

Antropogeomorfologia em área de mineração: modificações na forma do relevo do município de Barcarena-Pa.

Pontes, I. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ) ; Luz, L. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ) ; Rodrigues, J. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ) ; Cardoso, D. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ) ; Rego, K. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ)

RESUMO

É notório que as ações humanas na Terra foram e seguem sendo capazes de criar e recriar ambientes com base nas suas necessidades, contribuindo para uma nova dinâmica e dando origem ao conhecimento da Antropogeomorfologia. Uma mostra nítida das novas formas de relevo antropogênico são as atividades oriundas da mineração com a construção das estruturas de armazenamento de rejeito, atividade em Barcarena, no estado do Pará. O vigente trabalho tem como objetivo classificar as formas de relevo antropogênico e relacionar com as unidades morfoesculturais do município. A metodologia se deu por revisão bibliográfica, elaboração cartográfica e visita técnica na área de refinamento Hydro Alunorte, em Barcarena. Portanto, as feições do relevo provenientes da atividade de mineração foram classificadas como Lagoas antropogênicas, Terreno produzido de agradação e Terreno complexo de degradação. Conclui-se que as estruturas de rejeito propiciam mudanças extremas na geomorfologia da região.

PALAVRAS CHAVES

Antropogeomorfologia; Relevo Antropogênico; Mineração; Barcarena; Estruturas de armazenamento de rejeito

ABSTRACT

: It is clear that human actions on Earth have been and continue to be capable of creating and recreate environments based on their needs, contributing to a new dynamic and giving rise to knowledge of Anthropogeomorphology. A clear example of the new forms of anthropogenic relief are the activities arising from mining with the construction of structures for storing tailings, an activity in Barcarena, in the state of Pará. The current work aims to classify the anthropogenic landforms and relate them to the morfo-sculptural units of the municipality. The methodology was based on a bibliographical review, cartographic elaboration and technical visit in the Hydro Alunorte refinement area, in Barcarena. Therefore, the relief features resulting from the mining activity were classified as Anthropogenic Lagoons, Produced Land of Agradation and Complex Land of Degradation. It is concluded that the tailings structures provide extreme changes in the geomorphology of the region.

INTRODUÇÃO

A significativa atuação do homem sobre a natureza apresenta características negativas geológicas-geomorfológicas de três níveis, conforme Pellogia (1997), em que destaca a modificação do relevo, alteração nas fisiologias das paisagens e alterações na paisagem através das modificações da conduta dos processos da dinâmica externa. Sendo assim, as intervenções antrópicas são exacerbadamente significativas para a eclosão de novas formas de relevo antropogênicos (SILVA et al. 2017). A influência humana em cooperação com as relevâncias geológicas é um fato explícito na nova era geológica (Crutzen, 2002). Essas influências ratificam um selo humano no ambiente global, o tornando uma força geológica, interagindo com as forças naturais, provocando impactos e mudanças do sistema da terra. O homem tem passado de um agente em relação à evolução da vida para um responsável direto na ruptura do equilíbrio da Terra (Stteffen, 2011). Desta forma, de acordo com Guerra (2011), pode-se compreender a Antropogeomorfologia como um estudo que retrata a presença significativa das intervenções antrópicas no meio natural, ou seja, é o conhecimento das metamorfoses do ambiente físico oriundas das ações do homem. As modificações humanas sobre o relevo refletem a ocupação e as modificações a superfície do terreno. O trabalho exposto tem como análise identificar as modificações no sítio geomorfológico no município de

