

BELÉM ANTROPOGÊNICA: RISCO GEOMORFOLOGICO E GEOTÉCNICO EM AREAS URBANAS

Luziane Mesquita da Luz¹; José Edilson Cardoso Rodrigues²; André Vicente Marinho³

Resumo – Os processos antropogênicos urbanos geraram um quadro de risco geomorfológico e geotécnico no sítio de Belém. O risco geomorfológico caracteriza-se pelo aumento das inundações urbanas, problemas de subsidência de terrenos inconsolidados, aumento da erosão e sedimentação em bacias urbanas. Esses efeitos são potencializados pela criação de superfícies artificiais. A ocorrência de processos geológicos-geotécnicos (escorregamentos, erosão, solapamento de margens, assoreamento, inundação, colapsos e subsidências) afeta praticamente todas as cidades brasileiras, tanto em áreas urbanas como rurais. Esses processos, além dos evidentes danos econômicos e ambientais, podem levar à perda de vidas humanas e materiais. As intervenções antropogênicas exigem criteriosa investigação geotécnica para avaliar as potencialidades e fragilidades do meio físico frente aos processos de ocupação. A ocorrência de problemas geomorfológicos/geotécnicos resultam em danos ao patrimônio público e privado e afetam tanto todos os seguimentos sociais na cidade na cidade de Belém. O objetivo do trabalho é estudar os riscos geomorfológicos da cidade de Belém para apoiar a defesa civil em atividades preventivas junto as populações vulneráveis. O suporte metodológico está fundamentado na geomorfologia antropogênica que considera o homem um agente de grande impacto na intervenção do relevo.

Abstract – The urban anthropogenic processes generated a geomorphological and geotechnical risk in the Belém site. The geomorphological risk is characterized by an increase in urban flooding, subsidence problems of unconsolidated terrain, erosion and sedimentation in urban basins. These effects are enhanced by the creation of artificial surfaces. The occurrence of geological-geotechnical processes (landslides, erosion, margin overlap, silting, flooding, collapses and subsidence) affects practically all Brazilian cities, both in urban and rural areas. These processes, in addition to obvious economic and environmental damage, can lead to the loss of human and material life. Anthropogenic interventions require careful geotechnical investigation to evaluate the potentialities and fragilities of the physical environment in relation to the occupation processes. The occurrence of geomorphological / geotechnical problems result in damage to the public and private patrimony and affect both all social segments in the city of Belém. The objective of the project is to study the natural risks of the city of Belém to support civil defense in preventive activities vulnerable populations. The methodological support is based on the anthropogenic geomorphology that considers the man an agent of great impact in the intervention of the relief.

Palavras-Chave – risco geomorfológico, subsidências, inundações, áreas urbanas.

¹ Geog. Dra. Universidade Federal do Pará, (91) 3201-7996, email. Luzianeluz36@gmail.com

² Geog. Dr. Universidade Federal do Pará (91) 3201-7996, email.jecrodrigues@yahoo.com.br

³ Geog. Mestrando de Geografia Universidade Federal do Pará (91) 98193-8626, email andremarinho50@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

Os processos antropogênicos urbanos geraram um quadro de risco geomorfológico e geotécnico no sítio de Belém. O risco geomorfológico caracteriza-se pelo aumento das inundações urbanas, problemas de subsidência de terrenos inconsolidados, aumento da erosão e sedimentação em bacias urbanas. Esses efeitos são potencializados pela criação de superfícies artificiais. A ocorrência de processos geológicos-geotécnicos (escorregamentos, erosão, solapamento de margens, assoreamento, inundação, colapsos e subsidências) afeta praticamente todas as cidades brasileiras, tanto em áreas urbanas como rurais. Esses processos, além dos evidentes danos econômicos e ambientais, podem levar à perda de vidas humanas e materiais. As intervenções antropogênicas exigem criteriosa investigação geotécnica para avaliar as potencialidades e fragilidades do meio físico frente aos processos de ocupação. A ocorrência de problemas geomorfológicos/geotécnicos resultam em danos ao patrimônio público e privado e afetam tanto todos os seguimentos sociais na cidade na cidade de Belém. O trabalho tem como objetivo avaliar o risco geomorfológico e geotécnico em áreas de planícies urbanas na cidade de Belém.

