



Universidade Federal do Oeste do Pará
Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas
Curso Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental

FLAVIO RICARDO COSTA NASCIMENTO
LAYANE MINELY COSTA SILVA

**ANÁLISE HISTÓRICA DAS OCORRÊNCIAS DE
INUNDAÇÕES E ENXURRADAS NO BAIRRO CENTRO
DE SANTARÉM/PA: Subsídios Para Gestão Das Águas
Urbanas**

Santarém - Pará
2018

**FLAVIO RICARDO COSTA NASCIMENTO
LAYANE MINELY COSTA SILVA**

**ANÁLISE HISTÓRICA DAS OCORRÊNCIAS DE
INUNDAÇÕES E ENXURRADAS NO BAIRRO CENTRO
DE SANTARÉM/PA: Subsídios Para Gestão Das Águas
Urbanas.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental, para
obtenção grau de Bacharel em Engenharia
Sanitária e Ambiental da Universidade
Federal do Oeste do Pará, Instituto de
Ciências.

Orientador Prof. Dr. Rafael C. Magalhães.

Santarém - Pará

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado Bibliotecas – SIBI/UFOPA

N244a Nascimento, Flavio Ricardo Costa

Análise histórica das ocorrências de inundações e enxurradas no bairro Centro de Santarém/PA: subsídios para gestão das águas urbanas / Flavio Ricardo Costa Nascimento ; Layane Minely Costa Silva. – Santarém : UFO-PA, 2018.

37 f.: il.

Inclui bibliografias.

Orientador: Rafael C. Magalhães

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental.

1. Gestão de drenagem. 2. Risco hidrológico. 3. Trama verde e azul. I. Silva, Layane Minely Costa. II. Magalhães, Rafael C. *orient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 363.72

**FLAVIO RICARDO COSTA NASCIMENTO
LAYANE MINELY COSTA SILVA**

**ANÁLISE HISTÓRICA DAS OCORRÊNCIAS DE
INUNDAÇÕES E ENXURRADAS NO BAIRRO CENTRO
DE SANTARÉM/PA: Subsídios Para Gestão Das Águas
Urbanas.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Federal do Oeste do Pará,
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Sanitária e Ambiental. Área de
concentração: Saneamento Ambiental.

Conceito:

Data de aprovação: ____/____/____

Orientador e Presidente Prof. Dr. Rafael Magalhães
Curso de Gestão Ambiental/Universidade Federal
do Oeste do Pará

Membro Titular Prof. Dr. Israel Nunes Henrique
Curso de Engenharia de Sanitária e
Ambiental/Universidade Federal do Oeste do Pará

Membro Titular Prof. MSc. João Paulo S. de Cortes
Curso de Gestão Ambiental/Universidade Federal do
Oeste do Pará.

AGRADECIMENTO

Agradecemos primeiramente a Deus, pois nossa fé a Ele nos manteve firme aos nossos objetivos no decorrer dessa jornada.

Agradecemos aos nossos familiares, e amigos por toda a dedicação e paciência, contribuindo diretamente para que pudéssemos ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos.

Agradecemos aos nossos professores que sempre estiveram dispostos a nos ajudar, contribuindo para um melhor aprendizado, em especial ao nosso professor e orientador Rafael Caldeira Magalhães.

Agradecemos ao professor Everton Almeida, IBEF, pela contribuição para realização deste trabalho

Agradecemos também a Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA por ter dado a chance, ferramentas, e estruturas que permitiram chegar hoje ao final desse ciclo de maneira satisfatória

RESUMO

O Brasil, é um dos países com maiores índices de problemas relacionadas a falta de drenagem urbana, devido ao baixo investimento público no setor, ocasionando registros de acidentes e mesmo de desastres. As construções de obras de drenagem no desenvolvimento da cidade de Santarém/PA, assim como nas outras cidades brasileiras, foram realizadas com visão local e setorializada, o que gerou problemas crônicos pela ineficiência da rede de drenagem. O presente estudo observa a possibilidade de minimizar tal situação através da inclusão de tecnologias inovadoras denominada Trama Verde e Azul. Portanto, esta pesquisa objetivou através de uma análise histórica detectar os riscos hidrológicos causados por problemas de drenagem no bairro centro de Santarém/PA, e propor medidas que possam minimiza-los. A metodologia utilizada foi de caráter bibliográfico, documental e de campo. Concluiu-se os riscos hidrológicos no bairro centro ocorrem desde a fundação da cidade, e nos últimos vem se intensificando, entretanto, torna-se viável as tecnologias que estão utilizadas em outros países, como forma de proporcionar a amenização dos transtornos ocasionados pelos processos hidrológicos, as alternativas demonstram eficiência na redução dos escoamentos superficial urbano.

Palavras-Chave: Riscos hidrológicos. Gestão da drenagem. Trama Verde e Azul.

ABSTRACT

The Brazil, is one of the countries with highest rates of problems related to lack of urban drainage, due to low public investment in the sector, causing accident records and even disasters. The construction of drainage works in the development of the city of Santarém/PA, as well as in other Brazilian cities, were carried out with local vision, What has generated chronic problems by the inefficiency of the drainage network. The present study notes the possibility of minimize this situation by including innovative technologies named Greenblue plot. Therefore, this research aimed to through a historical analysis to detect the hydrological risks caused by drainage problems in the neighborhood Center of Santarém/PA, and propose measures that can minimize them. The methodology used was bibliographical, documentary and field. concluded was Hydrological risks in the neighborhood Center occur since the founding of the city, and has been intensifying, however, it becomes viable utilized technologies has deployed are in other countries, because has a way of providing the minimize of movement disorders caused hydrological processes, demonstrate efficiency alternatives in the reduction of superficial flows urban.

Keywords: Hydrological Risks. Management of drainage. Green and blue plot.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 OBJETIVO GERAL.....	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
3.1 SISTEMAS DE DRENAGEM.....	10
3.1.1 TRAMA VERDE e AZUL.....	12
3.2 RISCOS HIDROLÓGICOS.....	12
3.2.1 Mapeamento das Áreas de Risco.....	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	17
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
5.1 DESENVOLVIMENTO DA CIDADE DE SANTARÉM/PA.....	20
5.1.1 Obras de Drenagem na Cidade.....	22
5.2 MAPA DE RISCO.....	28
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

Os cursos d'água são constantemente ocorridos por precipitações com intensidades e durações diferenciadas, o que ocasionam diversos problemas de ordem socioambiental e outros socioeconômicos. Esta ocorrência se dá principalmente no centro urbano, tais como: inundações, alagamentos, deslizamentos de terra, queda de barreiras, entre outros, podendo assim gerar impactos que vão desde desastres a catástrofes (GUERRA, 2016).

Observa-se que falta no Brasil mais incentivos às políticas voltadas à temática, devendo, nas esferas governamentais, possuir criações de programas de desenvolvimento com elevado investimento financeiro, na perspectiva de seus controles em centros urbanos. Temos hoje como um dos maiores problemas enfrentados pelas cidades brasileiras diversos pontos críticos de drenagem pluvial, sendo de maior ocorrência as inundações ou enchentes, que têm causado grandes prejuízos financeiros e até mesmo perdas de vidas humanas (GUERRA, 2011).