Barcarena, modificações essas provenientes do refinamento da bauxita e caulim, concebendo novas feições de relevo e ressignificando as paisagens, ações antropogênicas em área de mineração de responsabilidade da Empresa Norueguesa Hydro-Alunorte e Imerys Rio Capim Caulim. A classificação do relevo é crucial para entender os tipos de estruturas de armazenamento de rejeitos de mineração em uma determinada área, tanto para a extração quanto para o beneficiamento. Este trabalho apresenta o conhecimento das unidades morfoesculturais municipais, que permitem compreender as modificações antropogênicas no relevo, resultantes do armazenamento de rejeitos em bacias e depósitos de resíduos sólidos. Sendo assim, os principais objetivos desta pesquisa são: entender o homem como modificar da paisagem através da análise dos conceitos sobre a geomorfologia e o antropoceno; classificar o relevo do município de Barcarena e relacionar com as estruturas de armazenamento de rejeito encontradas no município e classificar o relevo antropogênico na área submetida a atividade de mineração. O município de Barcarena está localizado na mesorregião Metropolitana de Belém, microrregião de Belém e Região de Integração do Tocantins. Sua densidade demográfica é de 121,87 hab/km² e sua área é de 818,89 km². Ao Norte, encontra-se a Baía do Guajará e o Município de Belém, ao sul os municípios de Moju e Abaeteuba, ao Leste o município de Ácara e a Oeste a Baía do Marajó. Barcarena é o 6º lugar no ranking Estadual e o 1º lugar no PIB da região que se integra, sendo responsável por quase 45,9% do produto da região tocantina, devido à exploração e refinamento mineral de bauxita e caulim (FAPESPA, 2022). Segundo Pinto (1997); Barcarena (1999); Gazeta Mercantil Norte (2002), Barcarena transformou-se em um município estratégico para a economia paraense, já que no mesmo está localizado o complexo alumínico (Albrás - Alunorte) e do caulim (Pará Pigmentos e Imerys Rio Capim Caulim) empresas responsáveis pelo beneficiamento mineral. No contexto da mineração no Estado do Pará, Barcarena é de suma relevância, já que o mesmo tornou-se primordial beneficiário mineral do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

Em primeiro plano, foram apurados materiais bibliográficos em relação ao município de Barcarena para compreender a exatidão da presente escala de estudo em relação aos aspectos ambientais que propiciam a submissão dessas áreas a mineração, como a geomorfologia. Além disso, foram também buscadas, em artigos e livros, referências sobre o relevo antropogênico e as transformações na paisagem provenientes da atividade de mineração; por fim, foi feito levantamento de literário sobre a geomorfologia do estado do Pará e da área onde se encontram as estruturas de armazenamento de rejeito, em Barcarena. Em relação a estruturação cartográfica se utilizou o QGIS, Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre e aberto, na qual se operou e organizou alguns dados de fontes nacionais como: Agência Nacional de Mineração (ANM), Agência Nacional de Águas (ANA) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Além disso, foi utilizado para a classificação do relevo antropogênico imagem de Satélite da ESRI (Environmental Systemens Research Institute) com resolução de 2 metros, para a realização da vetorização das estruturas de armazenamento de rejeito para a categorização dos terrenos antropogênicos. Outrossim, foi realizado em 11 de agosto de 2022, uma visita técnica na planta industrial de refinamento do minério da bauxita da empresa Hydro-Alunorte, em Barcarena, onde se analisou as etapas do processo de refinamento do minério da bauxita em alumina, como também o tratamento de águas e efluentes. Outrossim, se visitou um dos Depósito de Resíduo Sólido, DRS1, onde se notou nitidamente a diferença altimétrica e as modificações da mesma no relevo e conhecer os planejamentos de reabilitação vegetal onde se divide o DRS1 em faixas, para melhor andamento das estratégias de regeneração proposta pela empresa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Geomorfologia define-se como a ciência da descrição do relevo, o que aparenta ser estático, no entanto é dinâmico e multiforme nas várias escalas de espaço e de tempo. Desta forma e segundo os estudos de Penck (1953), Tricart (1982), Suguio (1998), a Geomorfologia busca explicar dinamicamente as transformações do relevo, sendo assim, reconhece como formas e processos as alterações decorrentes de forças endógenas e exógenas terrestres que estruturam e esculturam os relevos de modo sistematizado, criando e recriando paisagens através da atuação dos processos e da geração de novos produtos (materiais), característicos do local e da região. Aproximadamente todas as atividades humanas, na dimensão terrestre, ocasionam algum tipo de metamorfose, visto

