



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL - UAEC
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO – CAU

**Análise territorial à luz da sensibilidade às águas: O caso de
Acanhã, Sandra Cavalcante.**

FERNANDA DE CARVALHO ALMEIDA VALENTIM

CAMPINA GRANDE

2017



FERNANDA DE CARVALHO ALMEIDA VALENTIM

**Análise territorial à luz da sensibilidade às águas: O caso de Acanhã,
Sandra Cavalcante.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Campina Grande sob orientação da Profa. Iana Alexandra Alves Rufino e co-orientação da Profa. Karla Azevedo dos Santos.

CAMPINA GRANDE

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

CAU/UFCC

Trabalho de Conclusão de Curso “ANÁLISE TERRITORIAL À LUZ DA SENSIBILIDADE ÀS ÁGUAS: O CASO DE ACANHÃ, SANDRA CAVALCANTE”, apresentado por FERNANDA DE CARVALHO ALMEIDA VALENTIM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo outorgado pela Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, Curso de Arquitetura e Urbanismo.

APROVADO EM: 08 de setembro de 2017

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Iana Alexandra Alves Rufino
Orientadora - Presidente

Prof^a. Me. Karla Azevedo dos Santos
Coorientadora

Prof^a. Dr^a. Kainara Lira dos Anjos
Examinadora Interna

Prof^a. Me. Priscila Barros Ramalho Alves
Examinadora Externa

AGRADECIMENTOS

Primeiramente preciso agradecer à Jesus, por ter me mostrado que tenho a mente de Cristo e posso todas as coisas. Ele me incentivou até aqui para que eu não desistisse em meio à tantas tarefas e responsabilidades, tudo foi feito por meio Dele, por Ele e para Ele, Arquiteto e Urbanista de todo o Universo, aquele que me inspira todos os dias por meio de suas tão belas criações, à Ele toda honra e glória! Dedico este trabalho também aos meus pais, **Adelson José Valentim e Jaciara de Carvalho Almeida**, que deram seu melhor para que eu tivesse acesso aos melhores recursos e acima de tudo, repassaram com muito amor os valores que tenho hoje, bem como meus avós, tios e primos, em especial **Carolina Rodrigues**, pelas contribuições emergenciais. Agradeço à **Lucas Cavalcante Mota**, namorado e futuro (bem próximo) marido, por ser suporte e alívio para mim quando estava sobrecarregada.

Obrigada aos meus colegas de curso que são tesouros que a graduação me deu. Costumo dizer que foram meus braços e minhas pernas durante o curso, tornando as noites em claro mais leves, especialmente **Cinthya Sobreira, Igor Michel, Igor Nóbrega, Jully Carvalho, Rianne Guedes, Renata Oliveira, Giulianne Fernandes e Maryanne Siqueira**. Amo vocês e sou muito grata por ter ganhado tias, lares, cuidado e comida através da vida de vocês. Principalmente Giu, aquela que mais abusei durante esses cinco anos, fazendo da sua casa, minha casa, suas roupas, minhas roupas, suas chaves, minhas chaves. Obrigada por esse coração!

Agradeço aos meus professores que me inspiraram, me nortearam, me ajudaram e cumpriram seu papel como mestres com excelência. Obrigada às melhores orientadoras que eu poderia ter, bases para o sucesso dessa reta final: **Iana Alexandra Alves Rufino**, a super chefe do laboratório de Hidráulica I que me acompanhou de perto no últimos semestres. Quando crescer quero ser como você! E à minha amiga, que antes de um TCC ou disciplina lecionada, compartilha comigo gostos e sonhos em comum, **Karla Azevedo dos Santos**. Como fico feliz ao te ver crescendo nesse tempo. Você vai muito mais longe do que já chegou! Quanto carinho tenho por vocês!

Não poderia deixar de agradecer à toda família do **Laboratório de Hidráulica II (BU)**, meu Lab doce Lab, onde passei metade da minha graduação aprendendo e me divertindo todos os dias, principalmente com Carlos Galvão e as “Tobogirls”, desde as reuniões formais aos cafezinhos descontraídos, sem dúvidas esse ambiente colaborativo me acrescentou e me fez crescer em todas as áreas, não só a acadêmica.

Obrigada **Priscila Barros Ramalho Alves**, por tanta paciência e tempo gastos tirando minhas dúvidas, cedendo dados a todo momento, sempre ajudando em tudo que podia. Você é referencial pra mim! Também expressei minha gratidão à Secretaria de Planejamento de Campina Grande, nas pessoas de **Morgana Targino** e **Verônica do Vale**, por ceder dados necessários para este trabalho e por tanto conhecimento e história compartilhados comigo.

E por fim mas não menos importante, agradeço aos que me apoiaram em oração e conselhos e me impulsionaram: **Andressa Araújo, Ibsen Soares, Talita Linhares e à Grande Comissão**. Vocês são parte do cuidado de Deus para com a minha vida!

RESUMO

Campina Grande é uma cidade do semiárido Brasileiro, localizada no polígono das secas e é um exemplo de cidade, dentre tantas outras, que prosperaram a partir de seus corpos hídricos. Entretanto, na medida em que a cidade cresceu, os corpos hídricos perderam sua importância além de um simples recurso, e passaram a ser esquecidos pela população e negligenciados pelo poder público. O aumento da impermeabilização do solo, como consequência do fenômeno do desenvolvimento, passa a gerar grandes transtornos à população, sobretudo em períodos chuvosos. Esse é o caso da região de Acanhã, localizada no bairro Sandra Cavalcante, objeto de estudo deste trabalho. Sendo assim, tem-se como objetivo analisar a eficiência e implementação dos instrumentos legais de planejamento urbano vigentes no município, através da elaboração de cenários, a fim de diagnosticar a situação atual e compará-la com o cenário previsto em lei, no tocante à impermeabilização do solo e convivência com as águas urbanas, com vistas a uma reaproximação da população aos recursos hídricos, selecionando e aplicando princípios do planejamento urbano sensível às águas (WSUD, do inglês: *water sensitive urban design*). O estudo foi realizado através de levantamento de dados em campo e simulações hidrológicas computacionais com o software SWMM (*Storm Water Management Model*) e buscou propor recomendações e considerações para aperfeiçoamento do cenário real. Ressalta-se que o presente trabalho não busca alternativas para solucionar todos os desconfortos urbanos gerados por conflitos com os recursos hídricos, mas é importante para chamar atenção dos agentes de mudança do desenho urbano para o atual estado da microdrenagem da área e para evitar que esta chegue em um cenário ainda mais crítico, para que hajam mudanças no adensamento que está acontecendo, tendo em vista que os resultados das simulações não foram satisfatórios em relação ao acúmulo de escoamento superficial nas quadras.

Palavras-chave: Planejamento urbano sensível às águas, medidas de baixo impacto, instrumentos de ordenamento territorial.

ABSTRACT

Campina Grande is a Brazilian Northeast semi-arid city, located at the "Draught Polygon" and it is an example of a city among many others that were created and prospered from water resources. However, as far as the city grew, the rivers and lakes lost their importance beyond a simple supply and were forgotten by the population and overlooked by authorities who manage the city. The soil sealing increased as consequence of the development event. It is now generating big disorders to the citizens, mainly at the rainy season. That is the case of Acanhã region, located at Sandra Cavalcante's neighborhood, study object of this paper. Therefore, the objective is to analyze the current legal urban planning instruments efficiency and implementation using different scenarios to diagnoses the current (real) region situation and compare it to the scenario provided by law, in terms of imperviousness and urban waters interaction, aiming to reconnect the population to water resources, selecting and using water sensitive urban design principles, low impact development measures and Sustainable Urban Drainage System. The study was developed collecting field data and execution computer simulations using the software Storm Water Management Model and seek to propose recommendations and considerations to improve the real scenario. It should be emphasized that the present study does not seek alternatives to solve all the urban discomforts generated by conflicts with water resources, but it is important to draw attention from the agents of urban design change to the current state of micro-drainage of the area and to prevent it from reaching an even more critical scenario so that there are no changes that are occurring, since the results The simulations are not satisfactory in relation to the accumulation of surface runoff in the blocks.

Key-words: Urban development, water sensibility, green infrastructure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do município de Campina Grande, zona rural e urbana (em destaque)	13
Figura 2 - Esquema de estágios de transição de tipologias de cidades até a cidade sensível às águas	20
Figura 3 - Sydney Park	22
Figura 4 - Interação de pessoas com corpo hídrico	23
Figura 5 - Antes e depois da intervenção na Rodovia Harbour, Portland	24
Figura 6 - Inserção da área de estudo na cidade	37
Figura 7 - Ácanhã	37
Figura 8 - Registro do descaso com o corpo hídrico	38
Figura 9 - Casas construídas dentro do Açude do Catolé, aterrado.	38
Figura 10 - Histórico da área	41
Figura 11- Setores censitários	41
Figura 12 - Dados Socioeconômicos da população	42
Figura 13- Infestações do Aedes Aegypti	43
Figura 14 - Corpo hídrico como receptor de esgoto	43
Figura 15 - Acúmulo de água na grota	44
Figura 16 - Circulação vertical improvisada pelos moradores	45
Figura 17 - Grande quantidade de lixo aterreado na Grota	45
Figura 18 - Edificação condenada pela defesa civil	46
Figura 19 - Mapa de loteamentos	47
Figura 20 - Mapa de abastecimento de água	47
Figura 21 - Mapas de infraestrutura da área, coleta de lixo e coleta de esgoto	48
Figura 22 - Mapa de pavimentação de vias e uso/ocupação do solo.	49
Figura 23 - Fachadas e volumetrias	50
Figura 24 - Vias e polos geradores de fluxo	50
Figura 25 - Vias que ligam a outros bairros/cidades	51
Figura 26 - Pontos de parada do transporte público	51
Figura 27 - Hipsometria da área de estudo	52
Figura 28 - Declividade média da área	53
Figura 29 - Bacias hidrográficas de Campina Grande e da área	54
Figura 30 - Corpos hídricos da área	55
Figura 31 – Geolmagem 2005	56
Figura 32 – Geolmagem 2010	56

Figura 33 – Imagem de satélite 2017	56
Figura 34 – Ilustração das potencialidades da área. Fotos: Autora	59
Figura 35- Ilustração dos problemas da área. Fotos: Autora.	60
Figura 36 - Mapa de Macrozoneamento de Campina Grande.	62
Figura 37 - Mapa de materiais das superfície	67
Figura 38 - Mapa de Declividade média por quadras para o cenário real	69
Figura 39 - Mapa de Declividade média por quadras para o cenário legal	69
Figura 40 - Mapa de fluxo por quadras para o cenário legal	70
Figura 41 - Mapa de fluxo por quadras para o cenário real	70
Figura 42 - Mapa de elementos de drenagem	73
Figura 43 – Problemas nos elementos de drenagem	73
Figura 44 - Mapa de Escoamento superficial, durante a chuva para o cenário real	80
Figura 45 - Mapa de Escoamento superficial, imediatamente após a chuva para o cenário real	80
Figura 46– Área de estudo após as chuvas	81
Figura 47 - Área (n° 2) após as chuvas	84
Figura 48 – Área (n°3) após as chuvas.....	81
Figura 49 – Quadra que permanece satisfatória durante a simulação	82
Figura 50 - Mapa de Escoamento superficial da área, 30 minutos após a chuva para o cenário real	83
Figura 51 - Mapa de Escoamento superficial mais próximo do estado inicial para o cenário real	84
Figura 52 - Mapa de Escoamento superficial durante a chuva para o cenário legal	85
Figura 53 - Mapa de Escoamento superficial logo após a chuva para o cenário legal	86
Figura 54 - Mapa de Escoamento superficial 30 após a chuva para o cenário legal	87
Figura 55 - Mapa de Escoamento superficial mais próximo do estado inicial para o cenário legal.....	88
Figura 56 - Escoamento durante os três momentos analisados para o cenário real	89
Figura 57 - Escoamento durante os três momentos analisados para o cenário legal	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo das tipologias verdes e seus benefícios.....	31
Quadro 2 - Agrupamento dos instrumentos de políticas públicas ambientais com potencialidade de aplicação na gestão urbana.....	32
Quadro 3 - Descrição dos cenários simulados.....	61
Quadro 4 - Taxa de ocupação máxima.....	63
Quadro 5 - Índice de Aproveitamento Máximo.....	64
Quadro 6 - Taxa mínima de permeabilidade.....	65
Quadro 7 – Coeficientes de Manning utilizados.....	72
Quadro 8 - Tempos de retorno de acordo com o uso do solo.....	75
Quadro 9 - Valores de DI, DP e AINC.....	76
Quadro 10 - Valores utilizados para a Equação de Horton.....	76
Quadro 11 – Coeficientes da curva IDF para Campina Grande – PB.....	77
Quadro 12 - Parametrização das quadras.....	78
Quadro 13 - Recomendações e aplicação na área, legislação.....	93
Quadro 14 - Recomendações e aplicação na área, recuperação do ambiental natural urbano.....	95
Quadro 15 - Recomendações e aplicação na área, conexão pessoas e águas.....	97
Quadro 16 - Recomendações e aplicação na área, manutenção da infraestrutura verde.....	98
Quadro 17 – Recomendações e considerações por etapas.....	99

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

WSUD – Water Sensitive Urban Design

LID – Low Impact Development

SUDS – Sustainable Urban Drainage System

BMP – Best Management Practices

ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

SWMM – Storm Water Management Model

BPS - Bureau of Planning and Sustainability

PMCG – Prefeitura Municipal de Campina Grande

PDLI - Plano de Desenvolvimento Local Integrado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO	14
2.1 BREVE CONTEXTO HISTÓRICO: ÁGUAS URBANAS E O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO.....	14
2.2. NOVAS LINHAS DE PLANEJAMENTO URBANO	18
2.3. ECOLOGIA URBANA.....	24
2.4. RELACIONAMENTO POPULAÇÃO X ÁGUAS URBANAS	26
2.5 DRENAGEM URBANA.....	27
2.6 LEGISLAÇÃO.....	32
2.7 MODELAGEM URBANA.....	34
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
3.1 - DIAGNÓSTICO.....	36
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	36
ACANHÃ.....	41
CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO.....	42
SALUBRIDADE E ÁREA DE RISCO	43
OCUPAÇÃO DA ÁREA	47
ASPECTOS FÍSICOS E AMBIENTAIS.....	52
DIAGNÓSTICO DE ALGUNS DOS SERVIÇOS ECOLÓGICOS PRESENTES NA ÁREA.....	57
SIMULAÇÕES DA DRENAGEM URBANA.....	61
4. RESULTADOS E ANÁLISES	79
ANÁLISES DOS RESULTADOS.....	89
5. RECOMENDAÇÕES, CONSIDERAÇÕES E APLICAÇÕES NA ÁREA.....	91
5.1. QUANTO À LEGISLAÇÃO	91
5.2. QUANTO À RECUPERAÇÃO DE AMBIENTES NATURAIS.....	93
5.3. QUANTO À CONEXÃO ENTRE PESSOAS E RECURSOS HÍDRICOS.....	96
5.4. QUANTO À MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA VERDE.....	97
6. CONCLUSÕES.....	100
7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	102
8. ANEXOS	107
9. APÊNDICE.....	108

1. INTRODUÇÃO

As cidades delas se expandem a altos custos ambientais, de forma predatória e com planejamento desordenado, o que tem gerado todos os desconfortos urbanos que conhecemos, a saber, alagamentos, ilhas de calor, excesso ou escassez de áreas sombreadas e passeios, etc. O desafio atual e dos próximos anos é metodológico. Como planejar nossas futuras cidades? As cidades do futuro terão que ser, por assim dizer, “inteligentes” e nos dias atuais, várias pesquisas discutem as “cidades inteligentes” (do inglês: *Smart Cities*) e suas prováveis soluções para a redução do CO₂, preservação de recursos ambientais, gestão sustentável de águas de forma funcional e melhoria da qualidade de vida na cidade.

Campina Grande (Figura 1), é uma cidade que teve sua origem em 1864 (IBGE, 2010) e está localizada no estado da Paraíba. Atualmente a cidade possui cerca de 594 km² de extensão, e é constituída de quatro distritos: Campina Grande, São José da Mata, Galante e Catolé de Boa Vista, contabilizando 407.754 habitantes de acordo com a estimativa de População de 2016 (IBGE, 2016). A população aumentou em quase 100 mil habitantes entre 1991 e 2010, respectivamente, e entre os anos de 2007 a 2010 mais de 13 mil habitantes. É importante observar que este crescimento vem ocorrendo sem o adequado planejamento urbano (como na maioria das cidades brasileiras), apesar da cidade possuir instrumentos de ordenamento territorial (SANTOS, 2015). Campina Grande é a segunda maior cidade do estado da Paraíba, inserida no semiárido nordestino, vem sofrendo nos últimos cinco anos uma de suas maiores secas, elencando a escassez hídrica e seu conseqüente rebatimento no abastecimento humano de água potável como um dos problemas mais graves da região.

Figura 1 - Mapa do município de Campina Grande, zona rural e urbana (em destaque)



Fonte: autora

Assim como a maior parte de Campina Grande e das cidades em geral, a população praticamente não se relaciona com seus corpos hídricos e quando o faz, como no caso de Acanhã, é de forma negativa. Nesse contexto, o papel dos que planejam a cidade é essencial para despertar a atenção e interesse de seus moradores e gestores para os recursos hídricos quanto agentes estruturantes do planejamento urbano e de grande potencial paisagístico e influenciador da qualidade de vida, minimizando a desconexão do ser humano com os corpos hídricos. Para tanto, o seguinte questionamento faz-se necessário: os instrumentos urbanísticos legais existentes são eficientes para aplicar os conceitos de sustentabilidade no desenho e gestão urbana a fim de despertar essa relação?

Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar a eficiência e implantação dos instrumentos legais vigentes em termos de recursos hídricos, em uma fração urbana consolidada na cidade de Campina Grande, utilizando princípios básicos do

planejamento urbano sensível às águas, com vistas a uma reaproximação da população aos recursos hídricos, tendo como objetivos específicos os seguintes pontos:

- Selecionar e analisar princípios do planejamento urbano sensível às águas (WSUD, do inglês: *water sensitive urban design*), medidas de baixo impacto (LID, do inglês: *Low Impact Development*) e desenho urbano sustentável (SUDS, do inglês: *Sustainable Urban Drainage System*) aplicáveis na área;
- Utilizar levantamento de dados em campo e simulações computacionais do cenário real e legal para analisar a relação entre o desenho urbano, suas águas e a população com base em parâmetros e instrumentos legais que interferem nos corpos hídricos;
- Propor recomendações e considerações em desenho, parâmetros e instrumentos para aperfeiçoamento do cenário real visando a reaproximação da população aos recursos hídricos.

Ressalta-se que o presente trabalho não busca alternativas para a crise hídrica, mas metodologias de diagnóstico da situação das águas urbanas em determinada área e propostas para melhorias no uso e manejo das águas pluviais urbanas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

2.1 BREVE CONTEXTO HISTÓRICO: ÁGUAS URBANAS E O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

O Brasil testemunhou grande parte do seu crescimento urbano entre as décadas de 1960 e 1990 com a emigração rural causada pela mecanização da agricultura, chegando a 86% da população do país localizada nas cidades em 2010 (IBGE, 2010) e uma das consequências desse “boom” sem o planejamento adequado é a poluição de quase todos os nossos rios, seja pela ocupação irregular às suas margens que eram cobertas por mata ciliar ou seja pelo despejo de resíduos dos mais diversos tipos e portes de edificações. No entanto, a preocupação com a qualidade da água é antiga em outras partes do globo como afirma Garcias e Afonso (2013):

“A cidade de Roma, em 300 a.C., já enfrentava problemas no abastecimento de água devido à poluição dos rios. Em 1388, o parlamento inglês votou a primeira lei nacional antipoluição do mundo: “não se deve lançar imundice nenhuma nos rios e ruas devendo os detritos serem lançados fora da cidade”.

O planejamento não aconteceu em tempo hábil nas nossas cidades, e algumas das consequências comuns disto são as enchentes e insalubridade visivelmente percebidas, que causam doenças, acidentes e danos materiais. Ao longo do tempo, tem havido tentativas de amenização de tais problemas, utilizando-se de algumas soluções estruturais de linhas convencionais de drenagem por meio de canalizações, retificações e impermeabilização dos corpos hídricos e águas pluviais. O desvio da água para fora da cidade é comum, pois, por muito tempo, as cidades olharam para a manifestação natural das águas como um problema e não como consequências da alteração no ciclo hidrológico urbano.

“Os ciclos hidrológicos passam por modificações e alterações devido aos efeitos da urbanização. A canalização dos escoamentos, a impermeabilização dos solos, a redução da evapotranspiração e do escoamento subterrâneo são alguns dos efeitos da urbanização, bem como a redução das áreas naturais de retenção e retenção das águas pluviais. Esses efeitos causam a redução do tempo de concentração das águas e aumentam a sua velocidade de escoamento na bacia hidrográfica, ampliando as vazões máximas das bacias urbanas e produzindo maiores picos de enchentes e inundações.” (Garcias e Afonso, 2013)

É preciso também ressaltar problemas que prejudicam a qualidade das águas urbanas e, muitas vezes, também chegam aos mananciais, como o despejo de resíduos das indústrias e domicílios. O esgoto doméstico é a principal fonte pontual de poluição dos corpos hídricos na cidade. Em 2015, 65,3% dos domicílios brasileiros dispunham de rede de esgotamento sanitário de acordo com a Pesquisa Nacional de Amostras de Domicílios (PNAD, 2015). Na Paraíba, do total de 223 municípios apenas 63 usufruem desse serviço, aproximadamente 33,42% da população do estado (IBGE, 2015). Ressaltando que, mesmo os locais onde há esgotamento sanitário, uma pequena parte dele é tratada, sendo a maior parte, despejada nos corpos hídricos sem tratamento. Para Franco (1999) o saneamento básico é um dos desafios da gestão urbana ambiental, juntamente com: 1) o processo de expansão urbana, 2) poluição industrial, 3) ruídos e conflitos urbanos de vizinhança, 4) áreas verdes: criação e manutenção, 5) comércio e prestação de serviços impactantes e 8) cidadania ambiental.

A superfície do nosso solo foi impermeabilizada, nossos corpos hídricos canalizados, o ciclo hidrológico das águas interrompido. A carência de planejamento urbano é visível nas nossas cidades. Segundo MENEZES (1996), este pode ser traduzido como instrumento para harmonizar a equidade social, sustentabilidade ecológica, eficácia econômica, aceitabilidade cultural e distribuição espacial equilibrada das atividades e dos assentamentos humanos, orientando a localização das atividades e ordenando o uso dos recursos naturais para a continuidade da expansão econômica e busca da qualidade de vida. Jacobs (2000) salienta a importância do planejamento utilizar experiências reais (e não utópicas) da cidade, analisando-as para aprendermos e, de fato, propor soluções contemporâneas, flexíveis e efetivas. Segundo este autor, a partir do planejamento, os instrumentos de gestão podem ser utilizados para efetivar as soluções propostas. Além disso estas soluções, precisa trazer resiliência à cidade. Quando a cidade é um sistema resiliente, grandes perturbações no sistema (como inundações, secas e degradações ocorridas pelo escoamento superficial da água) proporcionam o potencial para criar oportunidades para inovação e desenvolvimento. Porém, quando a cidade é um sistema vulnerável, qualquer perturbação como chuvas prolongadas ou grandes volumes concentrados, muitas vezes, causam consequências sociais dramáticas (WONG e BROWN, 2008). A chave está então na proteção dos ecossistemas.

NOVAS LINHAS DE INTERVENÇÃO

Diante disto, algumas linhas de intervenção e planejamento urbano interdisciplinares preocupadas com os recursos hídricos tomaram grande proporção nos últimos anos, começando pelos rios urbanos:

- i) *Restauração*: Consiste na recuperação das condições sustentáveis de um rio e de suas funções e serviços ecossistêmicos, após constatadas alterações naturais ou antrópicas que venham afetar a sua estrutura e impedir o seu restabelecimento (FISRWG, 2001).
- ii) *Restauração ecológica*: Consiste na recuperação de um ecossistema degradado, considerando os seus aspectos naturais e a integração dos seus

fatores bióticos e abióticos (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2004).

