

# STUDY OF RAINFALL RATES AND EROSION PROCESSES AT THE URBAN AREA OF SÃO LUÍS – MA

Jane Karina Silva Mendonça, DeGeo/UFMA, [raiogeo@hotmail.com](mailto:raiogeo@hotmail.com)

José Fernando Rodrigues Bezerra, Geógrafo, [fernangeo@yahoo.com.br](mailto:fernangeo@yahoo.com.br)

Lilian Daniele Pantoja Gonçalves, Geógrafa, [danielegeo@yahoo.com.br](mailto:danielegeo@yahoo.com.br)

Márcia Fernanda Pereira Gonçalves, Geógrafa, [storm79@hotmail.com](mailto:storm79@hotmail.com)

Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra, DeGeo, [antonioguerreiro@gmail.com](mailto:antonioguerreiro@gmail.com)

Prof. Dr. Antonio Cordeiro Feitosa, DeGeo, [feitos@terra.com.br](mailto:feitos@terra.com.br)

Projeto Borassus/READE

## INTRODUCTION

The study of the rain rates is here highlighted, in order to understand the mechanisms that generate the starting point of the erosive processes. The precipitation varies spatially not only in local and regional levels, due to mechanisms that generate rains, but also in short distances, due to the control of local variations, such as winds and constructions. In this way, the precipitations should be measured in different points of the study area, depending on the interest of the study and scale of analysis.

The erosive process caused by rainfall covers almost the whole terrestrial surface, especially in tropical areas where the total rainfall is higher than in other regions of the planet. Besides that, the rain only falls on specific seasons in several areas, which worsens the erosion. The process tends to accelerate as the deforestation for wood exploitation and/or agricultural production takes place, once the soils become unprotected without the vegetal cover, so that the rains affect the surface of the grounds directly (GUERRA, 1999).

This work presents the results of the monitoring of erosive processes along more than three years of studies at the urban area of São Luís City, relating rainfall rates to gullies evolution, an important instrument for the control and recovery of large-scale erosive processes.

