

# COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE SISTEMAS SUBTERRÂNEOS DE SANEAMENTO BÁSICO: Avaliação do Loteamento Morada da Serra em Patos de Minas – MG

## *COMPATIBILIZATION OF UNDERGROUND BASIC SANITATION SYSTEMS PROJECTS: Evaluation of the Morada da Serra Allotment in Patos de Minas - MG*

AMARAL, Diego<sup>1</sup>  
BRAGA, Fernando<sup>2</sup>

**Resumo:** A compatibilização de projetos consiste em um sistema de avaliação relacional entre projetos diferentes cuja implantação prevista é adjacente. Usualmente empregado na construção civil para fins de otimização projetual de sistemas estruturais, hidrossanitários, elétricos e arquitetônicos de edificações (prédios, casas, comércios, dentre outras tipologias), os estudos sobre a utilização do processo de compatibilização na escala urbana se mostram escassos, o que dá margem à questionamentos relativos ao modo como as infraestruturas básicas das áreas de ocupação e consolidação humana são projetadas - dentro de um planejamento urbano que busca o desenvolvimento das cidades para a melhoria da qualidade de vida da população, bem como para um ambiente sustentável. Dessa maneira, este é um trabalho teórico - prático que se propõe a aplicar o processo de compatibilização de projetos aos sistemas subterrâneos de saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário e de drenagem urbana) no loteamento Morada da Serra, localizado em uma área de expansão urbana da cidade de Patos de Minas (MG). Para tanto, este trabalho toma como fundamento tanto levantamentos históricos mundiais e nacionais acerca do desenvolvimento do saneamento, como discussões ambientais a esse tema relacionadas, no sentido de justificar a importância da preocupação com a otimização projetual e executiva de infraestruturas como forma de gestão e gerenciamento da ação humana sobre o meio ambiente no processo de apropriação de áreas antes naturais. A compatibilização de projetos aqui proposta se utiliza dos softwares AutoCAD 2D e Revit Architecture como ferramentas de auxílio à análise. Os resultados deste estudo compreendem a avaliação da eficiência dos auxílios computacionais à compatibilização de projetos em escala urbana (para sistemas subterrâneos de saneamento básico), e a discussão acerca do modo de produção da cidade e de sua relação com o meio ambiente dentro do contexto de surgimento de novas tecnologias de auxílio ao planejamento e avaliação projetual.

**Palavras-chave:** AutoCAD. Compatibilização de Projetos. Revit. Saneamento.

**Abstract:** The compatibility of projects consists of a relational evaluation system between different projects whose intended implementation is adjacent. Usually used in civil construction for the purposes of design optimization of structural, hydrosanitary, electrical and architectural systems of buildings (buildings, houses, trade, among other typologies), the studies on the use of the compatibilization process in the urban scale are scarce, the which gives rise to questions about how basic infrastructures in the areas of human occupation and consolidation are designed - within an urban planning that seeks the development of cities for the improvement of the quality of life of the population, as well as for an environment sustainable development. In this way, this is a theoretical - practical work that proposes to apply the process of compatibilization of projects to underground systems of basic sanitation (water supply, sewage and urban drainage) in the Morada da Serra land, located in an area of urban expansion of the city of Patos de Minas (MG). Therefore, this work is based on both historical and national surveys on the development of sanitation, as well as environmental discussions related to this theme, in order to justify the importance of the concern with the design and executive optimization of infrastructures as a form of management of human action on the environment of the process of appropriation of previously

<sup>1</sup> Faculdade Finom de Patos de Minas - diegorogeramaral@finom.edu.br

<sup>2</sup> Faculdade Finom de Patos de Minas - fernandokbraga00@gmail.com

natural areas. The compatibilization of projects proposed here uses the software AutoCAD 2D and Revit Architecture as tools to aid analysis. The results of this study includes the evaluation of the efficiency of computational aids to the compatibility of projects on an urban scale (for underground sanitation systems), and the discussion about the way of production of the city and its relationship with the environment within the context of emergence of new technologies to aid planning and design evaluation.