- iii) *Renaturalização*: Consiste na recuperação de rios por meio de manejo regular, evitando os usos antrópicos que inviabilizam as suas funções, de modo a regenerar o ecossistema, buscando o restabelecimento da sua biota natural, bem como a conservação das áreas naturais de inundação (BINDER, 2001). A renaturalização não significa a volta a uma paisagem original não influenciada pelo homem, mas corresponde ao desenvolvimento sustentável dos rios, da paisagem e das bacias hidrográficas, de acordo com as necessidades urbanas e conhecimentos contemporâneos (SAUNDERS; NASCIMENTO, 2006).
- iv) *Revitalização*: Consiste na preservação, conservação e na recuperação ambiental dos rios, por meio de ações integradas que proporcionem a melhoria da qualidade da água e do ambiente para os usos múltiplos e o uso sustentável dos recursos naturais. (GARCIAS et al, 2003)
- v) *Reabilitação*: Execução de ações que possibilitem o retorno parcial das condições biológicas e físicas do rio à sua condição original. (FINDLAY, 2006).
- vi) *Remediação*: Ocorre em situações nas quais os impactos ambientais constatados foram muito intensos e não há possibilidades viáveis de retorno do rio às suas condições originais, então a recuperação ocorre por meio da formação de um novo ambiente modificado (FINDLAY, 2006).

Aliam-se a estes conceitos os conceitos advindos da ecologia da paisagem, impulsionada pelo paisagista Ian McHarg em 1969, com a publicação do seu livro *Projetar com a Natureza (Design with nature)* que utiliza a metodologia do planejamento ecológico da paisagem de forma interdisciplinar, utilizando dados geológicos, hidrológicos, topográficos, de uso e ocupação do solo (HEZORG, 2013).

No século XX surgem conceitos novos de cidades, as “cidades celestiais” e “cidades jardins”, com princípios similares que ficaram no campo teórico, como a paisagista Anne W. Spirn define no seu livro *O jardim de granito (1984)*, que tais cidades seriam um lugar onde a natureza estaria presente e seria cultivada em toda parte. Os sistemas de transporte serviriam para deslocamentos distantes em casos de

real necessidade física, preservando assim a diversidade vegetal, animal e hídrica para ser usufruída pela população em espaços urbanos funcionais. Cultura e identidade local preservadas, história natural e urbana juntamente com seus processos de evolução compreendidos e disseminados. O ciclo hidrológico respeitado, grandes índices de infiltração e caminho natural das águas respeitado para que se evitem enchentes, parques e florestas presentes no tecido urbano, principalmente nas encostas para evitar deslizamentos.

Outro fator influenciador do estado dos rios é a gestão. O conhecimento dos gestores e planejadores municipais é unilateral, não há adesão de métodos mais sustentáveis tanto pela falta de conhecimento quanto pela pouca disseminação de novas linhas de manejo de águas urbanas (GARCIAS et al, 2003) pois são um dos principais detentores do poder e intermediadores para mudança do espaço e na maioria dos casos tratam a população apenas como consumidores da imagem da cidade. Neste sentido, Ebenezer Howard em 1902 vai além do desenho urbano para propor uma cidade autônoma, de gestão comunitária circundada por uma faixa agrícola que delimita sua extensão e que, compondo altas taxas de áreas verdes, torna-se uma alternativa para o caos e decadência urbanos da Inglaterra do final do século XIX.

2.2. NOVAS LINHAS DE PLANEJAMENTO URBANO

PLANEJAMENTO URBANO SENSÍVEL ÀS ÁGUAS

No *Urban World Forum* (2002), a sustentabilidade urbana foi definida a partir de um conjunto de fatores prioritários como um desenvolvimento que não compromete os recursos naturais ou a qualidade de vida das pessoas, tanto desta geração quanto das próximas. Seguindo esta linha de raciocínio diversos países criaram abordagens para direcionar sua infraestrutura urbana para a sustentabilidade, como por exemplo o WSUD, LIDS e BPM, que utilizam o próprio desenho urbano como infraestrutura para controle das águas urbanas.

Segundo CABRAL (2015) o esqueleto da cidade deveria ser a malha hidrológica já existente, de forma que ela e os corpos hídricos convivam/ interajam harmoniosamente e estes voltem a ser parte da história dos seus cidadãos. Portanto, a bacia hidrográfica deve ser considerada como unidade para planejamento urbano.

O planejamento urbano sensível às águas (WSUD) leva em consideração a delimitação da bacia hidrográfica que segundo Tucci (1997) é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. O WSUD também tem como prioridades a reparação, proteção, abastecimento assegura, saúde pública, sustentabilidade econômica por meio do desenho urbano (BROWN et al., 2007), utilizando estratégias para que a paisagem penetre a cidade de forma contínua assumindo diversas formas e funções, desde espaço de lazer a infraestrutura, reestruturando seu desenho caótico e incapaz de promover bem estar e qualidade de vida.

WONG e BROWN (2008) estabelecem os três pilares da cidade sensível às águas (integrados):

i) *Cidades como “instrumento” de captação*: acesso à diversidade de fontes de água composta por infraestrutura pontual e diluída. Quebra da dependência das cidades de chuvas regulares e solos favoráveis para captação de água e abastecimento seguro. Algumas cidades Australianas já adotaram soluções para fontes alternativas de água como, fontes subterrâneas, água de chuva, captação de água utilizando telhados, dessalinização e reuso de águas sendo elas centralizadas e descentralizadas, de fácil acesso para “exploração”. Estrutura canalizada que separe as diferentes fontes e destinos da água (água de chuva, água para tratamento, água de reuso, água potável, etc...)

ii) *Cidades como provedores de serviços ecológicos*: provisão de ecossistemas para o ambiente natural e construído. Paisagens urbanas funcionais, que protejam o ambiente contra a poluição trazida pelo escoamento superficial e água de chuva, incorporando tecnologias de tratamento dessas águas no paisagismo como jardins de chuva e jardins alagados em diferentes escalas, desde edificações à quadras.

iii) *Cidades compostas por comunidades sensíveis às águas*: capital social-político para sustentabilidade, decisões e comportamentos pensados levando em consideração o comportamento das águas. Políticas locais, municipais, estaduais e federais que normatizem o uso e manejo sustentável das águas urbanas, formalizando parcerias entre a comunidade acadêmica para disseminar o conhecimento a respeito da sensibilidade às águas e parcerias privadas para financiar o repasse de tais informações por meio de treinamentos, palestras, implantação de tecnologias,

Para tanto, a cidade deve ser um sistema resiliente que, segundo Folke (2006), é interpretado como: i) o quanto de perturbações o sistema pode absorver e permanecer no mesmo estado; ii) o grau que o sistema é capaz de se reorganizar pós perturbações; e iii) o grau que o sistema pode construir e aumentar a capacidade de aprendizado e adaptação. Resiliência não é apenas sobre resistir às perturbações, mas também, o quanto o sistema cria oportunidades de renovação e busca por nova trajetórias capazes de realizar a transição das cidades em seu estado atual para cidades sensíveis às águas, ilustradas por 6 níveis na Figura 2.

Figura 2 - Esquema de estágios de transição de tipologias de cidades até a cidade sensível às águas



Fonte: Adaptado de WONG e BROWN (2008).

DESAFIOS DO WSUD

Porém, a aplicação dos conceitos sensíveis às águas principalmente por serem mais recentes em relação aos conceitos difundidos tradicionais já utilizados, encontram algumas barreiras como: 1) ceticismo por parte do setor público por não confiar em implantações já realizadas em outros locais, mesmo com condições ambientais parecidas, 2) poucos dados sobre o custo em pequena escala (bacia), diretrizes e manuais de aplicação pouco disseminados e carência de padrões se comparado aos convencionais, principalmente para execuções, 3) jurisdições fragmentadas ao longo da bacia, 4) pouca capacidade institucional para coordenar e aperfeiçoar os procedimentos, educando profissionais e estreitando a relação entre design e engenharia, 5) O investimento inicial mais alto que o convencional para capacitação de mão de obra, design e educação é pouco atrativo para atrair financiadores, 6) Resistência às mudanças, algo que é natural do ser humano porém é intensificado pela falta de conhecimento da comunidade sobre o assunto. Falta de apoio financeiro e legislação falha (abrange pouco de preservação ambiental), prioridades diferentes entre as instituições governamentais e pouco interesse por parte destas, custo de implantação para as propriedades particulares de acordo com as implantações já realizadas. (ROY et al, 2008)

EXEMPLOS DE IMPLEMENTAÇÕES DE WSUD

A Austrália é o país pioneiro no desenvolvimento urbano sensível às águas, país possui um manual de reciclagem das águas (*Australian Guidelines for Water Recycling: stormwater harvesting and reuse*) elaborado em 2006 em parceria com Conselho do Ministério de Gerenciamento de recursos naturais (*Natural Resource Management Ministerial Council*) e a Conferência Ministros da Saúde Australiana (*Australian Health Ministers Conference*), por meio de um processo colaborativo com a população que durou 3 anos e foi lançado em 2006, dividido em duas fases: fase 1: gerenciando riscos à saúde ao meio ambiente e fase 2: armazenamento e reuso de água para diversos fins (abastecimento, proteção ambiental, manutenção urbana, dentre outros).

Em Gold Coast Water, Queensland foi desenvolvida uma estratégia que envolve a integração de 3 fontes de água para abastecimento. A água de reuso é reticulada para as casas para fins não potáveis, suplementada com a água coletada do telhado para uso nos banheiros, lavagem de roupas e sistema de aquecimento por água quente. A estimativa na redução de água potável foi de 80%. As estratégias também incluíam o uso de biovaletas, sistemas de biorretenção (jardins pluviais), jardins alagados para tratamento das águas de chuva antes de sua descarga no sistema coletor de águas pluviais. Essa intervenção foi premiada em 2006 pela Associação Internacional das águas (*International Water Association*) com o Grande prêmio global pelo planejamento (*Global Grand Prize*).

Em 2015, foi desenvolvido e aplicado um grande projeto de reutilização de águas no Sydney Park, em Sydney. O terreno onde hoje atualmente se encontra o Parque já foi ocupado por indústrias e depois tornou-se um depósito de lixo. Este é maior projeto ambiental da cidade de até o momento, construído com o Governo Australiano através do Plano Nacional de Águas e Dessalinização Urbana (Figura 3).

Este é um componente integral do plano de Sustentabilidade de Sydney até 2030: buscando 10% da demanda de água do município ser suprida através da coleta de água e reuso no parque. A Prefeitura também aproveitou a oportunidade de utilizar um projeto de infraestrutura para trazer vida ao parque - uma opção recreativa e ambiental para Sydney, o mesmo lugar que coleta e trata parte das águas da cidade, também oferece diversas opções de lazer. (Figura 4)



Foto: Ethan Rohloff. Fonte: Santiago, 2016.

“A função e processos da captação da água e sua limpeza são realçados ao longo de seus fluxos ao longo da paisagem. Novos caminhos interseccionam as áreas alagadas, permitindo que os usuários do parque explorem e descubram 'momentos' na paisagem que podem às vezes ser dramático, pacífico ou divertido, mas sempre conectado com a narrativa da água em sua captura, movimento e limpeza. Destacar estes processos foi uma parte importante do projeto, a medida que enfatizam as relações intrínsecas entre a água, pessoas, topografia, fauna e flora. A arte pública também está inserida nestes processos...” (SANTIAGO, 2016)

Figura 4 - Interação de pessoas com corpo hídrico



Foto: Adam Hunter. Fonte: Santiago, 2016.

Outro exemplo bem-sucedido de planejamento sensível às águas são as intervenções feitas em Portland, Estados Unidos. A cidade já foi uma das mais sujas do

país e hoje é considerada uma das mais sustentáveis, eles possuem um órgão chamado *Bureau of Planning and Sustainability* (BPS), que é responsável por criar intervenções criativas e simples que melhorem a qualidade de vida da população e preserve seus recursos naturais. Um exemplo de intervenção é o Rio Willamete, que possuía às suas margens uma rodovia que deu lugar a um parque arborizado para receber as águas escoadas do centro e proporcionar um passeio agradável ao pedestre (Figura 5).

Figura 5 - Antes e depois da intervenção na Rodovia Harbour, Portland



Fonte: RIL (2012)

2.3. ECOLOGIA URBANA

CONCEITO

A ecologia urbana vem ganhando força nos últimos anos e precisa ser estudada para que nossas cidades cheguem à sensibilidade às águas. Partindo da ótica da ecologia urbana, a cidade passou a ser entendida como um complexo sistema socioecológico onde a natureza existe em todos os lugares, até onde não imaginamos, somos parte dela e ela nos influencia o tempo todo, a qualidade de vida nas nossas cidades depende dessa relação (HERZORG, 2013).

“A ecologia urbana está dividida em dois ramos: (a) ecologia nas cidades - estuda os padrões e os processos ecológicos que ocorrem em ambientes urbanos, compara esses padrões com outros ambientes e verifica de que modo a urbanização interfere na ecologia das espécies e animais e vegetais e (b) ecologia das cidades - procura compreender como ocorrem

as interações entre os sistemas sociais e ecológicos, de modo a poder propor planos e projetos que mantenham as funções vitais sociais e ecológicas para um ecossistema urbano saudável.” HERZORG (2013).

A estrutura ecológica urbana assume-se como um instrumento de desenvolvimento de ordenamento do espaço urbano, conseguindo, através do desenho e pela orientação da estrutura, direcionar as componentes da paisagem construída, entre elas os elementos vegetais (ALEXANDRA e NARCISO, 2008) O objetivo é manter os processos e fluxos abióticos, bióticos e humanos (socioecológicos) e assim permitir o fechamento dos ciclos naturais Para tanto, a cidade deve conter sistemas espaciais urbanos contínuos, quer sejam naturais, quer sejam construídos com esse propósito, assegurando três princípios: “auto-regulação”, totalidade (contemplar todo o território urbano) e transformação (implementação de novas áreas em concordância com os sistemas já existentes).

SERVIÇOS ECOLÓGICOS

O ecossistema urbano presta serviços ecológicos importantíssimos à cidade, eles são divididos em quatro categorias: a) Provisão: fornecimento de tudo que é essencial para a vida, como água, comida, combustíveis e fibras, b) Regulação: benefícios que a natureza provê ao regular/ manter condições climáticas e qualidade de solo e água, ajudando na prevenção de doenças por exemplo, c) Cultural: benefícios relacionados ao espiritual, estético, recreação e educação, d) Suporte: serviços que por meio da fotossíntese dá suporte à produção de comida e qualidade do ar. (HERZORG, 2013)

Além da importância ecológica, os corpos hídricos também desempenham papel importante no conforto térmico (que também é um serviço), pois conforme o vento entra em contato com a superfície de um corpo d'água, espalha suas gotículas ao seu redor, reduzindo a temperatura e aumentando a umidade absoluta do ar nas redondezas. (MASIEIRO e SOUZA, 2012) favorecendo também a saúde dos habitantes além de evitar a formação de ilhas de calor, que segundo Gartland (2010) podem ocorrer por causa da baixa evapotranspiração do ambiente urbano, por conter pouca vegetação e muitas superfícies que não retêm água. Portanto, devem existir elementos urbanos que

otimizem a evapotranspiração, aumentando as trocas de calor latente em oposição às trocas sensíveis que caracterizam o balanço de energia, contribuindo para melhores temperaturas e qualidade do ar, especialmente em países de clima tropical.

Precisamos retomar a consciência que temos a responsabilidade do futuro do planeta como seres humanos e não apenas do indivíduo e seu meio ambiente local, essa consciência deve ser repassada para todas as esferas da sociedade e o incentivo à pesquisa no campo da ecologia urbana é um exemplo, como ocorreu na França, 1992: O ministério do Meio Ambiente e o Ministério de Infraestrutura lançaram um programa com objetivo de ajudar a esclarecer como a sensibilidade ecológica modifica a concepção da cidade, direcionando as pesquisas científicas que antes se concentravam nos meios naturais fora da cidade.

2.4. RELACIONAMENTO POPULAÇÃO X ÁGUAS URBANAS

Os rios dão suporte a serviços essenciais como o abastecimento de água potável e eliminação de efluentes, porém corpos hídricos vão além disto, como cita HERZORG:

O paradigma da certeza levou a sociedade moderna a viver em dissonância com o ecossistema que dá suporte à vida, a todas as vidas na Terra. [...]. Podemos explorar os recursos naturais com técnicas cada vez mais avançadas e eficientemente destrutivas. Podemos impermeabilizar as paisagens, para que carros possam circular e parar. Podemos aterrar áreas alagáveis e úmidas e conter encostas com jatos de concreto (achamos que, assim, iremos evitar enchentes e deslizamentos). Podemos sumir com os rios, florestas e ecossistemas inteiros. Podemos sumir com a natureza comprando coisas que não precisamos em shoppings centers, ou dirigindo em alta velocidade (quando não estamos engarrafados) podemos tudo!” (HERZORG, 2013)

A qualidade de vida depende da qualidade do meio ambiente (BERDOULAY, 1999), vivemos as consequências de um relacionamento negativo e péssima qualidade do meio ambiente: desastres, acesso restrito a recursos naturais, especulação imobiliária, nossos rios na maioria das vezes viram canais que parecem artificiais e só são lembrados em dias de chuva, quando extravasam (ARAUJO et al., 2016) e geram desconforto aos transeuntes.

O desenvolvimento urbano sustentável propõe-se a proporcionar fruição do rio pela população, uma alternativa para que esta recupere o ânimo contemplando e interagindo com a natureza, afinal os rios são corredores biológicos e oferecem melhores condições espaciais e bem-estar social (ARAUJO et al., 2016)

A dinâmica discursiva, principalmente a narrativa, que institui o lugar. A construção do Eu corresponde a um processo análogo àquele da construção do lugar portanto o sujeito constrói o lugar pela intermediação dos relatos que dão sentido à sua relação com as pessoas e objetos que os cercam.(BERDOULAY, 1999) Por isso que a maior parte de nossos corpos hídricos são desprezados ou esquecidos...não são “lugares”, muitos são ocultos, invisíveis e poluídos, e nesse estado não são capazes de proporcionar vivências para a população que é o que cria as narrativas e memórias responsáveis pela construção de laços entre lugar e ser humano mas nós negamos os rios, os vemos como obstáculos naturais que precisam ser domados, negamos a potencial construção em nossa identidade que eles têm a nos oferecer e quando eles se tornam impedimentos para o avanço das cidades, transforma-se em elementos invisíveis, sem qualquer tipo de conexão com a população.

O patrimônio natural dentro da cidade precisa se tornar um lugar, mesmo que a ação humana seja a menor possível, é preciso que a população esteja ciente do lugar e que ele participe também da identidade da cidade, do bairro e do cidadão, podendo vivê-la de fato em espaços públicos convidativos. A gestão participativa é primordial para o sucesso do relacionamento entre corpos hídricos e população, os valores e aspirações da comunidade para com espaços urbanos devem influenciar as decisões de planejamento do desenho da cidade e as práticas de gerenciamento das águas urbanas, respeitando o contexto local. (WONG e BROWN, 2008)

2.5 DRENAGEM URBANA

SISTEMAS CONVENCIONAIS

Drenagem: elemento do sistema hídrico urbano que consiste na rede coletora da água de origem proveniente de precipitações sobre as superfícies urbanas, para seu tratamento e retorno aos rios (TUCCI, 2005). Segundo Tucci (2003) os sistemas de drenagem são definidos em: 1) Na fonte: quando o escoamento ocorre no lote, condomínio, parques e passeios, 2) Microdrenagem: condutos ou canais a nível de loteamento ou rede primária urbana, projetados para atender precipitações de moderado risco, 3) macrodrenagem: envolve diversos sistemas de microdrenagem e atendem a precipitações maiores.

Segundo Ramos (2009) os sistemas de drenagem artificial convencionais e intervenções em canais fluviais, populares em todo o país, contribuem para um maior escoamento superficial, porque foram projetados apenas para transporte das águas pluviais e não para infiltração destas no solo, diminuindo a rugosidade da superfície, então a velocidade da água aumenta, juntamente com o transporte de sedimentos que são depositados no fundo do canal e diminuem a capacidade de vazão deste.

Em Campina Grande, Tsuyuguchi (2015) constatou que o sistema de macrodrenagem da cidade tem capacidade de suporte, porém as taxas hidrológicas de permeabilidade adotadas no Plano Diretor, de acordo com Santos (2015), quando aplicadas nas diferentes partes da cidade se mostram ineficazes e ajudam a sobrecarregar esse sistema, gerando resultados que transtornam toda a população apontados em sua pesquisa também no bairro Sandra Cavalcante, porém utilizando todo o bairro mais o bairro vizinho, o Catolé.

EVOLUCAÇÃO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM

Com a evolução do pensamento ambiental contemporâneo e insucesso dos sistemas de drenagem tradicionais, foi constatado que a drenagem urbana não deve ficar restrita apenas aos limites da engenharia, mas deve considerar e auxiliar a capacidade de reação dos ecossistemas em absorver e minimizar os efeitos das enchentes. (GARCIAS e AFONSO, 2013). Gerir a drenagem urbana significa fazer questões socioeconômicas, políticas, tecnológicas e ambientais próprias ao fenômeno urbano.

O conceito de “desenvolvimento sustentável da drenagem urbana” sintetiza essa percepção (DINIZ, 2015), trata-se de medidas que contenham grandes escoamentos em situações de enxurradas, proporcionando espaço para as águas urbanas cursarem formalmente de modo que não gerem nenhum impacto negativo no ambiente construído/ socialmente mas que sejam manejadas da melhor forma a serem utilizadas, seja naturalmente no ciclo da água, recarregando lençóis freáticos ou pela cidade utilizando-se do paisagismo funcional para purifica-la e armazená-la, para tanto os elementos paisagísticos devem prestar serviços a estrutura drenante da cidade, aliás estes devem ser estruturalmente parte da drenagem da cidade em áreas tanto públicas quanto privadas atuando como uma rede, de forma conjunta.

Segundo Fresno et al. (2005), esses sistemas de drenagem sustentáveis são uma alternativa para mitigar a insuficiência funcional e potencializar os sistemas drenantes convencionais, para que o ciclo hidrológico se aproxime ao máximo de como era antes da modificação, podendo ser agrupado nas seguintes categorias: 1) Medidas preventivas: planos e medidas educativas, 2) Sistemas de infiltração e controle na origem: superfícies permeáveis poços de reserva, 3) Sistemas de transporte permeável: drenos filtrantes, sarjetas verdes e 4) Sistemas de tratamento passivo: tanques de retenção e depósitos de detenção.

SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEIS NO BRASIL

No Brasil, o Ministério das Cidades tem estimulado a utilização do LID para implantação e ampliação de sistemas de drenagem urbana sustentáveis, conforme apresentado em manual para apresentação de propostas (BRASIL, 2016). Brandão e Crespo (2016) avaliaram a eficácia tipologias de infraestrutura verde para escala local e particular já utilizadas até então (Quadro 1).

De acordo com o Ministério da Integração Nacional (2016) são alguns objetivos da drenagem urbana sustentável: ações estruturais e não-estruturais dirigidas à recuperação de áreas úmidas, à prevenção, ao controle e à minimização dos impactos provocados por fatores climáticos e ações antrópicas que originam enchentes urbanas

e ribeirinhas e problemas de macrodrenagem, simular o ciclo hidrológico natural, manter a vazão pré-existente e evitar a transferência dos impactos para a jusante. Dentre as medidas podem-se citar a construção de canais abertos com vegetação, para atenuar as vazões de pico e reduzir a concentração de poluentes da água; o armazenamento da água da chuva em reservatórios para posterior reuso; a construção de detenções, que são reservatórios urbanos mantidos secos e integrados à paisagem urbana e; a construção de retenções, que são reservatórios com lâmina de água utilizados para o controle do escoamento e da qualidade de água (PARKINSON et al., 2003). Essas medidas implicam em diversas vantagens de acordo com a vegetação e estratégia utilizada, que segundo Waterfall (2006) e Oliveira (2017) são: 1) redução do uso de água potável e os custos relacionados, 2) redução de inundações e erosão, 3) ambiente propício para o desenvolvimento de vegetação, dentre outros que implicam na melhoria das condições de saúde a partir de um ambiente natural saudável, 4) minimização da perda de área útil do terreno, 5) escoamento da água para níveis subterrâneos, 6) melhoria na qualidade de vida da população: áreas sombreadas, microclima agradável, diminuição de ruídos, paisagem agradável, etc.

