



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

ARTHUR DE SOUSA FERREIRA

**SITUAÇÃO AMBIENTAL DE UM RIACHO CANALIZADO EM
CAMPINA GRANDE - PB**

**CAMPINA GRANDE – PB
2016**

ARTHUR DE SOUSA FERREIRA

**SITUAÇÃO AMBIENTAL DE UM RIACHO CANALIZADO EM
CAMPINA GRANDE - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Neyliane Costa de Souza

**CAMPINA GRANDE – PB
2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

F383s Ferreira, Arthur de Sousa.
Situação ambiental de um riacho canalizado em Campina Grande - PB [manuscrito] / Arthur de Sousa Ferreira. - 2016.
56 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Profa. Dra. Neyliane Costa de Souza, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Bacia hidrográfica. 2. Recursos hídricos. 3. Drenagem. 4. Impactos ambientais. I. Título.

21. ed. CDD 627.4

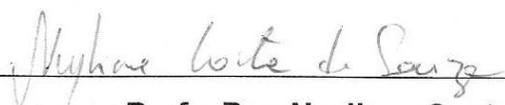
ARTHUR DE SOUSA FERREIRA

SITUAÇÃO AMBIENTAL DE UM RIACHO CANALIZADO EM CAMPINA GRANDE - PB.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado em: 26 / 10 / 2016

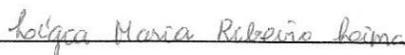
Examinadores:



Profa. Dra. Neyliane Costa de Souza
(Orientadora – DESA/CCT/UEPB)



Prof. Me. Narcisio Cabral de Araújo
(Examinador – DESA/CCT/UEPB)



Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima
(Examinadora – DESA/CCT/UEPB)

Primeiramente a Deus que me concedeu a conclusão do meu curso, me capacitando, bem como aos meus pais, Sandro Lauriano e Sonia M^a de Sousa, que sempre me incentivaram para que eu prosseguisse na realização dos meus sonhos, acreditando que eu seria capaz de alcançar mais esta vitória em minha vida.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao meu bom Deus primeiramente, pois sei que durante todos esses anos de estudos nada foi por um acaso, desde a escolha do curso à conclusão, tudo foi propósito D'ele.

Aos meus pais Sandro Lauriano Ferreira e Sonia M^a Limeira de Sousa, por terem me dado todo apoio que necessitei em todo tempo. Como também ao meu irmão Sandro Júnior.

A professora Neyliane Costa de Souza, pela disposição em me orientar na elaboração deste trabalho, pela oportunidade de trabalhar com o tema, pela consideração, confiança e cooperação durante todo o período de desenvolvimento do trabalho.

Aos professores Lígia Ribeiro e Narcísio Cabral por terem aceitado o convite para participarem da comissão examinadora deste trabalho.

A meu primo Fernando Rangel, grande incentivador e torcedor, por suas palavras sempre de ânimo e encorajamento.

Aos queridos amigos e pessoas especiais que passaram em minha vida, e contribuíram bastante incentivando e dando aquele “empurrãozinho”.

Aos funcionários e professores do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, principalmente àqueles que fazem parte do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, pelo apoio, orientação, amizade, paciência e conhecimentos transmitidos durante minha trajetória universitária, que certamente contribuíram para o meu desenvolvimento intelectual e formação profissional.

“Até aqui nos ajudou o Senhor.”

I Samuel 7:12

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. Geral	16
2.2. Específicos	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1. Recursos Hídricos atualmente	17
3.1.1. <i>Gerenciamento dos Recursos Hídricos</i>	19
3.1.2. <i>Saneamento Básico</i>	19
3.2. Bacia Hidrográfica	19
3.2.1. <i>Processo de Urbanização e os seus Impactos na Bacia Hidrográfica</i>	21
3.3. Poluição dos Recursos Hídricos	23
3.4. Sistemas de Drenagem e Canalização	24
3.4.1. <i>Inundações</i>	25
3.4.2. <i>Microdrenagem e Macrodrenagem</i>	26
3.5. Medidas Estruturais e Não-Estruturais de Controle na Drenagem Urbana	29
3.6. Avaliação de Impacto Ambiental	29
3.6.1. <i>Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental</i>	30
4. METODOLOGIA	32
4.1. Localização e caracterização da área de estudo	32
4.2. Bacia Hidrográfica do Riacho Bodocongó	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1. Diagnóstico Ambiental no Ponto (P1)	37
5.1.1. <i>Vegetação</i>	37
5.1.2. <i>Processo de Urbanização</i>	38
5.2. Canalização	38
5.2.1. <i>Interrupção da obra de artificialização (P2)</i>	40
5.2.1. <i>Estudos na Rua Fortaleza (P3)</i>	41

5.4. Avaliação de Impacto no canal Bodocongó	44
5.5. Propostas para minimização dos impactos significativos identificados	49
6. CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS.....	51

RESUMO

A cidade de Campina Grande pertence ao domínio da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, na qual um dos seus afluentes é o riacho Bodocongó. A drenagem da cidade é composta por um sistema de microdrenagem, e um de macrodrenagem que compreende canais, em sua maioria abertos. Dentre os canais, têm-se o canal das Piabas, do Prado, de Bodocongó (área de estudo), da Ramadinha, das Malvinas, de Santa Rosa, entre outros, construídos com o objetivo de afastar as águas pluviais o mais rápido possível e conduzi-las para os corpos hídricos mais próximos. Dentro desse contexto, o presente trabalho propõe a avaliar a canalização do Riacho Bodocongó na cidade de Campina Grande - PB, destacando seus principais impactos para a sociedade e o meio ambiente, a fim de auxiliar na gestão dessas áreas. Mesmo com o sistema separador absoluto, a cidade vem enfrentando problemas com a ocorrência de inundações que aumentam a cada ano. A má gestão dos recursos hídricos e ambientais, o uso desordenado e predatório por parte da sociedade, bem como a falta de sensibilidade da população frente à importância da conservação dos recursos hídricos tem gerado sérios problemas ambientais à área percorrida pelo Riacho Bodocongó. No trecho do Riacho represado no Açude de Bodocongó, a ausência de rede coletora de esgoto e a presença de resíduos sólidos acumulados caracterizam a proliferação de agentes etiológicas causadores de doenças transmissíveis, como também o assoreamento e a eutrofização. Para o trecho da Rua Fortaleza em específico, o prolongamento do trecho artificializado do Riacho Bodocongó se apresenta como uma solução plausível na resolução das questões ambientais local, visto que teoricamente eliminaria o problema das enchentes, e alagamentos, contudo possivelmente necessitaria da retirada da população local, fato que acarreta em situações sociais significativas para a referida população que há muito tempo reside na área e mantém com o lugar, laços afetivos e econômicos.

PALAVRAS-CHAVE: Riacho Bodocongó, Drenagem, Bacia Hidrográfica, Impactos.

ABSTRACT

The city of Campina Grande belongs to the field of river basin Paraíba, in which one of its tributaries is the Bodocongó stream. The drain of the city is composed of a micro drainage system and a macro drainage channel comprising, in its most open. Among the channels have been the channel of Piabas, Prado, of Bodocongó (study area), the Ramadinha, the Falklands, Santa Rosa, among others, constructed in order to ward off the rainwater as quickly as possible and bring them to the nearest water bodies. In this context, this study aims to evaluate the channeling of Bodocongó Creek in the city of Campina Grande - PB, highlighting its main impacts on society and the environment in order to assist in the management of these areas. Even with the absolute separator system, the city has problems with facing the occurrence of floods that increase every year. Mismanagement of water and environmental resources, disorderly and predatory use by society, and the lack of sensitivity of the front people the importance of conservation of water resources has caused serious environmental problems to the area covered by the Stream Bodocongó. In the passage of the dammed creek in weir of Bodocongó, lack of sewage disposal system and the presence of accumulated solid waste characterize the proliferation of causative etiological agents of communicable diseases, as well as siltation and eutrophication. For the stretch of Fortaleza Street in particular, the extension of artificialized stretch of Bodocongó Creek is presented as a plausible solution in the resolution of the local environmental issues, since theoretically eliminate the problem of flooding and waterlogging, but possibly require the removal of the local population, a fact that brings in significant social situations for that population that has long resident in the area and has with the place, emotional and economic ties.

KEYWORDS: Bodocongó Creek, drainage, hydrographic basin, impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Distribuição da água na Terra	17
Figura 2- Caracterização da Bacia Hidrográfica.	20
Figura 3 - Efeitos da urbanização sobre o ciclo hidrológico	22
Figura 4- Carta topográfica da Bacia do Riacho Bodocongó e adjacências.....	33
Figura 5- Mapa das bacias de esgotamento sanitário de Campina Grande, PB.	34
Figura 6 - Pontos analisados na canalização do açude Bodocongó.	35
Figura 7 - Espécies de vegetação encontrada no trecho do riacho Bodocongó.....	37
Figura 8- Urbanização nas margens do Açude Bodocongó e em trechos do riacho.	38
Figura 9 - Drenagem do Riacho Bodocongó no meio urbano.	40
Figura 10- Trechos Artificializado e Natural do Riacho Bodocongó.....	41
Figura 11 – Ilustração do alagamento ocorrido na Rua Fortaleza em 14 de Fevereiro de 2011.	42
Figura 12- Resíduos sólidos depositados dentro e nas margens do canal.	43
Figura 13 - Compactação do solo as margens do canal	47
Figura 14 - Solo erodido no final da canalização.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Check list empregado na avaliação dos impactos sobre o canal de Bodocongó em Campina Grande, PB.	44
Quadro 2 - Matriz de Impacto Ambiental	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica por estados.	18
Tabela 2 - Localização dos pontos de analisados da canalização do Riacho Bodocongó, em Campina Grande, Paraíba - 2016.	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA - Avaliação de Impacto Ambiental;

CCT - Centro de Ciências e Tecnologia;

DESA - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental;

EPA - Environmental Protection Agency;

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde;

Km – Quilometro;

m – Metro;

NW - Noroeste;

PB - Paraíba;

SE - Sudeste;

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste;

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso;

UEPB - Universidade Estadual da Paraíba;

UNEP - United Nations Environment Programme.