que a mineração possivelmente seja uma das que mais modifica o relevo (GUERRA; MARÇAL, 2018). Quanto à influência antrópica nesses estudos, entender o ser humano como elemento modelador dessas transformações é reconhecer a sua capacidade de criar e recriar ambientes baseados nos seus próprios interesses ao longo do tempo e do espaço. Segundo Crutzen (2002), o Antropoceno é um novo tempo geológico que se refere às modificações provocadas pelas atividades humanas no meio ambiente, levando em conta sua grandeza e frequência ao longo do tempo, em grande parte otimizadas pela mecanização dessas atividades. Esse período se caracteriza pelo protagonismo humano em acontecimentos globais. A mineração é uma atividade indispensável e evidente de interferência humana na superfície terrestre. Desta forma, Goudie (1990) elenca uma sequência de ocupações que transformam e, conseqüentemente, remodelam o relevo terrestre, sendo a que mais se destaca são ações encadeadas a mineração. Assim sendo, uma das vertentes da geomorfologia antropogênica, área que estuda as modificações no relevo pela ação humana, é a atividade mineradora. Segundo Peloggia e Oliveira (2005) o ser humano é considerado por muitos como um agente geológico e geomorfológico, pois é capaz de alterar e de produzir processos da dinâmica superficial e, a partir disso, alterar as formas do relevo e gerar depósitos correlativos. Entende-se depósitos tecnogênicos como estruturas elaboradas pelo aglomeramento de material de inúmeras formas e arranjos, decorrente das atividades humanas, além de serem altamente aptos em modificar o sistema geomorfológico e ambiental (MENDES; FELIPPE, 2016).

4.1. Geomorfologia do município de Barcarena

Em síntese, é crucial listar as unidades de relevo do município de Barcarena, em que de acordo com Manual técnico de geomorfologia do IBGE, são classificadas em Litoral de Mangues e Rias, Planícies e Terraços Fluviais e Tabuleiros Paraenses (Figura 1) O Litoral de Mangues e Rias, conforme Junior e El-Robrini (2002), são uma configuração evolutiva entrelaçadas aos episódios de transgressão Holocênica, que foram unidades modeladas aos traços da faixa costeira, onde as áreas abatidas deram origem as reentrâncias (rias) e as áreas altas (falésias) originando as saliências no litoral. Outra unidade de destaque são as Planícies e Terraços Fluviais, em que de acordo com (FURTADO, PONTE, 2013) dominam os vales dos rios amazônicos no qual as planícies abarcam em zonas deposicionais e apresentam características inundáveis de sedimentação recente, já os terraços são similares ao período pleistoceno superior. Já os Tabuleiros Paraenses podem ser encontrados ocupando o sul de Barcarena e são classificados por Dantas e Teixeira (2013), como Tabuleiro Regional da Zona Bragantina, em que se formam em uma continua extensão da faixa de deposição dos sedimentos do Grupo Barreiras. A unidade de relevo predominante na região são os Tabuleiros Paraenses, que possuem uma altimetria não muito elevada e um topo tabular homogêneo, o que dificulta a disposição de grandes camadas de rejeito em barragens de mineração. Como alternativa, são construídas bacias e depósitos de resíduos sólidos (DRS) para o armazenamento desses rejeitos. Em Barcarena foram elencadas duas estruturas, bacias de rejeito de minério de caulim e depósitos de resíduos sólidos de Bauxita (DRS1 e 2), pertencentes a Imerys Rio Capim Caulim e HydroAlunorte, respectivamente.