Quadro 1 - Resumo das tipologias verdes e seus benefícios

		Benefícios Hídricos e Reduzir Esgotamento	Reduzir a demanda de água	Reduzir a recarga de aquíferos	Reduzir o consumo energético	Melhorar a qualidade do ar	Reduzir CO2	Reduzir ilhas de calor	Melhorar qualidade estética	Reduzir poluição sonora	Possibilidade de Lazer e recreação	Promover a Agricultura Urbana	Promover Habitat para espécies	Criar oportunidades de Ed. Ambiental	
Áreas alagadas que recebem as águas pluviais, promovem a retenção de impurezas.	Alagado Construído														Profundidade limitada, não adequada para terrenos íngremes.
Bacia de retenção de águas provenientes de escoamento com constante presença de água.	Lagoa Pluvial														Requer manutenção contínua para evitar o acúmulo de matéria sólida.
Espaço destinado ao armazenamento de águas em tempos de enchimento.	Lagoa Seca														Requer manutenção contínua para evitar o acúmulo de matéria sólida.
Sistema artificial de construção de coberturas de edifícios com plantas naturais.	Teto Verde														Caso não receba manutenção, podem surgir pragas urbanas.
Sistema artificial com plantas naturais que revestem uma parede.	Parede Verde														
Pavimentação executada com blocos em materiais porosos ou com juntas que permitem a drenagem da água.	Pavimento Permeável														Não indicados para locais com inclinação maior que 20%.
Depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes.	Biovaleta														Requer mão de obra especializada para sua manutenção e cuidados relacionados com a permeabilidade do solo natural.
Jardins de chuva em tamanho reduzido.	Canteiro Pluvial														Recebe quantidade limitada de água devido às suas dimensões.
Depressão no terreno responsável por captar o excesso das águas da chuva.	Jardins de Chuva														Requer manutenção para evitar entupimento; Não adequado para áreas íngremes.
LEGENDA		Benefício Assegurado						Em potencial				Indiferente			

Fonte: Adaptado de Brandão e Crespo (2016) e Oliveira (2017).

2.6 LEGISLAÇÃO

Braga (2006) agrupa os instrumentos legais de políticas públicas ambientais de acordo com sua utilização: instrumentos de ordenamento territorial, instrumentos de comando e controle, instrumentos de tomada de decisão (Quadro 2).

Quadro 2 – Agrupamento dos instrumentos de políticas públicas ambientais com potencialidade de aplicação na gestão urbana

AGRUPAMENTO POR TIPOLOGIA	INSTRUMENTOS	LEI REFERÊNCIA (ordem aleatória)	MARCOS LEGAIS (ordem aleatória)
De ordenamento territorial	<ul style="list-style-type: none"> • Plano diretor; • Zoneamento Ambiental; • Áreas Legalmente protegidas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Código das Águas • Código Florestal • Política Nacional de Meio Ambiente • Constituição Federal • Política de Recursos Hídricos • Política Nacional de Educação Ambiental • Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação • Estatuto das Cidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Código Florestal; • Política Nacional do meio ambiente; • Política Nacional de recursos hídricos; • Lei de Crimes Ambientais; • Política Nacional de Educação Ambiental • Política Nacional de Unidades de Conservação • Resolução CONAMA 237
De Comando e Controle	<ul style="list-style-type: none"> • Licenciamento ambiental • Fiscalização ambiental • Compensação ambiental 		
De tomada de decisão	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento ambiental; • Sistema de informações; • Educação Ambiental; • Instâncias de decisão colegiada; 		

Fonte: BARROS *et al*, 2007 (adaptado).

O Zoneamento Ambiental também chamado de Zoneamento Ecológico Econômico, é instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente conforme o inciso II do artigo 9º da Lei n.º 6.938/1981, e regulamentado pelo Decreto Federal Nº 4.297/2002. Tem como objetivo viabilizar o desenvolvimento sustentável a partir da compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a conservação ambiental. Este mecanismo de gestão ambiental consiste na delimitação de zonas ambientais e atribuição de usos e atividades compatíveis segundo as características (potencialidades e restrições) de cada uma delas. O objetivo é o uso sustentável dos recursos naturais e o equilíbrio dos ecossistemas existentes. O zoneamento ecológico-econômico é competência compartilhada das três esferas governamentais: a União, os estados e os municípios. A lei complementar nº 140/2011, que fixa normas para a cooperação entre estes entes no exercício da competência comum relativa ao meio ambiente. O

novo Código Florestal (Lei federal nº 12.651/2012) estabelece um prazo de cinco anos (art. 13, §2º) para que todos os Estados elaborem e aprovem seus ZEEs. Sendo assim, por força de lei, o Município de Campina Grande deveria ter seu ZEE até o ano de 2017.

Dentre os instrumentos citados na tabela, o mais preponderante em frente aos desafios de sustentabilidade urbana segundo BARROS *et al* (2007) é o Plano Diretor, pois pode direcionar diversas questões como uso e ocupação do solo, criação de áreas verdes, dirigir a expansão urbana, manejo de água, esgoto e resíduos sólidos, etc. Mas todos os instrumentos devem ser utilizados de maneira integrada, pois, apesar da existência das leis, muitas vezes a legislação deixa a desejar. Por isso, Duarte (2009) propõe um indicador de qualidade espacial que oriente a amenização do rigor microclimático de áreas urbanas, propondo incluir na legislação municipal um instrumento que relacione densidade construída com arborização e superfícies d'água.

Algumas regiões do Brasil já iniciaram a implementação das medidas compensatórias sustentáveis em suas legislações, como por exemplo a cidade de Recife, por meio das leis municipais 18.111/2015 e 18.112/2015 através das quais há a obrigatoriedade de instalação de telhados verdes e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento de águas pluviais para a rede de drenagem em casos específicos citados na lei. A Instrução 22/2007 de Porto Alegre aborda porcentagens do terreno ocupadas, não ocupadas e permeáveis, obrigando os terrenos com baixo índice de permeabilidade a utilizar as seguintes medidas compensatórias: terraços ou coberturas verdes, pisos semipermeáveis, plantio de canteiros vegetados no entorno do terreno.

Para incentivar ainda mais o uso de medidas de infraestrutura verde muitos municípios brasileiros têm adotado o IPTU verde, que concede descontos no IPTU do proprietário ao adotarem medidas ambientais sustentáveis (BRANDÃO e CRESPO, 2016). Mas ter diversos aparatos legais não é o suficiente para garantir a efetivação dessas medidas, o planejamento urbano ainda não é definidor da forma da cidade, pois muitas vezes esbarra nos interesses políticos e econômicos locais que visam apenas lucro. Por isso, deve haver empoderamento por parte da sociedade, que precisa ser

desenvolvida institucionalmente (população instruída e ativa) para que haja interesse da coparticipação junto aos demais agentes de mudança da cidade, além disso, todos os instrumentos precisam andar em equidades, sem discrepância, concordando em todos os pontos e parâmetros que possam existir em mais de um deles.

2.7 MODELAGEM URBANA

Os recursos computacionais disponíveis atualmente são uma ferramenta chave para o entendimento do meio urbano principalmente pela grande possibilidade de simulação de fenômenos dinâmicos espaciais diversos, desde expansão urbana, mudanças de uso do solo, processos de verticalização da ocupação, mudanças climáticas, drenagem urbana e enchentes, deslizamento de terra, tráfego de pedestres e veículos, entre outros.

Neste sentido, dados temporais de sensoriamento remoto têm auxiliado bastante na captura do crescimento espacial dos padrões e processos no meio urbano. Mas o sensoriamento remoto não fornece apenas dados de uso de solo, alterações nos tipos de cobertura do solo promovem interferências nos fluxos de calor sensível e latente, drenagem, recarga de lençóis freáticos, mudanças no fluxo de pessoas, segurança, ventilação e iluminação naturais, etc.

Assim, o conhecimento detalhado das modificações do uso e ocupação do solo, como o caso das urbanizações, pode ser objeto de estudo do sensoriamento remoto e seu uso vem sendo aplicado em diversas etapas do planejamento urbano como apresenta Souza (2009): 1) zoneamento da cidade, 2) definição de áreas de risco, 3) dados para a elaboração de planos de saúde, segurança, infraestrutura, 4) otimização de emprego de cadastros, dentre outros, obtendo gráficos, relatórios e mapas.

Um modelo para simulação constitui-se de pelo menos três elementos: variáveis, relacionamentos e processos. Em sua construção pode-se enfatizar um ou outro desses elementos (TRENTIN e FREITAS, 2010). Nesse caso, as simulações utilizadas serão especificamente de diferentes cenários de uso e ocupação do solo e seus

respectivos escoamentos superficiais para análise da susceptibilidade à alagamentos na vida real.

Para Tucci (1998), a modelagem hidrológica é uma das ferramentas científicas que melhor entende e representa o comportamento de uma bacia hidrográfica e pode ser usado para diversos fins como: 1) avaliação da resposta de captação na bacia, 2) avaliação do nível de poluição da bacia, 3) gerenciamento operacional da bacia e 4) análise e controle em tempo real das interações entre os sub-sistemas (MACSIMOVIC, 2001).

Para diagnóstico do escoamento superficial das águas pluviais está sendo utilizado o *Software Storm Water Management Model - SWMM*, trata-se de um modelo simulador chuva-vazão que representa quantitativa e qualitativa o escoamento superficial, que é o fluxo de águas que ocorre na superfície, especialmente em áreas urbanizadas, disponibilizando o mapeamento do escoamento superficial logo após as precipitações, com diferentes tempos de recuperação (ALVES, 2017), porém o SWMM exige determinados *inputs* para que a simulação seja realizada, por isso suporte de outros softwares junto à este é imprescindível, como o QGis e ArcGis, que se tratam de softwares de Sistemas de Informação Geográficas e relacionam dados numéricos e informações com sua localização geográfica, sendo um valioso instrumento de planejamento urbano atualmente, facilitando os estudos e implantação de ordenamento eficiente e sustentável do solo (LIMA, *et al.* 2011).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos envolveram pesquisas em campo: elaboração de diários de campo, levantamento cartográfico e fotográfico. Juntamente com o uso de tecnologias computacionais, sendo no presente trabalho foi utilizado além do SWMM, o SIG, que segundo Câmara (2000) é um sistema que trata informações geográficas reais, através de elementos gráficos obtidos com dados espaciais e alfanuméricos, os dados geográficos e a geometria são manipulados e os atributos dos dados georreferenciados são armazenados em um banco de dados. Para uso e ocupação do

solo, o Software utilizado foi o Quantum Gis (QGis), software livre de manipulação em ambiente SIG.

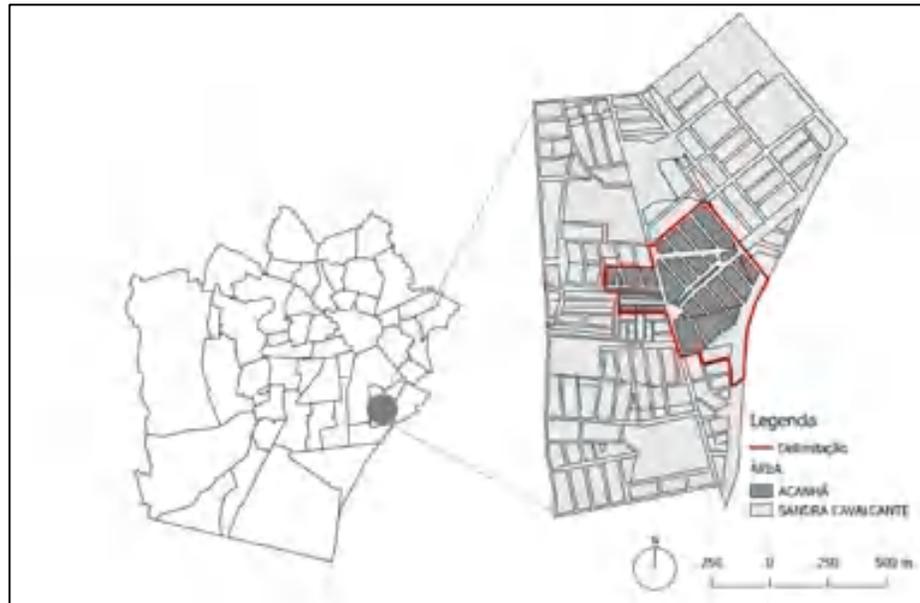
3.1 - DIAGNÓSTICO

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

CAMPINA GRANDE

Campina Grande é um exemplo de cidade dentre tantas outras das que prosperaram a partir de seus corpos hídricos, surgindo como ponto de apoio aos Tropeiros e, mais tarde, foi estruturando-se ao redor do Riacho das Piabas que, atualmente, encontra-se em sua grande parte canalizado e negligenciado pela população, gerando consequências negativas para a cidade em períodos chuvosos, como por exemplo, o transbordamento do canal de ligação com o Açude Velho e alagamentos das vias adjacentes em decorrência, dentre vários fatores, da excessiva impermeabilização do solo urbano. Além desse ponto de vulnerabilidade, outros bairros da cidade apresentam problemas de drenagem, gerando prejuízos diversos à população, em decorrência dos efeitos da alta impermeabilização do solo. Dentre estes, escolheu-se o bairro Sandra Cavalcante, mais especificamente, a área popularmente conhecida como Acanhã (Figura 6 e 7) como recorte para estudo e área piloto para a aplicação da metodologia utilizada neste trabalho por ser uma área bastante susceptível a alagamentos devido à presença de corpos hídricos tratados com descaso (Figura 8), além da área também ter sido estudada em pesquisas anteriores (SANTOS, 2015 e SILVA, 2016) e trabalhada na disciplina “Atelier Integrado”, no âmbito das disciplinas de graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFCG.

Figura 6 - Inserção da área de estudo na cidade



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 7 - Ácanhã



Fonte: Google Earth.

Dentro da região, se localiza uma comunidade composta por assentamentos irregulares em uma área que antes era um açude, conhecida como Grota (Figura 5), que atualmente encontra-se seca, porém em épocas de chuva, a população sofre com

a inundação favorecida pelo relevo acidentado. Além desse corpo hídrico que foi aterrado, na via principal dessa área (Avenida Elpídio de Almeida), encontra-se um pequeno riacho (Figura 8) que se confunde com esgoto a céu aberto, com um entorno subutilizado e fachadas das casas opostas ao mesmo, revelando o desprezo ou mesmo a ignorância da população para com ele.

Figura 8 - Registro do descaso com o corpo hídrico



Fonte: Acervo Fernanda Macedo.

Apesar de ser o caso da área de Acanhã, não é raro encontrar casos semelhantes em outras localidades. Neste sentido, essa é uma área considerada piloto neste trabalho para a elaboração de uma proposta projetual a partir dos princípios de planejamento urbano sensível às águas (BROWN et al, 2008). Tais princípios propostos pressupõem seis estágios de planejamento urbano que se articulam em um contínuo sequencial, em um ciclo, sendo eles: Cidade do Abastecimento, Cidade do Esgotamento Sanitário, Cidade Drenada, Cidade dos Cursos d'Água, Cidade do Ciclo da Água, e Cidade Sensível à Água.

Figura 9 - Casas construídas dentro do Açude do Catolé, aterrado.



Fonte: Acervo Fernanda Macedo

CAMPINA GRANDE E A SENSIBILIDADE ÀS ÁGUAS

Apesar da cidade não ser referência no tema hídrico e até mesmo enfrentar transtornos consequentes do descaso ambiental, levantamentos históricos mostram que há uma intenção voltada para o tema por parte dos técnicos que planejam a cidade como os três projetos que serão mencionados abaixo:

ÁGUAS CLARAS - O Projeto Águas Claras fazer parte de uma intenção de requalificação de áreas urbanas por parte da Prefeitura Municipal de Campina Grande, porém ainda não é um projeto concreto, está atualmente em fase de estudos e amadurecimento para que venha a ser (ou não) oficializado, com objetivos:

“regenerar e reutilizar áreas abandonadas ou ambientalmente e socialmente degradadas, ao longo de riachos, nascentes, açudes e lagos do município de Campina Grande. Tendo como objetivos específicos: proteger, preservar e assegurar o acesso equilibrado aos bens naturais comuns, sensibilizar, mobilizar e oferecer ferramentas para que os cidadãos, organizações sociais, empresas e governos se organizem e desenvolvam de forma econômica, social e ambientalmente sustentável, com projetos específicos de requalificação da malha hídrica urbana, implementar a estratégia de trabalhar a consciência pública e sua compreensão em relação aos riscos das águas superficiais, de forma a facilitar e tornar mais eficaz a adaptação aos locais, criar o Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) reforçando a alta qualidade

das áreas verdes ao longo e entorno de riachos, lagos e outros, uma vez que formarão corredores verdes entre grandes parques, permitindo a disposição de espécies e aumentando a biodiversidade local, criação de playgrounds, parques urbanos e áreas de caminhada por todo o local, garantir moradia digna com padrão mínimo de habitabilidade, infraestrutura, saneamento ambiental, mobilidade, equipamentos, serviços urbanos e sociais, intervir nas necessidades habitacionais, de acordo com a característica de cada problemática, através de intervenções de reforma e/ou construção de novas unidades em novo terre, desenvolver projeto de trabalho técnico social envolvendo eixos como mobilização social e educação ambiental e patrimonial.” (CAMPINA GRANDE, 2016)

PROJETO MULTILAGOS - Proposta de criação de um Cinturão de Açudes (Anexo A) ao redor da cidade, obra que acompanharia o cinturão rodoviário, elaborada pela secretaria de Planejamento da Cidade em 1993, estando dentre o corpo técnico o engenheiro Geraldino Duda, com objetivo de:

“...criar um micro clima, amenizando a aridez, proporcionando desenvolvimento da psicultura, fruticultura, e de hortigranjeiros, etc. dando trabalho e alimentação para a população carente.

Objetiva-se também: Desenvolver os esportes aquáticos, prática de acampamentos e cabanagem para fins de semana, com pesa e balneários públicos. Criar condições para formação de Bosques com reflorestamento em torno da cidade, construção de Hotéis Fazendas, atraindo o turista regional.” (CAMPINA GRANDE, 1993)

INTEGRAÇÃO ENTRE O AÇUDE NOVO (PARQUE EVALDO CRUZ), PARQUE DO POVO E AÇUDO VELHO

O Plano de Desenvolvimento Local Integrado de Campina Grande – década de 1970 que tinha dentre seu corpo técnico o arquiteto e urbanista Renato Azevedo, teve cuidado com a criação de espaços verdes e áreas livres pertos dos açudes (Anexo B).

ACANHÃ

BREVE HISTÓRICO LOCAL

A figura 10, apresenta um histórico da área de estudo de forma cronológica e com algumas descrições.

Figura 10 - Histórico da área

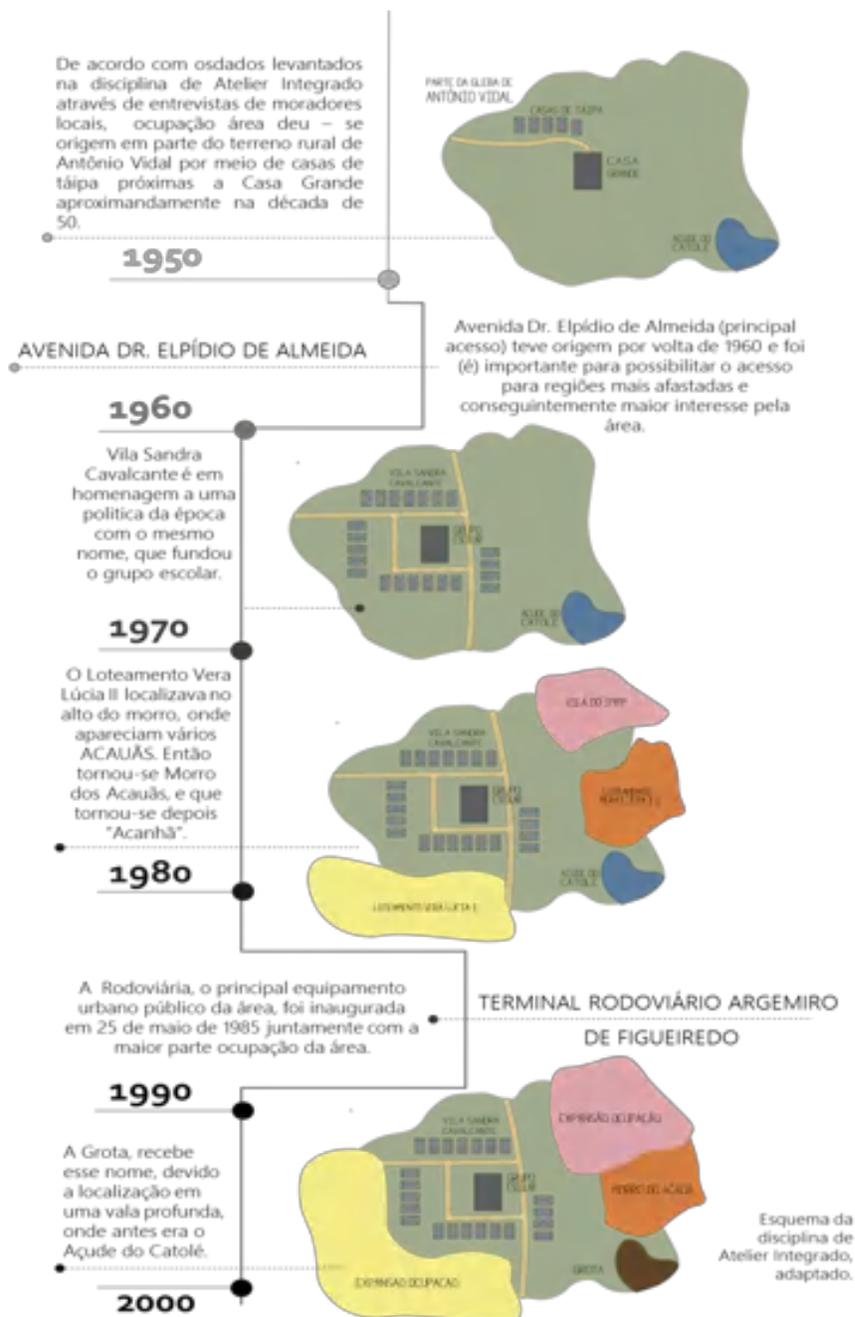


Figura 11- Setores censitários. Fonte: Atelier Integrado

CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO

A área de estudo faz parte de dois setores censitários como podemos ver na figura 11 de acordo com o censo de 2010.

A maior parte da população tem entre 21 e 30 anos e também são alfabetizados. Além disso o nível socioeconômico da maior parte da população é baixo, de até 1 salário.