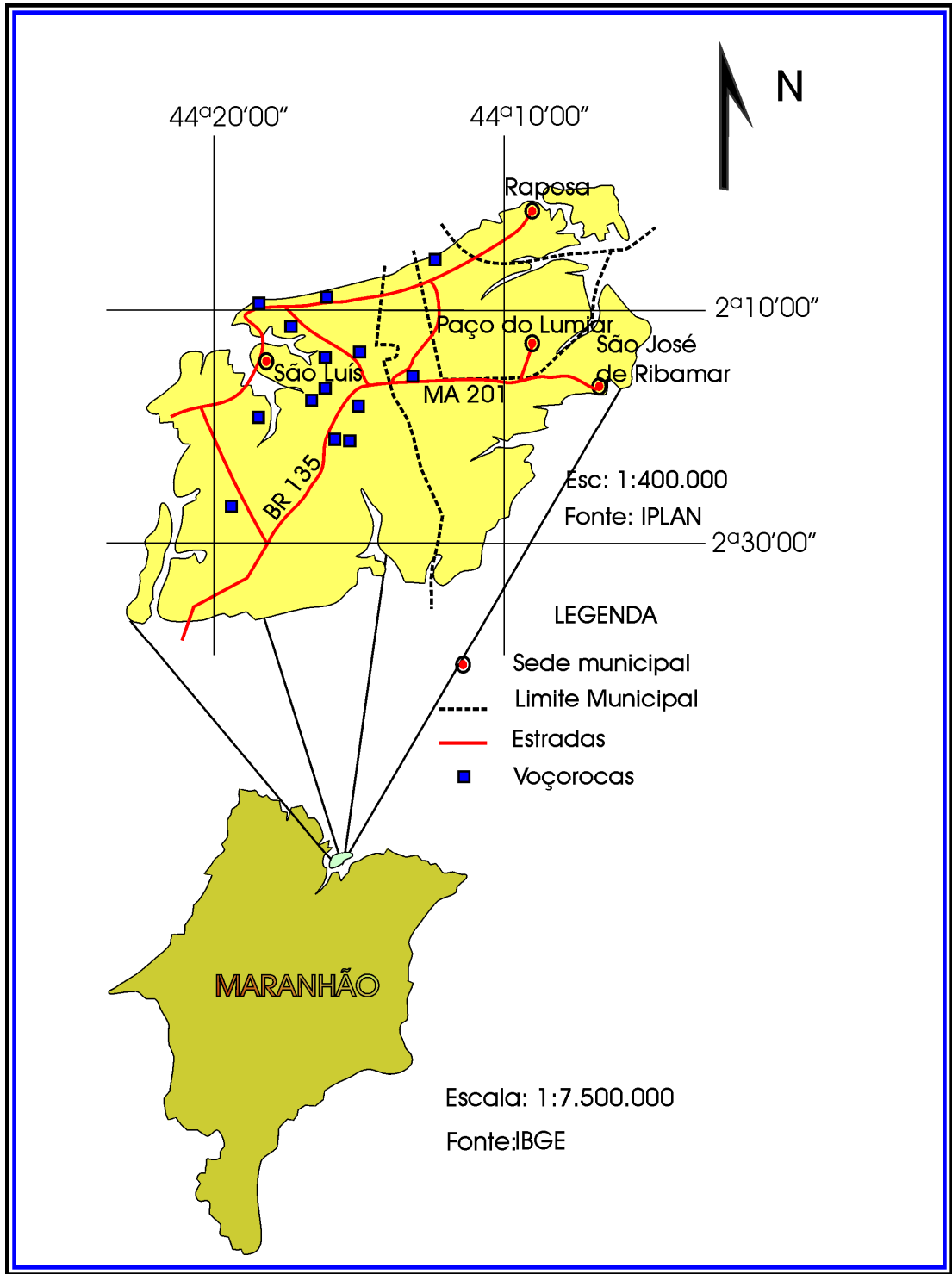


Figure 1 – Map of the location of the study area.

## **METHODOLOGICAL PROCEEDINGS**

This work is ruled in qualitative research, through observation and correlation of forms and processes, and quantitative research, through the measuring of variables and statistical treatment. The following methodological proceedings were used in the course of the activities:

- Bibliographic survey on the approached theme in books, proceedings from symposium, journals, PhD thesis, MSc dissertations, etc;
- Cartographic survey from 1976 SUDENE and DSG maps at the scale of 1:100,000 with equidistance of contour lines of 10 m and 1999 aerial photograph, at the scale of 1:8,000;
- Fieldwork with photographic registration;
- Measuring of rainfall volume in a plastic bottle (alternative raingauge), and subsequently the calculation was made to determine the rain amount (mm). The readings took place daily at 7:00 am at the district of João Paulo, near Sacavém, Salina and Castelão gullies;
- Monitoring of five gullies, following the method presented by Guerra (1996) which makes use of stakes around the gullies, measuring tape to measure the distance between the stakes and the edge of the gully, and geologist compass (Brunton) to obtain the orientation of the measurements;
- The crossing of data and information was made from the interpretation of aerial photographs, satellite images, mapping, graphics and tables acquired from the field and lab work;
- The gullies selected for monitoring, which are being carried out quarterly, are studied following the method presented by Guerra (1996) that makes use of stakes placed around the gullies, measuring tape to measure the distance between the stakes and the edge of the gully, and compass to obtain the orientation of the measurements.

## **RESULTS AND DISCUSSIONS**

The area of São Luís municipality is 831,7 km<sup>2</sup>, situated at the center west of Maranhão island, being the coordinates 2° 19' 09" - 2° 51' 00" S e 44° 01' 16" - 44° 19' 37"

W, with the following boundaries: east – São José de Ribamar; north – Atlantic Ocean; west – Paço do Lumiar; and south – Rosário, having the approximate population of 867.690 inhabitants and an increasing urban population of 867.968 inhabitants, according to IBGE data (2001).

Concerning the urban occupation of São Luís, it is clear that since 1612 to current days this process has been passing through, in a national pattern, a significant evolution. It presents differentiated stages of urban growth influenced by relevant facts of the city history. It is also important to highlight the industrial surging in São Luís, at the second half of XVIII century, as an important stage for the urban growth.

The Geology of the area is identified by sedimentary rocks, with wide predominance of permeable and generally friable porous sandstone, characteristic of the Barreiras Formation. As for the geomorphology, morphologic compartments express small altitude range in its geomorphologic configurations. This situation is resulting from the activity of morphogenetic agents, specially climatic, oceanographic and human actions.