1. INTRODUÇÃO

A deterioração dos recursos hídricos é fato influenciado pelo crescimento das áreas urbanas, atividades agrícolas, explosão de atividades industriais e do sistema de transporte, que tornam vulneráveis as fontes de água disponíveis, podendo acarretar problemas de saúde pública, ambiental e socioeconômico, resultando em prejuízos para a própria humanidade (FREITAS *et al.*, 2001; TOMITA e BEYRUTH, 2002; PRINZ e SINGH, 2003).

O grande aumento da urbanização e industrialização produz novos desafios de gerenciamento dos recursos hídricos, isto sugere que os municípios devem promover alterações na legislação, investir no controle e em tecnologias para gerenciamento e proteção dos recursos hídricos, que é um dos principais desafios à preservação dos mananciais.

Segundo Nóbrega (2012), Campina Grande apresentou um acelerado processo de urbanização nos últimos anos, novas áreas foram ocupadas favorecendo o aumento do escoamento superficial, provocado por obras de pavimentação, que impermeabilizam o solo, e a construção dos mais diversos tipos de edificações. Conseqüentemente, a cidade tem apresentado sérios problemas nos períodos de chuva, gerados pelo grande acúmulo do volume de água escoada superficialmente. A falta de investimentos do poder público na expansão dos sistemas de drenagem urbana e as falhas dos sistemas que se encontram implantados também contribuem para o fenômeno de inundação das bacias urbanas.

Segundo Carvalho (2007) a bacia do Rio Bodocongó vem sofrendo inúmeras agressões, o que é comum em centros urbanos, como por exemplo: Desmatamento de matas ciliares, poluição de recursos hídricos, crescimento desordenado de bairros e ocupação de áreas sem planejamento, uso descomedido de água, lançamento de esgotos, alteração da drenagem, erosão, dentre outros; fatos que podem comprometer o abastecimento em áreas urbanas, ocasionando problemas socioeconômicos, como por exemplo: redução da disponibilidade hídrica (2007).

Hoje, o açude de Bodocongó é o destino imediato de diversos tipos de águas residuárias, geradas pelas empresas e população do entorno. Resíduos domésticos, de

detergentes, óleos e outros derivados de petróleo, além de outras substâncias utilizadas na limpeza de caminhões são lançados cotidianamente no leito do açude. (CARVALHO *et.al.* 2007).

Conforme Alves e Leal (2003) através do diagnóstico ambiental são possíveis identificar os principais problemas e as propostas de soluções, que auxiliam os planos de trabalhos e propostas de intervenções posteriores. Trata-se de um estudo complexo, que depende de uma capacidade de percepção, observação, interpretação e sistematização dos vários processos sociais e naturais presentes e que muitas vezes têm causas, efeitos e abrangência maiores que a área estudada.

Este trabalho visa contribuir com informações fundamentais para políticas públicas, e orientações de ações que possam ser desempenhadas na área da bacia, ou seja, no entorno do canal do riacho de Bodocongó. De forma a definir as consequências e efeitos impactantes ao longo da canalização utilizando-se de metodologias para avaliar os impactos, para assim apresentar propostas de minimização de tais impactos.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliação da situação ambiental do riacho Bodocongó canalizado em Campina Grande, PB, a fim de auxiliar na gestão da drenagem urbana local.

2.2. Específicos

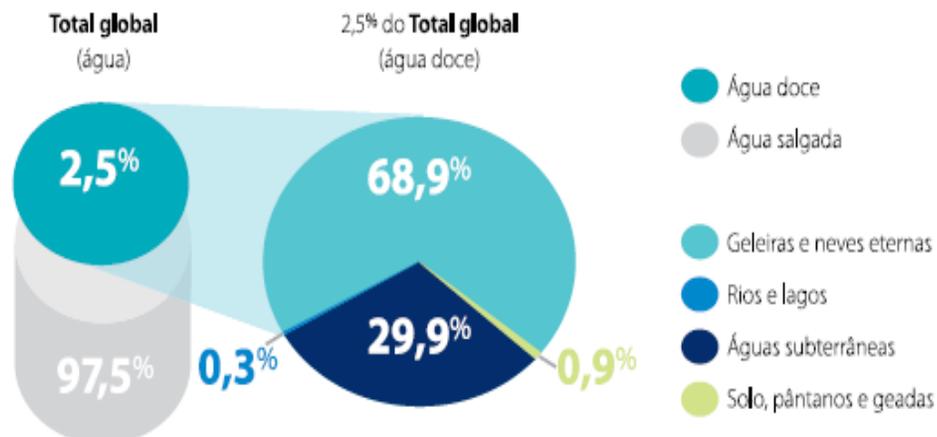
- Diagnosticar os principais problemas ambientais da estrutura e do entorno do canal do riacho;
- Identificar os aspectos positivos e negativos da canalização do riacho Bodocongó;
- Aplicar metodologias de avaliação de impactos ambientais na área em estudo;
- Apresentar propostas para minimização dos impactos significativos identificados;

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Recursos Hídricos atualmente

De toda água existente na Terra 97,3% é água salgada e apenas 2,7% água doce. Da água doce disponível na terra 77,20% se encontra em forma de gelo nas calotas polares 22,40% se trata de água subterrânea 0,35% se encontra nos lagos e pântanos 0,04 % se encontra na atmosfera e apenas 0,01% da água doce está nos rios (DAEE, 2005).

Figura 1- Distribuição da água na Terra



Fonte: DAEE, 2005.

O Brasil é considerado uma potência econômica mundial quando o assunto é a disponibilidade hídrica, haja vista que o território brasileiro concentra cerca de 12% de todas as reservas de água existentes no mundo. Mas isso não significa que o país não passe ou nunca tenha passado por crises de falta de água. E a principal razão é a questão da distribuição da água no Brasil e sua utilização (FAO, 2016).

Podemos dizer que as reservas de água tem má distribuição no país. A região Norte é a que apresenta a maior parte da disponibilidade, enquanto as regiões Nordeste e Sudeste apresentam um número menor dessas reservas, seguindo uma ordem inversamente proporcional ao número de habitantes dos respectivos lugares em questão. Como observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica por estados.

Disponibilidade hídrica per capita (m ³ /hab/ano)	Estados	Situação
>20.000	AC, AM, AP, GO, MS, MT, PA, RO, RR, RS e TO	Riquíssimo
>10.000	MA, MG, SC e PR	Muito rico
>5.000	ES e PI	Rico
>2.500	BA e SP	Situação adequada
<2.500	CE, RJ, RN, DF, AL e SE	Pobres
<1.500	PB e PE	Situação crítica

Fonte: PENA (2016).

Como podemos ver o índice *per capita* da disponibilidade hídrica, isto é, a quantidade de recursos hídricos disponíveis em relação ao número de habitantes, é maior em estados pertencentes à região Norte e Centro-Oeste do país (exceto o Rio Grande do Sul), pois essas áreas apresentam uma menor densidade populacional e bacias hidrográficas com maiores vazões. Nos demais locais, a disponibilidade é menor que 20000 m³ para cada habitante durante o ano, chegando, em alguns locais, a níveis inferiores a 1500 m³.

Portanto, a região Norte, que concentra menos de 7% da população, possui cerca de 68% das reservas hídricas do país, enquanto o Sudeste e o Nordeste, regiões mais populosas, apresentam apenas 6% e 3% das reservas, respectivamente. Mas isso não significa, é claro, que as regiões mais abastadas de água estejam livres de uma crise de água, haja vista que, além da disponibilidade, são necessários planejamento, gestão e infraestrutura para garantir a distribuição desse recurso para todos os habitantes, o que nem sempre acontece.

Um exemplo disso é a própria região Nordeste, pois os problemas históricos relacionados com a seca não ocorreram nas áreas mais populosas, que se situam perto do litoral, mas sim na área do chamado *polígono das secas*, onde as densidades demográficas são menores. Isso nos revela que o problema da falta de água não necessariamente está relacionado com a quantidade de habitantes, e sim com

questões políticas e administrativas que permeiam as diferentes esferas governamentais.

3.1.1. Gerenciamento dos Recursos Hídricos

Para o gerenciamento sustentável de uma bacia, é imprescindível estabelecer, quatro estágios necessários: determinar o estado atual do ambiente, identificar as forças dominantes de mudanças, estabelecer um limite específico pelo do qual, danos ecológicos são prováveis de ocorrer e prognosticar a possível extensão temporal e espacial do problema, usando características locais, e desenvolver planos de gerenciamento apropriados através da utilização de cenários múltiplos de avaliação (FERRIER *et. al.* 2001).

3.1.2. Saneamento Básico

A Lei 11.445 de 2007, lei do Saneamento Básico, (BRASIL, 2007) aborda o conjunto de serviços de abastecimento público de água potável; coleta, tratamento e disposição final adequada dos esgotos sanitários; drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, além da limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos.

A Lei 11.445/2007 institui como diretrizes para a prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: o planejamento, a regulação e fiscalização, a prestação de serviços com regras, a exigência de contratos precedidos de estudo de viabilidade técnica e financeira, definição de regulamento por lei, definição de entidade de regulação, e controle social assegurado Inclui como princípios a universalidade e integralidade na prestação dos serviços, além da interação com outras áreas como recursos hídricos, saúde, meio ambiente e desenvolvimento urbano.

3.2. Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial. Ela pode ser definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes. Por meio de uma rede de drenagem,

formada por cursos d'água, ela faz convergir os escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída (LINSLEY e FRANZINI, 1978; TUCCI, 1997).

A água tem sido a centralizadora das atenções mundiais nos últimos anos, tal preocupação é devido ao fato de tais recursos estarem ligados a impactos ambientais, como: ocupação do solo indevida, uso indiscriminado da água, desmatamento de matas ciliares, sedimentação, assoreamento, construção de barragens, desvios de cursos d'água, erosão, salinização, contaminação, impermeabilização, compactação, diminuição da matéria orgânica dentre outras degradações, têm contribuído para o desaparecimento de rios e lagos, afetando profundamente o ciclo da água e o clima (ORTEGA, 2011).