**Key words:** AutoCAD. Building Design Harmonization. Revit. Sanitation.

## 1 INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados à má gestão do espaço e dos recursos naturais apropriados pelo homem têm como consequências a redução da qualidade de vida da população, o prejuízo à sua produtividade e a diminuição de sua renda (MASCARÓ; YOSHINAGA, 2005). Nesse sentido, é fundamental que as estruturas de saneamento básico – definidas pela Lei nº 11.445/2007<sup>3</sup>, no seu Capítulo 1, Art. 3º, como o “conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais” de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo de águas pluviais – sejam (re)pensadas no sentido de se adaptarem às novas necessidades urbanas decorrentes de processos de adensamento, urbanização e expansão das cidades.

A discussão que trata sobre a maneira como o homem se relaciona e se apropria do espaço natural não é recente. Desde estudos relacionados ao estabelecimento de um histórico relativo à conformação das primeiras cidades, como o realizado por Benevolo (2003) em seu trabalho “História da Cidade”<sup>4</sup>, até debates que focalizam a questão ambiental dentro do planejamento urbano, como pode ser visto no livro “Planejamento Ambiental para a cidade sustentável” de Autoresia de Franco (2001)<sup>5</sup>, é possível perceber que a evolução dos discursos que problematizam a relação homem-ambiente tem demonstrado que há de se pensar em maneiras economicamente viáveis, socialmente adaptáveis e ambientalmente corretas não somente de se gerir o espaço urbano, mas de construí-lo.

Por conseguinte, não unicamente no âmbito teórico são levantadas tais discussões, mas também no meio político. Sobre essa última afirmação, a Lei nº 11.445/2007, supracitada, estabelecendo que o titular dos serviços públicos de saneamento (no caso, o município) deve

<sup>3</sup> Política Nacional do Saneamento.

<sup>4</sup> Embora o enfoque principal do trabalho de Benevolo (2003) esteja relacionado à apresentação histórica da formação das cidades, o texto pressupõe a ideia de que a apropriação do espaço natural pelo homem, desde o princípio de sua acomodação em sítios favoráveis a este processo, sempre implicou no estabelecimento de uma relação de uso dos recursos naturais - e de consequente impacto ambiental humano no meio ambiente.

<sup>5</sup> Diferente do trabalho de Benevolo (2003), o trabalho de Franco (2001), embora também pressuponha (de maneira mais explícita) a discussão acerca da utilização dos recursos naturais para manutenção da vida humana, abre o debate para questões políticas, econômicas, e de contexto (dentro dos processos de globalização e urbanização), relacionadas ao impacto ambiental decorrente de ações antrópicas.

elaborar os Planos de Saneamento Básico - com o objetivo principal de buscar a universalização da oferta dos serviços de infraestrutura básica à população -, pressupõe a atenção nacional para com a qualidade com que são geridos os recursos naturais, de uso ou manejo, para o auxílio à melhor qualidade de vida do homem.

Fundamentado, então, nesse contexto, este é um estudo teórico-prático que se propõe a esclarecer o modo como as ferramentas e métodos de análise de projetos subterrâneos de saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana) podem servir de auxílio ao planejamento urbano das cidades em processo de expansão - devido a uma necessidade nacional de gestão e execução de serviços de saneamento locais que sejam adequados à população (sem que isso implique em gastos públicos excessivos).

Para tanto, o presente trabalho busca de maneira indutiva: a compreensão do funcionamento da relação entre o meio urbano e o ambiente natural do qual ele se apropria; o entendimento da maneira como os sistemas subterrâneos de saneamento básico podem contribuir para a manutenção da qualidade de vida da população, bem como para diminuição e/ou mitigação do impacto ambiental negativo decorrente das atividades antrópicas; e, ainda, a verificação da aplicabilidade da compatibilização de projetos, processo no qual são avaliadas as inter-relações entre os projetos a serem implantados em um mesmo espaço (utilizada comumente na construção de edificações) na organização dos sistemas subterrâneos de saneamento básico<sup>6</sup> – como contribuição ao planejamento das cidades - avaliando, para isso, os projetos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana do Loteamento Morada da Serra, localizado na região leste da cidade de Patos de Minas (Minas Gerais).