A cidade de Belém desde suas origens apresentou uma localização muito singular na região Amazônica, essas características oferecem a análise geográfica um vasto leque de investigação do sistema hidrogeomorfológico. A península de Belém está inserida no Golfão Amazônico, complexo sistema hidrográfico formado por baías, furos e ilhas. A cidade de Belém encontra-se edificada sob uma península fluvial contornada ao sul pelo rio Guamá e à oeste pela baía do Guajará. Desde a fundação a cidade é marcada por mudanças profundas sítio natural Para Southey citado por Amaral (2010) o local de fundação da cidade fora mal escolhido porque Belém fica localizada entre pantanais e em um lugar indefensável que apesar de todas as obras exteriores e fortificações, mas as dificuldades e os desafios para a construção na cidade é uma saga para os construtores de Belém.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

2.1. Metodologia

Os depósitos tecnogênicos foram identificados conforme a metodologia de Peloggia (1998), com base na análise do tipo de depósito, espessura da camada e unidade de relevo. A investigação dos depósitos tecnogênicos foi feita com base nos perfis de sondagem obtidos no período de 2005 a 2010 pela empresa Geotecnia com variação de 10 a 25m de profundidade para a investigação das condições geotécnicas da área. Os perfis de sondagem mostram a espessura, a profundidade e o tipo de material que compõem os terraços urbanos de Belém.

A caracterização dos depósitos superficiais tecnogênicos foi realizada através de investigação geotécnica obtida a partir de perfis de sondagem⁴ que propiciaram a identificação das camadas do subsolo e tipo de materiais componentes. Na apresentação dos perfis de sondagem a seguir, podemos observar as principais planícies estudadas a saber: P1- Planície da Tamandaré, P2 - Planície do Reduto, P3, Planície do Una, P4 - Planície da Estrada Nova e P5 - Planície do Tucunduba (Figura 1). Observa-se que o suporte da planície tecnogênica é a planície quaternária holocênica, formada por depósitos argilosos, arenosos e siltosos. As planícies adjacentes ao rio Guamá, a Baía do Guajará e aos canais que drenam toda a área central são constituídas por argilas muito moles de coloração cinza, com matéria orgânica em processo de consolidação e espessuras que variam de 3 a 20m de profundidade nas áreas estudadas. A seguir, apresentamos os perfis de sondagem que mostram a espessura, a profundidade e o tipo de material que sustenta as planícies de Belém. Os perfis mostram uma grande similaridade do tipo

⁴ Para a investigação dos depósitos tecnogênicos e quaternários foram analisados 5 perfis de sondagem obtidos no período de 2005 a 2010 pela empresa Geotecnia com variação de 16 a 22m de profundidade. No ensaio do perfil de sondagem analisamos, a profundidade do perfil, a espessura das camadas, a consistência da camada do ponto de vista geotécnico e a classificação do tipo de material adaptado de Sousa (2010).

e espessura do material tecnogênico do topo. Os depósitos tecnogênicos possuem diferentes origens, sendo predominantes os materiais dragados de origem fluvial. As areias foram amplamente utilizadas para o aterramento e nivelamento das planícies artificiais, desde o século passado com a técnica de dragagem do material proveniente do fundo do rio Guamá e da baía do Guajará. Os depósitos espólicos, tais como os materiais terrosos, também foram utilizados para a terraplenagem e nivelamento de sítios alagados.