Vale ressaltar que o Brasil é um dos países com maiores índices de problemas relacionadas a falta de drenagem urbana, devido ao baixo investimento público no setor, ocasionando registros de acidentes e mesmo de desastres associados principalmente a escorregamentos de terras devido à erosão e inundações.

Na cidade de Santarém/PA, através dos históricos das ocorrências, das pesquisas de campo, noticiários locais (rádio e TV) e pesquisas bibliográficas, constatou-se que os eventos mais incidentes ocorrem em períodos de altos índices pluviais, ou seja, aos eventos de precipitação mais concentrada quando são registrados grandes volumes de chuva em curto espaço de tempo na área urbana, causando principalmente alagamentos e inundações.

Nesta perspectiva, optou-se por dar ênfase à área central pelos índices de alagamento, enchente, enxurrada e inundações, sendo estes riscos hidrológicos que afetam o município sobre inúmeras formas. Propõe-se o mapeamento e buscando princípios na precaução e preservação nas análises técnicas desta área. Estas análises servem ainda como auxílio à

sustentabilidade ambiental, frente aos riscos naturais ou originados das intervenções antrópicas ocasionados pelas precipitações, que englobam o meio social, econômico e o patrimônio urbano.

As análises realizadas, portanto, resultam de registros históricos acerca do mapeamento da área central que recebe grande carga hidrológica e se propõe medidas para minimizar e trazer adequações ambientais no centro urbano da cidade de Santarém/PA.

Trata-se de uma análise histórica deste espaço urbano, por ser uma problemática que possui duração de mais de 100 anos e que interfere no cotidiano da população. Além disto, medidas serão propostas para amenizar ou neutralizar as áreas de riscos hidrológico, podendo contribuir com políticas públicas voltadas à sustentabilidade ambiental.

2. OBJETIVOS

2.2 Objetivo Geral

Analisar as ocorrências de enxurradas e inundações na área central de Santarém/PA, a partir de registros históricos.

2.3 Objetivos Específicos

- Realizar mapeamento dos riscos hidrológicos na região central de Santarém/PA;
- Propor solução de gestão para minimizar os riscos hidrológicos;
- Obter dados que possam subsidiar a criação de um Plano Diretor voltado a gestão de drenagem urbana

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Sistema de Drenagem

Diversas definições acerca de saneamento podem ser encontradas em literaturas diversas, no entanto, a mais utilizada é a de que se obtém através do controle dos fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social. De outra forma, pode-se entender que o saneamento se caracteriza por um conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar Salubridade Ambiental (RIBERIRO E BROOKE, 2010).

O setor público detém a obrigação e responsabilidade pela prestação dos serviços de saneamento, sendo atribuída esta tarefa a cada município. O serviço de saneamento deve ser tido como interesse local e disponível a toda população, conforme definido na Constituição Brasileira (BRASIL, 1988).

A drenagem pluvial e seu manejo na área urbana são o conjunto das atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas. A drenagem pluvial deve estar inserida nos Planos Diretores de cada município com a concepção em que a técnica e a tecnologia devem ser colocadas a favor da prestação do serviço público, com informações hidrológicas e meteorológicas confiáveis para execução de projetos de drenagem urbana (PHILIPPI Jr. 2005).

Problemáticas acabam surgindo nas cidades com o processo cada vez mais acelerado de urbanização, sendo estas frequentes em cidades mal planejadas ou quando crescem explosivamente. No Brasil, o saneamento básico tornou-se um gargalo para a administração pública, principalmente quando se trata de drenagem urbana (ALMEIDA e COSTA 2014). O aumento populacional e a ampliação das cidades deveriam ser acompanhados do

crescimento de toda a infraestrutura urbana, uma vez que este deve garantir aos habitantes mínimas condições de vida (MOTA, 1999).

Segundo Philippi Jr. (2005), há uma fragilidade dos Planos Diretores das cidades aliada a escassez de projetos nessa área, que trabalhem com uma visão integrada entre meio ambiente e a sustentabilidade, constituindo uma das principais causas do estado caótico das cidades brasileiras quando o assunto é drenagem urbana ou saneamento básico, acarretando uma crise no meio ambiente que ultrapassa as dimensões econômicas e sociais.

Enumeram-se alguns fatores que auxiliam de forma negativa com o crescimento dessa crise ambiental, sendo o crescimento populacional e consequentemente o processo de urbanização acelerado e o crescimento da demanda por recursos naturais, que está ligada diretamente a um terceiro fator que seria a quantidade de resíduos gerados dos recursos naturais e a forma como esses resíduos retornam ao meio ambiente. Observa-se que os fatores estão ligados entre si criando um cenário de crise complexo e preocupante (ALMEIDA e COSTA 2014).

Outro fator preocupante segundo Tucci (2003) relacionado aos problemas de drenagens de águas urbanas, são as inundações, que devido ao processo de urbanização ocorrem de forma mais frequente. Isto, associado às chuvas intensas e ao efeito de impermeabilização do solo ou obstrução ao escoamento.

Para Philippi Jr. (2005) considera-se de forma clara e objetiva que o sistema de drenagem urbana e o manejo de águas pluviais básico de uma cidade deve se estruturar respeitando todos os aspectos legais, técnicos, além das dimensões econômicas, sociais, ambientais e institucionais e uma composição física mínima com pavimentação de ruas, sarjetas e meios-fios, bocas de lobos, galerias de drenagem e valas, vale ressaltar que todos esses elementos devem estar interligados e funcionando adequadamente ou o risco de ocorrer falha no sistema de drenagem é grande. Ressalta-se que este deve se adequar ao meio ambiente de forma a trazer salubridade ambiental.

3.1.1 Trama Verde-Azul

Em meio a problemáticas relacionadas a drenagem de águas urbanas Euclides (2016) fomenta sobre a busca de novas metodologias para se minimizar os efeitos da impermeabilização dos solos, nos centros urbanos. Em Minas gerais, vem sendo implantado um projeto piloto denominado de “Trama Verde e Azul”, que entre um de seus objetivos, busca diminuir a carga dos deflúvios, podendo ser definida, também, como um “instrumento de regulação e ordenamento territorial e, ao mesmo tempo, de mobilização social e participação política”.

A trama traz de forma expressiva uma simbólica e um potencial para criar expectativas, com elevado potencial para promover o envolvimento dos interessados nas questões ambientais, econômicas e sociais do espaço metropolitano. Ao mesmo tempo em que ela se materializa pela regulação do uso do solo, a Trama Verde e Azul oferece uma multiplicidade de funções e de alternativas de uso e de apropriação do território e, por esse meio, ela permite ir além do aspecto unicamente legal da regulação territorial. Além disso, ela oferece perspectivas para a aplicação de instrumentos como a compensação entre municípios ou o pagamento por serviços ambientais, bem como para o desenvolvimento de políticas de capacitação para o desenvolvimento de atividades como a agricultura ecológica, o turismo rural, o turismo de natureza e outras que promovem alternativas econômicas em áreas onde o interesse metropolitano requer uma regulação mais restrita dos usos do solo e de outros recursos naturais (EUCLYDES, 2016).