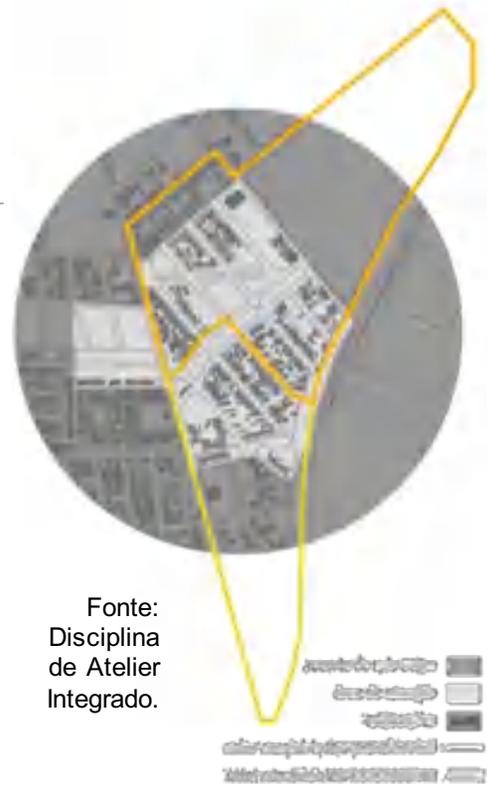
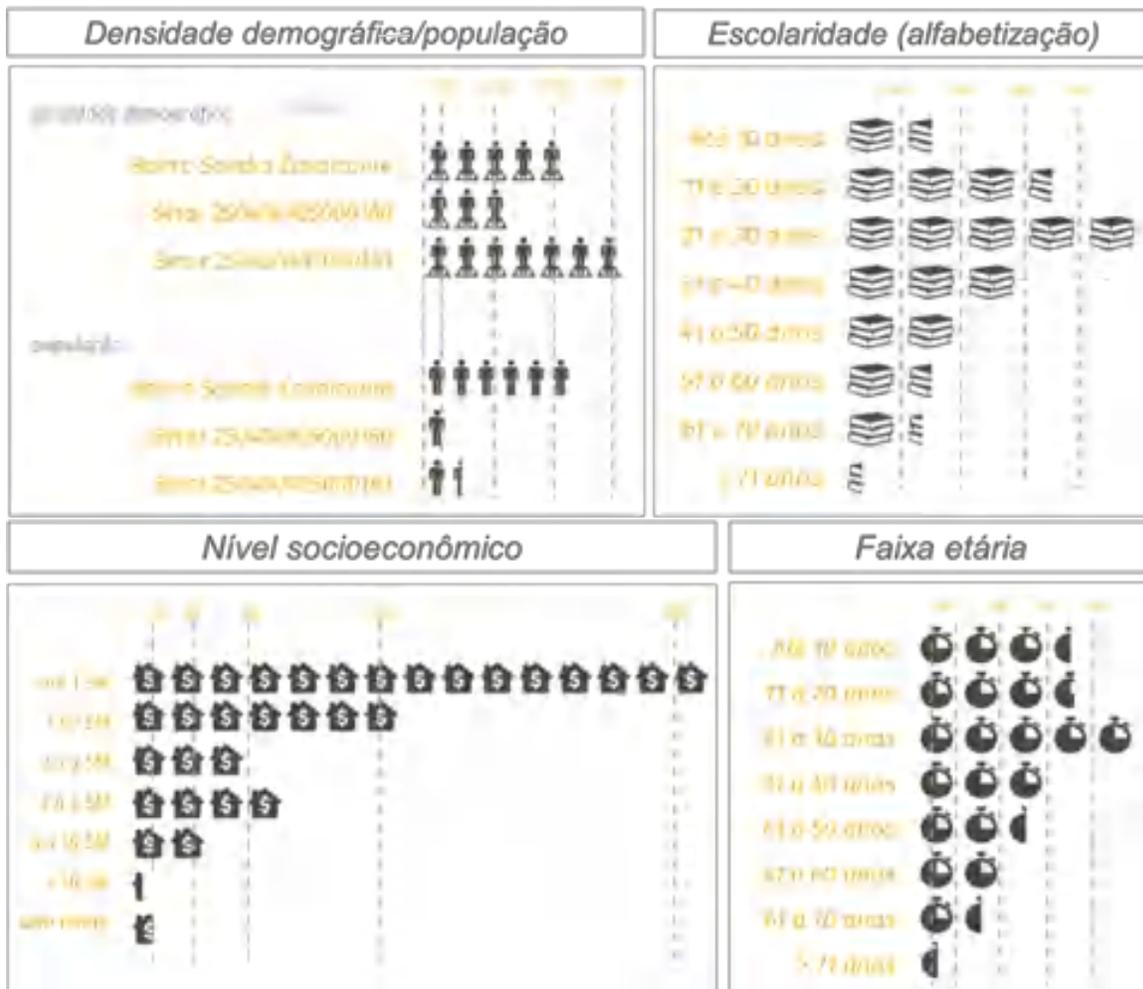


Figura 12 - Dados Socioeconômicos da população

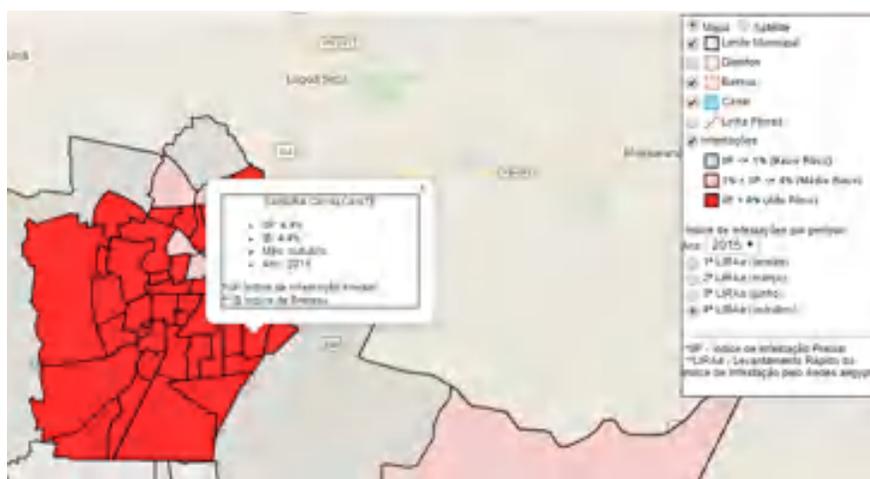


Fonte – disciplina de Ateliê Integrado

SALUBRIDADE E ÁREA DE RISCO

O bairro Sandra Cavalcante foi considerado uma área com alto índice de infestação do mosquito *Aedys Aegypti* segundo levantamento feito em 2015 (Figura 13) divulgado pela prefeitura municipal. A alta frequência de áreas inundadas por longos períodos após os eventos chuvosos juntamente com uma quantidade relativamente grande de terrenos baldios que incentivam o acúmulo de lixo, além do assentamento irregular que é assentado em um aterro sanitário e por isso as chuvas sempre agravam ainda mais situação de salubridade da área e o curso hídrico que é local de despejo de esgoto (Figura 14).

Figura 13- Infestações do Aedes Aegypti



Fonte: PMCG

Figura 14 - Corpo hídrico como receptor de esgoto



Fonte: Acervo Pessoal.

O assentamento em área de risco é conhecido como “Grotá” ou “Grotão do Catolé”, são 42 residências assentadas espontaneamente e irregularmente com uma média obtida por levantamento de campo, de 4 pessoas/casa, totalizando aproximadamente 168 pessoas no local.

A área é uma depressão acidentada próxima à uma rodovia de domínio federal (BR-230), que faz parte do caminho natural das águas e por isso já foi utilizada como um Açude, que com o crescimento, desenvolvimento e secas que alcançaram (aparentemente secando essa área) a cidade, foi tido como “desnecessário e dispensável” e aterrado com lixo. Porém hoje, a área ainda é parte de um curso hídrico com acúmulo de água (Figura 15).

Figura 15 - Acúmulo de água na grotá



Fonte: Acervo Pessoal

As condições são precárias, não há arruamento ou esgotamento, as barreiras impostas pela topografia (aclives e declives) são “vencidas” no improvisado por escadarias construídas pelos próprios moradores (Figura 16).

Figura 16 - Circulação vertical improvisada pelos moradores



Fonte: Acervo Pessoal.

As casas estão construídas sobre o lixo e por isso as chuvas o trazem à tona (Figura 17), além de arrastar ainda mais lixo que vem das partes altas junto com o escoamento da água de chuva e muita lama (Figura 18).

Figura 17 - Grande quantidade de lixo aterreado na Grotta



Fonte: Acervo Pessoal

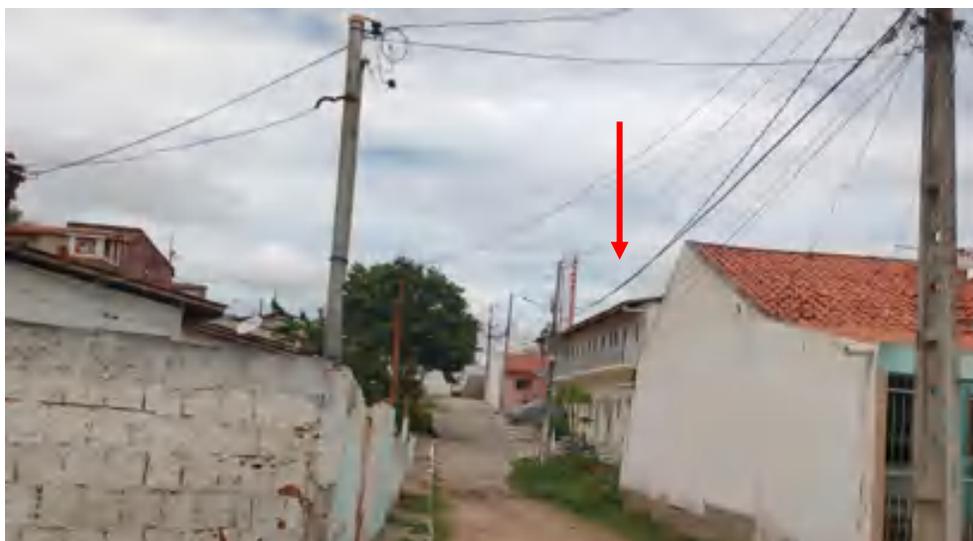
Figura 18 - Lama invadindo a casa dos moradores



Fonte: Acervo Pessoal

Por não possuírem fundações firmes, as edificações da área correm risco de desmoronamento e algumas, inclusive, já estão condenadas pela Defesa Civil (Figura 19).

Figura 18 - Edificação condenada pela defesa civil

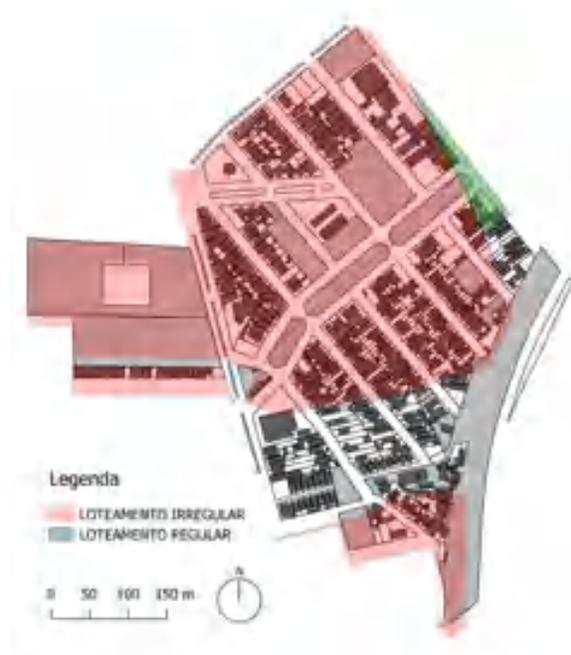


Fonte: Acervo Pessoal

OCUPAÇÃO DA ÁREA

A) LOTEAMENTOS

Figura 19 - Mapa de loteamentos



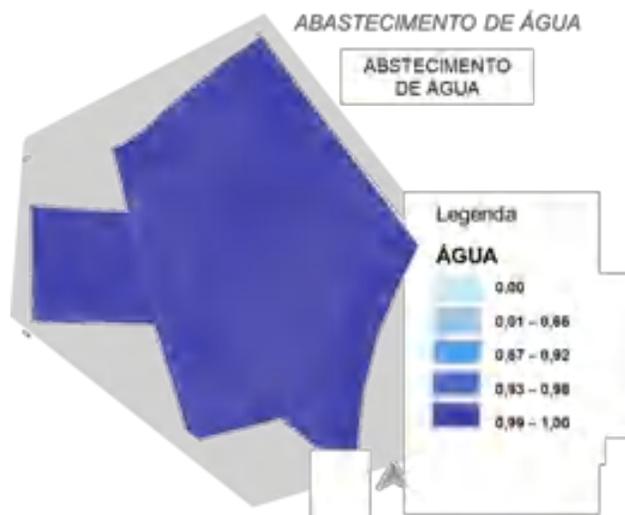
A área possui 5 loteamentos (Figura 20), sendo quase toda loteada, porém, dentre estes apenas um dos loteamentos possui situação regular em cartório.

Fonte: Elaborado pela autora com dados PMCG.

B) INFRAESTRUTURA

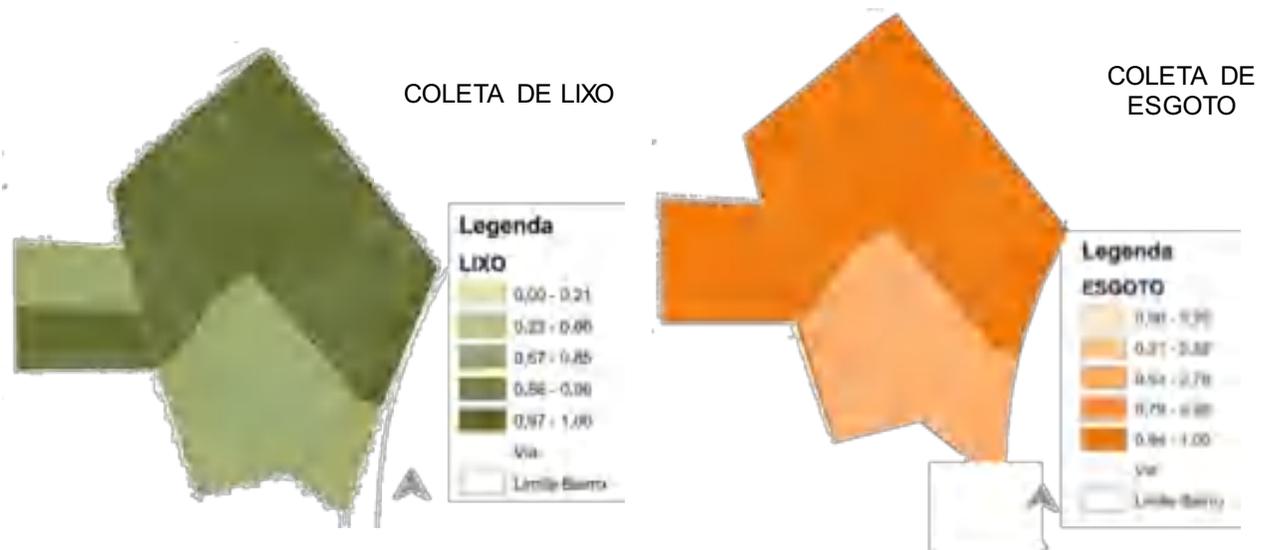
Segundo dados da PMCG, a área usufrui dos seguintes serviços: Abastecimento de água que cobre toda a região, coleta de esgoto que abrange mais a zona norte, acarretando despejo de esgoto a céu aberto, como veremos nas próximas etapas do levantamento de informações (Figura 21). A coleta de lixo também apresenta um cenário similar à coleta de esgoto, não abrangendo toda a área de forma eficiente (Figura 22).

Figura 20 - Mapa de abastecimento de água



Fonte: Fonte: Elaborado por PMCG e adaptado por alunos da disciplina de Atelier Integrado.

Figura 21 - Mapas de infraestrutura da área, coleta de lixo e coleta de esgoto



Fonte: Elaborado por PMCG e adaptado por alunos da disciplina de Atelier Integrado.

C) USO DO SOLO

O Uso do solo (Figura 23) é predominantemente residencial de acordo com dado da PMCG, validados e atualizados em campo, mas com muitos terrenos vazios apesar da boa infraestrutura, principalmente na área com índices mais altos. Vale salientar que para a confecção do mapa de uso do solo, os usos foram divididos em “residencial” e “outros”, tendo em vista que essa é a diferenciação que a legislação faz, e os lotes “subutilizados” são os que estão quase vazios, sem edificação. Quanto ao sistema viário, ainda há várias vias sem nenhum tipo de pavimentação, que sofrem de erosão provocada pela chuva e são as vias que dão acesso à comunidade da Grota, desvalorizando ainda mais este espaço.

Figura 22 - Mapa de pavimentação de vias e uso/ocupação do solo.



Fonte: Elaborado pela autora com dados Google Earth e visitas a campo.

D) FACHADAS E VOLUMETRIA

Uso do solo predominantemente residencial, com gabarito térreo e térreo + 1 pavimento, com recuos frontais e construção espontânea, sem traços arquitetônicos marcantes e fachadas que se relacionam pouco com a rua.

Figura 23 - Fachadas e volumetrias



E) MOBILIDADE

A área possui grandes equipamentos geradores de fluxo no seu perímetro e arredores como o shopping, casa de shows, escolas, clube de lazer e igrejas, etc. É uma área bem conectada em escala intra/inter municipal, contendo avenidas, rodoviária e até uma rodovia federal (Figuras 24 e 25).

Figura 24 - Vias e polos geradores de fluxo

VIAS E POLOS GERADORES DE FLUXO

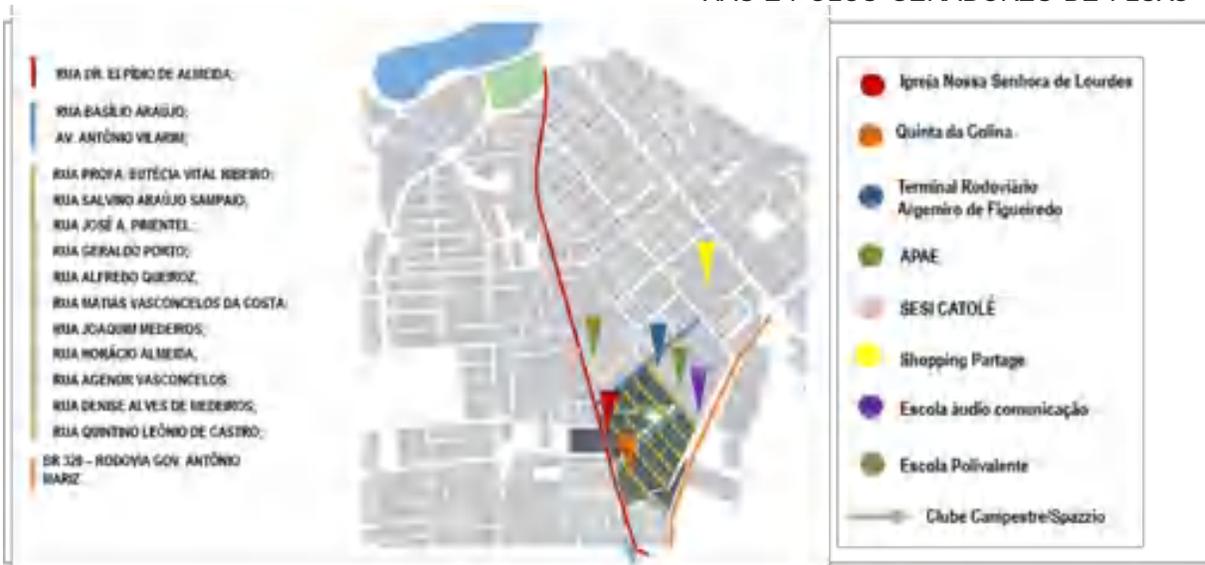


Figura 25 - Vias que ligam a outros bairros/cidades



Fonte: Disciplina de Atelier Integrado.

Figura 26 - Pontos de parada do transporte público



Fonte: Elaborado por alunos da disciplina de Atelier Integrado.

PARADAS DE ÔNIBUS

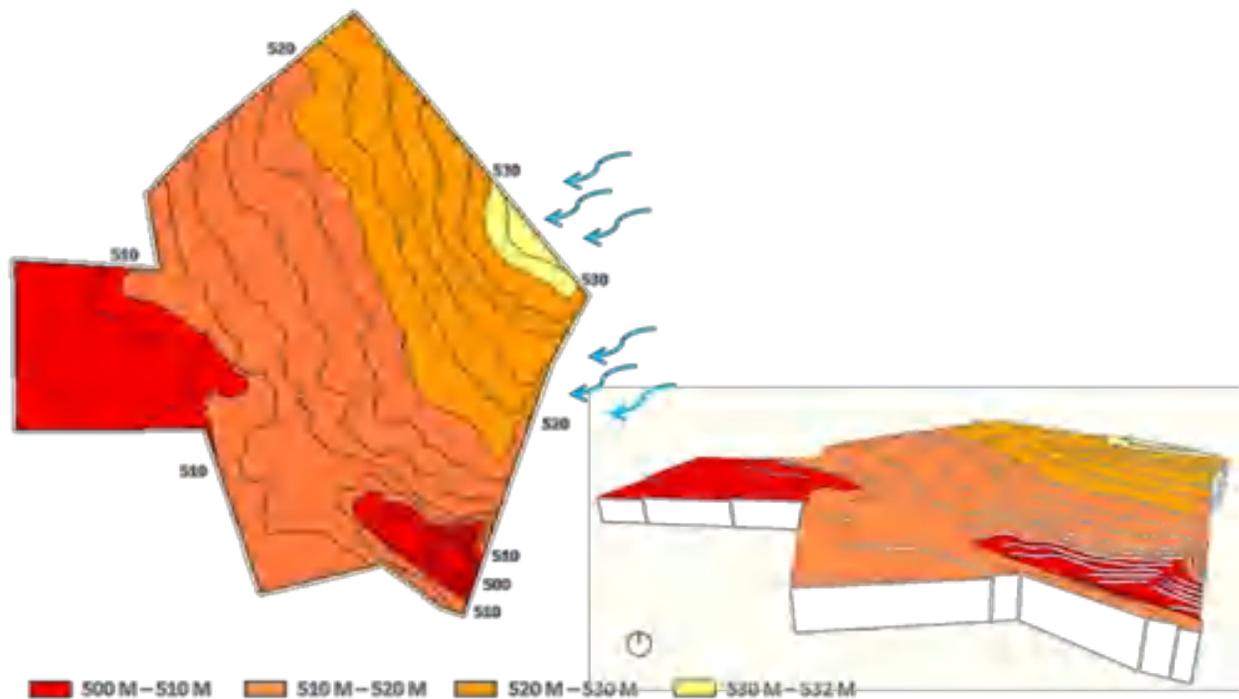
A área também é servida pelo transporte público, com circulação de três linhas de ônibus e paradas (Figura 26), o que é bom, porém esse cenário está passível a melhorias em termos de diversidade de modais (bicicletas, carros, motocicletas, ônibus, etc) e oferta deste serviço para toda a área.

ASPECTOS FÍSICOS E AMBIENTAIS

A) TOPOGRAFIA

Ao analisar a altimetria da área (Figura 27), percebemos uma leve elevação da topografia no sentido leste (de onde vem os ventos predominantes), porém com uma área bastante acidentada, onde se localizava o Açude do Catolé, portanto esta área bem como a outra região em vermelho são as mais susceptíveis a alagamentos, com precipitações mais fortes em Julho.

Figura 27 - Hipsometria da área de estudo



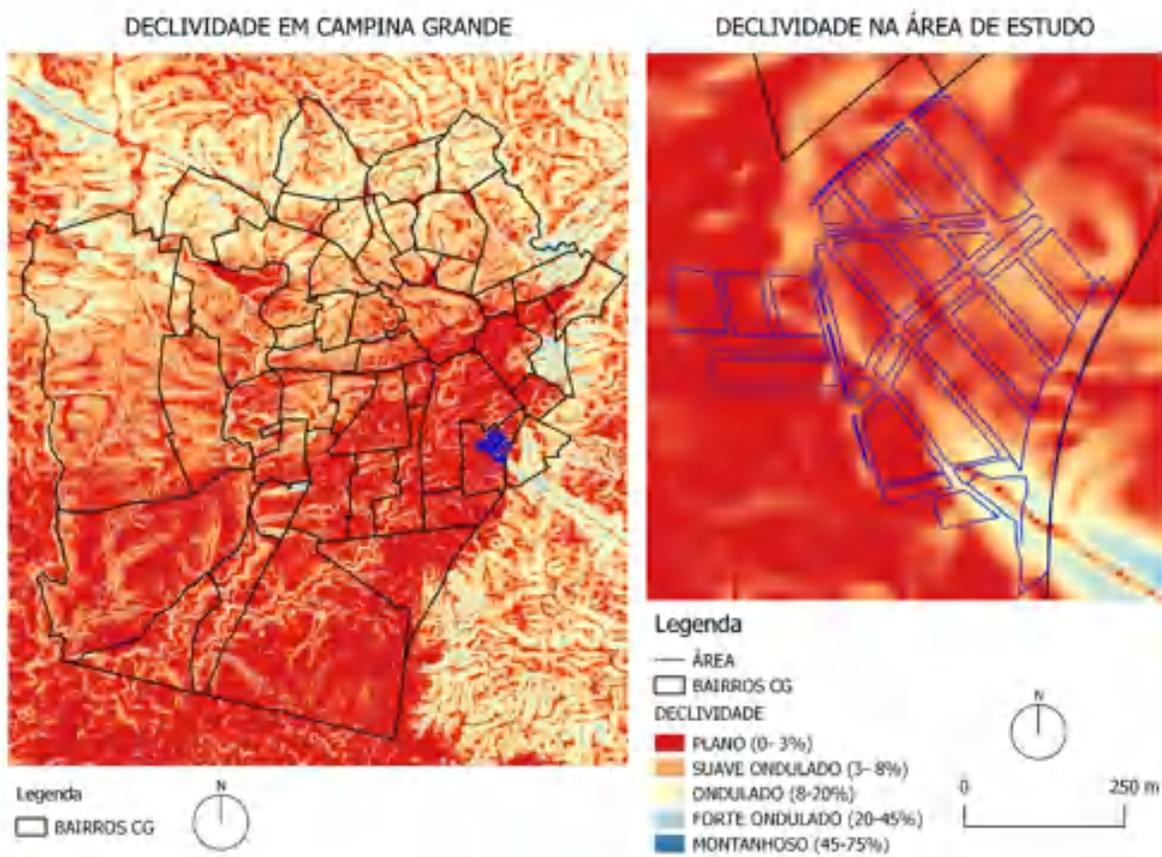
Fonte: Disciplina de Atelier Integrado com dados PMCG.

B) DECLIVIDADE MÉDIA

De acordo com o PMSB (Plano municipal de Saneamento Básico) A declividade média de uma bacia relaciona-se com o escoamento das águas para os cursos hídricos, quanto menor ela for, mais tempo esse fenômeno vai demorar a acontecer e mais susceptíveis a alagamentos essas áreas estarão, principalmente durante eventos de chuva concentrada, comuns na cidade. Foi utilizada a classificação convencional

da Embrapa (1979) para os níveis de declividade, e estando a região de Acanhã à jusante em uma área com relevo plano e suavemente ondulado, entre 3 e 8% de declividade média, variando apenas na região da Grota, foi obtido o seguinte mapa de declividade (Figura 28).