Figura 2- Caracterização da Bacia Hidrográfica.



Fonte: ANA (1997)

Segundo Araújo (2005) as bacias hidrográficas assumem grande importância na recuperação de áreas degradadas por vários motivos. Um deles é o fato de grande parte dos danos ambientais que ocorrem na superfície terrestre estarem situados nas bacias hidrográficas.

Ressaltando a importância de estudos de degradação ambiental em bacias hidrográficas, levam-se em consideração todos os fatores envolvidos nesta unidade ambiental, bem como os próprios atributos ambientais inseridos na bacia e que, de

forma conjunta, integram a dinâmica da área. A degradação ambiental em bacias hidrográficas não pode ser analisada somente sob o ponto de vista físico, uma vez que deve ser entendida de forma global, integrada, holística, levando-se em conta as relações existentes entre a degradação natural e a sociedade, que pode ser a causadora dessa deterioração (CUNHA e GUERRA, 2003).

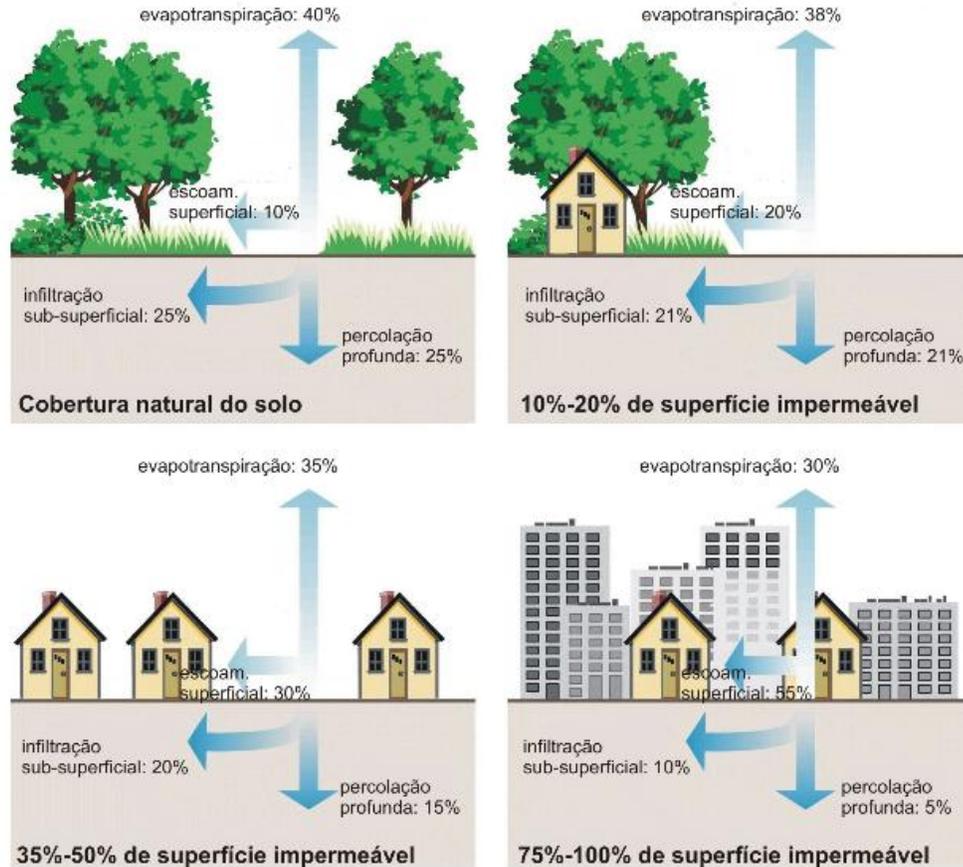
Pesquisas voltadas à degradação ambiental em bacias hidrográficas levantam inúmeros fatores que contribuem para o conhecimento do ambiente físico-ambiental de uma bacia de drenagem. Alguns impactos relacionados as atividade humanas tornam-se prejudiciais, principalmente quando não são levados em conta à própria capacidade de suporte dos sistemas ambientais. Como exemplo pode-se citar o desmatamento desenfreado de extensas áreas para atividade relacionadas à agricultura e superpastoreio, manuseio do solo sem tecnologias apropriadas, urbanização desordenada e atividades industriais.

3.2.1. Processo de Urbanização e os seus Impactos na Bacia Hidrográfica

Com o aumento da população nos centros urbanos, as cidades têm passado por um grande desafio que é conciliar o processo de urbanização e a utilização dos recursos naturais. O rápido processo de urbanização pelo qual as cidades passaram e que se intensificaram nas últimas décadas do século XX, fez com que ocorressem modificações rápidas e intensas no meio físico.

Segundo Tucci (2006) a modificação da cobertura do solo através de sua impermeabilização é capaz de alterar os componentes do ciclo hidrológico, provocando, por exemplo, a redução da infiltração no solo e o aumento no volume escoado superficialmente. Como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Efeitos da urbanização sobre o ciclo hidrológico



Fonte: EPA (1998) apud Tucci (2006).

Tucci (2003) afirma que a tendência de urbanização das cidades, baseada em aspectos como expansão irregular, pouca obediência à regulamentação urbana e projetos de drenagem inadequados (canalizações), tem provocado impactos ambientais e sociais significativos.

Os efeitos da urbanização, quando associados aos sistemas de drenagem mal projetados, além de aumentar a magnitude dos picos de cheia, induzem a constante ocorrência de crises de funcionamento, resultando em problemas de inundação, bem como respectivos impactos sociais e econômicos.

À medida que a cidade se urbaniza, alterações ocorrem e com elas os impactos ambientais, que são eles:

- *Alterações no ciclo hidrológico:* aumento das vazões máximas e da sua frequência, consequência do aumento da velocidade de escoamento através de condutos e canais e devido à impermeabilização de superfícies;

- *Alteração da qualidade das águas pluviais escoadas:* as águas pluviais urbanas apresentam uma estreita relação com a dinâmica de ocupação do território e com os diversos setores do saneamento, como a drenagem urbana, o manejo dos resíduos (sólidos e industriais) e o esgotamento sanitário. Dependem, portanto, da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal/ espacial e do uso da área urbana.

- *Deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea:* em áreas urbanas, a lavagem das ruas, o transporte de materiais sólidos (sedimentos e lixo) e o lançamento de esgoto doméstico, industrial e pluvial nos cursos de água podem causar os seguintes impactos nesses meios: assoreamento, eutrofização, contaminação por substâncias tóxicas, presença de organismos patogênicos, depleção da concentração de oxigênio dissolvido e degradação estética do ambiente aquático. No caso das águas subterrâneas, sua contaminação é devida às ligações clandestinas de esgoto doméstico e pluvial, aos aterros sanitários, às fossas sépticas e aos vazamentos de água contaminada (por carga orgânica, substâncias tóxicas e metais) das redes de drenagem pluvial;

- *Aumento da produção de resíduos sólidos e sedimentos:* devido à ausência de proteção das superfícies e à geração de Resíduos Sólidos. Como consequências observam-se o assoreamento de rios, lagos e reservatórios de retenção, a diminuição das seções das canalizações de drenagem, a proliferação de vetores e o transporte de poluentes químicos e orgânicos agregados ao sedimento, que podem contaminar as águas escoadas;

- *Aumento da temperatura:* devido ao aumento da absorção da radiação solar pelas superfícies impermeáveis e o consequente aumento da emissão de radiação térmica de volta para o ambiente.

3.3. Poluição dos Recursos Hídricos

Segundo Pereira (2004) a água pode ter sua qualidade afetada pelas mais diversas atividades do homem, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades gera poluentes característicos que têm uma determinada implicação na qualidade do corpo receptor. A poluição pode ter origem química, física

ou biológica, sendo que em geral a adição de um tipo destes poluentes altera também as outras características da água.

Holt (2000) aponta que se por um lado à industrialização e a urbanização, juntamente com a intensificação das atividades agrícolas, têm resultado no aumento da demanda da água, por outro lado aumentam a contribuição de contaminantes nos corpos d'água. As maiores e mais significativas rotas de contaminação são ocasionadas por emissões diretas e indiretas dos esgotos tratados e não-tratados, escoamento e deposição atmosférica e pelo processo de lixiviação do solo.

3.4. Sistemas de Drenagem e Canalização

O crescimento urbano tem sido caracterizado pela expansão irregular da periferia com pouca obediência à regulamentação urbana relacionada com o Plano Diretor Municipal (STEFANI *et al.*,2005), comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades, resultando em impacto significativo na infraestrutura de recursos hídricos, principalmente nos sistemas de drenagem de águas pluviais.

As interações entre as atividades antrópicas e o ciclo da água, se não observadas, podem gerar riscos à população. Butler e Davies (2011) dividem essas interações em dois grupos: da retirada da água do ciclo hidrológico para prover e suprir às necessidades humanas, e da cobertura da terra com superfícies impermeáveis que alteram o curso natural da água da chuva. Essas interações dão origem a dois tipos de água que necessitam de drenagem: *águas residuais* e *águas pluviais*.

O sistema de drenagem de um núcleo habitacional é o mais destacado no processo de expansão urbana, ou seja, o que mais facilmente comprova a sua ineficiência, imediatamente após as precipitações significativas, trazendo transtornos à população quando causa inundações e alagamentos. Além desses problemas gerados, também propicia o aparecimento de doenças como a leptospirose, diarreias, febre, tifoide e a proliferação dos mosquitos anofelinos, que podem disseminar a malária. E, para isso tudo, estas águas deverão ser drenadas e como medida preventiva adotar-se um sistema de escoamento eficaz que possa sofrer adaptações, para atender à evolução urbanística, que aparece no decorrer do tempo (BRASIL, 2004).

Fernandes (2002) cita como benefícios de um sistema de drenagem eficiente:

- Desenvolvimento do sistema viário;
- Redução de gastos com manutenção das vias públicas;
- Valorização das propriedades existentes na área beneficiada;
- escoamento rápido das águas superficiais, facilitando o tráfego por ocasião das precipitações;
- Rebaixamento do lençol freático;
- Recuperação de áreas alagadas ou alagáveis;
- Segurança e conforto para a população habitante ou transeunte pela área de projeto.