3.2 Riscos Hidrológicos

Com base no relatório da *International Strategy for Disaster Reduction* (ISDR, 2007), risco se define como a possível consequência que seja prejudicial, ou pelas perdas previstas (mortes, ferimentos, propriedade, meios de subsistência, interrupção de atividade econômica ou destruição ambiental)

sendo resultados das interações entre perigos naturais ou sociais e circunstâncias vulneráveis.

O risco implica a proximidade de um dano ou adversidade o que pode afetar a vida dos homens. Não existe risco sem que uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer com seus efeitos (VEYRET, 2007).

Um dos mais relevantes fatores que resultam em desastres hidrológicos é o uso/ocupação do solo. Normalmente a implantação de uma cidade começa com a ocupação da planície de inundação. Isto tem sido observado desde as primeiras grandes civilizações que se desenvolveram às margens dos rios (Tigre e Eufrates na Mesopotâmia, Nilo no Egito, Indus na Índia, e Amarelo na China) de onde garantiam o abastecimento de água e, conseqüentemente, seu desenvolvimento social e econômico. Então, é natural que a comunidade inicialmente sofra com inundações (desastres relacionados à água) devido ao local de ocupação (KOBİYAMA, 2014).

Após a ocupação da maior parte da planície de inundação, a comunidade crescente começa a ocupar as áreas de encostas. Estas áreas possuem maior potencialidade de ocorrência de desastres relacionados a sedimentos em relação às áreas de planície (KOBİYAMA, 2014).

A ocorrência de inundações tem se intensificado e tornado mais frequente a cada ano, áreas urbanas e ribeirinhas são afetadas em todo mundo e isso tem causado muitos prejuízos. No Brasil, segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT/CGE, 2002), as inundações causam perdas de 1 bilhão de dólares por ano, principalmente, em razão da ocupação desordenada das margens de rios e impermeabilização do solo de bacias urbanas.

A ocupação desordenada às margens do rio configura, em períodos de enchentes, um cenário de calamidade pública marcado por ocorrência de desabrigados, desabamento de moradias, acúmulo de lixo e entulhos, além do aumento de casos de doenças de veiculação hídrica. Tal quadro é cíclico, pois, após o evento de enchente, tendo o nível de água voltado ao seu curso normal, a população das áreas afetadas retorna ao espaço anteriormente ocupado ficando à mercê do próximo evento.

Nesse contexto, o risco ambiental é eminente, sendo evidente a necessidade do planejamento institucional do espaço de risco. Para isso se faz

necessário o reconhecimento da área, avaliando-se os impactos ambientais e sociais dessas inundações (GOMES, 2009).

Segundo Tucci (2001), quando não há obras de drenagem, o escoamento superficial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada:

- Inundações de áreas ribeirinhas: os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado em média a cada 2 anos. O impacto devido a inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a inundação;
- Inundações devido à urbanização: as enchentes aumentam a sua frequência e magnitude devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento;

Segundo Tucci (2005), a gestão e o combate ao risco à inundação acontecem através da utilização de medidas de controle da inundação que visam tornar mínimo o risco das populações que estão expostas, diminuindo os prejuízos causados. Essas medidas podem ser do tipo estrutural e não estrutural. As medidas estruturais fundamentam-se em obras de engenharia que são implementadas para reduzir o risco de enchentes, e são classificadas em extensivas que atuam na bacia modificando o sistema fluvial, e intensivas que são realizadas no rio e tem como propósito evitar o extravasamento do escoamento para o leito maior decorrentes das enchentes. Essas medidas são fundamentais para a avaliação, controle e gestão dos impactos causados pelas inundações dentro das cidades.

As medidas não estruturais se destacam pela forma de tentar diminuir os prejuízos, objetivando uma melhor convivência da população com as cheias. Elas não são planejadas para dar uma proteção completa, pois para isso seria necessário à proteção contra a maior enchente possível. Dentre as medidas não estruturais, as principais são as preventivas podendo ser citadas: previsão

e alerta de inundação; zoneamento das áreas de risco de inundação; seguro e proteção individual contra inundação (TUCCI, 2005).

Outro aspecto de suma importância nesse processo é a regulamentação das áreas de inundação, definindo através de visualização gráfica as zonas de riscos, sendo o processo de mapeamento um instrumento essencial no controle e prevenção (GOMES, 2009).

Outro fator correlacionado com os riscos hidrológicos são as doenças de veiculação hídrica. Doenças como a malária, estão relacionadas com o ambiente e a disposição da água, bem como, dengue e esquistossomose, entre outros. A leptospirose, que é a contaminação da urina do rato na água, está diretamente relacionada com as inundações. No entanto, estes processos se desenvolvem quando o gerenciamento da água no ambiente urbano é inadequado (RIBEIRO E ROOKE, 2010).

3.2.1 Mapeamento das Áreas de Risco

A cartografia aplicada na identificação e diagnóstico de áreas de risco tem sido bastante explorada em diversas cidades do Brasil. Há o surgimento então de inúmeras metodologias, as quais combinam dados e informações referentes a aspectos geológicos (litologia), geomorfológicos (declividade, hipsometria, etc.) e de uso do solo (tipologias de ocupação, tipos de vegetação etc.). Assim, a cartografia assume papel importante na gestão do risco, pois através dela se torna possível a elaboração de mapas associando os conhecimentos físico, ambientais e sociais que interferem na dinâmica das inundações (GOMES, 2009).

O mapa de áreas de risco à inundação, alagamentos e enxurradas é um instrumento importante na prevenção, controle e gestão por parte do poder público. De acordo com Veyret (2007), assinalar o risco em um mapa equivale a afirmar o risco no espaço em questão. O zoneamento e a cartografia que o acompanham constituem a base de uma política de prevenção.

Tucci (2005) faz uma rápida descrição dos mapas de inundação de cidades que são de dois tipos: mapas de planejamento e mapas de alerta. Os

mapas de planejamento definem as áreas atingidas por cheias de tempo de retorno escolhidos. Enquanto que os mapas de alerta são preparados com valores de cotas em cada esquina da área de risco permitindo o acompanhamento da enchente por parte dos moradores, com base nas observações do nível de água em relação às réguas.

Ainda de acordo com Tucci (2003), com a utilização dos mapas de inundação é possível definir o zoneamento das áreas de risco à inundação. Estes mapas devem apresentar, também, informações sobre o grau de risco de cada área e os critérios de ocupação das mesmas, tanto quanto ao uso como quanto aos aspectos construtivos.

O zoneamento determina os espaços em que existe um alto risco e por isso, em que a ocupação deve ser planejada, regulamentada e às vezes, proibida por diretrizes e normas legais. Segundo Veyret (2007), ao apresentar o zoneamento, o mapa confere ao risco um caráter objetivo. A determinação dos limites destas áreas dá-se em função do grau de risco que admissível em cada uma delas.