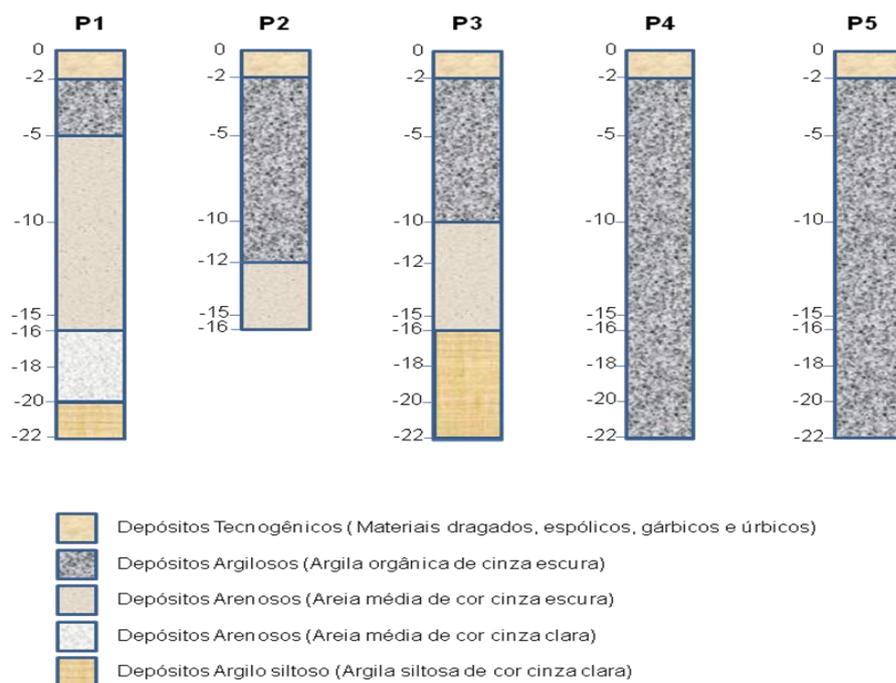


Figura 1. Perfis de sondagem obtidos em áreas de planícies na área de estudo. Fonte: Geotecnia, 2010.

2.2. Geomorfologia da área urbana de Belém

O sítio urbano de Belém apresenta características de península fluvial, edificada sob terraços rebaixados pela rede de drenagem local. A estrutura geomorfológica é marcada por formas modestas de relevo com a presença de plataformas interfluviais com diferentes altimetrias, apresentando desníveis pouco acentuados, o que nos leva a pensar que a cidade é inteiramente plana (Penteado, 1968). A diferenciação das unidades de relevo do sítio urbano de Belém está fundamentada no nível regional de Belém-Marajó, a geomorfologia pode ser classificada em quatro níveis de superfícies diferenciadas de acordo com Penteado (1968); Furtado (1980). Segundo essa classificação, encontramos na área central as seguintes unidades de relevo conforme a figura 2.

1. **Os Tabuleiros ou Terras Firmes** correspondem aos tabuleiros continentais apresentam altitudes superiores a 12m e cobrem uma pequena porção do sítio somente 5,28%, formando terrenos tabuliformes nos bairros da Campina, Batista-Campos, Nazaré, São Brás, Marco e Pedreira. Essas plataformas interfluviais ou divisores d'água que separam as bacias que drenam para oeste como Una e Armas-Reduto e desaguam na baía do Guajará e para o Sul como Tamandaré, Estrada Nova e Tucunduba que desembocam no rio Guamá;

2. **Os Terraços Pleistocênicos** correspondem ao segundo nível de terraços com altitudes de 8 a 12m, esses terraços ou tesos são correlacionáveis aos níveis marajoara e santareno e cobrem

cerca de 17,50% da área. Essas feições evidenciam processos de terraceamento que ocorreram durante do Quaternário Antigo correspondente a superfícies intermediárias;

3. **Os Terraços holocênicos** correspondem ao estágio mais recente de aluvionamentos e ao terceiro nível de terraços com altitudes de 4 a 8m. Os terraços holocênicos abrangem cerca de 47,78% da área e formam os mais extensos terrenos planos que são observados nos bairros da Cidade Velha, Jurunas, Condor, Cremação, Guamá e Telégrafo;

4. **A Planície Aluvial** que topograficamente, correspondem a várzea baixa que fica entre 0 a 4m de altitude, corresponde ao quarto nível de relevo formando a parte mais baixa das planícies de várzea, cobrindo cerca de 29,44%, sobretudo na área de influência das bacias hidrográficas. Os bairros que apresentam as maiores áreas de planícies são Terra Firme, Guamá, Condor, Jurunas, Cidade Velha, Reduto, Barreiro e Miramar. Na figura 1 podemos visualizar o mapa geomorfológico da área central de Belém.