No Brasil, um dos maiores problemas das águas urbanas é a deficiência na coleta e tratamento de esgoto doméstico que gera grande contaminação das águas pluviais e dos mananciais pelo esgoto *in natura* (SILVEIRA, 2002).

3.4.1. Inundações

As palavras *cheia* e *enchente* tem como origem o verbo encher, do Latim *implere*, que significa: ocupar o vazio, a capacidade ou a superfície de; tornar cheio ou repleto. Quando as águas do rio elevam-se até a altura de suas margens, contudo, sem transbordar nas áreas adjacentes, é correto dizer que ocorre uma enchente. A partir do momento em que as águas transbordam, ocorre uma inundação (KOBAYAMA e GOERL, 2011).

Para Tucci e Bertoni (2003) o escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos que ocorrem isoladamente ou combinados que são eles: *Inundações de áreas ribeirinhas e inundações devido à urbanização*.

- ***Inundações de áreas ribeirinhas***

Segundo Tucci e Bertoni (2003) os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado com risco geralmente entre 1,5 e 2 anos. O impacto devido à inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a inundação. Estas enchentes

ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio escoar pelo seu leito maior. Este tipo de enchente é decorrência de processo natural do ciclo hidrológico. Essas condições ocorrem, em geral, devido às seguintes ações:

- Loteamento de áreas de riscos por empresários;
- Invasão de áreas ribeirinhas, que pertencem ao poder público, pela população de baixa renda;
- Ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com frequência menor, mas que quando o são, sofrem prejuízos significativos.

- ***Inundações devido à urbanização***

Atividades como impermeabilização, ocupação do solo e a construção da rede de condutos pluviais, promovem o aumento, a frequência e a magnitude das enchentes. O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento. À medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorre os seguintes impactos (TUCCI e BERTONI, 2003):

- Aumento das vazões máximas (em até 7 vezes) e da sua frequência devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies;
- Aumento da produção de sedimentos devido à falta de proteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos (lixo);
- Deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, devido à lavagem das ruas, transporte de material sólido e às ligações clandestinas de esgotos domésticos nos dispositivos de drenagem urbana.

3.4.2. Microdrenagem e Macrodrenagem

As águas pluviais precisam ser devidamente drenadas através de sistemas e atividades para diminuir os riscos de inundações. Essas atividades podem ser classificadas de acordo com sua dimensão/abrangência: *macrodrenagem* e *microdrenagem* (FREIRE, 2014).

- **Microdrenagem**

Os sistemas de microdrenagem incluem a coleta e afastamento das águas superficiais e subterrâneas através de pequenas e médias galerias (FERNANDES, 2002).

Seus componentes são (BRASIL, 2006):

- Boca de lobo: dispositivos para captação de águas pluviais, localizados nas sarjetas;
- Sarjetas: elemento de drenagem das vias públicas. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam;
- Poço de visita: dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudança de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e limpeza das canalizações;
- Tubos de ligações: são canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para a galeria ou para os poços de visita; e
- Conduitos: obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas.

- **Macrodrenagem**

A macrodrenagem destina-se ao escoamento final das águas escoadas superficialmente, inclusive as captadas pelas estruturas de microdrenagem; logo são dimensionadas para receber grandes vazões e com maiores velocidade de escoamento (MIRANDA, 2013).

Os elementos da macrodrenagem são, além da própria microdrenagem, galerias de grande porte, canais e rios canalizados ou não. As obras de macrodrenagem consistem em (BRASIL, 2006):

- ✓ Retificação e/ou ampliação das seções de cursos naturais;
- ✓ Construção de canais artificiais ou galerias de grandes dimensões;
- ✓ Estruturas auxiliares para proteção contra erosões e assoreamento, travessias (obras de arte) e estações de bombeamento.

Na macrodrenagem merecem destaque os canais abertos. A adoção de canais abertos em projetos de drenagem urbana sempre é uma solução que deve ser cogitada como primeira possibilidade pelas seguintes principais razões:

- Possibilidade de veiculação de vazões superiores à de projeto mesmo com prejuízo da borda livre;
- Facilidade de manutenção e limpeza;
- Possibilidade de adoção de seção transversal de configuração mista com maior economia de investimentos;
- Possibilidade de integração paisagística com valorização das áreas ribeirinhas, quando há espaço disponível;
- Maior facilidade para ampliações futuras, caso seja necessário.

Um sistema geral de drenagem urbana é constituído pelos sistemas de microdrenagem e macrodrenagem. A canalização, um dos objetos de estudo do presente trabalho, se enquadra na modalidade de macrodrenagem.

A partir da década de 1960, os países desenvolvidos uma proposta de mudança na gestão da drenagem urbana embasada no enfoque sanitário-higienista para um enfoque ambiental, visto que os conflitos da urbanização sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos e as limitações dos sistemas de drenagem tradicionais. Dessa forma, admitem-se soluções alternativas e complementares à rápida evacuação das águas pluviais, como obras de retenção e amortecimento de cheias, reservatórios de detenção e preservação de cursos de água (SILVEIRA, 2002).

Segundo Castro *et al* (2004), desde que as limitações dos sistemas clássicos de drenagem se tornaram evidentes, o meio técnico vem direcionando suas pesquisas em drenagem urbana para o desenvolvimento de técnicas alternativas ou compensatórias, que visam neutralizar os efeitos da urbanização sobre o ciclo hidrológico, com ganhos ambientais e sociais relacionados.

3.5. Medidas Estruturais e Não-Estruturais de Controle na Drenagem Urbana

As **medidas estruturais** são aquelas que envolvem obras construídas para reduzir o prejuízo causado pelas enchentes. Segundo Tucci (1993), as medidas estruturais podem ser intensivas ou extensivas. As medidas extensivas são as que agem na bacia, modificando as relações entre a precipitação e a vazão, como, por exemplo, a alteração da cobertura vegetal da bacia, que reduz os picos das cheias e o volume de escoamento superficial.

As medidas intensivas são as que agem no rio, e podem ser de três tipos:

- a) Aceleração do escoamento (canalização, corte de meandros, por exemplo), construção de diques ou polders;
- b) Retardamento do escoamento: construção de reservatórios ou bacias de amortecimento;
- c) Desvio do escoamento: canais ou desvios.

As medidas **não-estruturais** são aquelas em que se procura reduzir os danos ou as consequências das inundações, não por meio de obras, mas pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem.

Algumas medidas não-estruturais mais conhecidas são listadas a seguir:

- a) Ações de regulamentação do uso e ocupação do solo;
- b) Educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo;
- c) Seguro-enchente;
- d) Sistemas de alerta e previsão de inundações.

3.6. Avaliação de Impacto Ambiental

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) compreende um conjunto de métodos e técnicas de gestão ambiental reconhecidas, com a finalidade de identificar, prever e interpretar os efeitos e impactos sobre o meio ambiente decorrente de ações propostas,

tais como: legislação de solo, políticas, planos, programas, projetos, atividades, entre outros.

3.6.1. Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental

Sánchez (2008) afirma que existe uma grande variedade de ferramentas e procedimentos para a previsão de impactos sobre o meio ambiente; na verdade, muitos profissionais, de diversas áreas científicas, buscam desenvolver métodos capazes de antecipar as variações dos fenômenos que estudam, de modo que os métodos e procedimentos dessas áreas possam ser empregados na avaliação de impactos ambientais.

Métodos estes que variam com as características do projeto e as condições ambientais. Dentre os principais métodos empregados na Avaliação de Impactos Ambientais estão: ad hoc, checklists, matrizes, overlays, redes e modelagem (MAGRINI, 1989; SILVA, 1994).

A maioria dos métodos de avaliação ambiental atuais apresenta caráter subjetivo na abordagem do meio físico, portanto, devem ser utilizados critérios bem definidos para a escolha do mesmo, visto que cada um tem uma aplicação definida. Dentre os principais métodos descritos na literatura temos:

- *Método AD HOC*

Segundo Stamm (2003) este método consiste na formação de grupos de trabalho multidisciplinares com profissionais qualificados em diferentes áreas de atuação, apresentando suas impressões baseadas na experiência para elaboração de um relatório que irá relacionar o projeto a ser implantado com seus possíveis impactos causados.

Este método quando utilizada de forma isolada deve desenvolver a AIA de forma simples, fácil interpretação e de maneira dissertativa. Essa metodologia se adéqua a situações com escassez de dados e quando a avaliação deve ser disponibilizada em um curto espaço de tempo (CARVALHO e LIMA, 2010).

- *Listas de controle (checklist)*

As listas de controle podem ter variadas formas. São listas de atributos ambientais que podem ser afetadas pelo projeto em análise. Variam de simples listas de impactos ambientais causados pelo projeto até complexos inventários que podem incluir escala e significância de cada impacto sobre o meio ambiente (UNEP, 2000, p.65).

- *Métodos de Matrizes de Interação*

A matriz de interação refere-se a uma listagem de controle bidimensional que relaciona os fatores com as ações. Embora possam incorporar parâmetros de avaliação são meramente métodos de identificação, importantes em atividades que possam causar impactos de maior intensidade e, portanto, devem ser monitorados com bastante atenção (MOTA e AQUINO, 2002).

A metodologia de matriz de interações teve início a partir da tentativa de suprir as falhas observadas nas listagens ou check-list (BECHELLI, 2010).

A referida Matriz é baseada em uma lista de 100 ações com potencial de possíveis provedores de impacto ambiental e 88 características ambientais (FINUCCI, 2010). Faz-se necessário, inicialmente, assinalar todas as possíveis interações entre as ações e os fatores, para que posteriormente se estabeleça a magnitude e a importância de cada impacto em uma escala que varia de 1 a 10. A partir disto, é possível identificar e avaliar se o impacto em questão é positivo ou negativo (OLIVEIRA e MOURA, 2009).

