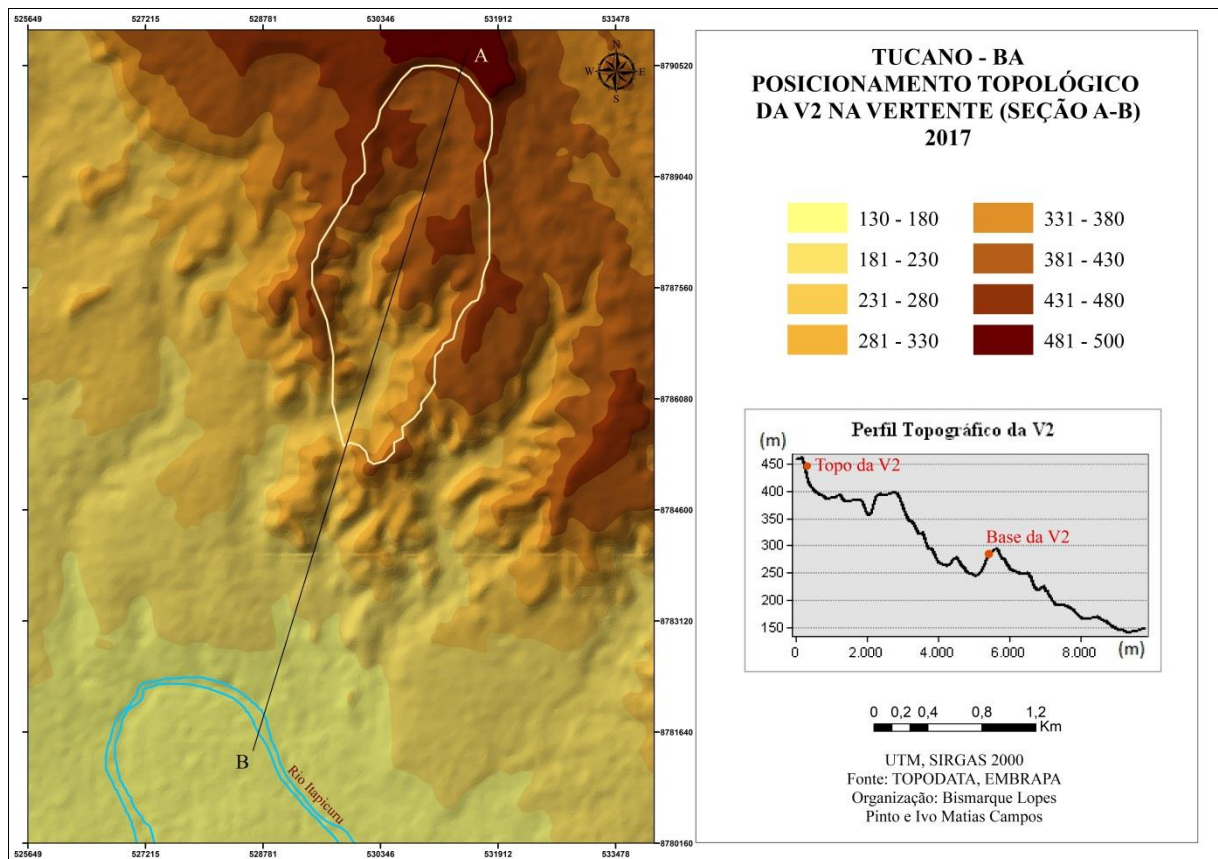


Figura 16 - Posicionamento topográfico da voçoroca na vertente.

Considerações finais

Portanto, vale destacar que a dinâmica erosiva encontra-se em atividade, porém, dada as condições de semiaridez, o impulsionamento energético promovido pela ação pluvial é lento e ocasionado em períodos de precipitações torrenciais. Nesse sentido, ao se tratar de uma paleovoçoroca de cunho natural, pode-se constatar que ambas ainda irão evoluir em sua morfologia e dimensão métrica sobre a vertente, promovendo nos próximos tempos geológicos, o recuo lateral das vertentes do tabuleiro e um possível novo reestabelecimento com a rede de drenagem, caso os condicionantes climáticos passem por novas modificações ampliando a atividade erosiva sobre os atuais plainos de acumulação.

Além disso, no que pese ao aspecto interno, percebe-se que a voçoroca, por não apresentar canais secundários e possuir uma morfologia retangular, evoluiu mais rapidamente. Ainda, outro aspecto diferenciador encontra-se na exibição de algumas morfologias, como por exemplo, as alcovas de regressão da cabeceira da voçoroca que aceleram ainda mais a perda de solo e escavam as vertentes em proporções maiores do que as costeletas e/ou marmitas que oferecem pouca contribuição para a evolução métrica da voçoroca.

Em suma, avalia-se que o processo erosivo destacado neste estudo, tende há um aprofundamento de seu entalhamento sobre a vertente, verificando em médio prazo, um crescimento de sua abertura sobre a vertente, sendo condicionada pelos aspectos geológicos de alta susceptibilidade a erosão. A alcova de regressão na cabeceira, assim como as ravinas e sulcos detectados nas laterais, demonstram um ampliamiento progressivo lateralmente como verticalmente, levando o processo erosivo a ocupar uma maior dimensão no topo do tabuleiro a qual vem se consolidando inicialmente no terço médio e superior do relevo local.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Editora Ícone, 2010.

BIGARELLA, J. J; BECKER, R. D; SANTOS, G. F. dos. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Santa Catarina: Editora da UFSC, 2007.

BIGARELLA, João José; MAZUCHOWSKI, José. Visão integrada da problemática da erosão. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO. Maringá, 1985 *anais...* Maringá: ABGE/ADEA, 1985, p. 23-47.

CARVALHO, J. C. de; SALES, M. M.; MORTARI, D; FÁZIO, J. A.; MOTTA, N. O. da; FRANCISCO, R. A. Processos erosivos. In: CARVALHO, J. C. de; SALES, M. M.; SOUZA, M. N. de; MELO, M. T. da S. (orgs.). *Processos erosivos no centro-oeste brasileiro*. Brasília: FINATEC, 2006.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M (orgs.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da (orgs.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2011.

NASCIMENTO, S. A. M.; ALVES, J. E. Estudo hidrogeoquímico comparativo entre os aquíferos barreiras, marizal e são Sebastião na região do recôncavo norte, estado da Bahia. *Cadernos de Geociência*, Salvador, v. 11, n. 12, p. 72-82, 2014.

OLIVEIRA, M. A. T. de. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

PEDREIRA, A. J.; SANTOS, C. C.; REIS, C. *Projeto Bacia do Tucano Central: Folhas Ribeira do Pombal e Cícero Dantas – Estados da Bahia e Sergipe*. Salvador: CPRM, 2010.

RUHE, R.V. *Geomorphology: Geomorphic processes and surficial geology*. Boston: Houghton Mifflin, 1975.

SANTOS, C. F.; CUPERTINO, J. A.; BRAGA, J. A. E. Síntese sobre a geologia das bacias do recôncavo, tucano e jatobá. In: GABAGLIA, G. P. R.; MILANI, E. J. (orgs.). *Origem e evolução de bacias sedimentares*. Rio de Janeiro: Editora Gávea, 1990.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. *Glossary of soil science terms*. Wisconsin: Madison, 2008.

VIEIRA, A. F. G. *Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): Principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais*. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.