Figura 2. Mapa Geomorfológico da área de estudo.

2.3. Caracterização geológica

A geologia de Belém é marcada por formações geológicas recentes. As principais unidades geológicas que sustentam o relevo da cidade correspondem a unidades Barreiras, unidades pós-Barreiras e Depósitos Quaternários. As rochas que pertencentes ao Grupo Barreiras mostram uma maior distribuição espacial nos quadrantes a sudeste de Belém, onde formam terrenos colinosos, com cotas baixas e vales abertos. O divisor interfluvial de Belém é sustentado por Sedimentos pós-Barreiras que recobrem as rochas do Grupo Barreiras, que ocorrem como pequenas exposições preservadas pela lateritização. Com relação ao contato inferior do Grupo Barreiras com a Formação Pirabas, pode-se estimar que o mesmo está a uma profundidade em torno de 100 m na RMB. Cabral e Lima (2005) assinalam que nos bairros do Reduto, Umarizal e

Nazaré, em Belém, o contato inferior do Grupo Barreiras com a Formação Pirabas está em torno de 100 metros de profundidade.

A unidade Pós-Barreiras foi utilizada primordialmente por Silva e Loewenstein (1968), que consistem em sedimentos amarelados inconsolidados, formados predominantemente de grãos de quartzo geralmente arredondados e de granulação muito fina, imediatamente sobrepostos às camadas do Grupo Barreiras e sem evidências de acamamento, sendo, pelo menos em parte, oriundos dos sedimentos Barreiras retrabalhados. O uso do termo “Sedimentos pós-Barreiras” foi também utilizado para denominar os sedimentos arenosos, amarelados associados com sedimentos predominantemente quartzosos e esbranquiçados que ocorrem no nordeste do estado do Pará, na forma de depósitos de areias brancas. Os depósitos Quaternários são formados por sedimentos lamosos associados às planícies com influência flúvio-marinhas e denominados de Depósitos Argilosos Flúvio-Marinhos, enquanto os depósitos pantanosos, depósitos praias, depósitos de barras fluviais e de bancos de areias e/ou de lama, além de colúvios e aluviões recebem a designação de Depósitos Atuais (Oliveira e Silva, 2011).

2.4. Caracterização geotécnica

Nas planícies adjacentes ao rio Guamá e Baía do Guajará e as margens dos canais da cidade que estão situados em cotas abaixo de 4m de altitude encontramos os sedimentos recentes de origem quaternária que apresentam características de argila muito mole de coloração cinza escura, com matéria orgânica em decomposição que podem atingir a espessura de 60m de profundidade, sendo altamente compressivas e inadequadas a sustentação de fundações. Nos terraços encontramos uma camada de argila mole a média de coloração cinza escura e em tons claro, vermelho ou amarelo com espessura em média de 8m com intercalação de camadas resistentes de areia medianamente compacta e compacta e argilas rijas a duras até o limite de sondagens voltadas a engenharia de fundações. Nas regiões de tabuleiros em cotas superiores a 8m de altitude encontramos camadas de areia siltosa ou silte arenoso fofo a pouco compacto de até 8m de espessura de coloração amarelada, sobrejacente a camadas de areia medianamente compacta a compacta ou de argila laterítica de consistência muita rija e dura com concreções de pedras de ferro do arenito ferruginoso (Sousa, 2010).

Na Figura 3, podemos observar os solos de várzea da planície do rio Tucunduba que apresentam coloração cinza escura e consistência muito mole.