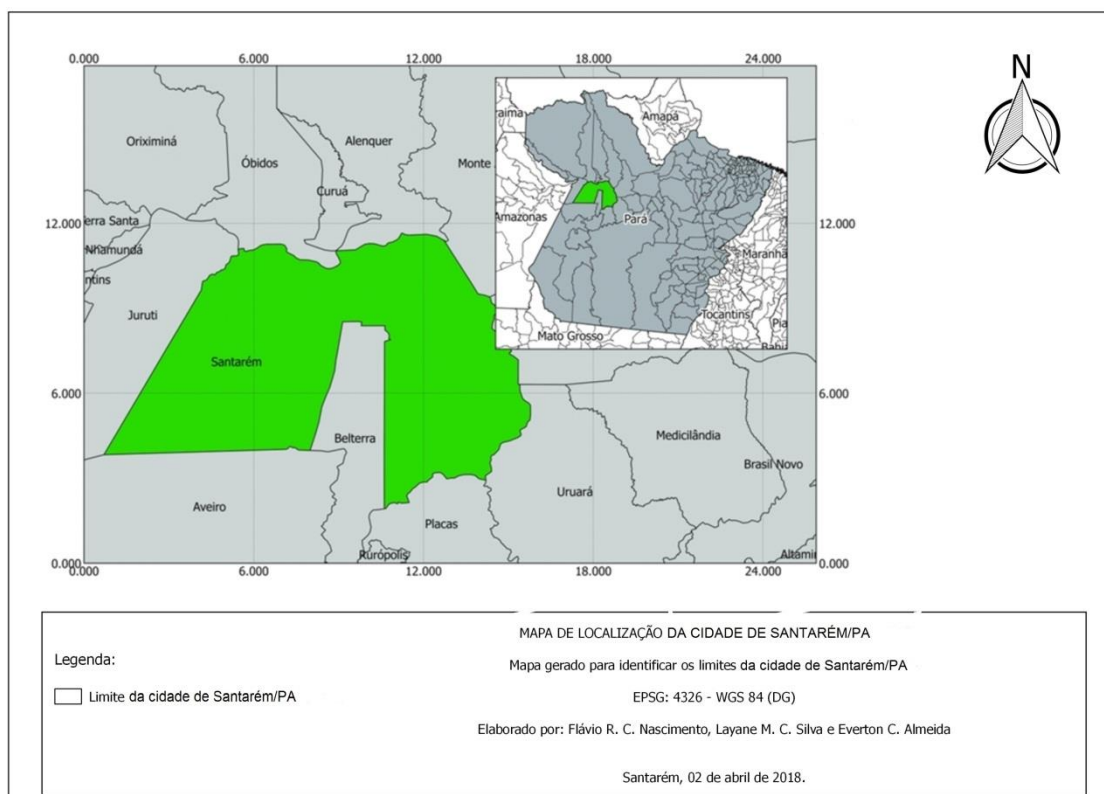


Figura 2: Mapa da Cidade de Santarém/PA.

4.2 Levantamento de Dados

A pesquisa realizada foi de caráter bibliográfico, documental e de campo. A elaboração do estudo foi realizada em uma perspectiva histórica, utilizando-se o método da pesquisa documental, que segundo Pádua (2013), consiste em análises e pesquisas de documentos contemporâneos ou retrospectivos, considerados cientificamente autênticos.

Os registros históricos foram obtidos em uma biblioteca particular, chamada Instituto Cultural Boanerges Sena (ICBS*). Nessa biblioteca foram encontrados livros históricos que relatam como se deu o desenvolvimento da cidade de Santarém, desde sua fundação.

Foram encontrados arquivos da prefeitura municipal de Santarém, entre eles o relatório do termo de referência para o Plano de Ação Imediata, elaborado nos anos de 1978 e 1979 pela SERFHAU - Serviço Federal de Habitação e Urbanismo, SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da

Amazônia e IDESP - Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará. Nele estão detalhados estudos realizados sobre a região, além da situação em que a cidade se encontrava em relação a infraestrutura no que se diz respeito ao saneamento e drenagem.

O estudo baseou-se, também, em uma pesquisa bibliográfica, sobre temática da drenagem, estudos de novas concepções sustentáveis para construção urbana.

Neste sentido a pesquisa foi elaborada pelo método qualitativos e quantitativos, que de acordo com GIDDENS (2012), proporciona uma compreensão e explicação mais ampla do tema de estudo

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Desenvolvimento da Cidade de Santarém/Pa.

A cidade é uma das mais antigas da região amazônica, constituindo-se como uma das mais importantes, pois sua localização estratégica facilitava o escoamento das denominadas “drogas do sertão”, no século XVII, sendo este de interesse das expedições militares dos conquistadores portugueses.

O núcleo urbano se desenvolveu próximo de uma aldeia indígena, denominada aldeia do Tapajós. Em 1758, a foi elevada à categoria de vila com a denominação de Santarém, nessa época existiam apenas três ruas. Quase um século depois, em 24 de outubro de 1848, Santarém foi elevada à categoria de cidade pelo presidente da Província.

A partir de então, devido ao crescimento populacional, deu-se início ao zoneamento da cidade. A expansão urbana deu origem ao bairro centro, onde hoje estão localizadas as principais atividades de comércio e serviços (IBGE, 2018). Atualmente, Santarém é o principal centro urbano financeiro, comercial e cultural do oeste do estado do Pará, e sua localização estratégica fluvial continua beneficiando o setor econômico.

No Brasil, o desenvolvimento das áreas urbanizadas e, consequentemente impermeabilizadas, ocorreu a partir das zonas mais baixas, próximas as várzeas dos rios, em face da necessária interação da população com os corpos hídricos, utilizados como fonte de alimento e dessedentação, além de via de transporte. Neste sentido, a urbanização na cidade de Santarém ocorreu desta forma. E entrelaçado a esse desenvolvimento, sempre estiveram presentes os problemas relacionados a falta da drenagem, como casos de inundações, alagamentos e enxurradas em períodos de intensas chuvas, causando prejuízos os moradores.

Segundo Righetto et al (2009), a intensa ocupação do solo urbano sem o planejamento integrado das infraestruturas essenciais ao desenvolvimento adequado das cidades, desencadeou o surgimento de problemas de drenagem por ocasião dos eventos hidrológicos.

No livro *Memórias de Santarém* de Pinto (2010) encontram-se alguns relatos sobre os casos ocorridos, em um registro datado de 1866 diz que:

Na própria Santarém, cidade recém-instalada, as águas invadiram alguns trechos da rua dos mercadores: as partes marginais da atual praça Dr. Rodrigues dos Santos e do bairro da Aldeia onde ruíram várias casas, inclusive a do Curro, recentemente transferido da prainha para aldeia.

As ruas transversais do bairro centro, segundo os registros históricos sempre estiveram mais propensas a esses problemas já que na época não havia sistema de drenagem. Entretanto, ainda hoje essa problemática continua se repetindo, mesmo após as obras de drenagem terem sido realizadas.

Através de dados obtidos através do sistema hidrográfico instalado em 1931, Pinto (2010) faz uma descrição sucinta do ano de 1953 (trecho abaixo), onde a lamina d'água alcançou 6,67 m. Ressalta-se que nesta época não havia a existência de obras de drenagem e nem o cais de arrimo, o que proporcionava uma área maior de inundação no centro da cidade (figura 3).

A inundação do rio Amazonas em 1953 foi a maior de todas as registradas desde 1931, quando serviço hidrográfico foi instalado em Santarém. O nível das águas, de 6,67 metros, foi alcançado em 12 de maio, causando inundação e alagamentos.



Figura 3: Registro visual do mercado municipal em 1953.
Fonte: Memória de Santarém, 2010.