Figura 28 - Declividade média da área



Fonte: Elaborado pela autora a partir do MDE de Tsuyguchi (2015).

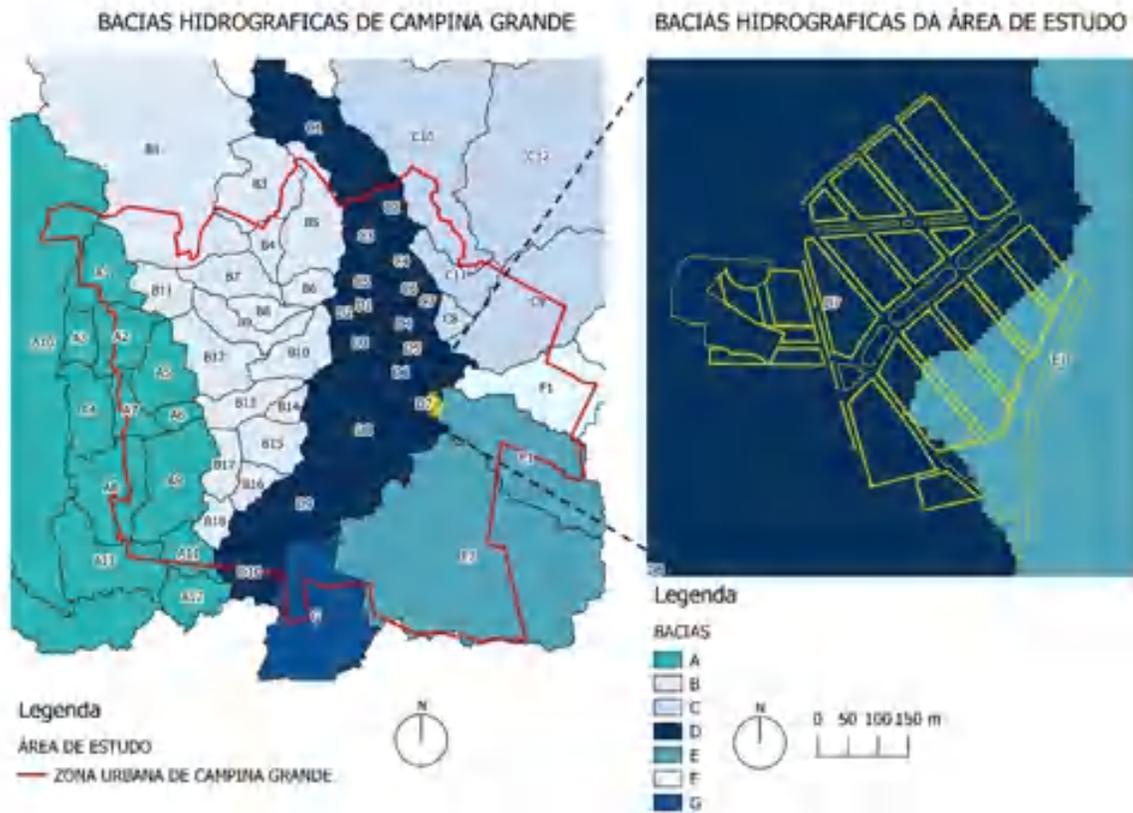
HIDROGRAFIA

A) .BACIAS HIDROGRÁFICAS

Considerar a existência de bacias hidrográficas (Figura 29) é fundamental para planejar a gestão dos recursos hídricos locais de forma sustentável e um dos fundamentos do planejamento urbano sensível às águas, é dar influência decisiva a esse fator. Tendo ciência dos corpos hídricos existentes e dos divisores de bacia é possível compreender melhor o relevo e o caminho natural das águas, fatores que implicam diretamente em aspectos técnicos e sociais pois definem a viabilidade e

implantação da infraestrutura urbana que é a uma das formas diretas de relacionamento entre cidade (e seus recursos) e população.

Figura 29 - Bacias hidrográficas de Campina Grande e da área



Fonte: Elaborado pela autora, utilizando dados de divisão de bacias de Tsuyguchi (2015).

A área é constituída por duas bacias hidrográficas (Figura 29), pela bacia D (sub-bacia 7) e pela bacia E (sub-bacia 1) o que implica em pelo menos dois caminhos que as águas que escoam na área e um relevo um pouco mais acidentado na área divisora das bacias.

B) CORPOS HÍDRICOS DA ÁREA

A área possui dois riachos perenes, dois intermitentes (temporários) e duas barragens que são um ponto de acúmulo hídrico natural do caminho das águas e topografia, por isso também foram englobados na área de preservação permanente para simulação do cenário legal.

Figura 30 - Corpos hídricos da área



Fonte: Dados PMCG, elaborado pela autora

As figuras 31 a 33 ilustram o histórico de intervenções antrópicas negativas nos corpos hídricos locais e comprova (mesmo que em imagem relativamente recente) os corpos hídricos não muito antropizados.

BREVE HISTÓRICO DOS CORPOS HÍDRICOS

2005

Ocupações irregulares
em corpo hídrico – Grotá

Figura 31 – Geolmagem 2005

Fonte: SigCG.

2010

Corpo hídrico aterrado
Edifícios residenciais
sendo construídas sobre
o riacho.

Figura 32 – Geolmagem 2010

Fonte: SigCG.

2017

O curso do corpo hídrico foi
mudado e quase totalmente
retificado além do entorno
totalmente descampado.

Figura 33 – Imagem de satélite
2017

Fonte: Google Earth.



DIAGNÓSTICO DE ALGUNS DOS SERVIÇOS ECOLÓGICOS PRESENTES NA ÁREA

SERVIÇOS QUE ESTÃO SENDO COMPROMETIDOS	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS
<ul style="list-style-type: none"> - Filtragem do ar; - Regulação de microclima: árvores transpirando água e consumindo energia do ambiente, fora as sombras que geram além dos cursos hídricos que também absorvem energia e resfriam sua vizinhança; - <i>Manutenção de biodiversidade;</i> - Redução de ruído; - Tratamento de esgoto: algumas tipos de vegetação absorvem grandes quantidades de nitrogênio e fósforo, elementos presentes nos nossos dejetos; - <i>Recarga de lençóis freáticos;</i> - <i>Equilíbrio do ciclo urbano da água;</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Volume pouco considerável de vegetação para prestação de tal serviço e falta de um espaço destinado apenas para tal questão. - Volume pouco considerável de vegetação para prestação de tal serviço e cursos hídricos ignorados, sendo apenas local de despejo de esgoto e até descarte de objetos; - Presença de muitas áreas de solo exposto ou pavimentado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto índice de erosão, lixiviação e inundações na área; - Poucos espaços apropriados para lazer; - Insalubridade; - Ocupações irregulares em áreas de risco; - Ignorância quanto ao patrimônio natural e direito á cidade; - Falta de pertencimento por parte do cidadão. - Espaços urbanos defazados

SERVIÇOS ECOLÓGICOS EM POTENCIAL

- Drenagem de águas pluviais (muitas áreas em potencial para o Sistema verde de drenagem);
- Recreação/Cultura
- *Abastecimento (para consumo não potável)*

TODOS OS SERVIÇOS EM HARMONIA RESULTAM EM:

- *Diminuição da ocorrência de enchentes e inundações;*
- *Melhoria da qualidade de vida;*
- *Reaproximação da população aos recursos naturais;*
- *Educação quanto ao patrimônio natural;*
- *Melhoria de salubridade.*



POTENCIALIDADES

1. Distribuição de equipamentos públicos básicos;
2. Topografia;
3. Localização;
4. Acessos;
5. Áreas livres e suas conexões;
6. Transporte público
7. Diversidade (Usos, ocupação, renda, morfologia, paisagem e demografia)
8. Baixa densidade (adensável)

MAPA DE POTENCIALIDADES.

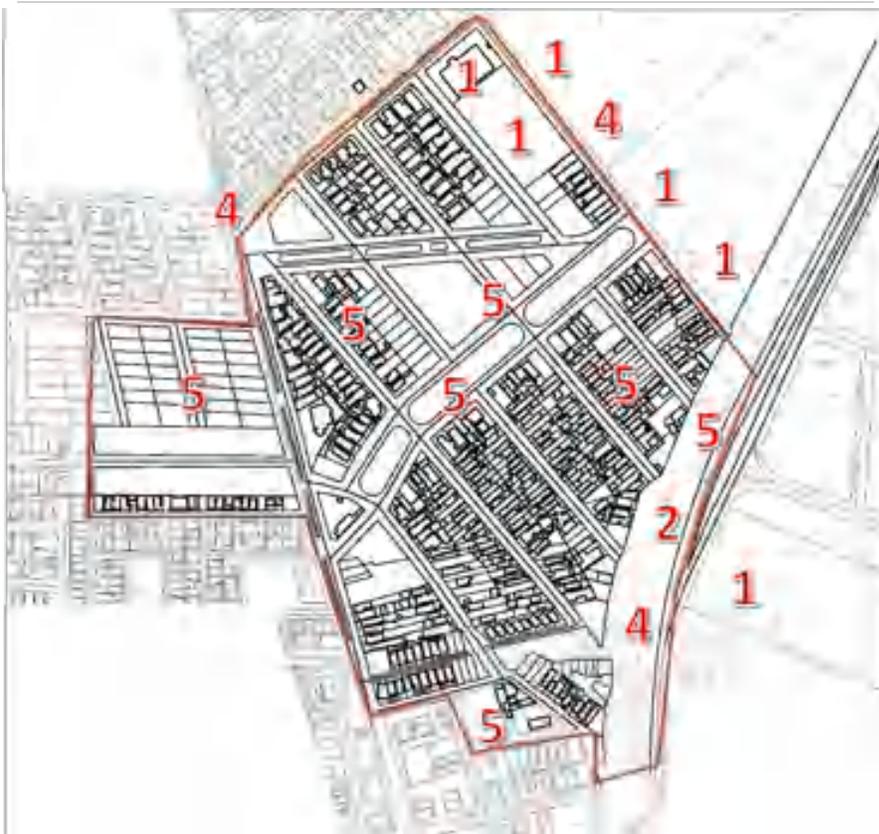


Figura 35 - Potencialidades especializadas

Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 34 – Ilustração das potencialidades da área. Fotos: Autora

PROBLEMAS

1. Ocupações irregulares (ocupações em loteamentos não regularizados, fora de loteamentos e em áreas em risco);
2. Distribuição heterogênea de infraestrutura e serviços (saneamento, pavimentação, coleta de lixo, iluminação, etc...)
3. Poluição/ negligência quanto aos corpos hídricos
4. Pouca legibilidade e ordenamento do desenho urbano;
5. Carência de espaços de convivência e lazer qualificados;
6. Mobilidade/acessibilidade a desejar;
7. Implantação de vegetação de forma carente e inadequada.

MAPA DE PROBLEMAS



Figura 37 - Potencialidades especializadas, sendo os problemas do 4 ao 7 gerais na área

Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 35- Ilustração dos problemas da área. Fotos: Autora.

3.2. SIMULAÇÕES DA DRENAGEM URBANA

As simulações ambientais neste trabalho tratam-se de simulações da drenagem urbana no local. A forma como a água da chuva escoar revela muito sobre a forma como o planejamento e execução da ocupação e infraestrutura urbana consideram os recursos hídricos, além de influenciar muito na relação entre pessoas e corpos hídricos, moldando uma visão positiva ou negativa destes. Para obter um parâmetro preciso sobre a atuação dos parâmetros legais disponíveis nessa relação, bem como o que pode ser potencializado, foram simulados dois cenários: 1) O cenário real: representado o mais próximo da realidade atual possível, como superfícies e ocupação de acordo com o que foi obtido em visitas à campo e imagens de satélite, 2) O cenário legal: cenário calibrado com os parâmetros previstos por lei e registrados oficialmente. Segue abaixo o Quadro 3 com a descrição de cada cenário.

Quadro 3 - Descrição dos cenários simulados

CENÁRIO REAL		CENÁRIO LEGAL	
DESENHO DAS QUADRAS	De acordo com a situação atual, validada por imagem de satélite.	DESENHO DAS QUADRAS	De acordo com registro em cartório dos loteamentos.
PERMEABILIDADE	De acordo com as superfícies diagnosticadas em visita à campo e imagem de satélite.	PERMEABILIDADE	20% de permeabilidade para todas as quadras, de acordo com o Plano Diretor de Campina Grande (2006).
DIREÇÃO DE FLUXO	Modelado de acordo com as quadras do cenário real.	DIREÇÃO DE FLUXO	Modelado de acordo com as quadras do cenário legal.
ELEMENTOS DE DRENAGEM	Elementos localizados em visita à campo com dimensionamento seguindo a NBR.	ELEMENTOS DE DRENAGEM	Elementos localizados em visita à campo com dimensionamento seguindo a NBR.
FAIXA DE DOMÍNIO DA BR	Não utilizado no cenário real.	FAIXA DE DOMÍNIO DA BR	Faixa de 15 metros margeando a BR, de acordo com o DNIT.
ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	Não utilizado no cenário real.	ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	Faixa de 15 metros margeando o curso hídrico de acordo com o Código Florestal.
COEF. DE MANNING	De acordo com as superfícies diagnosticadas em visita à campo e imagem de satélite.	COEF. DE MANNING	De acordo com os parâmetros legais que definem a ocupação do solo.

As simulações de drenagem foram realizadas no software Storm Water Management Model – EPA-SWMM, que trata-se de um modelo simulador chuva-vazão que representa quantitativa e qualitativa o escoamento superficial, que é o fluxo de águas que ocorre na superfície, segundo ROSSMAN (2011) o SWMM pode fornecer dados para diversos estudos, como: concepção e dimensionamento de elementos da rede de drenagem, dimensionamento de estruturas para controle de inundações e proteção da qualidade das águas, delimitação de zonas de inundação, dentre outro. No

caso do presente trabalho, será utilizado o mapeamento do escoamento superficial logo após as precipitações, que foi o fator analisado no resultado das simulações para este trabalho, com diferentes tempos de recuperação (RAMALHO, 2017).

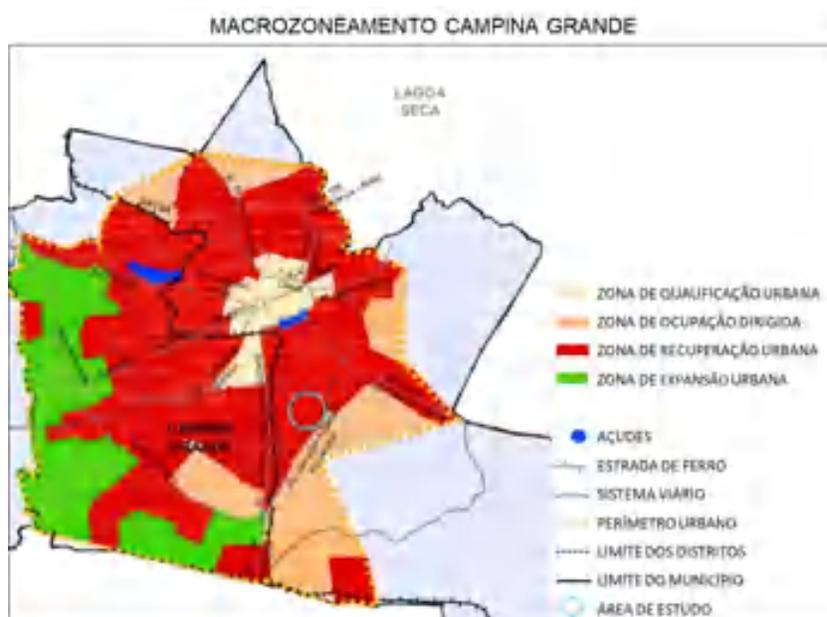
3.2.1. PARÂMETROS LEGAIS

As simulações têm como objetivo avaliar o comportamento da micro drenagem da área, fator decisivo para moldar as impressões da população à respeito das águas urbanas. Para obter os parâmetros necessários para simular o cenário permitido pela legislação, a composição construtiva das quadras foi elaborada de acordo com os índices extremos permitidos pela legislação vigente local.

Macrozoneamento

De acordo com a Lei Complementar Municipal nº003, de 09 de outubro de 2006, Plano Diretor Municipal, a área de Acanhã é classificada como área de Recuperação Urbana, o uso é predominantemente residencial, com carência de infraestrutura e equipamentos públicos e incidências de loteamentos irregulares e núcleo habitacionais de baixa renda.

Figura 36 - Mapa de Macrozoneamento de Campina Grande.



Fonte: Plano diretor, Campina Grande, 2010.

TO = Área construída (térreo) / Área terreno

A taxa de Ocupação (TO) é a relação percentual entre a área de projeção horizontal (pavimento térreo) da edificação e a área do terreno, ou seja, ela representa a porcentagem do terreno sobre o que há edificado (Campina Grande, 2013).

A Taxa de ocupação máxima para escolas, shoppings centers e hospitais é de 50%, os outros usos, no caso da Zona de Recuperação Urbana, de acordo com o Anexo IX do Código de Obras, apresentam seus valores no quadro a seguir:

Quadro 4 - Taxa de ocupação máxima

ZONA DE RECUPERAÇÃO URBANA	
TAXA DE OCUPAÇÃO MÁXIMA	
USO RESIDENCIAL	60%
ESCOLAS, SHOPPINGS CENTERS E HOSPITAIS	50%
OUTROS USOS	75%

Fonte: Plano Diretor, Campina Grande, 2006.

No cálculo da taxa de ocupação máxima, não entram áreas de construção no subsolo, pergolados, marquises e jardineiras, portanto para este fim a forma e arquitetura nas edificações não influenciam o cálculo dessa porcentagem foi feito com base na área de todos os lotes com usos semelhantes juntos dentro da quadra.

Índice de Aproveitamento (IA)

De acordo com o Art. 247 do Código de Obras de Campina Grande:

O Índice de Aproveitamento (IA) de Terreno é um número que, multiplicado pela área do terreno, indica a quantidade de metros quadrados que podem ser construídos em um terreno, somando-se a área de todos os pavimentos, ou seja, resulta na área máxima de construção permitida em um terreno. (Campina Grande, 2003)

Para o cálculo do índice, não serão computados estacionamentos nas edificações comerciais e residenciais, casas de máquinas dos elevadores, caixas d'água, compartimentos destinados a depósitos de lixo, guaritas; zeladorias e dependências destinadas a depósitos em edificações residenciais.

Portando, o Índice de Aproveitamento do terreno em conjunto com a Taxa de Ocupação Máxima será importante para que se chegue também à altura máxima das edificações.

Os Índices de Aproveitamento Máximos, para escolas, no caso da Zona de Recuperação Urbana, de acordo com o Anexo IX do Código de Obras, apresentam seus valores na tabela a abaixo, com o uso da Lei da Outorga Onerosa do Direito de Construir.

Quadro 5 -Índice de Aproveitamento Máximo

ZONA DE RECUPERAÇÃO URBANA	
ÍNDICE DE APROVEITAMENTO MÁXIMO	
USO RESIDENCIAL	5,5
OUTROS USOS	4,0

Fonte: Plano Diretor, Campina Grande, 2006.

Taxa de Permeabilidade (TP)

De acordo com o Art. 248 do Código de Obras de Campina Grande, a Taxa de Permeabilidade (TP) é definida como:

“... percentual mínimo de área descoberta e permeável do terreno em relação a sua área total, dotada de vegetação que contribua para o equilíbrio climático e propicie alívio para o sistema público de drenagem urbana.” (Campina Grande, 2003)

O código de Obras também estabelece a composição válida da área proporcional à infiltração permitida para cada estratégia, diferenciando jardineiras de um jardim sobre solo natural, por exemplo (Quadro 6).

Já o Plano diretor estabelece o parâmetro máximo para impermeabilidade de 50% nos casos de empreendimentos acima de 5.000m², impondo medidas

compensatórias previstas no Art.115 que define que nos empreendimentos que possuam **área superior a 5.000 m² (cinco mil metros quadrados)**, o empreendedor deverá apresentar projeto específico de absorção e retenção de águas pluviais de modo a garantir o equilíbrio do sistema e acrescenta em seu parágrafo único:

“O empreendimento que apresentar área de impermeabilização do lote superior a 50% (cinquenta por cento) da área total deverá compensar a área impermeabilizada mediante implantação de sistema que garanta a drenagem de 30 l/m² (trinta litros por metro quadrado) por hora de área impermeabilizada.”(Campina Grande, 2006)

Quadro 6 - Taxa mínima de permeabilidade

TAXA MÍNIMA DE PERMEABILIDADE			COMPOSIÇÃO DA PERMEABILIDADE	
ÁREAS < 5.000M ²	EM CASOS DE PERMEABILIDADE DESACONSELHÁVEL (Exc. EQUIPAMENTOS COMERCIAIS DE GRANDE ADENSAMENTO)	EMPREENHIMENTOS COM ÁREA > 5.000M ²	PISOS INTERTRAVADOS, COBOGRAMAS E JARDINEIRAS	JARDIM SOBRE SOLO NATURAL
20% da área	Dispensada	50% da área	80% Permeável	100% Permeável

Fonte: Plano Diretor, Campina Grande, 2006.

FAIXA DE DOMÍNIO DA BR

Às margens da área de estudo há uma BR, é preciso levar em consideração a legislação vigente para este equipamento específico. De acordo com a Lei 6.766/79 é obrigatória uma área de reserva de **15 metros** para cada lado da faixa de domínio das rodovias federais, com a consequente proibição que na mesma seja levantada qualquer tipo de construção, extensiva aos terrenos loteados ou não, em zonas urbanas, suburbanas, de expansão urbana ou rural. O não cumprimento desta lei, sendo inobservado o recuo por parte do lindeiro, permite o procedimento judicial mediante

ação demolitória mesmo que a construção tenha tido licença da prefeitura local. (Brasil, 2010, p. 93)

FAIXA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

A região de Acanhã apresenta corpos hídricos portanto O Código Florestal Brasileiro delimita também algumas restrições construtivas para a área às margens desses corpos em seu artigo 2º, considerando áreas de Preservação Permanente, as florestas e demais formas de vegetação naturais que compõem as Matas Ciliares, que ocorrem em segmentos das rodovias federais nos locais de pontes e grandes bueiros, e que devem merecer atenção na sua conservação e/ou restauração, como descrito no código Florestal:

“Ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será: a) de 30 (trinta) metros para os cursos d’água de menos de 10 metros de largura” (Brasil,2013)

3.2.2. DADOS PARA *INPUT* NO MODELO HIDROLÓGICO

Como dito anteriormente, o software utilizado para a simulação ambiental foi o *SWMM*. O simulador interpreta a área inserida como uma bacia hidrográfica, independente desta ser uma ou não e divide a área em sub bacias. No caso desta aplicação, as quadras são consideradas como bacias hidrográficas e nos fornece os volumes de escoamento após as chuvas na área simulada. Nesta pesquisa, a simulação tem como objetivo avaliar os parâmetros locais legais, verificando se estes são suficientes para a demanda de drenagem local a fim de associar alguns transtornos causados pela água com a falta de parâmetros legais ou ineficácia da aplicação da lei. Além disso, os resultados imprescindíveis para o diagnóstico da eficiência da legislação vigente local e para as considerações e recomendações propostas.

Para realizar a simulação, foi incluído na área um entorno imediato para que se levasse em consideração o máximo de contribuição do escoamento das quadras vizinhas no tempo hábil para esta pesquisa tendo em vista que o ideal era que fosse simulada toda a bacia. Destaca-se, porém, que, a área de Acanhã se localiza em uma divisão de bacias. Vale salientar que a simulação pode ser mais refinada nesse quesito, porém esta não deixa de ser relevante, não só em relação aos resultados, mas

principalmente em relação à metodologia de análise que leva em consideração as variáveis hidrológicas da área. Também é preciso preparar dados de *input* (que alimentam a simulação), a seguir está o passo a passo de cada etapa.

3.2.2.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA ÁREA: parâmetros morfológicos para input no Software.

QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS QUADRAS

As áreas das sub-bacias (quadras) são subdivididas em três subáreas: (i) impermeável; (ii) com armazenamento e (iii) permeável com ou sem armazenamento. O material da superfície de cada uma destas áreas foi levado em consideração.

Com base no mapa de usos do solo da PMCG e com atualizações possíveis através das visitas à campo, o uso do solo foi classificado de acordo com o material de sua superfície (alterando assim a infiltração) e as categorias utilizadas foram: (i) telhados, (ii) solo exposto, (iii) áreas com vegetação herbácea (vegetação rasteira) e (iv) áreas impermeáveis cimentadas, utilizando os *softwares* Google Earth, AutoCAD e QGIS

Figura 37 - Mapa de materiais das superfície



Fonte: Elaborado pela autora.