Regarding vegetation, the mangrove swamps, gallery forests, spits, secondary mixed forest, brushwood and floodable fields are highlighted. The secondary mixed forest and the brushwood are the predominant vegetal cover at the areas surrounding the gullies, at the urban area of the city. As for the hydrography, it features small rivers such as Anil, Bacanga, Paciência, Cachorros and Tibiri basins.

As for the pedological aspects, the following soils can be found at the area: litholic soils, concretionary red/yellow Clay soils and concretionary plinthosol (MARANHÃO, 1998). Considering the conditions presented by the lithology, the soils of the study area are generally very susceptible to erosive processes. These features favor the intensification of the erosive processes on the areas where the slope is higher and the conditions cause the occurrence of these processes, specially when submitted to human interventions, with bad planning, which would consider the risks imposed to the balance of the landscape.

According to Fonseca (1995), the climate of the central relief zone is classified as tropical humid, with average annual temperatures of 26°C, reaching higher levels in October and December and lower from April to June. The distribution of the precipitations along the year is rather irregular, marked by two very distinct periods: a rainy one and a dry one.

It was visible the action of the rains through several mechanisms, at the gullies selected for study at the urban area of São Luís (Figure 1), originating different erosive

features at the gullies such as pedestals, alcoves, grooves, ducts, sand falls, clod falls, ribs, fissures, mass movement among others, described by Oliveira (1999).

The rain regime of the island strongly contributes to the enhancement of the evolution rates (Figure 2), considering the backlash of gullies at Castelão, Sacavém and Salina, according to the monitoring data, which were observed due to the rainfall rates during and after the rainy season. The regular deforestation and the burning of the local vegetation exposes the soil to the direct impact of the rain drops, causing the encrusting process, and consequently lowering infiltration rates, increasing the superficial draining, thus favoring the evolution of erosion.

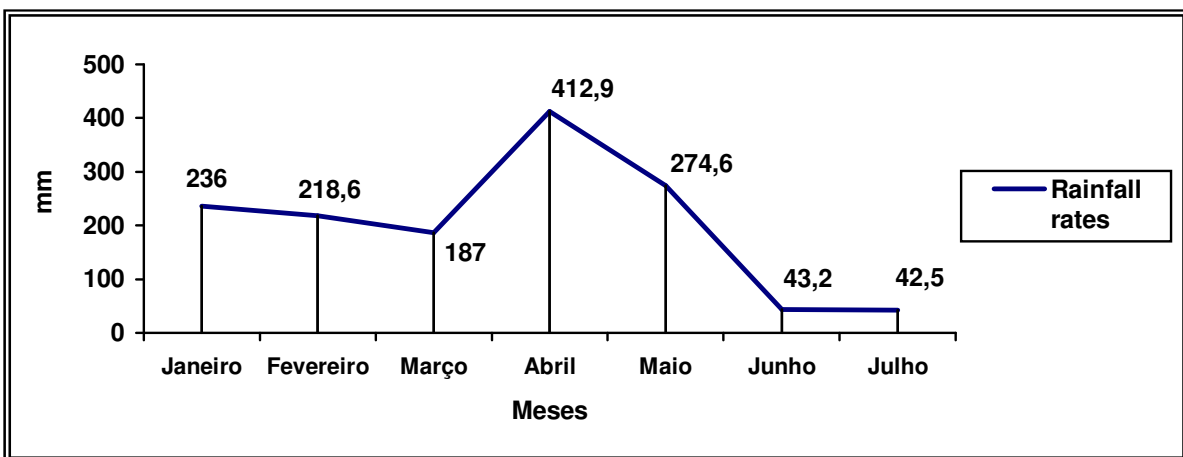


Figure 2 – Rainfall rates at the study area (2004)