5.1.1 Obras de Drenagem na Cidade

O planejamento de drenagem deve ser entendido como parte de um abrangente processo de planejamento urbano e, portanto, coordenado com os demais planos, principalmente como de saneamento básico (água e esgoto), uso do solo e transporte (CANHOLI, 2005). A cidade de Santarém, assim como as demais cidades brasileiras, sofre com problemas crônicos em relação à drenagem, pois na sua formação não havia legislação específica que integrassem as obras de drenagem ao desenvolvimento da cidade.

Somente na década de 1960, o município passou a ser subsidiado pela lei nacional de saneamento nº 4.089, de 13 de julho de 1962. O DNOS (Departamento Nacional De Obras e Saneamento) que investia em obras estruturais era responsável por contratar empresas privadas para realizar os serviços de infraestrutura nas cidades brasileiras.

Em 1965, por intermédio de uma empresa privada, deu-se início ao levantamento de dados sobre a cidade. Esses dados deram subsidio para a elaboração do projeto de drenagem de águas pluviais, o qual faz parte do plano global de obras. O relatório do termo de referência para o Plano De Ação Imediata do ano de 1979 relata que:

Não existe em Santarém galerias de águas pluviais. O sistema de drenagem é constituído de valas superficiais que, na maioria das vezes não são suficientes para o escoamento do volume de água que desce para a cidade oriundos dos terrenos mais altos que a cercam. O problema, portanto, é mais propriamente as enxurradas, que já causou danos graves em algumas ruas transversais ao rio Tapajós.

Na década de construção das obras de drenagem na avenida Tapajós e construção do Cais de Arrimo para contenção da lâmina d'água, registros de inundação puderam ser observados no centro comercial de Santarém (figura 4).



Figura 4: Registro da Lameira Bitencourt, 1975.
Fonte: <http://4.bp.blogspot.com>

O programa de ação integrada com ajuda da SUDAM (Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia) realizou o mapeamento das obras de drenagem das águas pluviais da cidade (Plano De Ação Imediata, Município de Santarém, 1979). Neste mesmo período ocorreram obras de aterramento na frente da cidade para construção do cais de arrimo e a avenida Tapajós (figura 5 e 6).



Figura 5: Registro da construção do cais de arrimo, 1977.
Fonte: <http://4.bp.blogspot.com>



Figura 6: Registro do mapeamento das galerias de águas pluviais, em 1977.
 Fonte: Plano de Ação Imediata, 1979.

Os registros históricos mostram que nem mesmo as obras realizadas, como o aterramento e construção do cais de arrimo, foram capazes de impedir a entrada das águas para as ruas e avenidas da cidade (figura 7 e 9). O que acaba causando nos períodos de intensas precipitações, prejuízos socioeconômicos, sendo estes desde danos materiais, quanto a ausência de consumidores pelo acesso dificultado pela inundação.



Figura 7: Rua 15 de Agosto com pontes para que as pessoas passem de uma calçada para outra, 2009.
 Fonte: <http://4.bp.blogspot.com>



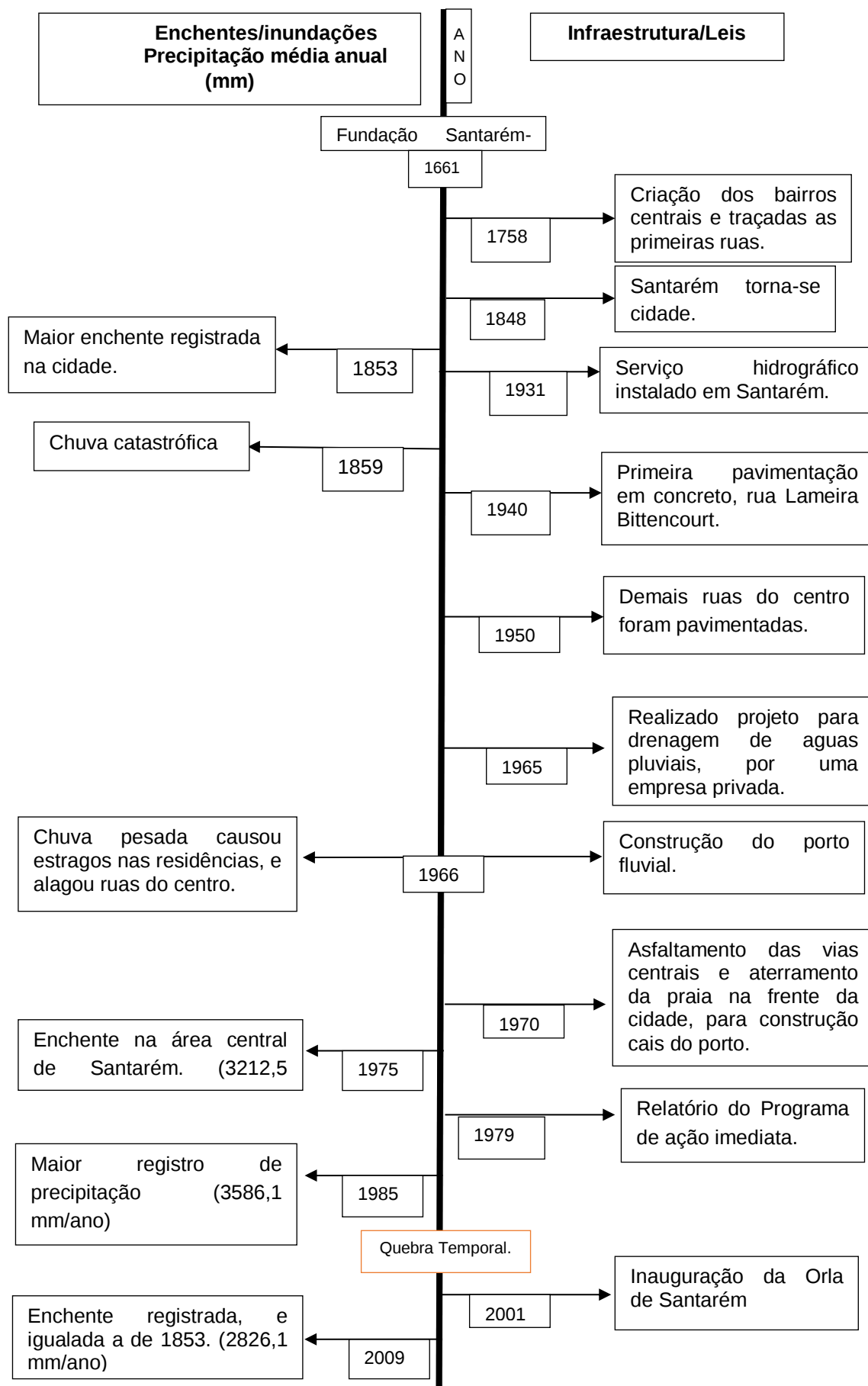
Figura 8: Av. Tapajós em frente à Praça do Pescador, ao fundo parte dos prédios históricos da cidade, 2009.

Fonte: <http://4.bp.blogspot.com>

As primeiras obras de saneamento nas cidades brasileiras, foram realizadas com uma visão local e setorizada dos problemas, isso acabou ocasionando mais impactos do que os pré-existentes e desperdiçando os poucos recursos existentes nas cidades (TUCCI, 2001).