As categorias semelhantes foram agrupadas, sendo a área total de determinada categoria a soma de todas as parcelas de todos os lotes com esse uso, resultando no mapa ao lado (Figura 37).

LARGURA DA QUADRA (W)

A Largura da quadra relaciona o comprimento máximo que o escoamento superficial alcançará de acordo com a sua área de aplicação, caracterizada pela equação que Garcia (2015) relacionou o perímetro da quadra com sua área (Equação 1).

$$kc = 0,282 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \longrightarrow \quad le = \frac{kc \times \sqrt{A}}{1,12} \times \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{kc} \right)^2} \right] \quad \longrightarrow \quad W = \frac{A}{le} \quad (1)$$

Onde:

- le – largura do retângulo equivalente;
- kc – o coeficiente de compacidade;
- A – área de quadra;
- P – é o perímetro da quadra (Obtido em AutoCAD)

DECLIVIDADE DA QUADRA (S)

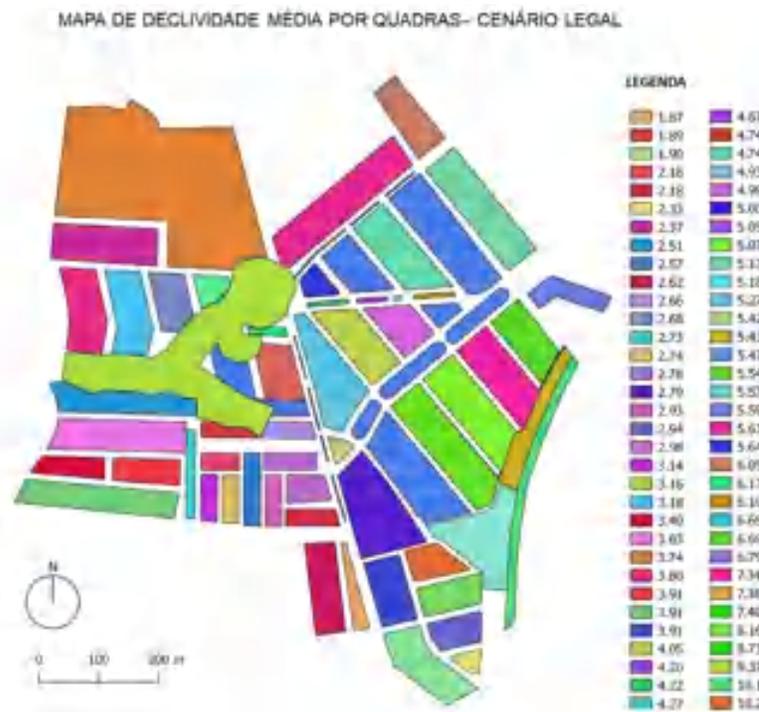
Calculado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) elaborado por Tsuyguchi (2015) no ArGis, utilizando a ferramenta de análise de *geração da declividade*, do *software*. Cada pixel gerado recebe o valor da declividade naquele em pixel em %. Em seguida é realizada uma *Estatística zonal* de forma a calcular para cada quadra (zona) a declividade média. Estas estatísticas zonais foram calculadas para dois cenários: Legal e Real. Para cada cenário simulado foi modificada a configuração das quadras o que influenciou na declividade média de cada uma delas, resultando nos mapas das Figuras 38 e 39.

Figura 38 - Mapa de Declividade média por quadras para o cenário **real**



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 39 - Mapa de Declividade média por quadras para o cenário **legal**



Fonte: Elaborado pela autora.

DIREÇÃO DE FLUXO

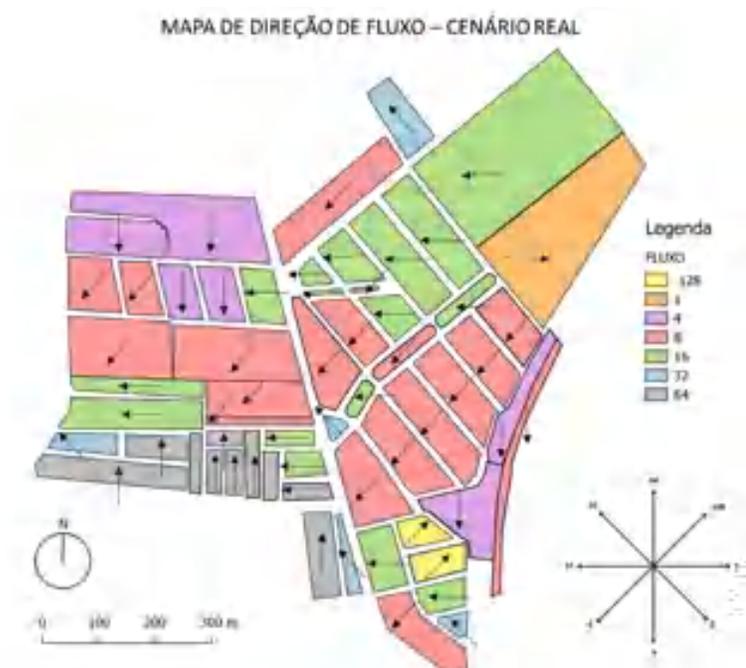
A direção de fluxo de água é o caminho pelo qual o escoamento superficial percorre até chegar a seu ponto exutório, e foi obtido por uma função do ArcGis que gera uma grade regular definindo as direções de fluxo, tomando-se por base a linha de maior declividade do terreno. A nova grade numérica gerada determina a direção de maior declividade de um “pixel” em relação a seus oito “pixels” vizinhos. Assim, ocorre a descrição numérica da direção que a água irá percorrer após atingir cada “pixel”. Para este parâmetro, também foi realizada uma *Estatística zonal* e calculada a maior ocorrência de uma direção de fluxo por quadra através da função estatística “majority” (Figura 40 e 41).

Figura 40 - Mapa de fluxo por quadras para o cenário **legal**



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 41 - Mapa de fluxo por quadras para o cenário **real**



Fonte: Elaborado pela autora.

ÁREAS PERMEÁVEIS, IMPERMEÁVEIS E COEFICIENTE DE MANNING

Segundo Alley e Veenhuis (1983) as áreas permeáveis direcionam o fluxo do escoamento superficial para algum sistema de drenagem e posteriormente para algum corpo hídrico, diminuindo as chances de infiltração no solo. Áreas permeáveis não conectadas são superfícies impermeáveis cercadas por áreas permeáveis, favorecendo a infiltração. Na simulação foram utilizados dados de canteiros, terrenos baldios, jardins internos aos lotes e praças.

De acordo com Arnold e Gibbons (1996), superfícies impermeáveis são quaisquer materiais que impedem a infiltração da água no solo, e Schuler (1994) divide essas áreas em duas categorias, as coberturas (telhados e lajes) e sistemas viários (ruas, calçadas, estacionamentos, etc.). No caso do presente trabalho foram considerados os telhados, lajes, estacionamentos e superfícies cimentadas internas dos lotes, não levando em consideração as calçadas e vias, por conta da inviabilidade do tempo necessário para quantificar tais áreas.

O Coeficiente de *Manning* define quanto um material pode absorver do escoamento das águas, com valor específico para cada tipo de superfície, tanto para áreas impermeáveis (NI) quanto para áreas permeáveis (NP), sintetizados no Quadro 6, de acordo com o recomendado no manual do SWMM (ROSSMAN, 2015).

Para o cenário real as áreas impermeáveis foram quantificadas utilizando a área ocupada em solo da edificação equivalente à área do telhado (projeção da cobertura) e o restante do terreno (caso houvesse) como uma área permeável como vegetação rasteira. O mesmo foi feito para o cenário legal, porém utilizando-se dos parâmetros de 20% de permeabilidade exigido na legislação para quantificar as áreas permeáveis nas quadras de uso residencial/ outros, 100% de permeabilidade para os canteiros e APP (variando a cobertura vegetal) e 100% impermeável para a faixa de domínio da rodovia.

Quadro 7 - Coeficientes de Manning utilizados

COEFICIENTES DE MANNING		
TIPO DE SUPERFÍCIE	COMPOSIÇÃO	COEFICIENTE
Vias asfaltadas	Asfalto Liso	0,011
Telhados (área construída)	Cerâmica	0,015
Vias pavimentadas e calçadas	Superfície cimentada com pedregulhos	0,014
Terrenos baldios, canteiros centrais e jardins	Gramma curta (Vegetação Herbácea)	0,150

Fonte: Adaptado de ROSSMAN (2015) e MELLO e LIMA (2011).

3.2.2.2 - QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM

Segundo estudos recentes do plano de Saneamento Básico da Cidade de Campina Grande (PMSB, 2014), o sistema artificial de macrodrenagem tem capacidade de suporte suficiente para o regime pluviométrico local e seu atual estado de uso e ocupação do solo (TSUYUGUCHI, 2015). Logo sabe-se que a microdrenagem não

funciona de forma eficaz em diversos pontos da cidade ou em alguns casos ela é simplesmente inexistente. Em visita a campo foram contatados diversos elementos com problemas de funcionamento ou obstruídos como na Figura 42.

O sistema de microdrenagem foi representado através de sub-bacias (quadras), “condutos” e nós” no SWMM. Estes, são os elementos que conduzem a água (condutos) a algum ponto e possibilitam a captação e inspeção (nós) dessa rede. Em campo, tais elementos foram localizados e quantificados para apontar o exutório de cada sub – bacia (ALVES, 2016), representado no mapa da Figura 47.

Figura 42 - Mapa de elementos de drenagem



Fonte: Autora

Figura 43 – Problemas nos elementos de drenagem



Fonte: Acervo pessoal

Na área de estudo, ao todo, foram quantificados 12 elementos de drenagem, sendo todos do tipo “bocas de lobo”, em diferentes tamanhos e sempre localizados nas esquinas das quadras. Para dimensionar este sistema, foi utilizada a mesma metodologia de Alves (2016), as dimensões e declividades internas adotadas foram as que estão descritas na NBR 9649 e no manual do SWMM (2015) e o comprimento das galerias foi definido pela distância entre as bocas de lobo.

3.2.2.3 CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DA ÁREA

Denomina-se **Tempo de Retorno** ao inverso da probabilidade de um evento pluviométrico ser igualado ou superado (TUCCI, 2005) no caso, é a recorrência de determinados eventos chuvosos caracterizados por Tucci e Bertoni (2003) de acordo com o uso do solo (Quadro 8).

Quadro 8 – Tempos de retorno de acordo com o uso do solo

SISTEMA	CARACTERÍSTICA	INTERVALO (ANOS)
MICRODRENAGEM	Residencial	2 – 5 anos
	Comercial	2 – 5 anos
	Prédios públicos	2 – 5 anos
	Aeroporto	5 – 10 anos
	Áreas Comerciais e avenidas	5 – 10 anos

Fonte: Tucci e Bertoni (2003)

Como a área é predominantemente residencial, ainda assim com incidência de um comércio relevante, o tempo de retorno usado foi de 5 anos, esse tempo utiliza dados de precipitações mais recorrentes, como por exemplo as chuvas do mês de Junho.

Denomina-se **tempo de recuperação** ao tempo necessário para que a área retorne às suas condições iniciais antes do evento chuvoso (SANTOS, 2015) para que assim o resultado da simulação possa ser analisado após a precipitação. Dessa forma foram utilizados 30 minutos como tempo de recuperação e parâmetro inicial para análise das simulações, tempo em que não haviam mais quadras em estado crítico.

3.2.2.4 CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO EM DEPRESSÕES (PERMEÁVEIS E IMPERMEÁVEIS) e ÁREAS IMPERMEÁVEIS NÃO CONECTADAS

Segundo Rossman (2015) esses parâmetros indicam a profundidade de armazenamento em áreas de depressão, calibrados por Nóbrega (2012) para toda a região do município de Campina Grande. Áreas impermeáveis não conectadas (AINC) representam os locais onde não há armazenamento de chuva dentro da depressão que também é uma constante que foi calibrada por Nóbrega (2012).

Quadro 9 – Valores de DI, DP e AINC

PARÂMETROS	VALORES
Capacidade de armazenamento em depressões - Impermeáveis	1,01 mm
Capacidade de armazenamento em depressões - Permeáveis	5,08 mm
Áreas impermeáveis não conectadas	10%

Fonte: Alves, 2017 com valores adaptados de Nóbrega.

DADOS DE INFILTRAÇÃO: Nesta pesquisa foram utilizadas as equações de Horton para cálculo da infiltração após o período chuvoso. Segundo Alves (2017) esta equação indica que na maioria dos casos a infiltração é maior no início, decai ao longo do processo até atingir um patamar constante, esta relação está expressa na equação 2.

$$f_p = f_f + (f_0 - f_f)x_e^{-kt}$$

(2)

Onde: f_p = taxa de infiltração no tempo, f_f = taxa de infiltração mínima (cm/h); f_0 = taxa de infiltração inicial (cm/h), k = constante exponencial (/h), t = tempo médio do intervalo (h)

Paixão *et al.* (2009) indicou os seguintes valores para as taxas de infiltração final e inicial, bem como para a constante de decaimento (Quadro 10):

Quadro 10 – Valores utilizados para a Equação de Horton

TAXA DE INFILTRAÇÃO INICIAL (mm/h)	TAXA DE INFILTRAÇÃO FINAL (mm/h)	CONSTANTE DE DECAIMENTO (1/h)
396,10	7,10	2,677

Fonte: Paixão et al (2009).

ENTRADA DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO: Este dado é de natureza climática, o que influencia o volume de escoamento da bacia.

INTENSIDADE DA CHUVA: para tanto utilizou-se a equação geral da curva de intensidade - duração – frequência (equação 3), calibrada por Aragão (2000) a seguir:

$$i = \frac{KxTr^m}{(t + b)^n} \quad (3)$$

Onde: i = intensidade da chuva (mm/h); Tr = tempo de retorno (anos); t = duração da chuva (min); K, b, c e d = parâmetros locais (Quadro 11)

Quadro 11 – Coeficientes da curva IDF para Campina Grande – PB

K	B	n	m
334	5	0,596	0,227

Fonte: Aragão (2000)

A intensidade da chuva resultante para a área foi 40,45 mm/h, com duração de 40 minutos.

TEMPO DE CONCENTRAÇÃO/ PASSO: Alves (2017) explica esta variável como o tempo gasto para que as águas de toda a bacia (nesse caso, a área de estudo) cheguem em um ponto específico a ser estudado. Este tempo foi calculado com o auxílio da fórmula de *Kirpich* (equação 4).

$$t_c = 0,019x L^{0.77} / S^{0.385} \quad (4)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min), L = comprimento do Talvegue (m) e S = declividade do Talvegue (m/m).

O tempo de concentração para a bacia foi de 40 minutos, e o passo escolhido (intervalo entre os 40 minutos) para o tempo de retorno de 5 anos foi de 5 minutos (intervalo mínimo que o SWMM utiliza), ou seja, a cada cinco minutos o volume de água acumulada da precipitação é contabilizado e calibrado no modelo.

3.2.2.4 SIMULAÇÃO

Utilizando uma base mapeada da área de estudo em SIG, foram desenhadas no SWMM todas as quadras (sub-bacias). É necessária a parametrização de cada quadra conforme o quadro 12.

Quadro 12 - Parametrização das quadras.

PRÉ DEFINIÇÕES DO PROJETO (Defaults)

Abreviações de cada objeto	S = Sub-bacias (<i>Subcatchments</i>) O = Exutórios (<i>Outfalls</i>) J = Junções (<i>Junctions</i>) PLUV = Pluviômetro (<i>Raingage</i>)
Valores não variáveis	DI = 1.92 e DP = 5.08
Modelo de infiltração a ser utilizado	Equação de Horton
Dados dos elementos de drenagem	Geometria circular do conduto
Principal equação de força	Hazen - Williams
Método	Onda cinemática

PLUVIÔMETRO (Rain Gage)

Nomenclatura	TR5
Valores da precipitação para cada passo temporal	Valores obtidos por meio da equação geral de intensidade-duração-frequência

SÉRIE TEMPORAL (Time Series)

Nomenclatura	PLUV
Formato da chuva	Chuva Cumulativa
Passo temporal	5 minutos
Escolha da série temporal	TR5

JUNÇÕES - Bocas de lobo (Junctions)

Nomenclatura	J1, J2, J3, J4...
Conta inicial	variável
Conta final	variável

CONDUTOS (Conduits)

Nomenclatura	C1, C2, C3, C4...
Junção de entrada e junção de saída	variável
Comprimento	variável
Profundidade máxima estimada	1m

SUB BACIAS (Subcatchments)

Nomenclatura	S1, S2, S3, S4, S5...
Pluviômetro usado	PLUV
Exutório da sub-bacia	O1, O1, O3...
Área	Variável
Largura da sub bacia	Variável
Declividade	Variável
Área impermeável da quadra	Variável
Coef. de Manning para a área permeável	Variável
Coef. de Manning para a área impermeável	Variável
DI, DP e AINC	DI = 1.92, DP = 5.08 e AINC = 10

Fonte: Autora

4. RESULTADOS E ANÁLISES

A simulação ambiental gera cenários para diferentes intervalos de tempo. Para este estudo, foram utilizados 4 intervalos específicos:

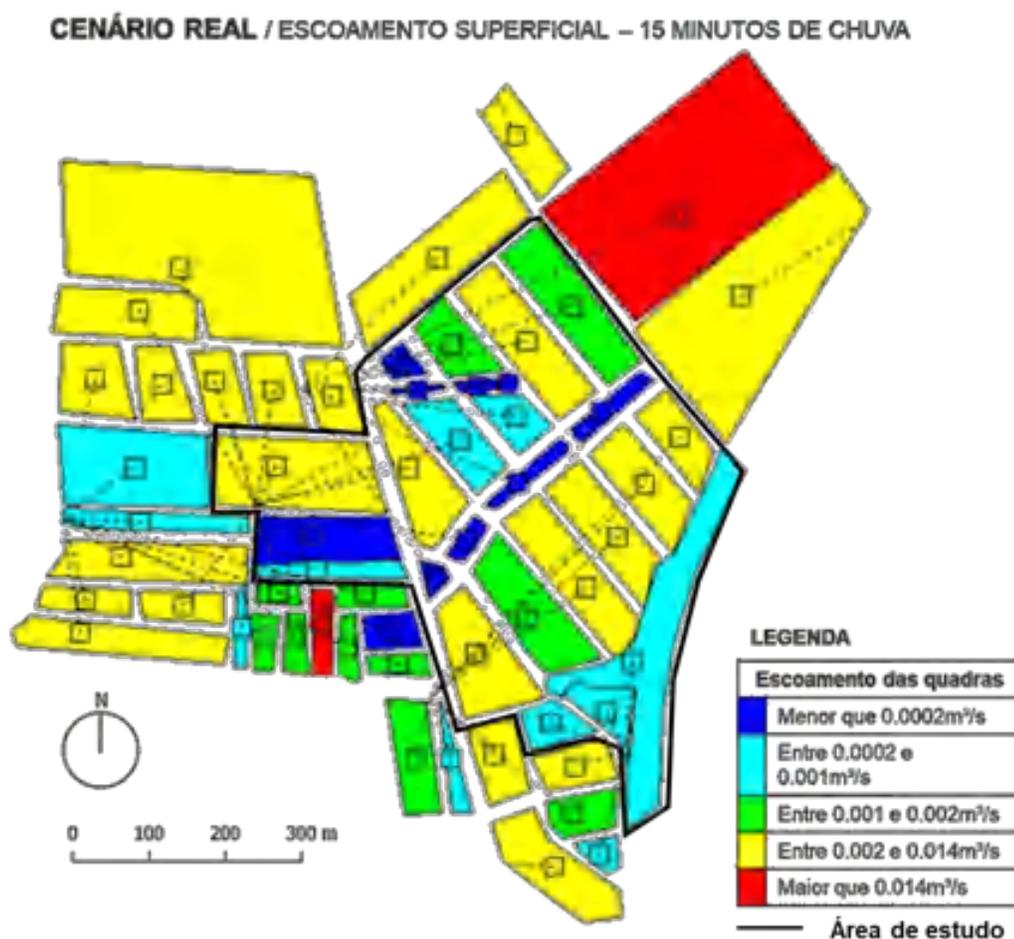
- 1) Durante a chuva
- 2) Imediatamente após a chuva
- 3) Ao iniciar o tempo de recuperação da sub-bacia: tempo que todas as quadras da área saem do estado crítico;
- 4) Ao atingir a recuperação: tempo em que todas as sub-bacias em estado mais próximo da sua recuperação total.

Para analisar os cenários, é importante salientar que onde há muito escoamento superficial, há pouca infiltração no solo, e a quantidade e velocidade do escoamento superficial das águas aumente, culminando em alagamentos, portanto as áreas vermelhas são as mais susceptíveis a alagamentos, portanto os intervalos foram especializados para os dois cenários, representados nas figuras abaixo.

4.1. Cenário Real - Durante e após a chuva

A figura 44, apresenta o cenário real durante a ocorrência do evento chuvoso, constatando que durante a chuva já há sinais de possíveis transtornos ligados à grande fluxo de água que escoar em duas quadras, evoluindo para 48 quadras logo após a chuva (Figura 45).

Figura 44 - Mapa de Escoamento superficial, durante a chuva para o cenário real



Fonte: Autora.

Figura 45 - Mapa de Escoamento superficial, imediatamente após a chuva para o cenário real



Fonte: Autora.

As fotos das Figuras 46 a 48 foram obtidas no dia 30/03/2017 entre 20 e 60 minutos após uma chuva de 22 mm, segundo a AESA.

Figura 46– Área de estudo após as chuvas



Fonte: Acervo pessoal

Figura 47 - Área (nº 2) após as chuvas

Figura 48 – Área (nº3) após as chuvas



Fonte: Acervo Pessoal.

Notou-se que há uma quadra, marcada com o número 4 na figura 45 que sempre permanece sempre azul durante a simulação, esta quadra é onde se localiza o riacho da área, que por mais que não esteja no melhor cenário possível atualmente, ainda apresenta uma quantidade relevante de mata ciliar nas laterais do riacho, além de apresentar pouca ocupação e impermeabilização, como pode ser visto na figura 49.