Chart 1 – Monitoring data –Salina gully

LOCALIZATION		MEASURE						
STAKES	Rumo	1º 21.03.01	2º 22.06.01	3º 21.08.01	4º 18.03.02	5º 16.09.02	6º 04.10.03	7º 24.01.04
Stake 14	260º	13,10	12,60	12,60	11,95	11,50	11,20	11,10
	270º	14,50	13,00	13,00	12,11	11,80	11,60	11,30
	244º	16,00	12,15	12,15	12,15	11,70	11,25	11,05
Stake 15	20º	7,93	7,72	7,72	6,55	6,50	5,90	5,45
	350º	6,22	6,14	6,14	5,54	5,45	6,00	5,40
	294º	4,81	4,48	4,48	4,34	3,60	3,15	2,80
	160º	6,81	6,49	6,49	6,40	6,35	6,35	6,35
	194º	10,20	8,45	8,45	8,00	7,40	7,40	7,40
	118º	9,39	9,05	9,03	8,71	8,71	60,65	8,60
	220º	17,54	16,10	16,00	15,78	15,78	15,78	15,78
	230º	13,92	12,20	12,00	11,65	11,65	11,65	11,65
Stake 16	344º	11,50	8,37	8,95	8,10	7,65	5,95	5,25
	329º	7,51	6,70	6,45	6,04	5,95	5,05	4,35
	290º	7,10	6,84	6,01	6,75	5,75	5,30	5,05
	172º	9,30	8,95	8,90	8,80	8,80	8,80	8,80
	204º	11,20	10,04	10,00	9,81	9,81	9,81	9,81
	138º	6,80	6,75	6,65	6,50	6,26	6,23	6,21