. Segundo Crepani (2004), a região norte possui um alto índice de pluviosidade que são distribuídos em período chuvoso de seis meses. Esse curto intervalo de tempo ocasiona, consequentemente, uma intensidade pluviométrica alta. As chuvas intensas ocasionam as enxurradas, que é um dos riscos mais frequentes na cidade nos períodos de chuvas.

Através dos registros históricos, observa-se inúmeras ocorrências de inundações e enxurradas houveram no bairro centro decorrer dos anos até a atualidade, com base nisto foi elaborada uma linha do tempo da cidade de Santarém/PA, relacionando os desastres naturais causados nos períodos de chuva, bem como as obras mais importantes para o sistema de drenagem urbana.



Em 1931 foi instalado o serviço hidrográfico, para se obter conhecimento do nível das águas em frente a cidade. Esse sistema consiste na mensuração diária da cota mínima e máxima por meio de uma régua fluvial. Essa medição é realizada continuamente até os dias atuais, e com base nos dados obtidos foi possível compreender a dinâmica das inundações.

Nota-se que no ano de 2009 (tabela 1) o nível da água se igualou ao de 1853 onde ocorreu a maior cota já registrada. Percebe-se que as ocorrências de inundações estão mais suscetíveis ao mês de maio, quando a cota atinge seu nível máximo

Tabela 1: Maiores cotas fluviais registradas em Santarém/PA.

Número de Ordem	Ano	Cota Máxima (cm)	Mês
1	2009	832	Maio
2	1853*	832	Maio
3	2014	813	Maio
4	2015	792	Maio
5	2006	779	Maio
6	1953	770	Maio
7	2008	752	Maio
8	1999	746	Maio
9	1850	739	Maio

*dados não disponíveis em registro oficial, existente apenas em livros históricos (Plano de Ação Imediata, 1979).

Nesse contexto, a cidade de Santarém, se desenvolveu as margens do rio Tapajós, que possui um vasto histórico de ocorrência de cheias e inundações. Entretanto, grandes cheias, que ultrapassam as adjacências das margens, também são esperadas em tempo de recorrência maiores. Em 1853 e 2009, por exemplo, ocorreram as mais destrutivas de todas as inundações, momento em que as ruas mais próximas ao rio ficaram encobertas pela lâmina d'água.

De acordo com os registros históricos, a implantação do Cais de Arrimo, em 1970 e o aterramento da Avenida Tapajós obtinham o intuito de conter a lamina d'água para que a mesma não afetasse o centro comercial do município. No entanto, as obras contribuíram para o aparecimento de áreas de ocupação desordenadas sobre sua extensão e intensificando o fluxo de

transeuntes no local, aumentando os resíduos da área que causam entupimentos na rede de drenagem urbana.

5.2 Mapa de Risco

Com base em visitas in loco durante fortes precipitações no bairro Central do município de Santarém/PA e por registros históricos das cotas fluviais, obteve-se um mapeamento na parte central da cidade, onde se identificou os riscos hidrológicos existentes (figura 9).

O bairro central, recebe grande carga hidrológica de 09 bairros nas suas adjacências. Isso o torna vulnerável aos riscos hidrológicos com elevados pontos de alagamentos, inundações e enxurradas.

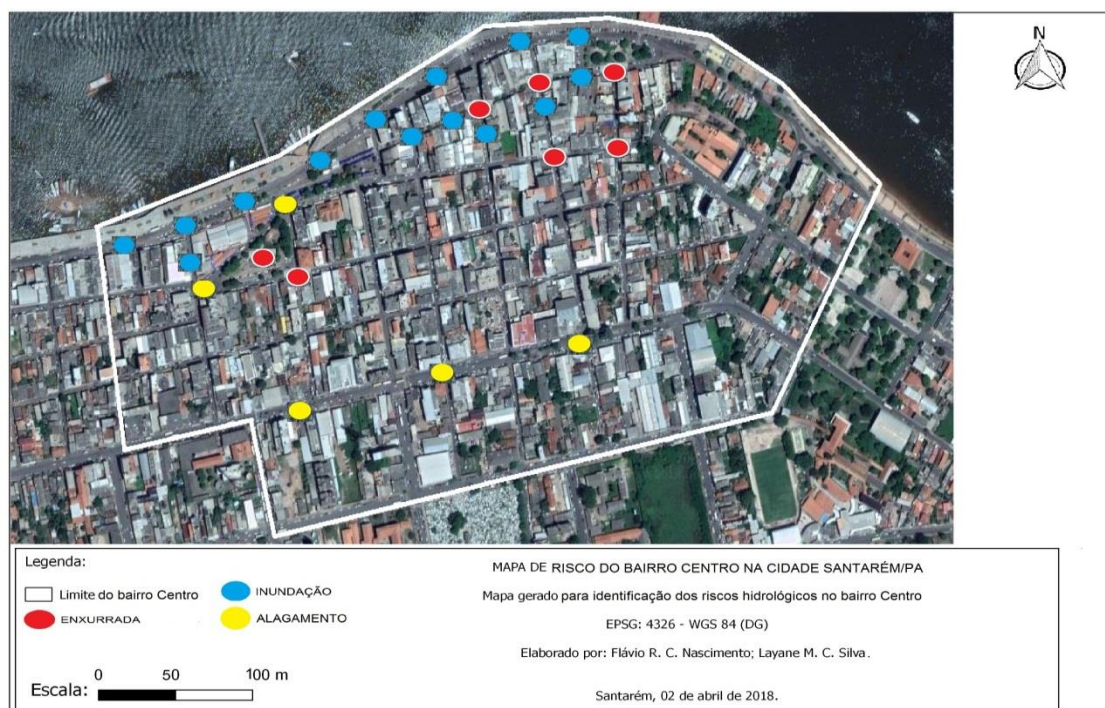


Figura 9: Mapa de Risco do bairro Centro em Santarém/PA.

Diversos registros de enxurradas puderam ser observados no início das chuvas no mês de março de 2018. Durante estas fortes precipitações prejuízo foram observados no comércio local, bem como danos materiais e estruturais em algumas ruas (imagens 10 e 11).

A Avenida Tapajós e algumas ruas próximas são áreas que ocorrem de forma intermitente durante os anos inundações. Estas inundações apresentam sérios riscos à saúde da população e traz consigo danos materiais, econômicos e ambientais.

Durante o período de inundação parte do comércio se vê em uma situação de calamidade, sendo necessária a implantação provisória de palafitas de madeira para que esta tenha acesso da população. A economia local acaba sendo fragilizada por estes danos hídricos, tendo em vista que a população ou o setor turístico do local deixa de oferecer comodidade e bem-estar.



Figura 10: Avenida Lameira Bitencourt durante enxurrada em Santarém/PA.
Fonte: Direta, 2018.



Figura 11: Avenida Lameira Bitencourt durante enxurrada em Santarém/PA.
Fonte: Direta, 2018.

Diversos alagamentos podem ser relatados ao longo do bairro Centro, isto ocorre muitas vezes pelo bloqueio do sistema de drenagem por conta dos resíduos que se acumulam.