Figura 49 – Quadra que permanece satisfatória durante a simulação

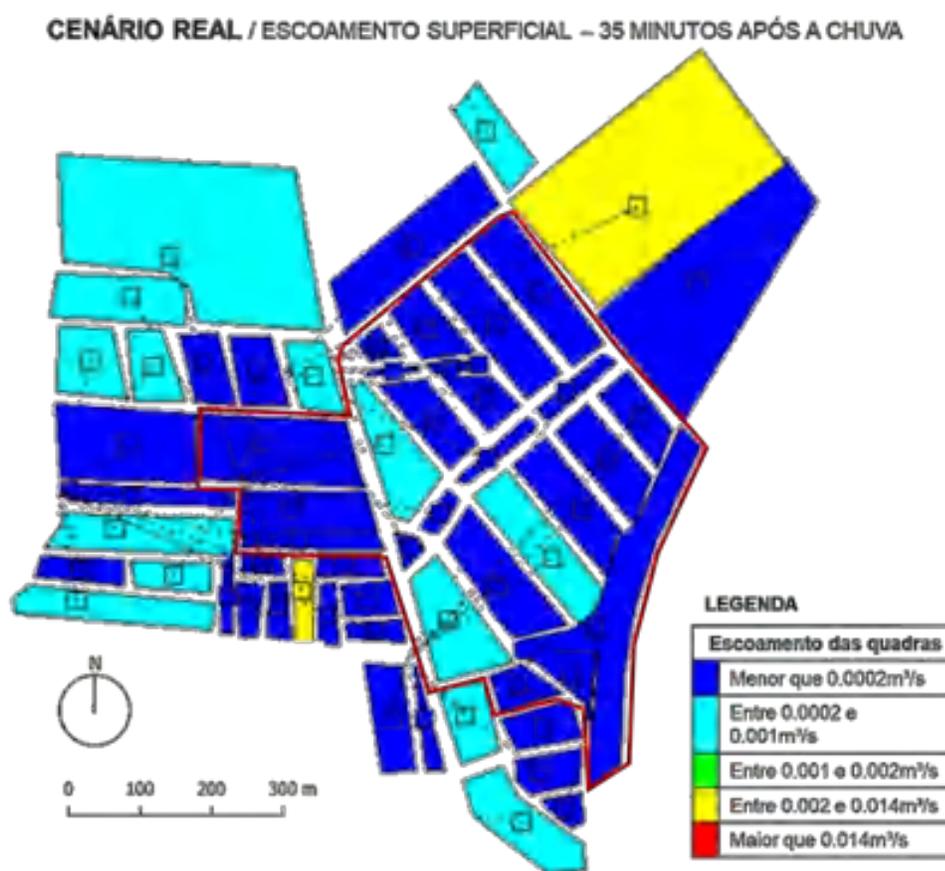


Fonte: Google Street View – Dezembro 2015

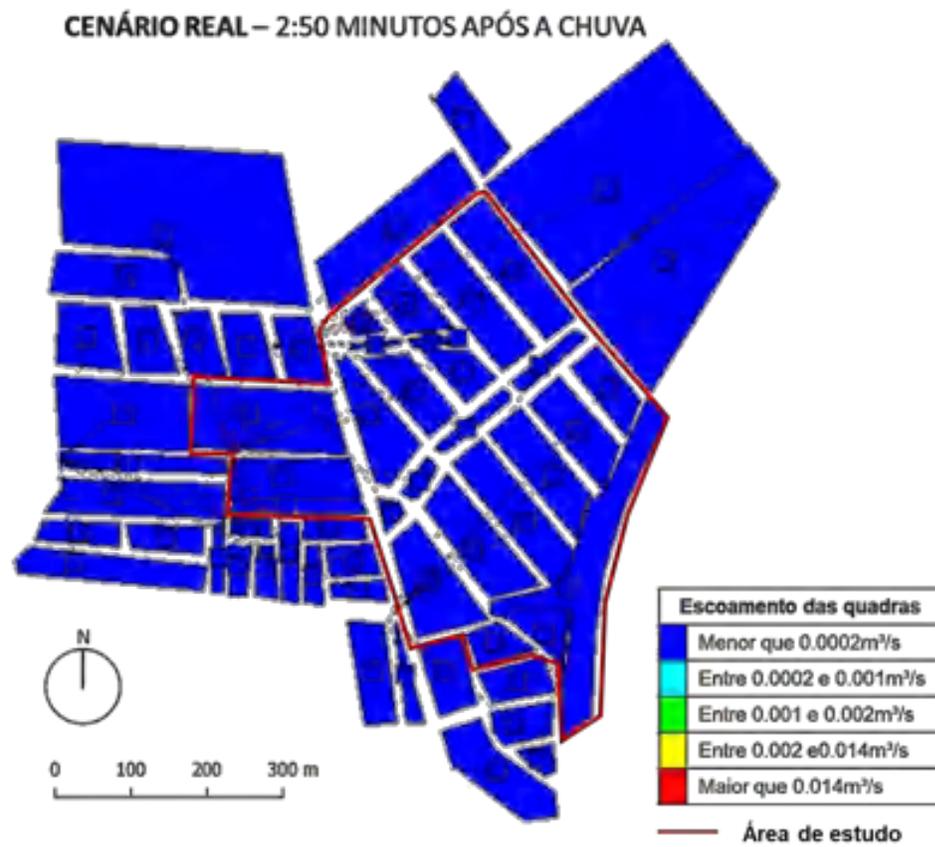
4.2. Cenário Real: ao iniciar e atingir o tempo de recuperação da sub-bacia (quadra)

O tempo de recuperação da bacia (área) para o cenário real deu-se início aos 75 minutos de simulação, ou seja, 30 minutos após a chuva. Neste período, 15 quadras ainda não estavam em estado satisfatório (Figura 50) e somente aos 210 minutos de análise, 170 minutos após a chuva (2h e 50 minutos) todas as quadras atingiram o estado satisfatório (Figura 51).

Figura 50 - Mapa de Escoamento superficial da área, 30 minutos após a chuva para o cenário real



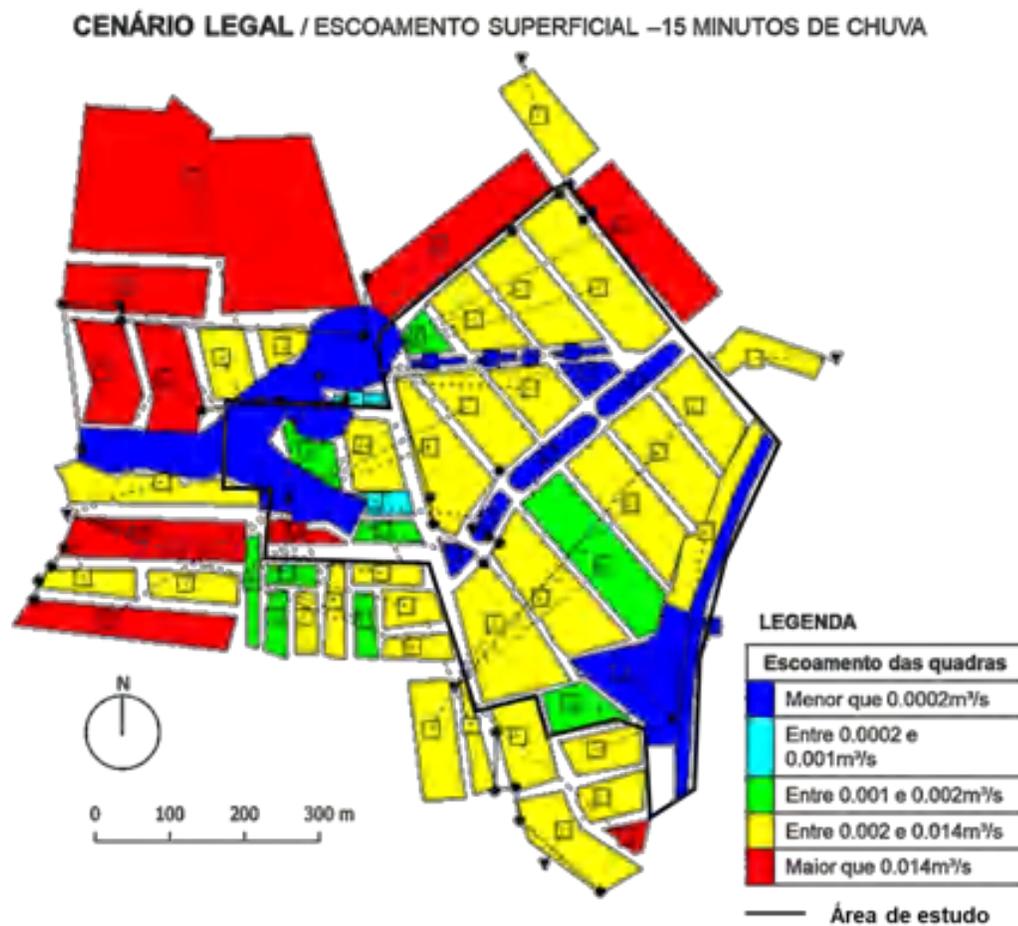
Fonte: Autora.

Figura 51 - Mapa de Escoamento superficial **mais próximo** do estado inicial para o cenário real

Fonte: Autora.

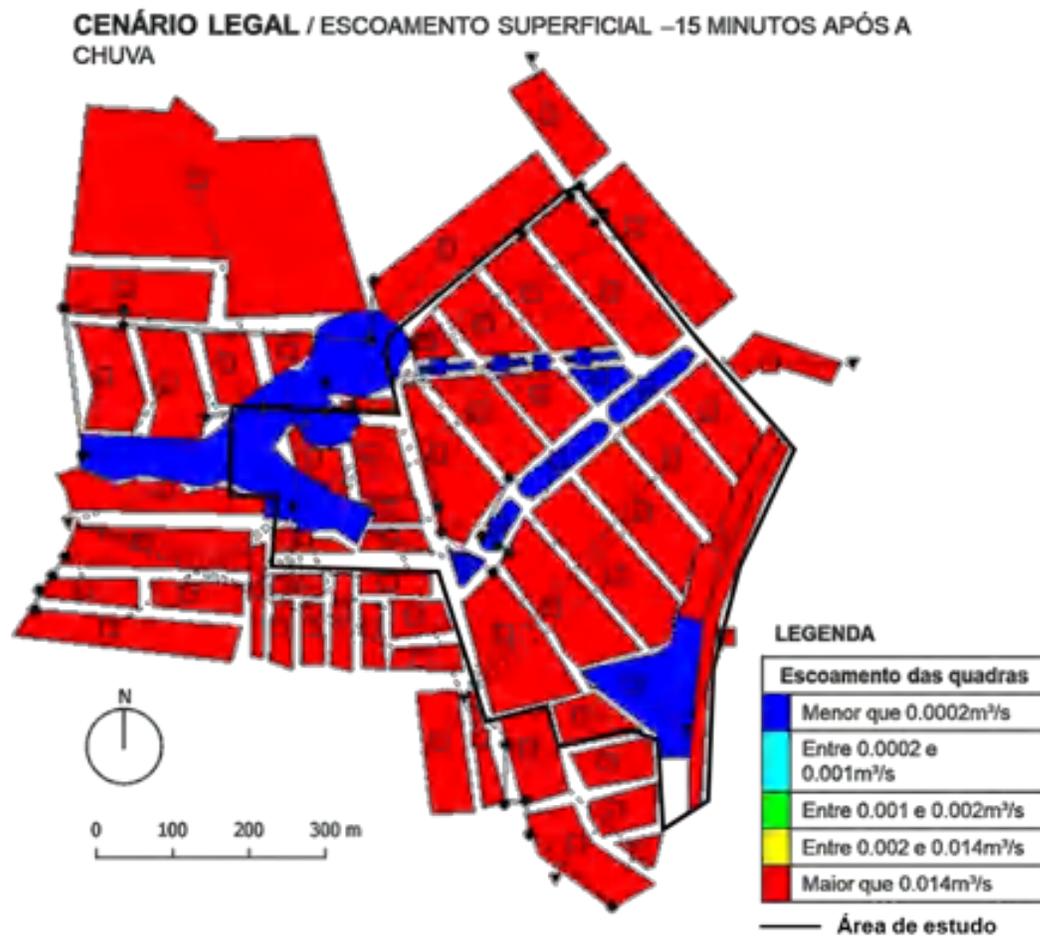
4.3. Cenário Legal – Durante e após a chuva

Figura 52 - Mapa de Escoamento superficial durante a chuva para o cenário legal



Fonte: Autora

Figura 53 - Mapa de Escoamento superficial logo após a chuva para o cenário legal



Fonte: Autora

4.4. Cenário Legal: ao iniciar e atingir o tempo de recuperação da sub-bacia (quadra)

No cenário legal, o tempo de recuperação da bacia para deu-se início também aos 75 minutos de simulação, ou seja 35 minutos após a chuva, quando todas as quadras saíram do estado crítico. Neste período, 24 quadras ainda não estavam em estado satisfatório (Figura 54) e somente aos 190 minutos de análise, 150 minutos após a chuva (2h e 20 minutos) todas as quadras atingiram o estado satisfatório (Figura 55).

Figura 54 - Mapa de Escoamento superficial 30 após a chuva para o cenário legal



Fonte: Autora

Figura 55 - Mapa de Escoamento superficial **mais próximo** do estado inicial para o cenário legal

Fonte: Autora

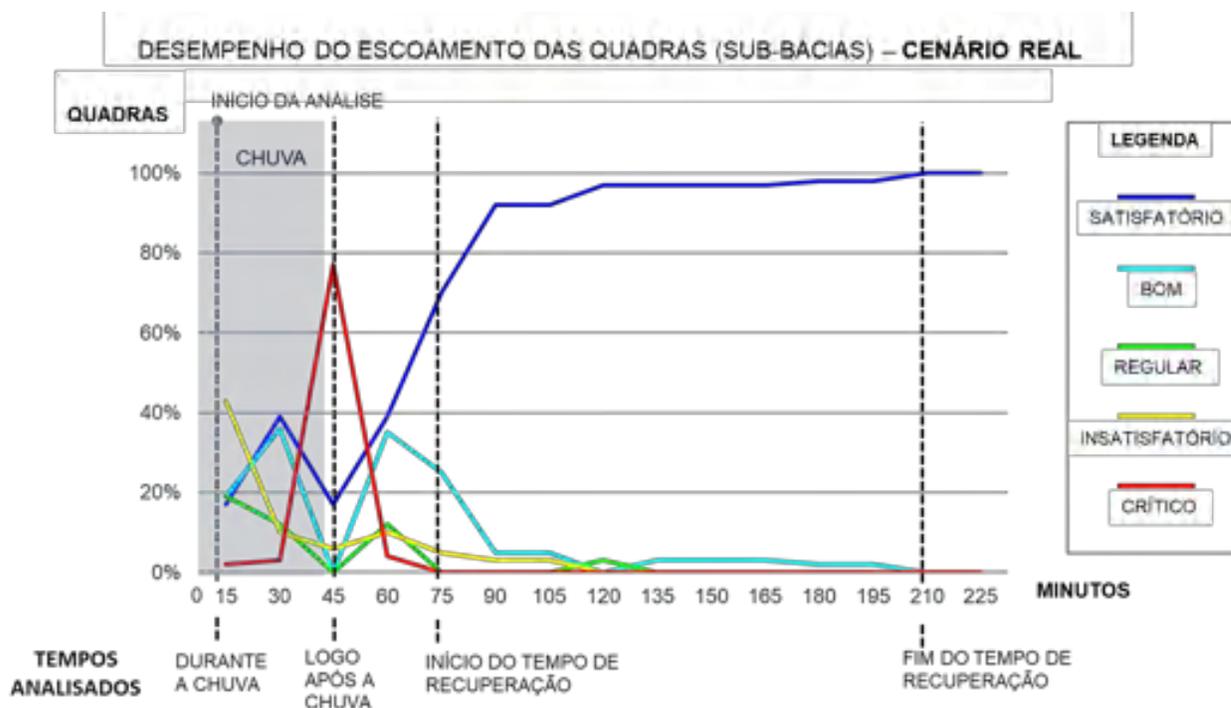
4.5. ANÁLISES DOS RESULTADOS

O cenário legal atingiu o estado ideal 30 minutos antes do cenário real, que teve desempenho melhor em alguns momentos, o que evidencia que as quadras reagiram melhor em conjunto aos parâmetros de impermeabilização utilizados de acordo com a legislação municipal, mesmo prevendo um cenário mais saturado.

Vale salientar que as quadras com melhores resultados, que sofreram menos alteração desde o início da simulação, estando sempre em estado satisfatório, foram as quadras das APPs e dos canteiros, ambos com vegetação considerável.

Para facilitar a análise sistemática dos resultados, foram gerados os gráficos abaixo, que quantificam o desempenho da drenagem em cada quadra e são apresentados nas figuras 56 e 57, para os dois cenários.

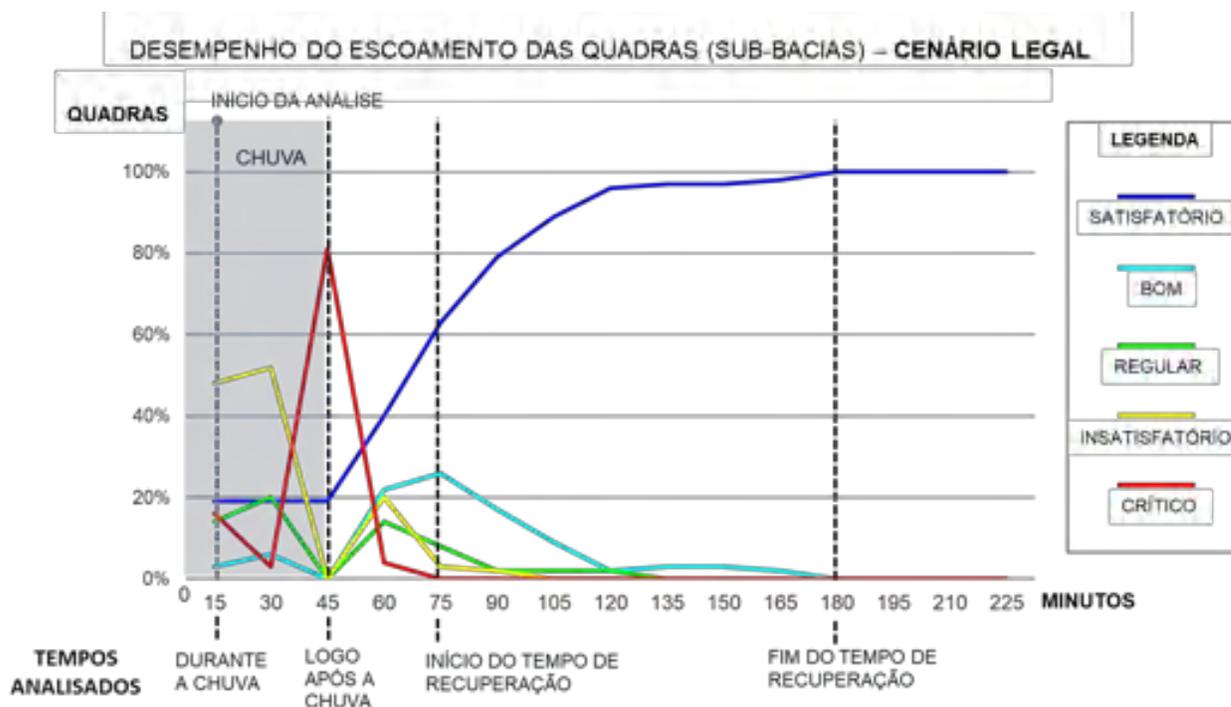
Figura 56 - escoamento durante os três momentos analisados para o cenário real



Fonte: Autora

Logo após a chuva no cenário real é perceptível que há um pico de acúmulo de água nas quadras (linha vermelha), ou seja, o sistema sofre uma grande perturbação, que causa os transtornos que observamos ao passar pelo local logo após as chuvas.

Figura 57 - Escoamento durante os três momentos analisados para o cenário legal



Fonte: Autora

Imediatamente após a chuva no cenário legal é perceptível que também há um pico de acúmulo de água nas quadras (linha vermelha), porém apesar desse grande pico, o número de quadras em estado satisfatório não decai em nenhum momento da simulação, fica constante até que comece a aumentar e atinja a quantidade máxima de todas as quadras.

Percebeu-se que em ambos os cenários simulados não há condições físicas e ambientais que favoreçam o relacionamento da população com as águas, visto que em ambos os casos há grande quantidade de alagamentos na área, trazendo transtornos ambientais que alimentam uma visão negativa das águas urbanas, como o escoamento superficial, por exemplo, quanto na verdade este é um aliado da recarga e manutenção dos corpos hídricos, quando acontece em condições apropriadas.

5. RECOMENDAÇÕES, CONSIDERAÇÕES E APLICAÇÕES NA ÁREA

Baseado nos resultados obtidos nas simulações e nas observações feitas em campos constatou-se que o relacionamento entre os corpos hídricos de Acanhã e seus moradores é frágil, baseado na falta de conhecimento por parte da população quanto a existência dos corpos hídricos e de possíveis formas de se relacionar com estes algo que é reforçado pela legislação que não favorece esse relacionamento nem mesmo a preservação e manutenção dos riachos/açudes, devido aos parâmetros, principalmente de permeabilidade, que favorece os alagamentos e a insalubridade. Então, em vistas à potencializar a legislação quanto ao que se tratou anteriormente bem como garantir sua execução de forma eficiente, contando com a população para isto, foram feitas recomendações e considerações articuladas entre si e divididas em quatro áreas para melhor explanação de cada uma delas, sendo: quanto à legislação, quanto à recuperação de ambientes naturais, quanto à conexão entre os recursos hídricos e pessoas e quanto à manutenção da infraestrutura verde.

5.1. QUANTO À LEGISLAÇÃO

Os parâmetros urbanísticos, como o de uso e ocupação do solo, não levam em consideração os diferentes tipos de solo, sua capacidade de infiltração e de armazenamento de chuva. Esta pode ser uma das possíveis razões para os resultados pouco satisfatórios para a área de Acanhã, podendo, os mesmos parâmetros urbanísticos, serem suficientes em outra região da cidade, onde o solo tenha uma capacidade de infiltração maior. Esta possibilidade foi constatada após a análise da simulação para o cenário legal, que se apresentou ainda mais crítico que no real, o que nos leva a crer que os índices urbanísticos ainda são altos para esta região. Isso é reflexo da pouca integração entre as bacias hidrográficas e águas urbanas com os instrumentos de planejamento urbano, os setores que planejam o uso e ocupação da cidade estão quase que totalmente separados dos setores que planejam o manejo de águas, que resultou em instrumentos ambientais pouco eficientes, por isso é preciso, também, reavaliar o percentual permitido para impermeabilização do solo: 1) levar em consideração as características da bacias, como topografia e tipo de solo, 2)

estabelecer o parâmetro em relação ao tamanho do lote, no qual lotes maiores seriam obrigados a reservar um maior percentual permeável.

O cenário real pode até ter tido alguns resultados melhores, pelo fato de a área atualmente ter muitos espaços vazios, porém esses espaços não compensam a excessiva impermeabilização em algumas quadras quando se trata da recuperação de toda a área e não simplesmente da quadra. Uma análise na escala de bacia é sempre necessária.

Os dois cenários apresentaram um pico de acúmulo de água nas quadras após as chuvas, porém, a ideia principal de sustentabilidade das cidades inteligentes é o oposto: a resiliência, o quanto o sistema pode resistir à mudanças sem sofrer bruscas perturbações. Quanto mais resiliente um sistema é, principalmente no que se refere aos recursos hídricos, mais possibilidades haverá de contato e consciência em relação a estes por parte da comunidade, tanto em relação ao consumo quanto ao uso para diversos outros fins, implicando em um aproveitamento racional do recurso e na reconexão espacial e cultural com a população.

É preciso haver apropriação por parte das organizações, da sociedade civil e dos cidadãos no processo de gestão do espaço urbano para que demandas reais sejam atendidas. Com a integração dos agentes de planejamento e modificadores do espaço urbano, há mais oportunidades de reflexão sobre o modelo de gestão e estratégias de controle e mitigação de impactos ambientais sobre os ambientes urbano e natural do entorno (MAGLIO, 1999), para formular alguns instrumentos e estratégias importantes como:

- Plano de ocupação das bacias: análise do regime hídrico, da geologia, atividades, econômicas e sociais predominante, considerando a bacia como unidade de planejamento urbano;
- Agenda Ambiental: plano de desenvolvimento e interação, com diagnóstico da situação ambiental da cidade, problemas, potencialidades e medidas preventivas juntamente com possíveis soluções junta a parcerias privadas e população.
- Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE): também chamado Zoneamento Ambiental, delimita zonas que precisam de cuidados ambientais e seu aporta

para atividades econômicas que não comprometam serviços ecológicos e recursos naturais;

- Planejamento participativo.

A partir dessas considerações e recomendações foram propostas aplicações que precisam ser consideradas não só na escala da cidade, mas especificamente na área de estudo, espacializadas no apêndice A e sintetizadas no quadro 13.

Quadro 13 - Recomendações e aplicação na área, legislação

CONSIDERAÇÕES	RECOMENDAÇÕES PARA A CIDADE	APLICAÇÃO NA ÁREA
LEGISLAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Integrar setores de planejamento • Agenda ambiental • Zoneamento ecológico econômico; • Plano de ocupação das bacias • Planejamento participativo • Reavaliar parâmetros de uso e ocupação do solo 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de ELPs (A) • Aumentar a permeabilidade das quadras maiores e dos espaços livres (B) • Mobilização e organização dos moradores locais, com sede física (C) • Eleição de representante da comunidade para desempenhar papéis de liderança na manutenção e uso do local, • Reuniões com moradores para expor problemas e potencialidades locais e ouvir demandas;

Fonte: Autora

5.2. QUANTO À RECUPERAÇÃO DE AMBIENTES NATURAIS

A recuperação de ambientes naturais dentro das cidades é importante não só para fatores puramente ambientais como clima, fauna e flora, é fundamental para qualidade de vida na cidade, melhorando a paisagem urbana, reduzindo picos de enchentes e retardando volumes de água, o que pode acontecer utilizando-se dos seguintes instrumentos e estratégias:

- Manual de Manejo de águas pluviais: diagnóstico específico sobre a sustentabilidade atual da cidade e melhorias específicas, desde ambientes

públicos à privados, incentivando a captação e armazenamento das águas de chuva.