- *Redes de interação*

Pode-se dizer que este é um método sistêmico. Em outras palavras, são esquemas que representam a sequência de operações entre os componentes de um projeto (MORRIS, 1995). As redes de interação simulam o projeto antes da sua implementação, e favorece a avaliação dos parâmetros de uma forma conjunta e simultânea.

Uma das características do método das redes de interação é identificar impactos indiretos e sinérgicos (secundários), subsequentes ao impacto principal (MORGAN, 1998).

4. METODOLOGIA

4.1. Localização e caracterização da área de estudo

Campina Grande é o segundo maior município do estado da Paraíba, com população estimada de 407.754 mil habitantes em 2016. Está situado no trecho mais alto das escarpas da Borborema, com latitude sul de 07° 13' 50" e longitude oeste de 35° 52' 52" e altitudes variando entre 500 e 600 m, ocupando uma área de 970 km², dos quais 411 km² são de área urbana. Está situada no semiárido nordestino, na mesorregião do Agreste Paraibano (IBGE, 2016).

O município pertence ao domínio da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, na qual um dos seus afluentes é o riacho Bodocongó, e onde se encontra o açude. O açude Bodocongó encontra-se localizado na porção central campinense, num bairro muito populoso e que deu nome ao açude.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Csa, que significa clima mesotérmico, subúmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno (entre janeiro até meados de outubro). A precipitação pluviométrica média anual de 802,7 mm, temperatura média de 27,5 °C e umidade relativa do ar média de 83% (ALVES *et al.*, 2009).

4.2. Bacia Hidrográfica do Riacho Bodocongó

A extensão da Bacia do Riacho Bodocongó se dar do sul do Município de Montadas até o Bairro da Catingueira na cidade de Campina Grande no Estado da Paraíba, tendo assim uma extensão de aproximadamente 25 km no sentido norte sul. Em Campina Grande o Riacho se encontra represado no Bairro de Bodocongó.

Localizado na borda oriental do Planalto da Borborema, o Município de Campina Grande-PB possui altitude média de 550 metros. Por apresentar topografia irregular, é denominada de "Campinas", com delineamento em direção SE-NW, a partir do Atlântico. As mais baixas altitudes da cidade (440m-460m) ocorrem na porção sul. O plano mais alto, com altitude superiores a 600 metros ocorre nas elevações dos Bairros da Palmeira e dos Cuités (630m), ao norte da cidade, e no Serrotão (678m)

considerado como ponto culminante localizados na porção noroeste da cidade (CARVALHO,1982).

Na Figura 4, podemos observar a área da bacia e adjacências, com os dados extraídos da carta topográfica da SUDENE e organizados de maneira a destacar e analisar os compartimentos do relevo, trechos de drenagem e a localização das áreas urbanas evidenciando a área do Bairro Novo Bodocongó em Campina Grande, PB.

Figura 4- Carta topográfica da Bacia do Riacho Bodocongó e adjacências.



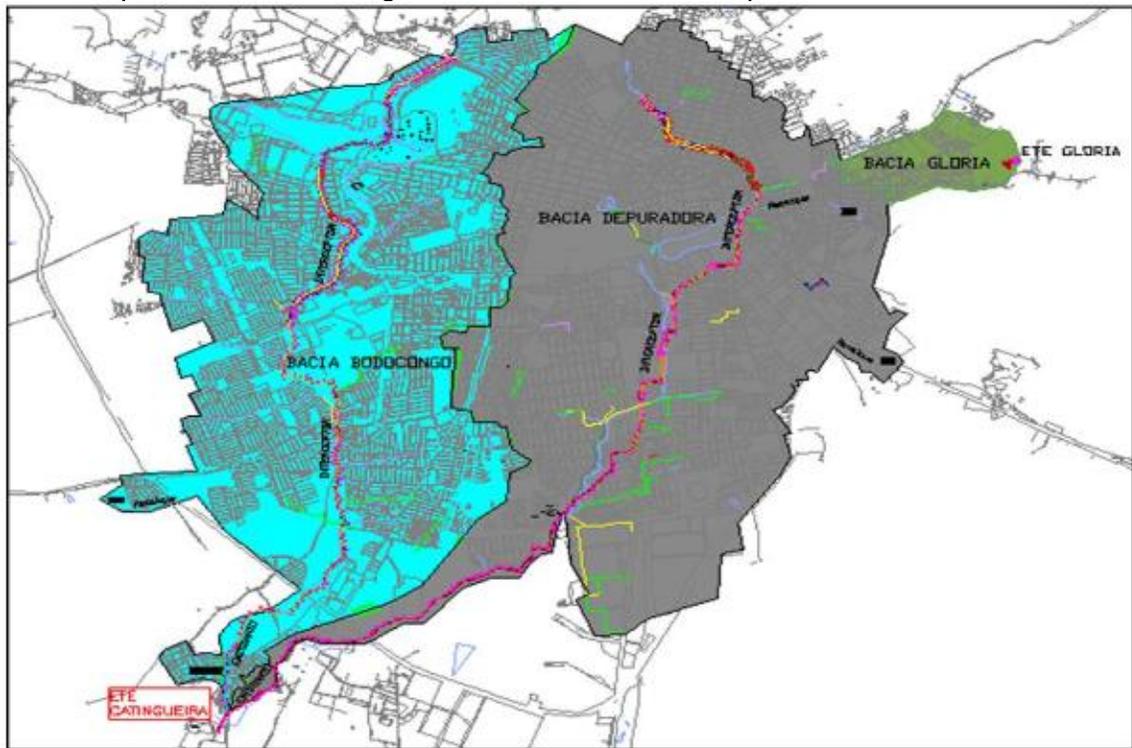
- Legenda:
-  Rede de Drenagem
 -  Nível mais elevado, o divisor, acima da cota de 750m.
 -  Compartimento intermediário, onde o planalto apresenta a superfície de aplainamento mais extensa entre 700 – 750m, e que acompanha as laterais do vale do Riacho Bodocongó em seu alto curso.
 -  Segmento onde o planalto apresenta os vales escavados do Riacho Bodocongó e os seus afluentes da margem direita. Cota entre 650 – 700m.
 -  Segmento abaixo de 650 m, onde se destacam dos patamares distintos. Sobre esse compartimento se localiza a cidade de Campina Grande.
 -  Áreas urbanas

Fonte: SUDENE (1999).

O mapa acima ilustra o curso do Riacho Bodocongó desde a nascente até a confluência com o Riacho do Prado onde forma o rio Bodocongó no Bairro da Catingueira. Também é possível observar e estabelecer na carta topográfica a extensão do seu alto, médio e baixo curso, escavado sobre o compartimento do relevo do Planalto da Borborema.

O sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande estende-se por três bacias (Figura 5), sendo duas bacias que contribuem para a estação de tratamento do bairro da Catingueira - a bacia Depuradora e a bacia Bodocongó - e uma bacia que contribui para a estação de tratamento do bairro Glória – bacia Glória. É constituído de dois interceptores principais (Interceptor da Depuradora - Leste e Interceptor de Bodocongó - Oeste), um emissário (Emissário da Catingueira), duas Estações de Tratamento de Esgoto (bairro Catingueira e bairro Glória) e cinco elevatórias (LIMA, 2013).

Figura 5- Mapa das bacias de esgotamento sanitário de Campina Grande, PB.



Legenda:

- Ligações domiciliares da Bacia Bodocongó;
- Ligações domiciliares da Bacia Depuradora;
- Ligações domiciliares da Bacia Glória.

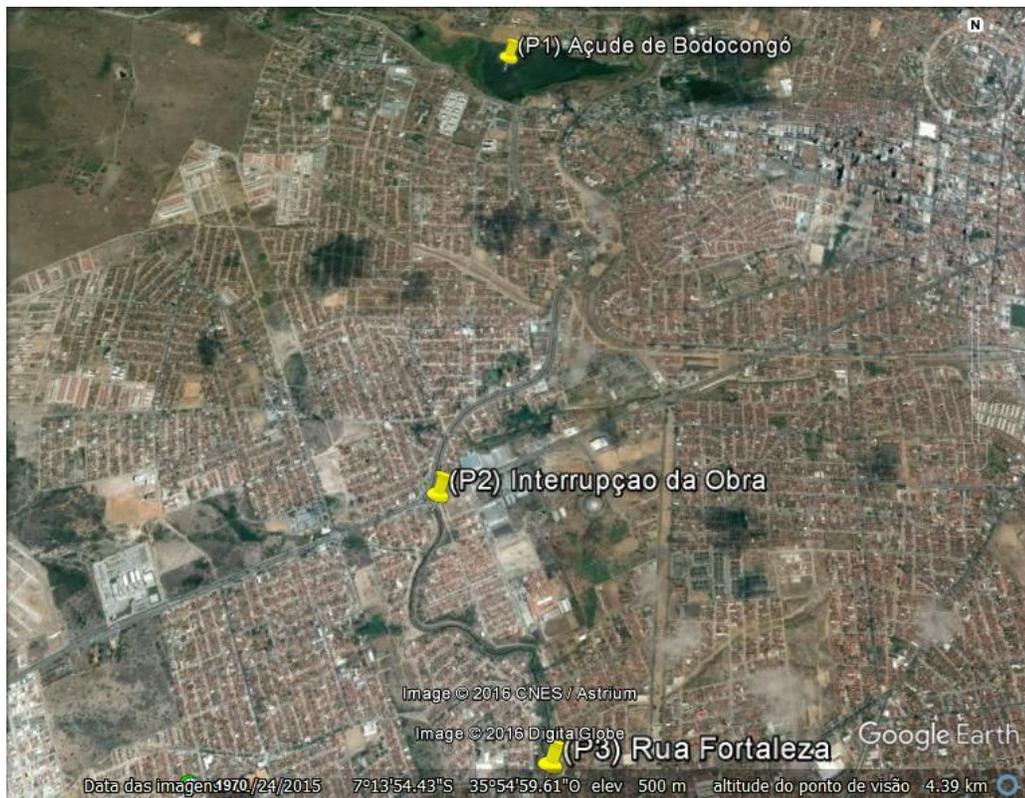
Fonte: Gomes, 2013.