4.2. Classificação do relevo antropogênico

As interferências da sociedade no desenvolvimento da natureza podem resultar em algumas complicações para o ambiente (PELOGGIA, 1998). Essas complicações são associadas em três níveis de abordagem, onde o primeiro nível retrata da ocorrência de modificações no relevo, exclusivamente em sua forma; o segundo diz respeito às alterações na dinâmica geomorfológica e o último nível correlaciona a formação de depósitos correlativos que possivelmente resultam na dinâmica antrópica determinada ao meio, depósitos esses caracterizados como tecnogênicos. Sendo assim, o relevo antropogênico evidencia, principalmente, a totalidade de indícios de interferências e perturbações na fisiologia e fisiografia da paisagem diretamente relacionada às atividades humanas (ANDRADE, 2012). No que tange ao relevo antropogênico provenientes do armazenamento do minério da bauxita e do minério do Caulim, em Barcarena, são categorizadas e discernidas de acordo com Peloggia (2017) em cooperação com o Serviço Geológico britânico, como: Terreno produzido de agradação, Terreno complexo de degradação e Lagos antropogênicas. Tanto os depósitos de resíduos sólidos de bauxita como as bacias de rejeito de Caulim, terão as mesmas classificações de Peloggia (2017), onde a área em que se armazena o rejeito descartado, tanto de bauxita (Figura 2) como de caulim (Figura 3), é entendido como “Terreno Produzido de Agradação” em que conforme o Serviço Geológico Britânico de 1990 cataloga o terreno produzido como “made ground” onde são áreas em que houve acumulação de material por ação humana sobre a superfície do terreno natural. Além disso, há o acréscimo da classificação de Peloggia (2017) em Terreno

tecnogênico por agradação, compreendido como depósitos tecnogênicos formadores dos terrenos de agradação, já que são áreas deposicionais e apresentam relevo construído. As lagoas antropogênicas são caracterizadas como lagoas com condição de fluxo e são orientadas pelo fluxo superficial das águas (GAMMONS et al, 2009). Pode-se verificar essa classificação nas Bacias de controle da empresa Hydro, em que descreve as mesmas como “bacias que promovem o amortecimento das vazões conduzidas pelos canais de contorno dos DRS 1 e 2, possibilitando ainda o armazenamento temporário de água em situações operacionais para posterior direcionamento a estação de tratamento de efluentes industriais” (HYDRO, 2022). Esta classificação de lagoas é vista ainda nas bacias de rejeito da empresa Imerys, que são estruturas destinadas aos efluentes gerados na área de filtragem do processo industrial de beneficiamento do caulim, onde são subordinadas ao processo de clarificação e monitoramento do pH. (Figura 3) Outra classificação, que encontramos nas duas estruturas de armazenamento, é a de “Terrenos Complexos de Degradação”. Detalhada pelo Serviço Geológico Britânico como Terrenos Complexos (landscaped ground) são “Áreas onde a superfície preexistente foi extensivamente remodelada sendo impraticável mapear as classes anteriores separadamente”; para o arcabouço da identificação se traz o terreno tecnogênico de degradação, em que se entende como solos tecnogênicos como constituintes dos terrenos modificados (PELOGGIA, 2017). Essa classificação se visualiza, principalmente, nas áreas de reabilitação vegetal estabelecidas pela empresa Hydro Alunorte em um dos seus depósitos de resíduos sólidos (DRS 1), na qual se realiza a reabilitação vegetal com divisão da mesma em faixas, para melhor andamento das estratégias de regeneração proposta pela empresa. Esta área apresenta 270 hectares e tem como objetivo formar uma nova camada de solo para, posteriormente, construir, de forma antrópica, os horizontes (HYDRO, 2022).

Mapa Morfoescultural de Barcarena-Pa.

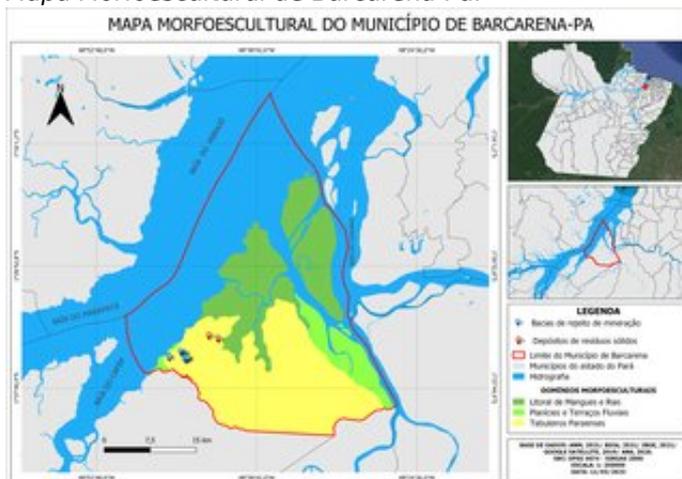


figura 1: Localização das estruturas de armazenamento de rejeito de mineração juntamente com as unidades morfoesculturais do município de Barcarena