Por fim, este estudo serve de contribuição ao planejamento urbano de Patos de Minas na medida em que sua aplicação em um loteamento da cidade é importante dentro de um processo de expansão urbana que se mostra constante<sup>7</sup>, auxiliando, possivelmente, na adequação das futuras áreas urbanas ao ambiente e aos seus recursos, bem como tornando eficiente o processo de planejamento urbano voltado para uma gestão e gerenciamento que possam contribuir à garantia da salubridade dos meios citadinos e da qualidade de vida da população.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

<sup>6</sup> Aqui, considerados: sistema de abastecimento de água, sistema de esgotamento sanitário, e sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

<sup>7</sup> Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016) apontam que entre os anos de 1991 e 2016 a população urbana da cidade aumentou de 102.946 para 149.856 habitantes, respectivamente - o que equivale a uma taxa de crescimento demográfico de aproximadamente 1876,4 habitantes por ano.

## **2.1 MEIOS URBANOS E AMBIENTAL: RELAÇÕES HISTÓRICAS**

Para entendimento da relação atual entre o meio urbano e o meio ambiente, através de processos de utilização e apropriação dos recursos e da paisagem naturais, respectivamente, é necessário entender como essa relação ocorreu através dos tempos - visto que a imagem ambiental e urbana de hoje possui raízes nas ações e pensamentos humanos do passado. Este capítulo, portanto, se concentra no levantamento histórico, daquilo que se julgou relevante para este estudo, e na análise do desenvolvimento de idéias relacionadas ao saneamento.

### **2.1.1 BREVE HISTÓRICO MUNDIAL SOBRE O SANEAMENTO**

A existência de epidemias e da proliferação de doenças nos meios de vivência do homem é uma questão que se apresenta nos assentamentos humanos desde os primórdios da humanidade (VARGAS, 2011).

Benevolo (2003) afirma que as primeiras cidades se conformaram nas margens de rios<sup>8</sup>, justamente por essas localidades fornecerem recursos hídricos para o consumo humano e terras férteis para a produção de alimento. Ainda segundo esse Autores, da expansão das cidades se originaram grandes canais de irrigação e de abastecimento de água. Ademais, de acordo com Rosen (1994, *apud* Vargas, 2011) situações relacionadas à inter-relação ambiente natural e ocupação humana geraram a preocupação com a construção de novos sistemas de gestão dos recursos nos assentamentos, principalmente no que diz respeito à destinação dos dejetos humanos e à drenagem das águas pluviais como medidas de saneamento e de saúde pública.

Embora as primeiras estruturas de canalização das águas sejam egípcias (para irrigação) e chinesas, os romanos foram, notadamente, os precursores na consolidação de uma ciência relacionada à gestão hídrica como medida de manutenção da qualidade de vida nas cidades, e de abastecimento para o consumo humano (GRIBBIN, 2014). Os aquedutos, grandes estruturas de pedra, construídas com a finalidade de manejar as águas dos rios em direção às cidades, além de servirem como estrutura de condução, também possuíam características estruturais que os transformavam em sistemas primitivos de potabilização hídrica - por decantação (MASCARÓ, 2005).

Na Idade Média, além da utilização de estruturas de saneamento da antiguidade (das cidades romanas principalmente), os processos para esquematização de novos sistemas (principalmente de abastecimento de água) eram empíricos (GRIBBIN, 2014). Além disso, um

<sup>8</sup> Mesopotâmia nas margens dos rios Tigre e Eufrates, Índia nas margens do rio Indo, Egito nas margens do rio Nilo, e as cidades no Extremo Oriente (Índia, Indochina e China) que se consolidaram em uma região composta de numerosos leitos d'água.

fato importante referente a esse período diz respeito à existência de elevados problemas relacionados à saúde pública, fato esse decorrente tanto da conformação social e religiosa da população<sup>9</sup>, quanto da morfologia característica das cidades (VARGAS, 2011).

De acordo com Gribbin (2014), somente no período do Renascimento houveram esforços para organizar os conhecimentos da engenharia - que serviram de contribuição ao aprimoramento dos projetos das estruturas de saneamento atuais. Por conseguinte, no período Barroco iniciaram-se uma série de intervenções urbanas no sentido de reorganizar as cidades antes medievais (BENVOLO, 2003).