Uma alternativa viável para se minimizar os riscos hidrológicos nessa área seria a inserção do plano de arborização no município de Santarém/PA. Essas alternativas podem ser implantadas no Plano Diretor da cidade, como tomada de medida não-estrutural, relacionada a drenagem sustentável com o objetivo da criação de espaços que favoreçam a infiltração da água da chuva no solo, reduzindo e retardando o escoamento superficial, contribuindo para a retenção e controle de poluentes.

Os bairros, portanto, que receberiam a arborização teriam uma influencia direta na carga hidrológica que o bairro centro recebe, pois, os deflúvios desses outros bairros escoam em sua direção, causando enxurradas e alagamentos em suas vias. Haja vista, que a arborização possui a finalidade de interceptar a precipitação e facilitar a infiltração no solo, sendo assim, levando menos carga ao bairro centro da cidade. Proposta de implementação de arborização nos 10 bairros centrais da cidade (figura 12).

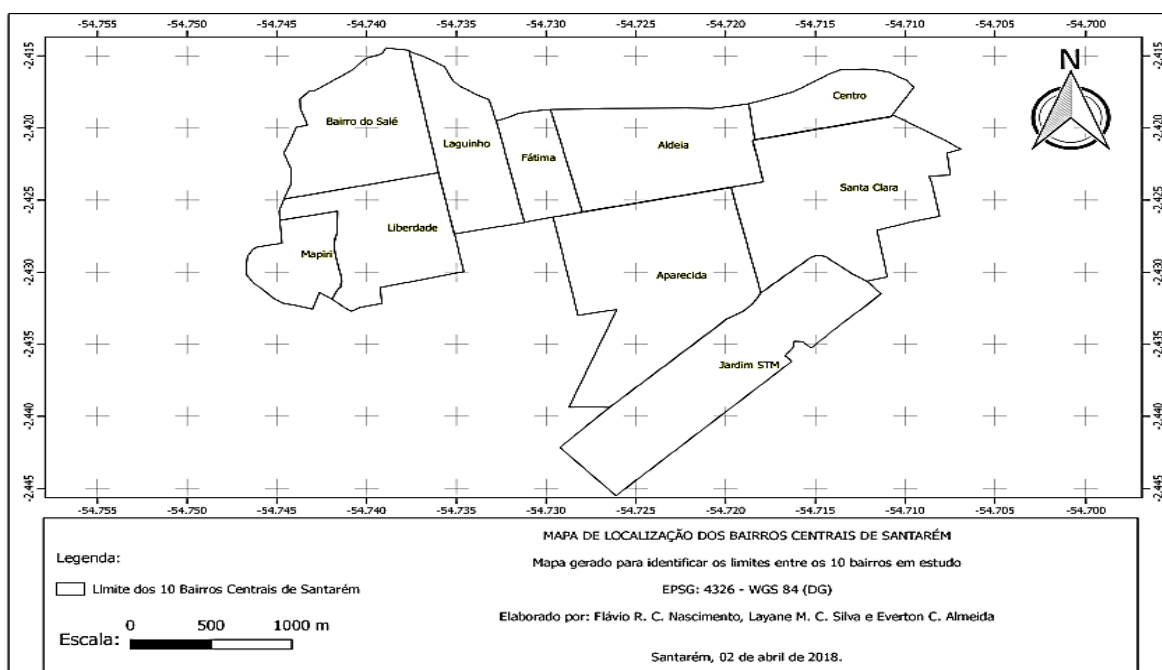


Figura 12: Mapa gerado para implantação do Plano de Arborização do município de Santarém/PA.

Outro fator que contribuiria para a redução dos riscos hídricos seria a implantação da Trama Verde e Azul como uma proposta para o Plano Diretor de Drenagem Urbana da cidade. Pois a Trama Verde e Azul propõe a adoção de técnicas do tipo infraestrutura verde (edificações sustentáveis, criação de áreas verdes, educação ambiental, trincheiras de infiltração etc.), além de parques lineares e manutenção dos cursos d'água em leito natural.

Este conceito inovador, vem sendo adotado para a readequação ou o aumento da eficiência hidráulica dos sistemas de drenagem, e têm por objetivo promover o retardamento dos escoamentos, de forma a amortecer os picos e reduzir os volumes de enxurradas por meio da retenção em reservatórios; e conter, tanto quanto possível, o escoamento superficial no local da precipitação, pela melhoria das condições de infiltração, ou ainda em tanques de contenção.

Abaixo diversos exemplos que poderiam ser seguidos a fim proporcionar uma melhor discussão pelo setor público local para medidas de adoção da Trama Verde e Azul. Estes exemplos foram retirados do *Urban Greenblue Grids* (PÖTZ, 2017).

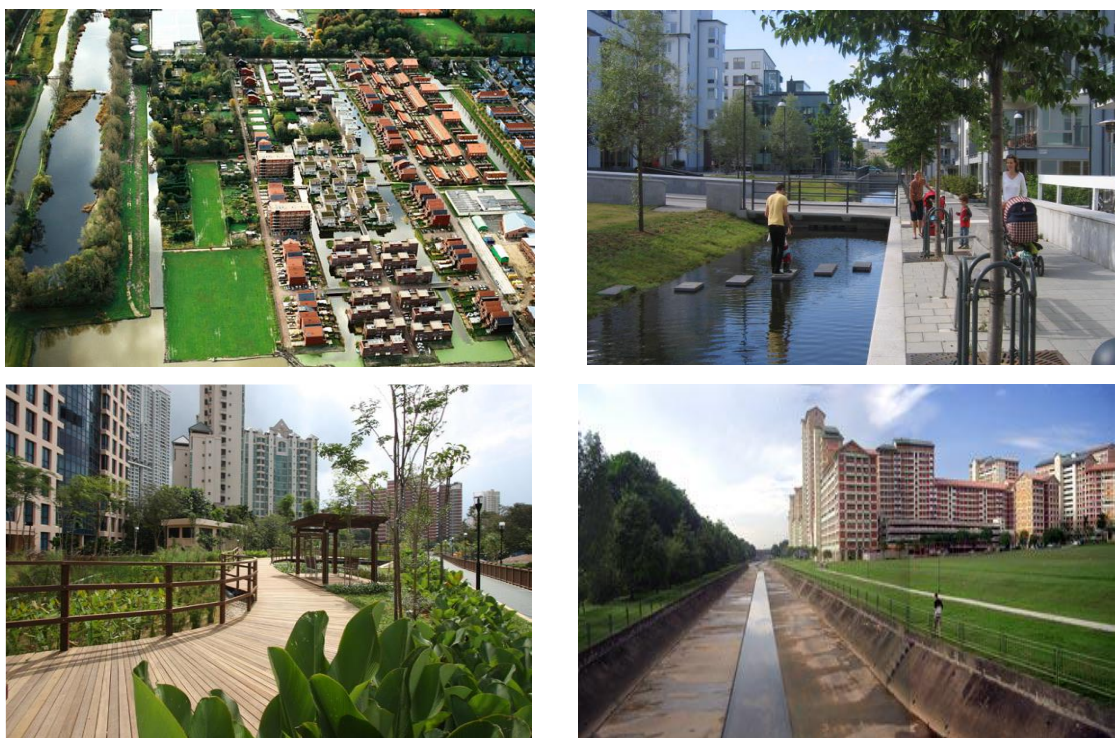


Figura 13: Trama Verde e Azul implantadas nos países de Singapura e Stockholm.
Fonte: PÖTZ, 2017.