Relevo antropogênico nos DRS 1 e 2

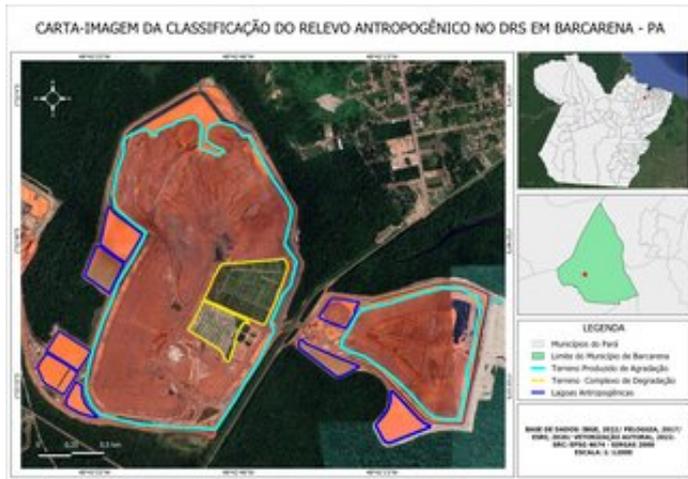


Figura 2:Carta-Imagem da vetorização do relevo antropogênico em área de armazenamento de rejeito de bauxita nos DRS1 e 2, em Barcarena-Pa.

Relevo antropogênico nas bacias de rejeito



Figura 3: Vetorização do relevo antropogênico em área de armazenamento de rejeito de caulim, em Barcarena-pa

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rompimento das barragens em Mariana (2015) e Brumadinho (2018) apresentam uma das maiores amostras da capacidade do ser humano de modificar os aspectos físicos do planeta. A importância do homem como agente geológico-geomorfológico sobre os processos, formas e gênese de depósitos correlativos caracteriza o que pode ser considerado como um evento tecnogênico. A atividade minerária causa impactos ambientais significativos, atingindo áreas em escalas regionais e afetando municípios não minerados, localizados em seu entorno. Estes empreendimentos com longo histórico de exploração, caracterizam-se pela ocorrência de expressivos danos ambientais no meio físico, biótico e antrópico. A transformação de Barcarena em um município industrial se sucedeu de maneira frenética, e a velocidade de exploração dos recursos minerais espelha na quantidade de resíduos que são empreendidos no decorrer do método de beneficiamento. A colossal aglomeração de material com características geológicas diferentes do relevo natural do município, desfruta de um ambiente que já foi anteriormente modificado por ações antropogênicas, se acelera a longo prazo como elemento de risco pela formação de terrenos tecnogênicos, no qual seus resultados na geomorfologia local só serão julgados com a ação do tempo. O estudo reformula a importância da geomorfologia antropogênica para encarar o homem como o principal agente geomorfológico responsável pelas transformações no relevo em um curto intervalo de tempo, consoante ao