Figura 3. Vista da argila muito mole na base da planície e no topo material arenoso.

3. RISCO GEOMORFOLOGICO E GEOTECNICO EM AREAS DE PLANÍCIES URBANAS EM BELÉM

O processo de aterramento de planícies na área central de Belém é fruto das intervenções históricas que o sítio urbano sofreu para a criação de novas superfícies, a construção de diques para a ampliação da capacidade de suporte as fundações e expansão da urbanização. No enfretamento secular com as áreas pantanosas, lamosas e palustres, as planícies aluviais foram sendo alteradas em sua estrutura morfológica com a superposição de diferentes tipos de materiais de origem humana. A intensa ocupação e urbanização das baixadas em Belém levou a formação de depósitos superficiais tecnogênicos com a inserção de diversos materiais como: material arenoso como as areias fluviais, materiais terrosos, lixo orgânico e inorgânico, restos de materiais de construção, caroços de açaí e serragem, onde os moradores aterravam as áreas alagadas para melhorar as condições de suporte do terreno as construções de moradias.

Para Peloggia (1998) em áreas urbanas podemos encontrar os seguintes tipos de materiais de origem humana: materiais úrbicos - detritos de origem urbanos como restos de tijolos, concretos e plásticos; materiais gárbicos - material dentritico de origem humana como lixo orgânico, materiais espolicos - materiais terrosos oriundos de terraplanagem e materiais dragados - materiais provenientes da dragagem de cursos d'água. De acordo com Curcio et. al. (2004) para se caracterizar a presença de antropossolos em áreas urbanas podemos observar: a presença de material antrópico, a adição de materiais orgânicos por meio de ação humana, a constatação de material tóxico, a remoção de horizontes do solo seja manualmente ou mecanicamente, o soterramento de horizonte original do solo, por meio de ação direta do homem, a inversão ou mistura de horizontes do solo, a modificação da paisagem seja manualmente ou mecanicamente e a mudança na composição granulométrica e química dos solos pela ação humana.

Os depósitos tecnogênicos dragados foram amplamente utilizados para o aterramento das partes internas do dique de contenção de Belém construído para a regularização do litoral e para a contenção de enchentes. Na construção do Porto de Belém milhares de metros cúbicos de areias fluviais foram dragadas da Baía do Guajará para o nivelamento das partes internas do dique e como suporte para a construção dos novos arruamentos (Penteado, 1973). Os depósitos Espólicos são caracterizados por materiais terrosos, escavados e redepositados em camadas sob solos naturais, onde pode ocorrer a mistura com materiais antrópicos não nocivos ao meio ambiente. Este tipo de aterro também é muito utilizado para o nivelamento do terreno em vários locais de construção de prédios na universidade federal do Pará, extensas áreas são aterradas com material arenoso de origem argilosa para compactação do solo, devido ao local apresentar um solo encharcado, impróprio para suportar construções.

Nas planícies periféricas do Tucunduba, Estrada Nova e Una, os materiais gárbicos de origem natural como caroços de açaí e serragem foram amplamente depositados de forma manual pela população de baixa renda como um tipo de suporte para a construção de casas desde o início do processo de ocupação até os dias atuais. Esses depósitos são facilmente encontrados e predominantes, por conta dos aterramentos que essa área sofreu. São terrenos de elevada instabilidade e baixa capacidade de suporte constituindo terrenos frágeis e instáveis. Os depósitos úrbicos são caracterizados por detritos urbanos, que contem artefatos manufaturado por ação do homem, como por exemplo, tijolo, concreto, brita, pedra, asfalto e etc. Esses tipos de depósitos são amplamente utilizados para o aterramento de extensas áreas como suporte a fundação de habitações populares nas bacias em estudo.

Esse depósito foi encontrado nos terraços da bacia do Tucunduba, na Avenida Perimetral, onde está sendo realizada a obra de duplicação da avenida. Na Figura 4 podemos materiais garbicos de origem orgânica - são caroços de açaí (*Euterpe oleracea*) utilizados como aterro pela população de baixa renda na planície do Tucunduba. E na figura 5, observamos o processo de subsidência lenta que as moradias das populações de baixa renda sofrem devido os problemas geotécnicos das grandes planícies urbanas de Belém.