A drenagem da cidade de Campina Grande é composta por um sistema de microdrenagem como bocas de lobo, sarjetas, poços de visitas, tubos de ligação e galerias, e um de macrodrenagem que compreende canais naturais e artificiais, em sua maioria abertos, e também áreas de retenção como os açudes Velho e Bodocongó. Dentre os canais artificiais, têm-se o canal das Piabas, do Prado, de Bodocongó, da Ramadinha, das Malvinas, de Santa Rosa, entre outros, construídos com o objetivo de afastar as águas pluviais o mais rápido possível e conduzi-las para os corpos hídricos mais próximos, como exemplo o Rio Bodocongó.

Apesar de ser dotada de sistema de esgotamento, a cidade enfrenta alguns problemas quanto ao lançamento de esgoto a céu aberto e nos corpos hídricos, além da presença de ligações clandestinas de esgotos na rede de drenagem pluvial, isto se deve à ausência ou deficiência da gestão no sistema de drenagem.

Para identificação dos pontos amostrais da situação ambiental das canalizações, utilizou-se do Google Earth de 2016 (Figura 6).

Figura 6 - Pontos analisados na canalização do açude Bodocongó.



Fonte: Google Earth (2016).

A Tabela 2 mostra as coordenadas dos pontos amostrais apresentados na Figura 6, da canalização do riacho Bodocongó.

Tabela 2 - Localização dos pontos de analisados da canalização do Riacho Bodocongó, em Campina Grande, Paraíba - 2016.

Ponto Amostrai	Localização	Coordenadas		
		Latitude (S)	Longitude (O)	Altitude (m)
P1	Açude de Bodocongó	7°12'50.89	35°55'2.72	512
P2	Fim da obra de Canalização	7°14'11.52	35°55'12.41	500
P3	Rua Fortaleza (Bairro Santa Cruz)	7°14'47.79	35°54'56.33	490

4.2. Métodos de avaliação de Impactos

Utilizaram-se os métodos de “check-list” (lista de checagem) e Matriz de impacto para fazer a caracterização dos aspectos qualitativos dos impactos ambientais sofridos pelo riacho Bodocongó canalizado em Campina Grande, PB.

Os pontos amostrais P1, P2 e P3, foram escolhidos estrategicamente, pois no P1 é onde o Riacho Bodocongó encontra-se represado. O P2 é onde a obra da canalização artificial foi interrompida, causando vários impactos a jusante desse ponto, como exemplo no P3, onde a população a tempos sofre com inundações em períodos de grandes chuvas.

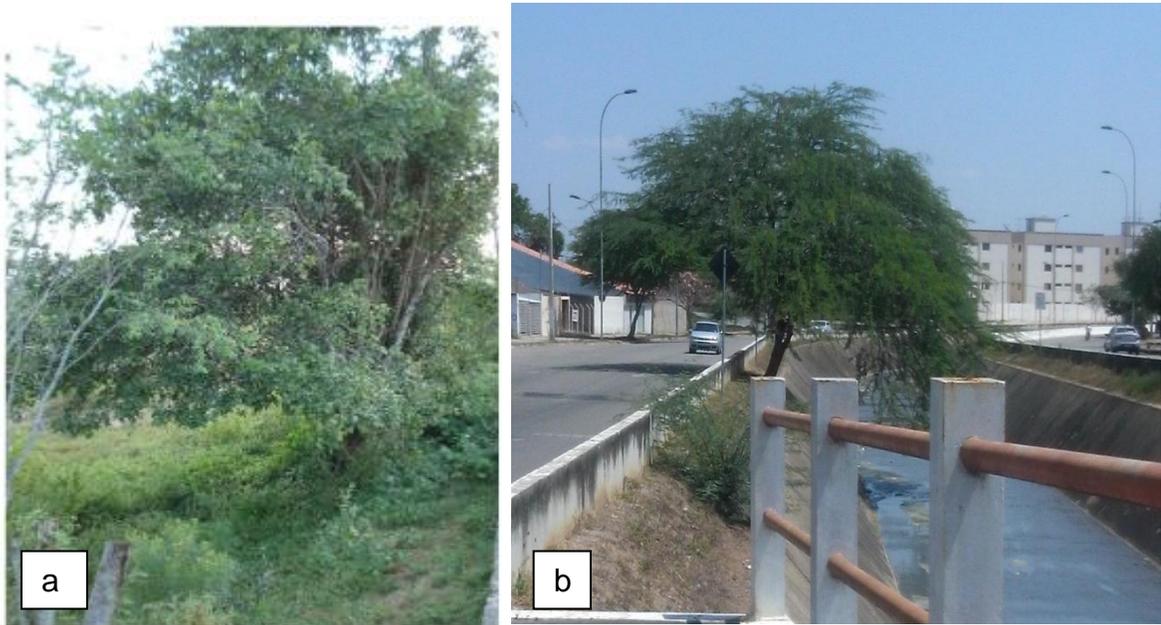
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Diagnóstico Ambiental no Ponto (P1)

5.1.1. Vegetação

É notória as transformações ocorridas ao longo dos anos nas margens do açude de Bodocongó, bem como em trechos ao longo do riacho, onde deveria existir espécies de vegetação, constatou-se que vem ocorrendo ocupação indevida das margens por áreas construídas, ou até mesmo pela exploração de madeira. Mesmo com toda a supressão da vegetação original, ainda foi possível observar alguns exemplares das espécies: jurema preta (*Mimosa tenuiflora Willd. Poiret.*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), o angico (*Anadenanthera columbrina Vell. Brenan*), o juazeiro (*Zizyphus joazeiro Mart.*) (Figura 7 a), umbuzeiros (*Spondias tuberosa*), mulungu (*Erythrina crista-galli*) e a invasão de espécies de Algaroba (Figura 8b).

Figura 7 - Espécies de vegetação encontrada no trecho do riacho Bodocongó.



Legenda: Juazeiro (a) e espécie de Algaroba (b). **Fonte:** Própria.

5.1.2. Processo de Urbanização

Com o crescimento populacional e também do setor imobiliário ocorrido em Campina Grande, à população menos favorecida, passou a ocupar espaços de menor valor comercial e mais distantes do centro, como é o caso da área de influência do açude Bodocongó e em trechos do riacho, que vem sendo tomado por um número expressivo de famílias (Figura 8). Ocupação esta, que vem ocorrendo, sem uma infraestrutura adequada, ocasionando uma superpopulação no local, e consequentemente danos, tanto a saúde dos moradores como também do açude.

Figura 8- Urbanização nas margens do Açude Bodocongó e em trechos do riacho.



Fonte: Própria.

A ausência de rede coletora de esgoto e a presença de resíduos sólidos acumulados caracterizam a proliferação de agentes etiológicas causadores de doenças transmissíveis, como também o assoreamento e a eutrofização.

5.2. Canalização

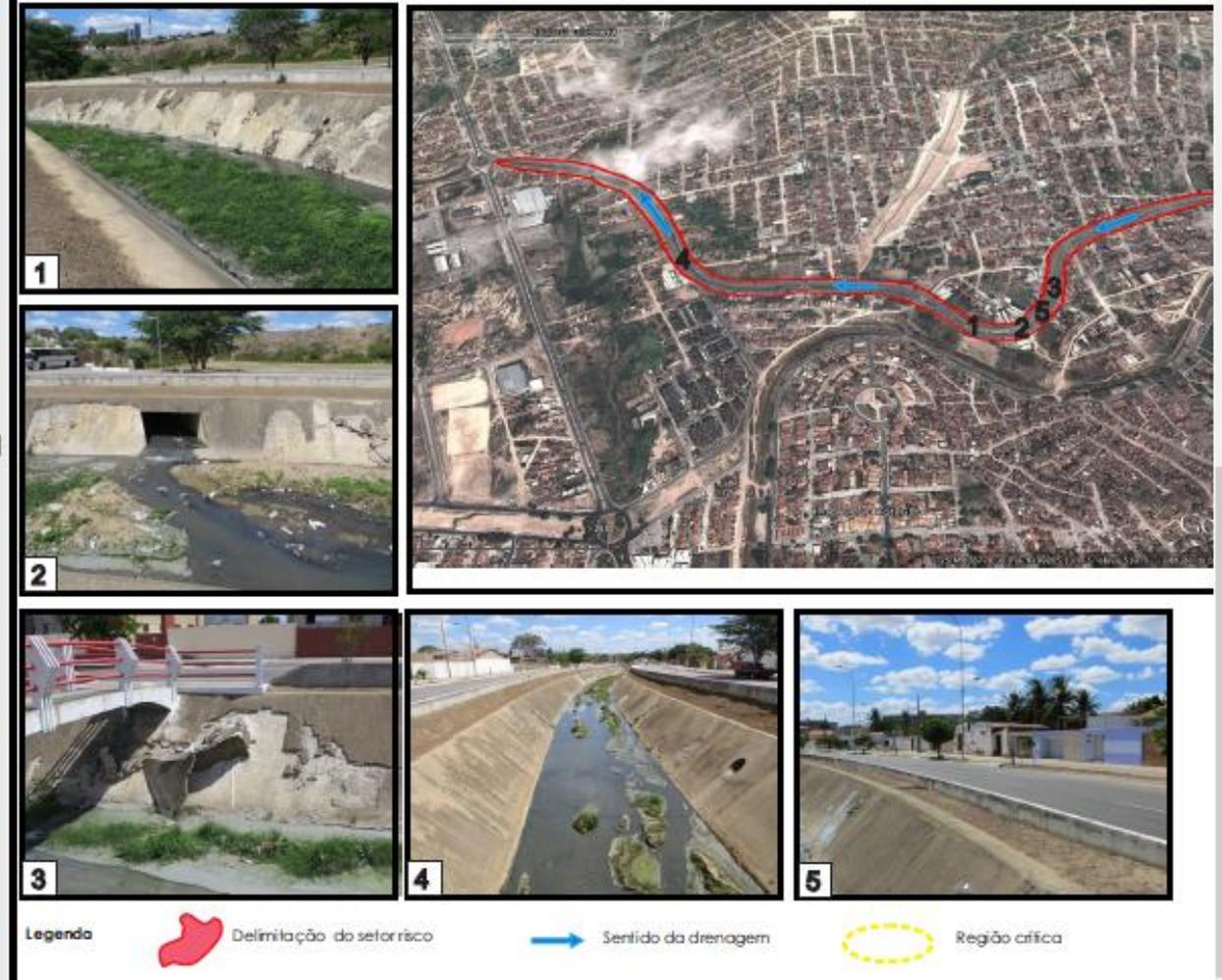
Mesmo com o sistema separador absoluto, a cidade vem enfrentando problemas com a ocorrência de inundações que aumentam a cada ano, isso devido ao crescimento desordenado, falta de regulamentação do uso e ocupação do solo, como também ao limitado controle de operação e manutenção das estruturas físicas desses sistemas.