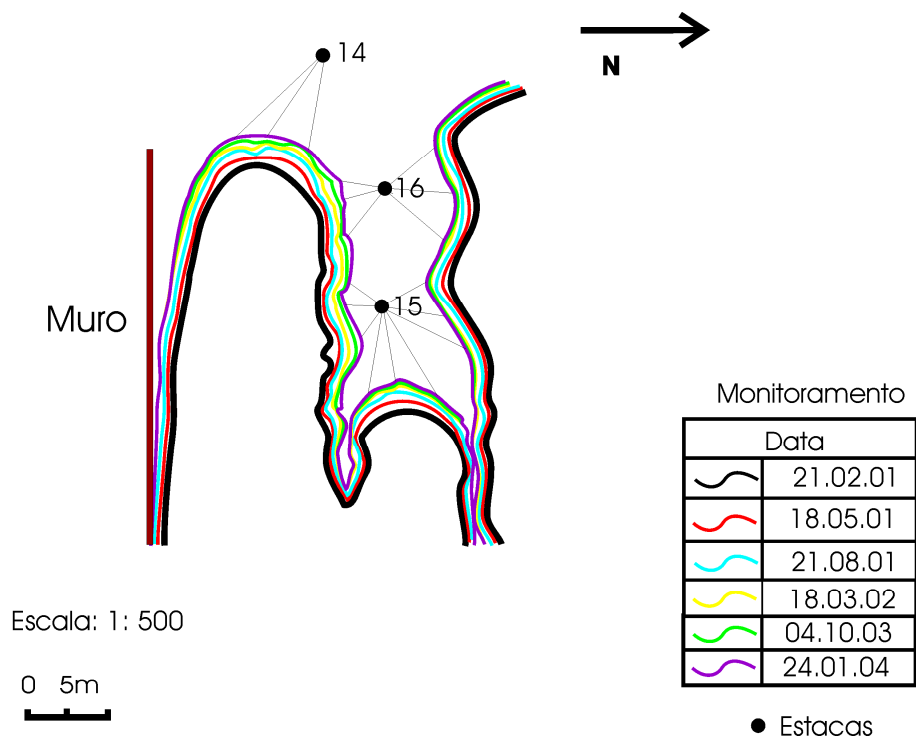


Figure 3 – Salina Gully

## REFERENCE

- ALMEIDA, F. G. de e GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e impactos ambientais na cidade de Sorriso (Mato Grosso). In: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. da. (Orgs). Rio de Janeiro; Bertrand Brasil. 2001, p.21-46.
- ALVES, R. R., ALVES, R. R., RODRIGUES, S. C. Impactos ambientais de processos erosivos em microbacia hidrográfica no município de Urbelândia. In: Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia - Geomorfologia: interfaces, aplicações e perspectivas, São Luís. UFMA, v.1. 2002, p. 11.
- AMBÉ, E. A. Caracterização ambiental da bacia do rio das Bicas, São Luís – MA, UFMA, São Luís. 2002, 59p (monografia de graduação)
- ANDRADE, A. C. de, LEAL, L. R., GUIMARÃES, R. F e CARVALHO JUNIOR, O. A. de. Análise dos fatores antrópicos nos processos erosivos na bacia do rio Fêmeas (Barreiras-BA). In: Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia - Geomorfologia: interfaces, aplicações e perspectivas, São Luís. UFMA, v.1. 2002, p. 92.
- BASTOS, A. C. S. e FRIETAS, A. C. de. Agentes e processos de interferência, Degradação e dano ambiental. In: Avaliação e perícia Ambiental. 3ª Ed. Cunha, S B. da. e Guerra, A. J. T. (Orgs.). Rio de Janeiro; Bertrand Brasil. 2002, p. 17-76.
- BRASIL, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Secretária do Estado do Meio Ambiente e Turismo do Maranhão, Diagnóstico dos Principais Problemas Ambientais do Estado do Maranhão. São Luís: LITHOGRAF, 1991.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia, 2 ed. São Paulo; Edgard Blücher. 1980, 188p.
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia das encostas na interface com a geomorfologia. In: Geomorfologia :uma atualização de bases e conceitos. 3ª ed. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil. 1998, p. 93-148.
- COELHO, M. C. N. Impacto Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias, Conceitos e Métodos de pesquisa. In: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. da. (Orgs). Rio de Janeiro; Bertrand Brasil. 2001, p.21-46.
- CUNHA, S. B. da. & GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: Geomorfologia e Meio Ambiente. 2ª ed. Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. da. (org.) Rio de Janeiro; Bertrand Brasil. 2001, p.337-379.
- DREW, D. Processos Interativos Homem-Meio Ambiente. 5 ed. Rio de Janeiro; Bertand Brasil. 2002, 224p.
- EMBRAPA, (1979) Manual de Métodos e Análises Solo. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos – Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, Brasília; Embrapa solos. 2001, 412p.
- FEITOSA, A. C. Evolução Morfogenética do Litoral Norte do Maranhão. Rio Claro: UNESP; 1989, 196p.(Dissertação de mestrado)
- FONSECA, M. J. B. (1995). A Invasão como Processo de Ocupação dos Espaços Urbanos Vazios: o caso Vila Lobão - São Luís - MA. São Luís, 51p. (Monografia de Graduação).
- FREIRE, J. de R. Áreas de Riscos de Erosão na Bacia do Rio Anil, São Luís – MA. UFMA; São Luís, 1990, 62p. (Monografia de graduação)

GONSALVES, L. F. H. E GUERRA, A. J. T. Movimento de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro) In: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. da. (Orgs). Rio de Janeiro; Bertrand Brasil. 2001, p.189-252.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (1998). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 3ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 472p.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 3ª ed. Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998, p. 149-209.

\_\_\_\_\_. Processos Erosivos nas Encostas. In: Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Orgs. Cunha, S. B. & Guerra, A. J. T. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996, p. 139-155.

\_\_\_\_\_. Encostas e a questão ambiental. In: A questão ambiental: diferentes abordagens. Orgs. Cunha, S. B. & Guerra, A. J. T. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2003, p. 191-217.

GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S.& BOTELHO, R. G. M. (1999). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 339p.

GUERRA, A. T. & GUERRA, A. J. T. Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1997, 648p.

GUIDICINI, G. & NIEBLE, C. M. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. São Paulo: Edgar Blücher, 1976.

HILLS, R. C. The determination of the infiltration capacity of field soils using the cylinder infiltrometer. British Geomorfological Research Group, Technical Bulletin, nº 3, 1970, 25p.

HOLANDA, F. J. M. Erosão dos solos: práticas conservacionistas. Fortaleza, SEBRAE – CE; 1999, 45p.

IBGE, (2001). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Recenseamento de 2000.

IBGE, (2001). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Recenseamento de 2000.

LIMA-e-SILVA, P. P. de; GUERRA, A. J. T.; MOUSINHO, P.; BUENO,C.; ALMEIDA, F. G. de; MALHEIROS, T.; SOUZA JR, A. B. de. Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais. Rio de Janeiro. Thex, 1999, 247p.

MAFRA, N. M. C. Erosão e Planificação de Uso do Solo. In: Erosão e Conservação dos solos. Guerra, A. J. T., Silva, A. S.& Botelho, R. G. M. (Orgs). Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1999, p. 301-322.

MARANHÃO. Governo do Estado, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA. Macrozoneamento do Golfão Maranhense: Diagnóstico Sócio-ambiental da Microrregião Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. GERCO/CPE/SEMA. São Luís, 1998, 40p.

MARANHÃO. Governo do Estado, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Código de Proteção do Meio Ambiente do Estado do Maranhão: Lei estadual nº 5.405 de 08/04/92 e Decreto estadual nº 13.494 de 12.11.93. e 3 ed. São Luís, 1997. 146p.