progresso e classificação do relevo antropogênico, constata-se que os depósitos de resíduos sólidos de bauxita e as bacias de rejeito de caulim, propiciam mudanças extremas na geomorfologia da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. Agência Nacional de Mineração. Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração, 2021. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/ClassificacaoNacionalDaBarragem>. Acesso em: 05/set/22.
2. ANM. Localizador de barragens. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br>. Acesso em: 15/mar/ 22.
3. ANDRADE, Cecília Félix. Relevo Antropogênico associado a mineração de ferro no quadrilátero ferrífero: uma análise espaço-temporal do complexo Itabira (Município de Itabira -MG). Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.
4. ATLAS BRASIL. Perfil: idhm. IDHM. 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/perfil>. Acesso em: 10/Fev/23.
5. Crutzen, P. J. Geology of mankind. *Nature*, 415,23,2002
6. DANTAS, M; TEIXEIRA, S. Origem das paisagens. In: JOÃO, Xafi; TEIXEIRA, S; FONSECA, D (Ed.). *Geodiversidade do Estado do Pará*. 1º Ed. Belém: Cprm, 2013. p. 25-49.
7. FAPESPA. Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Região de Integração Tocantins. Disponível em: http://seplan.pa.gov.br/sites/default/files/PDF/ppa/ppa2016-2019/perfil_regiao_tocantins.pdf. Acesso em: 20/03/2023.
8. FURTADO, A, M; PONTE, F, C. Mapeamento de Unidades de Relevo do estado do Pará. *Revista Geoamazonia Belém*, v. 02, n. 2, p.56-67, 2013. DOI: 10.17551/2358-1778
9. GAMMONS, C. H.; HARRIS, L. N.; CASTRO, J. M.; COTT P. A.; HANNA, B. W. Creating lakes from open pit mines: processes and considerations - with emphasis on northern environments. In *canadian technical report of fisheries and aquatic sciences* 2826, 2009. ISSN 0706-6457.
10. GAZETA, M, N. O Pará dos grandes projetos. Especial de 4º aniversário. Belém. 28-03-2002, p. 1-28.
11. GOUDIE, A. *The Human Impact on the Natural Environment*. Oxford, UK., 388p, 1990. INSS: 9780631161646
12. GUERRA, A, J, T; MARÇAL, M, S. aplicações: geomorfologia à aplicada exploração de recursos minerais. In: *Geomorfologia Ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018. p. 46-47.
13. HYDRO ALUNORTE. Plano de ação de emergência (PAE) Estruturas geotécnicas do deposito de resíduo sólido DRS 1. Barcarena, 2022.
14. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manuais Técnicos em Geociências: manual técnico de geomorfologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
15. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Banco de Dados de Informações Ambientais - BDIA: consulta em geomorfologia. 2021. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia>. Acesso em: 18 out. 2022.
16. MENDES, L, C; FELIPPE, M, F. A geomorfologia do tecnógeno e suas relações com o rompimento da barragem fundão (Mariana, Minas Gerais). *Revista de Geografia*, v.6, n.4, p. 353-362, 2016. ISSN 2236 837X
17. PELOGGIA, A.U.G. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. *Revista UNG - Geociências*, v.16, n.1, p.102-127, 2017
18. PELOGGIA, A. U. G.; OLIVEIRA, A. M. S. Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências. I Encontro de Tecnólogos. ABEQUA, 2005.
19. PELOGGIA, A. O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo. *Boletim de geografia*. São Paulo: Xamã, 1998.
20. PENCK, W. *Morphological Analysis of Land Forms*. London: MacMillan and Co., 1953.
21. PINTO, Lucio Flavio. *Amazônia e o século perdido: a batalha do alumínio e outras derrotas da globalização*. Belém, Gráfisa, 1997.
22. SANTOS, R, D dos. Antropogeomorfologia urbana: conceitos e definições. In: GUERRA, Antonio José Teixeira. (Org.). *Geomorfologia Urbana*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 230-233,

23. SILVA, C. N. D. et al. Belém 400 anos: Análises geográficas e impactos antropogênicos na cidade. 1º ed. Belém: GAPTA/ UFPA, 2017.
24. SILVA JUNIOR, Osmar Guedes da; EL-ROBRINI, Maamar. Morfoestratigrafia do noroeste da planície costeira de São João de Pirabas (Nordeste do Pará). revista brasileira de oceanografia, Belém-PA: março de 2002.
25. STEFFEN, Will et al. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. Philosophical Transactions of the Royal Society A, n. 369, p. 842-867, 2011.
26. SUGUIO, K. A importância da Geomorfologia em Geociências e Áreas afins. Revista Brasileira de Geomorfologia, vol. 1, n. 1. 2000, p. 80-87.
27. TRICART, Jean. Paisagem e ecologia. Inter-facies, n. 76, São José do Rio Preto: Ibilce-Unesp, 1982.