A Figura 9 mostra o traçado da canalização de drenagem do rio, através das imagens 1,2 e 3 é possível observar os danos sofridos ao longo do tempo devido a aumentos repentinos do volume d'água, evoluindo para um fluxo de alta energia capaz de erodir o concreto armado que reveste o canal, principalmente nas curvas. Nas imagens 4 e 5 durante a enxurrada o nível d'água transborda o canal alagando as avenidas paralelas e em muitos pontos atingindo lojas e casas.

Observa-se que a galeria que seria usada exclusivamente para drenagem urbana (Imagem 2) é usada clandestinamente para lançamentos de efluentes domésticos e industriais. Fato que é evidente ao se observar o aspecto leitoso dos efluentes que escoam e pedaços de materiais sintéticos provenientes de fabrica têxtil ou de calçado bem como o de materiais sólidos, que foram visualizados em visita *in loco*.

Nas Imagens 1 e 5 observa-se acúmulo de sedimentos e crescimento de espécies vegetais causando assoreamento do canal.

Figura 9 - Drenagem do Riacho Bodocongó no meio urbano.



Fonte: CPRM Serviço Geológico do Brasil

5.2.1. Interrupção da obra de artificialização (P2)

Na Figura 10, imagem retirada do Google Earth, ilustra a obra de artificialização que contempla apenas o segmento do canal a montante do Bairro de Santa Cruz com uma extensão de aproximadamente 3 Km, ficando incompleta, contribuindo assim para aumentar a velocidade da água no trecho artificializado uma vez que sem obstáculos, ou rugosidade no fundo do canal, a água ganha maior velocidade chegando à Rua Fortaleza (**P3** analisado) em maior volume, aumentando as condições de risco para a população local. Usei como referência a população no ponto P3, porém esse ponto só

faz parte de uma extensão aproximadamente de 6 Km de canal natural que também acaba sofrendo os impactos provindos da obra de artificialização do canal incompleta.

Figura 10- Trechos Artificializado e Natural do Riacho Bodocongó.



Legenda:

- Trecho do canal Artificializado
- Trecho do canal Natural

Fonte: Google Earth (2016).

5.2.1. Estudos na Rua Fortaleza (P3)

A área de estudo a Rua Fortaleza no bairro Santa Cruz, encontra-se localizada no compartimento topográfico mais rebaixado da cidade, a uma altitude média entre

450 e 650m, ao longo do canal, dentro da faixa considerada como a área de inundação do Riacho, sujeita a alagamentos que durante os episódios de chuvas torrenciais a rua fica exposta a condições de risco, em decorrência da sua localização (Figura 11).

Figura 11 – Ilustração do alagamento ocorrido na Rua Fortaleza em 14 de Fevereiro de 2011.



Fonte: SILVA, (2012).

Outro fato, que deve ser levada em consideração, para a situação de risco na Rua Fortaleza são as alterações feitas no canal do Riacho Bodocongó, até a altura da Avenida Floriano Peixoto. Ou seja, o prolongamento do trecho artificializado do Riacho Bodocongó se apresentaria como uma solução plausível, visto que teoricamente eliminaria o problema das enchentes, e alagamentos, contudo possivelmente necessitaria da retirada da população local.

Outro aspecto a ser considerado, são os resíduos sólidos presentes ao longo do Riacho que são transportados pelas águas, o que contribui de forma potencial para situações de risco no local.

Na Figura 12, é possível observar na Rua Fortaleza, à presença de resíduos sólidos 'lixo' às margens e dentro do Riacho. Em campo observa-se que essa situação

se repete em quase toda a extensão do mesmo, ou seja, o Riacho, não só nesse trecho, passa a ser o local receptor de resíduos sólidos depositado no canal.

Também é possível identificar nesta figura 12 o transporte de esgoto sanitário (cor escura do efluente transportado).

Figura 12- Resíduos sólidos depositados dentro e nas margens do canal.



Fonte: Própria.

Observa-se na Figura 12, o acúmulo de sedimentos, entulho e outros detritos transportados pela água ao longo do curso fluvial, que contribuem para o processo de assoreamento do canal agravando as condições já existentes no local. No entanto, práticas como educação ambiental e a conscientização ecológica podem ajudar a evitar o agravamento da degradação ambiental, pois não adianta implementar medidas de conservação ou revitalização de um riacho ou açude, se ainda há uma cultura de destruição e descaso com relação ao meio ambiente.

5.4. Avaliação de Impacto no canal Bodocongó

Logo abaixo no Quadro 1 está apresentada uma lista de impactos ambientais observados no riacho de Bodocongó canalizado em Campina Grande, por meio do *check list*.

Quadro 1 - Check list empregado na avaliação dos impactos sobre o canal de Bodocongó em Campina Grande, PB.

IMPACTOS	PARÂMETRO	CRITÉRIO
Hidrológico / Hidráulicos	Condições de vulnerabilidade e inundações	SIM
	Impacto sobre as vazões de jusante	SIM
Ambientais	Compactação do solo	SIM
	Permeabilização do solo	NÃO
	Processos de erosão e assoreamento	SIM
	Diversidade de habitat	NÃO
	Áreas verdes adjacentes ao corpo de água	NÃO
	Impacto paisagístico	SIM
Sanitário	Proliferação de Insetos	SIM
	Lançamento <i>in natura</i> de esgoto doméstico	SIM
	Lançamento de Resíduos Sólidos no canal	SIM
Sociais	Áreas e equipamentos urbanos de lazer	SIM
	Desapropriação, remoção e reassentamento da população	SIM
	Valorização financeira da área	SIM

Fonte: Adaptado pelo autor.

Dentre os impactos mencionadas na Tabela 3 se destacam as condições de vulnerabilidades e inundações, os problemas com vazões a jusante, lançamentos de esgoto e resíduos sólidos no canal, proliferação de insetos em áreas ainda não canalizadas, bem como a desapropriação, remoção e reassentamento da população, fato que acarreta em situações sociais significativas para a referida população que há muito tempo reside na área e mantém com o lugar, laços afetivos e econômicos.

Foi também aplicada na avaliação de impactos, através da matriz de impactos ambientais que analisa os aspectos nos meios físico, biótico e socioeconômico no Riacho Bodocongó canalizado na cidade de Campina Grande – PB, como descrita no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 - Matriz de Impacto Ambiental

Meios	Impacto	Natureza	Duração	Magnitude	Significância
Meio Físico	Aceleração do Processo Erosivo	-	T	A	MS
	Aumento da vazão de escoamento / Contenção de inundações	+	P	A	MS
	Diminuição da ocorrência de inundações	+	P	A	MS
	Proliferação de insetos	-	P	M	S
Meio Biótico	Afetação de áreas de refúgio, reprodução e deslocamento da fauna.	-	P	B	S
	Supressão de vegetação	-	P	A	S
Meio Socioeconômico	Desapropriação de Imóveis	-	P	A	MS
	Alteração da Paisagem	+	P	A	MS
	Valorização Imobiliária no entorno	+	P	A	MS

Atributos:**Natureza:** Positivo (+) / Negativo (-) / Indefinido (+/-);**Duração:** Permanente (P); Temporário (T);**Magnitude:** Baixa (B); Média (M); Alta (A);**Significância:** Pouco Significativo (PS); Significativo (S); Muito Significativo (MS).

Foram avaliados nove (9) impactos, dentre eles foram identificados quatro (4) impactos positivos e cinco (5) impactos negativos. Dos negativos, (4) são de caráter permanente e com nível de significância variando de significativa a muito significativa, levando a uma maior preocupação ambiental. Já os positivos, todos são de duração permanente e muito significativos.

Por meio dessa avaliação foi possível concluir, que o meio Biótico e o meio Físico foram os mais afetados negativamente. E o meio Socioeconômico mais afetado positivamente.

A canalização acarreta impacto como a retirada do solo original, que são descartados em aterros e substituídos por uma camada de pedras e concreto, que reduz a permeabilidade da calha. Além do problema da impermeabilização da calha, o solo em toda a margem do canal fica compactado em virtude do tráfego de máquinas pesadas.

Figura 13 - Compactação do solo as margens do canal



Fonte: Própria.

A impermeabilização em conjunto com a compactação do solo são um dos causadores das erosões urbanas.

A erosão ocorre quando o solo permanece desnudo e exposto à ação abrasiva dos ventos e da água (CRAUL, 1999). Obras como cortes e aterros podem tornar estes locais mais suscetíveis à erosão. A retirada da mata ciliar, depósitos irregulares de lixo

e alta impermeabilização da bacia urbana (ROBAINA, 2001) aumentam o transporte e sedimentação das partículas de solos (KELLER, 1996; USDA-NRCS, 2000) afetando a frequência e intensidade das inundações em cursos d'água.

Outro impacto, que acontece devido à canalização, é a possibilidade de erosões no final da canalização, devido possuir uma superfície menos rugosa, a água escorre mais rápido, ver na Figura 14. Antes, a partir dessa área do canal, havia apenas um filete de água e uma calha natural bem estreita margeando o seguimento do canal, já nessas imagens podemos observar que ao longo do tempo vem havendo o alongamento da calha do canal devido ao assoreamento e as erosões, que vai ocupando mais ainda o espaço chegando ao fundo das residências.

Figura 14 - Solo erodido no final da canalização





Fonte: Própria.