- Criação de órgão responsável para desenvolver soluções práticas e criativas para melhorar a qualidade de vida na cidade e preservar os recursos naturais para um futuro resiliente;
- Criação e requalificação de Espaços Livres Públicos: equipamentos com grande potencial para captação e reuso de águas pluviais além de diversas opções de lazer e educação;
- Diretrizes de planejamento territorial respeitando os condicionantes hidrológicos, estabelecendo vínculos entre o planejamento urbano, manejo de águas e controle de riscos/desastres, pensando de forma articulada utilizando a escala de bacia como unidade de planejamento;
- Manejo adequado das nascentes no meio urbano, com parâmetros específicos para esse tipo de corpo hídrico, além de monitoramento e fiscalização na área, como a nascente do Riacho das Piabas.
- Implantação de Áreas de Preservação Permanente;
- Incentivo ao uso de fontes de energia alternativa e práticas sustentáveis como o reuso de águas cinzas, arborização, manutenção da vegetação circunvizinha, etc;
- Medidas de despoluição de corpos hídricos: diagnóstico e eliminação das fontes de poluição dos corpos hídricos usando infraestrutura verde por exemplo, requalificação e complementação das redes de esgoto e melhoria da qualidade da água de corpos hídricos já poluídos;
- Aplicar medidas compensatórias em áreas edificadas onde reverter o cenário natural do corpo hídrico é inviável devido a altos custos e/ou desentendimentos com a população local, começando por espaços livres para que a população se familiarize com tais medidas a ponto de adotá-las em áreas privadas;

- Medidas não estruturais de drenagem de caráter preventivo, agrupadas em: i) regulamento de uso da terra, ii) construções à prova de enchentes, iii) seguro de enchentes, iv) previsão, v) alerta de inundações (FILHO et al , 2000);
- Utilizar-se de métodos de captação, infiltração e armazenamento de águas pluviais que promovam melhorias do espaço culminando em áreas utilizadas não só em épocas chuvosas como ao longo de todo o ano, funcionalidade do espaço integrando o ciclo da água com o ambiente urbano (OLIVEIRA, 2017);

A partir dessas considerações e recomendações foram propostas aplicações que precisam ser consideradas não só na escala da cidade, mas especificamente na área, especializadas no apêndice A e sintetizadas no quadro 14.

Quadro 14 - Recomendações e aplicação na área, recuperação do ambiental natural urbano

CONSIDERAÇÕES	RECOMENDAÇÕES PARA A CIDADE	APLICAÇÃO NA ÁREA
RECUPERAÇÃO DO AMBIENTE NATURAL URBANO	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de Manejo de águas pluviais • Órgão responsável para desenvolver soluções práticas, criativas e sustentáveis; • Armazenamento, captação e reuso de águas pluviais em ELPSS; • Diretrizes de planejamento territorial respeitando os condicionantes hidrológicos • Manejo adequado das nascentes no meio urbano; • Implantação de APPs; • Incentivo ao uso de fontes de energia alternativa e práticas sustentáveis; • Medidas de despoluição de corpos hídricos • Aplicar medidas compensatórias • Medidas não estruturais de drenagem de caráter preventivo • Integrar o ciclo da água com o ambiente urbano (OLIVEIRA, 2017); 	<ul style="list-style-type: none"> • Promoção de concursos para concepção de soluções locais utilizando materiais locais e tecnologia replicável em ambientes significativos e visíveis na área • Instalação de sistemas verde de drenagem nos ELPs • Requalificação e complementação das redes de esgoto • Reassentamento da população locada em áreas de risco (E) • Promover maratonas de intervenção em espaços públicos • Melhoria da qualidade da água de corpos hídricos já poluídos • Aplicação de LIDs, começando pelas áreas públicas não edificadas, seguidas de edificações institucionais (F) • Renaturalização dos corpos hídricos (G)

Fonte: Autora

5.3. QUANTO À CONEXÃO ENTRE PESSOAS E RECURSOS HÍDRICOS

A conexão entre água e população e entre os projetos urbanísticos pode ser mais positiva utilizando-se de infraestrutura verde e a conscientização da população, através das seguintes estratégias:

- Desenvolvimento de uma metodologia de IPTU-Ecológico ou Hidrológico como medida de incentivo ambiental e econômico (SANTOS, 2015);
- Realização de aulas e oficinas expositivas dinâmicas e acessíveis expondo a realidade ambiental local (OLIVEIRA, 2017);
- Revitalização das edificações existentes no local com novos usos e finalidades que beneficiem a área, como a criação de um centro de capacitação e educação para cuidados com o meio ambiente;
- Valorização do uso da água como um elemento direto de atração de observadores e de geração de atividades diversas (OLIVEIRA, 2017);
- Requalificação de calçadas: além de favorecer a habitabilidade do sistema viário por pedestres, há outras formas de atrair fluxo de pessoas para a rua, utilizando seu potencial de áreas de transição entre o público e privado preservando a relação das pessoas e dando continuidade ao sistema de drenagem da casa utilizando infraestrutura verde;
- Educação: ênfase especial na interpretação e no ensino dos sistemas naturais e suas aplicações no meio ambiente construído – camadas didáticas de imersão nos projetos;
- Expressão da identidade regional: abordar as especificidades locais (CORMIER E PELLEGRINO, 2008);
- Arte: contribuição de artistas populares locais (CORMIER E PELLEGRINO, 2008);
- Forma seguindo função (CORMIER E PELLEGRINO, 2008)

- Propiciar encontros: projeto além da função de drenagem, mas parte integral da paisagem onde se pode apreciá-los confortavelmente como paisagens atraentes (CORMIER E PELLEGRINO, 2008)

A partir dessas considerações e recomendações foram propostas aplicações destas que precisam ser consideradas não só na escala da cidade, mas especificamente na área, espacializadas no apêndice A e sintetizadas no quadro 15.

Quadro 15 - Recomendações e aplicação na área, conexão pessoas e águas

CONSIDERAÇÃO	SUGESTÃO	APLICAÇÃO NA ÁREA
<p>CONEXÃO PESSOAS E ÁGUAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver uma metodologia de IPTU- Ecológico ou Hidrológico • Aulas e oficinas expositivas • Revitalização de edificações • Água como um elemento direto de atração de observadores • Requalificação de calçadas, • Educação • Expressão da identidade regional; • Arte • Forma seguindo função • Propiciar encontros 	<ul style="list-style-type: none"> • Realização de campanhas ecológicas como distribuição de mudas • Horta escola (H) • Instalação de Jardins Filtrantes nas calçadas juntamente com mobiliário (I) • Criação de Parklets com mobiliário confeccionado junto à artistas regionais e alunos das escolas da área com materiais disponíveis no local (J) • Oficinas na sede comunitária e instalação de todos os SUDs e LIDs com acompanhamento de lideranças locais

Fonte: Autora

5.4. QUANTO À MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA VERDE

Os sistemas de drenagem verde requerem cuidados em sua manutenção e implantação que podem aumentar seu custo, porém há diversas formas de obtenção de recursos e mão de obra para isso, por serem pouco disseminados no país e na cidade também precisam ganhar visibilidade para que sejam aderidos por patrocinadores e cooperadores em potencial que podem ser desde empresas privadas que precisam cumprir com medidas ambientais aos próprios moradores locais. Para isto, podem ser utilizadas as seguintes propostas:

- Criação de parcerias com empresas e profissionais para garantir a manutenção e utilização do espaço Parceria com empresas que promovam vitalidade no local (restaurantes, brinquedos, infantis temporários, atividades de recreação, instrutores de esporte, limpeza, etc...
- Qualificação dos moradores para cuidarem da manutenção;
- Aproveitar as águas pluviais para fins locais ao invés de deixa-las escoar para fora da cidade.

A partir das considerações e recomendações foram propostas aplicações que precisam ser consideradas na escala da cidade, mas especificamente na área de estudo deste trabalho, especializadas no apêndice A e sintetizadas no quadro 16.

Quadro 16 - Recomendações e aplicação na área, manutenção da infraestrutura verde

CONSIDERAÇÕES	RECOMENDAÇÕES PARA A CIDADE	APLICAÇÃO NA ÁREA
<p>MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA VERDE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de parcerias com empresas e profissionais para garantir a manutenção e utilização do espaço Parceria com empresas que promovam vitalidade no local (restaurantes, brinquedos, infantis temporários, atividades de recreação, instrutores de esporte, limpeza, etc... • Qualificação dos moradores para cuidarem da manutenção (OLIVEIRA, 2017); • Aproveitar as águas pluviais para fins locais ao invés de deixa-las escoar para fora da cidade (OLIVEIRA, 2017). 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervenções efêmeras realizadas em parceria com a rede privada e escolas locais (O) • Criação redes de armazenamento e abastecimento de reservatórios com fim de manutenção das estrutura verde local (Q)

Fonte: Autora

As considerações e recomendações foram associadas como uma sugestão de etapas do processo de implementação do planejamento urbano sensível às águas para a área (Quadro 16), para melhor compreensão.

Quadro 17 – Recomendações e considerações por etapas

PRÉ - IMPLEMENTAÇÃO	IMPLEMENTAÇÃO	PÓS IMPLEMENTAÇÃO
Integrar setores de planejamento (contínuo)	Incentivo à práticas sustentáveis	Criação de parcerias com empresas
Reavaliar parâmetros de uso e ocupação do solo	Implantação de APPs	Qualificação de moradores para cuidar da manutenção
Plano de ocupação das bacias	Manejo adequado de nascentes em meio urbano	Utilizar águas pluviais para manutenção da infraestrutura verde
Agenda Ambiental	Medidas de despoluição dos corpos hídricos	Aulas e oficinas educativas (contínuo)
Zonamento ecológico econômico	Requalificação de calçadas	Incentivo à práticas sustentáveis (IPTU verde, medidas compensatórias, etc)
Manual de Manejo de águas pluviais	Espaços que propiciem encontros	
Criação de órgão responsável para desenvolver soluções práticas	Água como elemento central dos novos projetos	
Diretrizes de planejamento territorial respeitando os cond. hidrológicos.	Integrar ciclo da água com o ambiente urbano	
Aulas e oficinas educativas (contínuo)	Infraestrutura verde	

Fonte: autora

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou uma metodologia interdisciplinar, bastante factível para o planejamento urbano de nossas cidades, que se mostrou satisfatória quanto aos resultados obtidos e atendeu ao objetivo de diagnosticar o relacionamento entre as águas e a população local, tendo mesclado dados quantitativos e qualitativos para tal fim, chegando a um diagnóstico que englobou tanto questões subjetivas quanto técnicas, resultando em um cenário geral de deficiências na legislação vigente específica e norteando as recomendações e sugestões para que o quadro atual possa chegar a um cenário mais satisfatório, onde esse relacionamento será potencializado positivamente.

O Processo de simulação apresentou algumas limitações que podem ser aperfeiçoadas em pesquisas posteriores na área, como:

- Simular cenários futuros de uso e ocupação do solo de acordo com tendências dinâmicas;
- Fazer levantamento preciso sobre a infraestrutura de drenagem da cidade, incluindo dimensões dos condutos, por exemplo;
- Simular cenários levando em consideração as águas escoadas nas calçadas e ruas;
- Utilizar a taxa de ocupação máxima e índice de aproveitamento máximo para ponderar o coeficiente de Manning das áreas permeáveis e impermeáveis com diferentes materiais;

Porém foram obtidos resultados relevantes, que apesar de existirem possíveis causas da falha na microdrenagem devido à fatores como declividade predominantemente plana, sistema de microdrenagem que não exerce 100% do seu potencial, estes estão muitas vezes em estado físico comprometido, seja obstruídos por carreamento de sedimentos como lixo e pedra ou diminuídos ao longo do tempo pelo avanço das edificações e suas calçadas, foi constatado que a legislação carece de modificações tendo em vista que o cenário legal alaga mais rápido que o real, que já não é satisfatório atualmente bem como requalificar a área repensando em vistas à

sensibilidade às águas, implementar medidas compensatórias que possam reverter ao máximo a situação.

O presente trabalho é importante para chamar atenção dos agentes de mudança do desenho urbano para o atual estado da microdrenagem da área e para evitar que esta chegue em um cenário ainda mais crítico, para que hajam mudanças no adensamento que está acontecendo.

7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ADLER L, F; TANNER, C. J. **Ecosystemas Urbanos**. In: Oficina de Textos. Julho, 2015.

ALMEIDA, C. M.; XAUD, M. R.; XAUD, H. A. M. **Modelagem dinâmica espacial das mudanças de cobertura da terra na região sul do Estado de Roraima, norte da Amazônia**. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. João Pessoa – PB, 2015.

ALLEY, W.M. e VEENHUINS, J. E. **Effective impervious area in urban runoff modeling**. In Journal of the Hydraulic Division, American Society of Civil Engineers, 109, 313-319,1983.

ALEXANDRA, C., NARCISO, F.; **A cidade do futuro - estrutura ecológica urbana: da sustentabilidade do ecossistema urbano**. Universidade de Évora, Departamento de Planeamento Biofísico e Paisagístico. In: *Arquitetura Paisagista*, Portugal; nº 34, 2008, p.73-90.

ALVES, P. B. R.; SANTOS, K. A. DOS; RUFINO, I. A.; FEITOSA, P. H. C. **Uso de medidas sustentáveis para mitigação de casos de inundações e alagamentos nas áreas urbanas: Estudo de caso em Campina – PB**. II Ensur – Anais 2016.

ARAUJO, E. L. **Estimativa e análise do crescimento da demanda de ocupação de água considerando cenários de uso e ocupação do solo/ Ester Luiz Araújo – Campina Grande, 2012**. Dissertação de Mestrado, UFCG.

ARAUJO E.C., RIBEIRO N.F., HOLZER R. **Rios urbanos: contribuição para o debate sobre desnaturalização e renaturalização**. 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável: Contrastes, Contradições e Complexidades; Outubro, 2016.

ARNOLD, C. L.; GIBBONS, C. J. **Impervious Surface Coverage: the emergence of a key environmental indicator**. American Planning Association. Journal of the American Planning Association, p. 243, 1996.

BERDOULAY, V. **A ecologia urbana, o lugar e a cidadania**. In: Revista Território, Rio de Janeiro, ano IV, nº 7, p.79-92, jul/dez. 1999.

BRASIL (2006) Lei Complementar nº003 de 09 de outubro de 2006: **Promove a revisão do Plano Diretor do Município de Campina Grande**. Campina Grande: PMCG

CABRAL, C S Arthur. **Os córregos ocultos e seus resquícios nos espaços livres urbanos: Os afluentes do córrego Mandaqui.** In: Paisagem e Ambiente: Ensaios – n.35, 2015, p. 63-67.

_____. (2013) Lei 5410/13 de 23 de dezembro de 2013: **Código de Obras – Dispõe sobre o disciplinamento geral e específico dos projetos e execuções de obras e instalações de natureza técnica, estrutural e funcional do município de Campina Grande, alterando a Lei de nº 4130/03, e dá outras providências.** Campina Grande: PMCG.

CORMIER, N. S; PELLEGRINO, P. M. R. **Infra-estrutura verde: Uma estratégia paisagística para a água urbana.** In: Paisagem e Ambiente: Ensaios – n. 25, 2008, p. 125-142.

CALDERNI, S Elaine; MARAGNO, C F L Ana. **Águas Urbanas: Um novo olhar para o planejamento urbano nas cidades.** In: Revista de nacional de gerenciamento das cidades, v. 01, n. 02, 2013, p. 20-41.

DINIZ, F. R. **Urbanização pela água, viezes de ordenamento territorial e de gestão urbana.** XVI ENANPUR, Belo Horizonte, 2015.

DONOFRIO, J., KUHN, Y., MCWALTER, K., WINSOR, M.; **Water sensitive urban design: an emerging model in sustainable design and comprehensive water cycle management.** In: Environmental Practice, v.11, n. 3.

GARCIA, J.I.B. **Monitoramento hidrológico e modelagem da drenagem urbana da bacia do Arroio Cancela.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2005.

GARCIA M. C.; AFONSO, J. A. C. **Revitalização de Rios Urbanos.** In: Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA), v.1, n.1,p. 132 - 144.

GURNELL, A.; LEE, M.; SOUCH, C. **Urban rivers: hidrology, geomorphology, ecology and opportunities for change.** In: Geography Compass, 2007.

KAWASHIMA, S. R.; GIANNOTTI, M. A.; ALMEIDA, C. M.; QUINTANILHA, J. A. **Modelagem dinâmica espacial como ferramenta para simulação de cenários da paisagem na região portuária da Baixada Santista.** Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 22, no4, p.703 - 718 , out - dez, 2016.

LEITE, C. **São Paulo, megacidade e redesenvolvimento sustentável: uma estratégia propositiva.** In: Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 2, n. 1, jan./jun. 2010, p. 117-126.

MASIERO, E.; SOUSA, L. C. L. DE. **Interação dinâmica entre ventos e corpos d'água no ambiente urbano.** PLURIS 2012 – Planejamento Urbano Regional, Integrado e Sustentável: reabilitar o urbano, p. 79 – 95.

Projeção da população. IBGE, 2013. Disponível em : http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default.shtm. Acesso em: 20/08/2017.

"Projeto de Reutilização da Água do Sydney Park / Turf Design Studio, Environmental Partnership, Alluvium, Turpin+Crawford, Dragonfly and Partridge" [Sydney Park Water Re-Use Project / Turf Design Studio, Environmental Partnership, Alluvium, Turpin+Crawford, Dragonfly and Partridge] 09 Dez 2016. ArchDaily Brasil. (Trad. Santiago Pedrotti, Gabriel) Disponível em : <http://www.archdaily.com.br/br/801085/projeto-de-reutilizacao-da-agua-do-sydney-park-turf-design-studio-environmental-partnership-alluvium-turpin-plus-crawford-dragonfly-and-partridge>. Acessado em: 20 Ago 2017.

RAMIRES, J. C. L. **O processo de verticalização das cidades brasileiras.** In: Boletim de Geografia, v.16, n.1, p. 97-105, 1998.

ROY, H. A., WENGER, J.S., FLETCHER, D.T., WALSH, J.C., LADSON, R.A., SHUSTER, D.W. **Impediments and solutions to sustainable, water-shed scale urban storm water management: lessons from Australia and The United States**

RIBEIRO, C. B. M.; LIMA, R. N. DE S. **Modelagem hidrológica e hidráulica para simulação de inundações em uma bacia hidrográfica na área urbana do município de juiz de fora- MG.** In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011. ROSSMAN, L.A., 2010. **Storm Water Management Model User's Manual Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0.** United States Environ. Prot.Agency.Rossman, L., 2015. Storm.

RUFINO, I. A. A.; GALVÃO, C. DE O.; SRINIVASAN, V. S.; RÊGO, J. C.; ALBUQUERQUE, J. DO P. T. **Water-sensitive urban planning: A simulation approach for a coastal plain in Brazil.** In: Urban Developments in Brazil and Portugal, p. 159-169. Editora Nova Publishers, 2014.

SANTOS, K. A. DOS. **Análise multitemporal integrada da permeabilidade do solo nos bairros do Catolé e Sandra Cavalcante em Campina Grande –PB/Karla Azevedo dos Santos – Campina Grande, 2015.** Dissertação de Mestrado, UFCG.

SCUSSEL, M. C. B.; MIGUEL, A. S. **Cidades em (trans)formação: impacto da verticalização e densificação na qualidade do espaço residencial**. In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 137-150, jul./set. 2010.

SCHUELER, T. T. **The importance of imperviousness**. In: Watershed Protection Techniques, v. 1, n.3, p. 100 -11, 1994.

SILVA, I. G.; **Modelagem dinâmica de ambientes urbanos usando autômatos celulares: Ocupação Urbana e verticalização dos bairros Catolé e Sandra Cavalcante em Campina Grande – PB/ Ítalo Gusmão Silva - Campina Grande, 2016. Trabalho de conclusão de curso.**

SOUZA, F. C. F. S.; CRUZ, M. S.A.; TUCCI, C. M. E. **Desenvolvimento Urbano de Baixo impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas**. In: Rbrh – Revista brasileira de recursos hídricos, v.17, n.12, abr/jun 2012, p. 9-18.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Rio Grande do Sul: Ministério das Cidades, 2005.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. ABRH-UFRGS. Rio Grande do Sul, 2003.

LIMA, R. DA C. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; FILHO, J. F. **Avaliação do processo de desertificação no semiárido paraibano utilizando geotecnologias**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba-PR, 2011.

MOURA, B. C. N.; PELLEGRINO, P. M. R.; MARTINS, J. S. R. **Transição em infraestrutura urbanas de controle pluvial: uma estratégia paisagística de adaptação às mudanças climáticas**. In: Paisagem e Ambiente: Ensaio – N.34, 2014, P. 107 – 128;

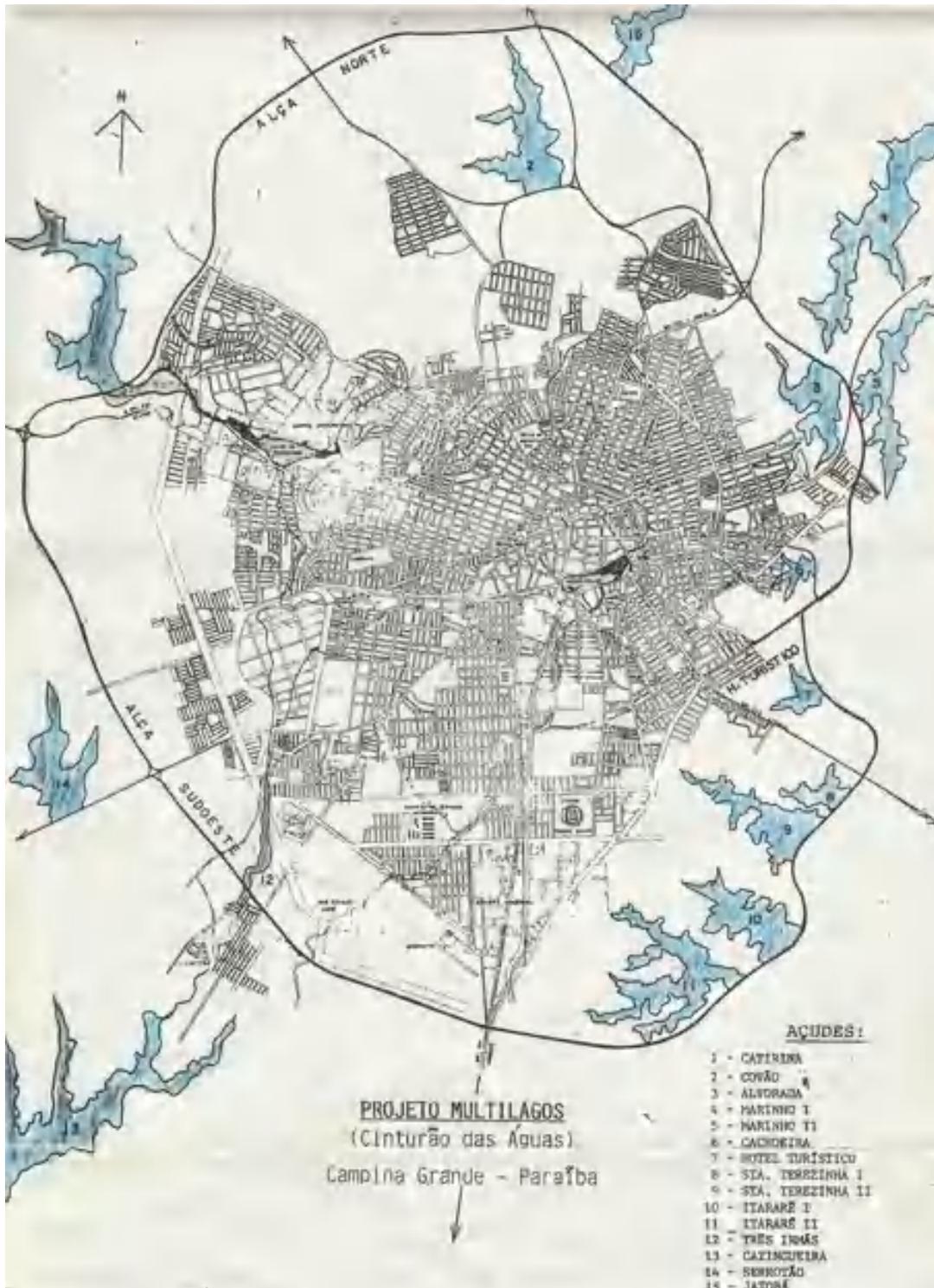
NÓBREGA, P. V. M. **"Análise do Sistema De Drenagem de Campina Grande/Pb para Proteção De Áreas de Risco de Inundação"**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

O QUE É O ZONEAMENTO ECOLÓGICO – ECONÔMICO. Dicionário Ambiental. ((o))eco, Rio de Janeiro, set. 2013. Disponível em: <http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27545-o-que-o-zoneamento-ecologico-econimico/>. Acesso em: 16/08/2017.

VAZ, M. J. M., PEREIRA, E. M. **Imagens urbanas: diretrizes de planejamento e desenho urbano baseadas na leitura popular de espaços público.** In: Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), v. 2, n. 1, jan./jun. 2010. p. 29-42.

8. ANEXOS

ANEXO A – PROJETO MULTILAGOS



Fonte: Projeto Multilagos, 1993, PMCG.

ANEXO B – IMAGEM DO PDLI DA DÉCADA DE 60



Fonte: Plano de Desenvolvimento Local Integrado, PMCG.
9. APÊNDICE