MARÇAL, M. S. e GUERRA, A. J. T. Processo de urbanização e mudança na paisagem da cidade de Açailândia (Maranhão). In: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. da. (Orgs). Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2001, p.21-46.



- MENDONÇA, Jane Karina Silva. a interferência antrópica nos processos erosivos em áreas da bacia do rio das Bicas, São Luís – MA. São Luís, 2002, 47p. (Monografia de Graduação).
- MENDONÇA, J. K. S., GUERRA, A. J. T. e MENDES, M. R. Diagnóstico da Erosão Urbana no Município de São Luís – MA. In: Anais do VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. ABGE, Goiânia, 2001.
- MENDONÇA, J. K. S., MENDES, M. R. ALVES, I. S., GUERRA, A. J. T e FEITOSA, A. C. Mapeamento e Monitoramento dos Processos Erosivos no Município de São Luís – MA In: Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia – Geomorfologia: interfaces, aplicações e perspectivas. São Luís, UFMA. 2002, p 65.
- OLIVEIRA, M. A. T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçoroca. In: Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações.. Guerra, A. J. T., Silva, A. S.& Botelho, R. G. M. (Orgs). Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999, p 57-100.
- PEREIRA, A. R. Controle e recuperação de processos erosivos com técnicas de Biotecnologia. In: Anais do VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. ABGE, Goiânia, 2001.
- PETRI, S. e FÚFARO, J. V. Geologia do Brasil. São Paulo: EDUSP, 1988, 631p.
- PORTELA, F. R. Caracterização e problemática ambiental dos rios Anil, Bacanga e Tibiri no município de São Luís – MA. UFMA, São Luís; 2002, 89p. (Monografia de graduação).
- RAMALHO, M. F. de J. L. Evolução dos processos erosivos em solos arenosos entre os municípios de Natal e Parnamirim – RN. Rio de Janeiro; UFRJ. 1999. (Tese de Doutorado)
- REIS, O. G. As soluções práticas do fazendeiro -1: adubos e sementes-curvas de nível arroz-feijão-madioca. 20 ed. Rio de Janeiro. Publicação Globo Rural: 1988, 157p.
- RODRIGUES, T. L. das N. ARAÚJO, C. C. de. CAMOZZATO, E. e RAMGRAB, G. E. (Orgs.). Programa Levantamento Geológicos Básicos do Brasil. Folha AS. 23-Z-A – São Luís e Folha SA. 23-Z-A – Cururupu. Brasília: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1994.
- SALOMÃO, F. X. T. Controle e preservação dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T, SILVA, A. B., BOTELHO, R. C. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 1999, p. 229-267.
- SÃO LUÍS, Leis e Decretos. Lei nº 3.253, de 29 de dezembro de 1992. Dispõe sobre o zoneamento, parcelamento, uso e ocupação do solo urbano, e dá outras providências. Diário Oficial do Município. São Luís, nº 88, 15 abr. 1993.
- SILVA, J. E. B. da. Dinâmica do uso do solo e diagnóstico ambiental das sub-bacias do rio Tindiba e córrego do Catonho, Jacarepaguá. Rio de Janeiro-RJ. UFRJ, 2001, 164p. (Dissertação de mestrado)
- SILVA, L. F. da. Solos tropicais: aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo. São Paulo. Terras Brasilis, 1995.
- SILVA, O. G. da e GUERRA, A. J. T. Diagnósticos de feições erosivas em logradouros no bairro de Nova Descoberta – Recife/ Pe. In: Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia - Geomorfologia: interfaces, aplicações e perspectivas, São Luís. UFMA, v.1. 2002, p. 92.
- SOUSA, A. T. de. Processo erosivo linear na bacia do córrego Pontinhas em Orizona – GO. In: Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia - Geomorfologia: interfaces, aplicações

e perspectivas, São Luís. UFMA, 2002, v.1. p. 97.

SUDO, H. (2000) Processos erosivos e variabilidade climática. In: Variabilidade e mudanças climáticas – implicações ambientais e sócioeconômicas. Maringá. Sant' Anna Neto, João Lima e Zavatini, João Afonso (Orgs). UEM: p. 121-146.

VIEIRA, A. F. G. O cadastramento como forma de identificação, localização e monitoramento de voçorocas. In: Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia - Geomorfologia: interfaces, aplicações e perspectivas, São Luís. UFMA, v.1. 2002, p. 106.