Estes são exemplos da implantação da Trama Verde e Azul, que vem sendo desenvolvida como um instrumento de planejamento estratégico utilizados em alguns países, para minimizar os efeitos do escoamento das águas urbanas, além de proporcionar a sociedade a interação com o meio verde.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O histórico de Santarém/PA evidencia que a cidade sempre esteve à mercê das ocorrências dos riscos hidrológicos relacionados a enxurradas, inundações e alagamento. Apesar de serem realizadas obras de drenagem, as mesmas não resolveram os problemas a longo prazo, pois os projetos foram elaborados com uma visão local e setorializada dos problemas.

Os riscos hidrológicos na cidade vêm ocorrendo com mais intensidade no decorrer dos anos, contudo, essa problemática não se resume apenas ao bairro centro. Atualmente, há tecnologias que estão utilizadas em outros países, como forma de proporcionar a amenização dos transtornos ocasionados pelos processos hidrológicos. Essas tecnologias são alternativas realistas e testadas que demonstram eficiência na redução dos escoamentos e da poluição de origem pluvial.

Elas, também, apresentam grande adaptabilidade a modelos diferentes de ocupação urbana, e flexibilidade para acompanhar a evolução do uso do solo em meio urbano, e por isso, podem ser incorporados como uma ferramenta de subsídio para a criação do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Para resolver, portanto, o problema da drenagem nas cidades, centros urbanos e metrópoles, deve ser realizado estudos das variáveis meteorológicas que influenciam na elaboração de projetos hidráulicos, além de desenvolver uma ação integrada entre poder público, iniciativa privada e população juntamente com a conjugação de medidas em diversas escalas, que complementarão uma a outra, como meio de dar qualidade de vida e conservar o meio ambiente, garantindo saúde e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, DSD; COSTA, ITD. A drenagem urbana das águas pluviais e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública no Município de Santana. Fundação Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2014.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Monitoramento hidrológico. Boletim nº 7 – 10/07/2009 Rio Branco (Rio Acre). Brasília-DF. 2009.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. 2001.

BARTH, Flávio Terra. Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. Nobel, 1987.

BORGES DA HORA, Silmara; LIMA GOMES, Ronaldo. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. Sociedade & Natureza, v. 21, n. 2, 2009.

BRANCHES FARIAS, Eliana Marinho. BREVE ABORDAGEM DE ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NAS CONFLUÊNCIAS DOS RIOS TAPAJÓS E AMAZONAS – SANTARÉM/PA. REVISTA GEONORTE, [S.I.], v. 3, n. 5, nov. 2012. ISSN 2237-1419. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2076>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BRASIL. Constituição da república Federativa do Brasil. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Lei das Águas. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional, 1997.

CANHOLI, A. P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. Oficina de Textos. 2ª Ed. São Paulo, 2005.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. A análise de bacias hidrográficas. Geomorfologia, 1980.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, JS de; PALMEIRA, Alessandro Ferraz. Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo. São José dos Campos: INPE, 2004.

CROSS, Katharine. Integração de soluções "verdes" e "cinzas" para proteger e proteger os recursos hídricos. IWA, 2018. Disponível em: <<http://www.iwa-network.org/integrating-green-and-grey-solutions-to-protect-and-secure-water-resources/>>. Acesso em: 21 de Mar. 2018.

CVJETANOVIC, B. Health effects and impact of water supply and sanitation.

DE PÁDUA, Elisabete Matallo Marchesini. Metodologia Da Pesquisa. Papirus Editora, 2002.

EUCLYDES, Ana Carolina Pinheiro. A hipótese otimista: dialética e utopia das áreas verdes, das áreas protegidas e da trama verde e azul. 2016.

GIDDENS, A. Sociologia. Tradução de Sandra Regina Netz. Porto Alegre: Artmed, 2012.

GOMES, R. L. MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DO RISCO A INUNDAÇÃO DO RIO CACHOEIRA EM TRECHO DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE ITABUNA/BA. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 21 (2): 57-75. 2009.

GUERRA, Antonio J. T., Geomorfologia Urbana – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, Franciele Caroline; ZACHARIAS, Andréa Aparecida. Mapeamento das áreas de riscos hidrológicos e as políticas públicas de sustentabilidade: o caso de Ourinhos/SP. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 4, n. 26, 2016.

HOLTZ, Antonio Carlos Tatit. Precipitação. In: PINTO, Nelson L. de Sousa et al. Hidrologia Básica. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Cidades. Pará. Santarém. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santarem/historico>>. Acesso em: 31 de março de 2018.

IDESP; SUDAM; SERFHAU. Termos de Referência para o Plano de Ação Imediata do Município de Santarém. Instituto do Desenvolvimento Econômico-Social do Pará, 1979.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION – ISDR – UN. Secretariat. United Nations documents related to disaster reduction 2000- 2007: Advance copy. Geneva, UN. International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Secretariat, 2007.

KIRSCHBAUM, Charles. Decisões entre pesquisas quali e quanti sob a perspectiva de mecanismos causais. Revista Brasileira de Ciências Sociais, 2013.

KOBIYAMA, MASATO et al. Mapeamento de Áreas de Risco para Prevenção de Desastres Hidrológicos com Ênfase em Modelagem Hidrogeomorfológica – Porto Alegre: UFRGS/IPH/GPDEN, 2014.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA/ CENTRO DE ESTUDOS E GESTÃO ESTRATÉGICA –MCT/CGE. Diretrizes estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Brasília, 2002. Disponível em <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em março. 2018.

MOTA, S. Urbanização e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

PHILIPPI, Jr. A. Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manoele, 2005.

PINTO, Lucio Flávio. Memórias de Santarém. Santarém: Editora O Estado do Tapajós, 2010.

PINTO, Nelson Luiz de Sousa; HOLTZ, Antonio Carlos Tatit; MARTINS, José Augusto. Hidrologia básica. In: Hidrologia básica. Edgard Blucher, 1976.

PÖTZ, H. Urban Greenblue Grids. Atelier GROENBLAUW, 2012.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. SANEAMENTO BÁSICO E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE E A SAÚDE PÚBLICA. Juiz de Fora, 2010.

RIGHETO, A.M.; MOREIRA, L.F.F.; SALES, T.E.A. (2009). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. In: FINEP, PROSAB. (Org). Manejo de Águas Pluviais Urbanas/Antonio Marozzi Righetto (Coordenador). 1º ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.). Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

TUCCI, C. E. M. Inundações e Drenagem Urbana. In TUCCI, C. E. M.;BERTONI, J. C.(org.) Inundações Urbanas na América do Sul, ABRH, Porto Alegre, cap.3, 2003.

TUCCI, Carlos EM et al. Inundações urbanas na América do Sul. Ed. dos Autores, 2003.

TUCCI, Carlos EM. Gestão de águas pluviais urbanas. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

TUCCI, Carlos EM; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. Gestão da água no Brasil. 2001.

TUCCI, Carlos EM; SILVEIRA, André. Gerenciamento da drenagem Urbana. Porto Alegre, 2001.

VEYRET, Yvette. Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. In: Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. 2007.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. Hidrologia aplicada. In: Hidrologia aplicada. McGraw-Hill, 1975.