5.5. Propostas para minimização dos impactos significativos identificados

Com a finalidade de propor medidas para minimizar os impactos ambientais causados pela canalização do Riacho Bodocongó, estão abaixo algumas medidas de controle e mitigação:

- Realizar serviços de manutenção no canal;
- Remover os resíduos sólidos e sedimentos acumulados no fundo do canal;
- Identificar e redirecionar as ligações clandestinas de esgotos domésticos e até industriais que é lançado no riacho;
- Efetuar permanente acompanhamento da presença de animais e utilização dos remanescentes de vegetação na área de influência;
- Inserção da população cadastrada em programas habitacionais quando pertinente ou alguma medida de auxílio social equivalente;
- Desenvolver projeto paisagístico e de ocupação dos espaços públicos criados e dos canais naturais.

6. CONCLUSÕES

Os problemas como a má gestão dos recursos hídricos e ambientais, o uso desordenado e predatório por parte da sociedade, bem como a falta de sensibilidade da população frente à importância da conservação dos recursos hídricos tem gerado sérios problemas ambientais à área percorrida pelo Riacho Bodocongó.

Os métodos de *check-list* e Matriz de impacto utilizados na caracterização dos impactos ambientais do riacho Bodocongó canalizado, foi imprescindível para avaliar os problemas ambientais tanto no entorno da canalização, como na estrutura física da obra.

No entanto, para minimizarmos os danos ambientais identificados no trabalho, além da participação do poder público, práticas como educação ambiental e a conscientização ecológica podem ajudar a evitar o agravamento da degradação ambiental.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. O.; LEAL, A. C. **Pressupostos teóricos e metodológicos do planejamento ambiental**. Formação. Presidente Prudente/SP: FCT/UNESP, v.1, n.10, 2003. p.31-50.
- ALVES, W. W. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SOUSA, J. T.; LIMA, V. L. A. de. Águas residuárias e nitrogênio: efeito na cultura do algodão marrom. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 4, p.16-23, 2009.
- ARAÚJO, G. H. S.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2005. 320p.
- BECHELLI, C. B. **Utilização de matriz de impactos como ferramenta de análise em estudos de impacto de vizinhança: edifício residencial em Porto Rico – PR**. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre. 2010.
- BRASIL. **Manual de saneamento**. ed. 3. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde. 408 p. 2006.
- BUTLER, D. and DAVIES, J. W. **Urban Drainage**, 3^a Edition. London: Spon Press. 2011.
- CARVALHO, D. L.; LIMA, A.V. **Metodologias para Avaliação de Impactos Ambientais de Aproveitamentos Hidrelétricos**. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre. 2010.
- CARVALHO, F. de A.; CARVALHO, M. G. F. **Atlas Geográfico do estado da Paraíba**. João Pessoa, Grafset, UFPB, 1982.
- CARVALHO, A. P. **Diagnóstico da degradação ambiental do açude de Bodocongó em Campina Grande – PB**. Campina Grande 2007. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Centro Ciências, Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande.
- CASTRO, L.M.A.; BAPTISTA, M.B.; CORDEIRO NETTO, O.M. Análise multicritério para avaliação de sistemas de drenagem urbana – Proposição de indicadores e sistemática de estudo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.9, n.4, p.05-19, 2004.
- CRAUL, P.J. **Urban soils: Applications and practices**. New York : John Wiley, 1999. 366p.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Degradação Ambiental** In GUERRA, Antonio José Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista da org. Geomorfologia e Meio Ambiente. 4^a Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

DAEE - Departamento de águas e energia elétrica. Disponível em:
<http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/distribuicao.htm>. Acesso em: 03 de Outubro de 2016.

EPA. **Stream Corridor Restoration – principles, processes and practices**. EUA: Env. Prot. Agency, 1998.

FERNANDES, C. **Microdrenagem - Um Estudo Inicial**. Campina Grande: DEC/CCT/UFPB, 2002.

FERRIER, R. C., EDWARDS, A. C., HIRST, D., et al., 2001, **Water Quality of Scottish Rivers: Spatial and Temporal Trends, The Science of the Total Environment**, v. 265, pp.327-342.2001.

FINUCCI, M. **Metodologias utilizadas na avaliação do impacto ambiental para a liberação comercial do plantio de transgênicos**. 2010. 230f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em:
<https://www.portalvital.com/saude/saude/a-agua-no-brasil>. Acesso em: 03 de Outubro de 2016.

FREIRE, J. R. P. **Análise do Sistema separador absoluto no âmbito da drenagem pluvial da cidade de Campina Grande**. Dissertação de Mestrado (Eng, Civil e Ambiental). UFCG. Campina Grande, 2014. 91 f.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. *Caderno de Saúde Pública*, 17 (3), p. 651 – 660, 2001.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento**. Ministério da Saúde. Departamento de saneamento, 2004.

GOMES, E; F. **Perdas de vazão e seus efeitos na operação do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande-PB.2013**. 84p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil e Ambiental) -Universidade Federal de Campina Grande. PB. 2013.

HOLT, M. S. **Sources of Chemical Contaminants and Routes into the Freshwater Environment, Food and Chemical Toxicology**, v.38,2000. pp. 21-27.

<http://www.portalresiduossolidos.com/lei-11-44507-lei-federal-do-saneamento-basico/>
 Acesso em 01 de Agosto de 2016.

http://www.cprh.pe.gov.br/licenciamento/avaliacao_impacto_ambiental/39710%3B61830%3B1505%3B0%3B0.asp. Acesso em 24 de Agosto de 2016.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados estatísticos do Município de Campina Grande- PB**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>, Acesso em: 13 out. 2016.

KELLER, E.A. **Environmental geology**. 7.ed. Upper Saddle River : Prentice Hall, 1996. 560p.

KOBIYAMA, M.; GOERL, R. F. Identificação dos riscos. **Emergência**. Novo Hamburgo. Ed. 25 p. Março. 2011.

LIMA, N.; F. **Recuperação de ovos de helmintos em amostras de águas residuárias urbanas de populações de baixa renda da cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil**. 2013. 72p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. PB. 2013.

LINSLEY, R. K. Jr; FRANZINI, S. B. **Engenharia de Recursos Hídricos**. Tradução e adaptação de Luiz Américo Pastorino. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

MAGRINI, A. **Avaliação de Impactos Ambientais e a região amazônica, In: Curso: Impactos Ambientais de Investimentos na Amazônia – Problemática e Elementos de Avaliação**. Manaus: Projeto BRA/87/021 – SUDAM/PNUD/BASA/SUFRAMA e Projeto BRA/87/040 – ELETRONORTE/PNUD, 1989.

MIRANDA, H; K. **Microdrenagem e macrodrenagem urbana**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br>>. Acesso em: 23 de setembro de 2016.

MORGAN, Richard K. **Environmental Impact Assessment**. Dordbrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. 307 p.

MORRIS, Peter e THERIVEL, Riki. **Methods of Environmental Impact Assessment: the natural and built environmental series 2**. Londres:UCL Press Limited, 1995. 378 p.

MOTA, S.; AQUINO, M. D. **Proposta de uma matriz para avaliação de impactos ambientais**. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Engenharia sanitaria e ambiental. Vitória-ES. Anais... Vitória – ES. 2002.

NÓBREGA, P.; V.; M. **Análise do sistema de drenagem de Campina Grande/PB para proteção de áreas de risco de inundação**. Campina Grande, Paraíba, Brasil. 2012. 128p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil e Ambiental) -Universidade Federal de Campina Grande. PB. 2012.

OLIVEIRA, F.C.; MOURA, H.J.T. de. **Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará**. **Pretexto**, v.10, n.4, p.79-98. 2009.

ORTEGA, D. J. P. **Avaliação dos efeitos das atividades antrópicas na bacia hidrográfica do Córrego do Ipê, município de Ilha Solteira – SP.** Ilha Solteira : [s.n.], 2011

PENA, R. F. A. **Distribuição da água no Brasil; *Brasil Escola*.** Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em 03 de outubro de 2016.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos.** IPH-UFRGS. V.1, n.1. p.20-36. 2004.

PRINZ, D. ; SINGH, A., K. **Water Resources in arid regions and their sustainable management.** Annals of Arid Lands, Special issue on research. 2003.

ROBAINA, L.E. Análise dos ambientes urbanos de risco do município de Santa Maria – RS. **Ciência & Natura**, v.23, p.139-152, 2001.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impactos ambientais: conceitos e métodos.** São Paulo. Oficina de textos. 2008. 495p.

SILVA, E. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil, 1994.** Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994 .

SILVA, J. C. R. **Impactos ambientais sobre a rede de drenagem.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2012.

SILVEIRA, A. L.L. **Drenagem Urbana. Aspectos de Gestão.** Material didático do Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq). 2002. 1ª ed.

STAMM, H.R. **Método para avaliação de impacto ambiental (AIA) em projetos de grande porte: estudo de caso de uma usina termelétrica.** 2003. 284f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis-SC.

STEFANI, A.; ARB, A. C.; GONÇALVES, F. R.; AYRES, M. V. A.; MELLO, M. H. V.; SOUZA, R. M. P. **Seminário “Gestão da Drenagem Urbana”.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: E. P. USP, 2005, p.

TOMITA, R. Y.; BEYRUTH, Z. **Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático.** *Biológico*, v. 64, n 2, pp 135-142, 2002.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia. Ciência e aplicação. Editora da Universidade. ABRH: EDUSP. Porto Alegre. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. Vol. 4. 1993.

TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRS ABRH. 1997 p.

TUCCI, C.E.M. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. ***Inundações Urbanas na América do Sul***. Porto Alegre: ABRH, GWP, 2003. p 45-150.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: Rebouças, A. C. et al (org.). **Águas doces no Brasil**. 3ª Ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 717 p.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Review of Environmental Impact Assessment and Environmental Management Techniques**. 2000. Disponível em: <www.undp.org/seed/guide/hanbook//part3a.htm>. Acesso em 20 out 2016.

USDA-NRCS. **Erosion and sedimentation on construction site**. Urban Technical Note N° 1, march, 2000.