Figura 4. Materiais gárbicos de origem orgânica - são caroços de açaí utilizados como aterro na planície do Tucunduba.



Figura 5. Moradias de baixa renda afetadas por processos de subsidências lenta ao longo de décadas que leva a perdas materiais permanentes na planície do Tucunduba.

Os depósitos tecnogênicos urbanos possuem diferentes origens e agentes de intervenção na área central de Belém. Os depósitos mais expressivos do sítio antropogênico constituem em materiais de origem espólica e pedregosa que cobrem cerca de 47,93% da área de terraços urbanos, os materiais espólicos de origem terrosa foram redepositados em áreas de tabuleiros urbanos que somam 22,66%. As planícies tecnogênicas apresentam uma grande complexidade em tipos de depósitos de origem antrópica, os materiais gárbicos e úrbicos somam cerca de 19,19% (planícies do Una, Tucunduba e Estrada Nova), os materiais dragados 8,64% (planície do Reduto e UFPA) e os materiais dragados e pedregosos abrangem uma pequena parcela de 1,57% (planície da Tamandaré).

4. CONCLUSÕES

As planícies quaternárias de Belém apresentam terrenos formados por argilas muito moles de baixa consistência que apresentam historicamente um grande desafio para a construção de edificações na cidade de Belém. Durante o processo histórico de ocupação da cidade o uso sistemático de depósitos tecnogênicos urbanos de diferentes origens mostram que as planícies tecnogênicas tornaram-se ambientes de risco geomorfológico e geotécnico devido o tipo de material utilizado para aterrar essas áreas.

Em Belém, as planícies tecnogênicas tornaram-se áreas críticas devido aos processos de enchentes e inundações associadas a áreas de alta densidade populacional, são zonas que estão sujeitas a danos da integridade física e a perdas materiais permanentes. Os problemas geotécnicos da planície afetam centenas de moradias da população de baixa renda que sofre com problemas de subsidência com perdas permanentes da infraestrutura de suas moradias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e a FAPESPA pelo fomento à pesquisa e às bolsas de pesquisa, e a Universidade Federal do Pará pelo suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

- CURCIO, G. R.; LIMA, V. C.; GIAROLA, N. F. B.. *Antropossolos: Proposta de Ordem (1º aproximação)* – Colombo, Embrapa Florestas, 2004.
- DOUGLAS, I. *The Urban Environment*. London: Edward Arnold, 1983.
- FERREIRA, C. F. *Produção do espaço urbano e degradação ambiental: um estudo sobre a várzea do igarapé Tucunduba (Belém-PA)*. São Paulo: FFLCH/USP, 1995. (Dissertação de Mestrado)
- FURTADO, A. M. M. *A importância da geomorfologia no planejamento urbano*. Belém: IDESP, 1980
- PENTEADO, A. R. Belém: *Estudos de Geografia Urbana*. Belém: UFPA, 1968. Coleção Amazônica Série José Veríssimo.
- PENTEADO, A. R. *O sistema portuário de Belém*. Belém: UFPA, 1973. Coleção Amazônia. Série José Veríssimo.
- PELOGGIA, A. U. G. *O Homem e o Ambiente Geológico: Geologia, Sociedade e Ocupação Urbana no Município de São Paulo*. São Paulo, Xamã, 1998.
- ROCHA, G. M. *Geomorfologia aplicada ao Planejamento Urbano: as enchentes na área urbana de Belém-PA*. Rio Claro: IGCE/UNESP, 1987. (Dissertação de Mestrado)
- SOUSA, C. A. *Contribuição ao mapeamento geotécnico da cidade de Belém-PA. Confirmação de zonas de ocorrência de camadas competentes de solos*. Belém: CCET/UNAMA, 2010. (Dissertação de Mestrado).