Com o advento da Revolução Industrial, decorrente do desenvolvimento de processos de produção e do aumento do inter-relacionamento comercial entre regiões e países, uma série de fatores dela resultantes gerou a criação, nas cidades, de centros periféricos superpopulosos (consolidação de logradouros e das cidades industriais), com falta de infraestrutura e condições sanitárias precárias (BENEVOLO, 2003).

Nesse sentido, uma ação importante para o desenvolvimento da visão sanitária da cidade no período ainda industrial diz respeito às reformas, com finalidades higienizadoras, empreendidas por Eugène Haussmann, em Paris, que relacionam o traçado urbano com o saneamento (VARGAS, 2011), no período de remodelação barroca da cidade - que influenciaram, inclusive, reformas urbanas no Brasil (CALDEIRA, 2007).

### **2.1.2 BREVE HISTÓRICO NACIONAL SOBRE O SANEAMENTO**

Em âmbito nacional, as medidas ligadas ao saneamento básico das cidades brasileiras foram empreendidas em consonância com a Revolução Industrial (VARGAS, 2011). Epidemias e problemas de saúde relativos ao contato entre escravos africanos, imigrantes e a população, bem como entre os habitantes dos cortiços centrais da cidade (pontos focais de proliferação de doenças devido às más condições sanitárias) e aqueles de mais alta renda, tiveram como ponto de intervenção inicial algumas reformas empreendidas por Francisco Pereira Passos no centro do Rio de Janeiro (CALDEIRA, 2007).

Vale salientar, ainda, que o processo de intervenção sanitária em regiões brasileiras esteve intimamente relacionado à expansão das estradas de ferro, cujos engenheiros doentes requeriam auxílio médico - o que permitiu a expansão do atendimento nas diversas regiões do país que, conseqüentemente, compreendiam meios urbanos em consolidação (VARGAS, 2011). Mais uma vez, assim como verificado na Europa, o processo de industrialização e suas

<sup>9</sup> Sobre este ponto, Vargas (2011) destaca a influência dos dogmas católicos no tratamento de doenças, que, por sua vez, eram vistas como castigos divinos.

conseqüências viabilizaram o surgimento de áreas densas, sem planejamento e que se tornavam pontos focais de proliferação de doenças. O auxílio médico, expandido pelos sanitaristas, chegava a meios problemáticos onde o interesse político estivesse presente (VARGAS, 2011).

Assim, o saneamento - entendido atualmente como o conjunto de serviços e estruturas operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem pluvial e de limpeza urbana<sup>10</sup> -, como foi possível observar, sempre apresentou estreita ligação com o sítio, a situação urbana e o seu processo de desenvolvimento.

Atualmente, a concepção dos sistemas de saneamento para as cidades brasileiras compreende uma “vasta quantidade de cálculos meticulosos” (GRIBBIN, 2014, p.2), além de uma avaliação integral da área de intervenção seguindo critérios e diretrizes estabelecidas por políticas públicas de desenvolvimento urbano (PHILIPPI JUNIOR; GALVÃO JUNIOR, 2012).

Dentro desse planejamento urbano voltado para a questão do saneamento, o desenvolvimento das cidades e sua expansão relaciona-se a um questionamento constante nos estudos de pesquisadores<sup>11</sup> que buscam cidades adaptadas a seu contingente populacional, e possível número de crescimento: como construir cidades que sejam eficientes economicamente, ambientalmente responsáveis e socialmente adaptáveis.

### **2.1.3 DISCUSSÕES AMBIENTAIS CONTEMPORÂNEAS E O SANEAMENTO**

A problemática ambiental associada à demografia faz parte de um discurso recente que eclodiu a partir da crise ambiental debatida em conferências internacionais<sup>12</sup> (TORRES e COSTA, 2006). Tais eventos buscavam, de maneira geral, a discussão do impacto do desenvolvimento humano sobre o meio ambiente.

Nessas reuniões, segundo afirmam Torres e Costa (2006) e Franco (2001), a poluição ambiental era associada ao nível de desenvolvimento econômico de um país ou região, ou seja, o que se verificava era a existência de uma equação diretamente proporcional: quanto mais um país poluía maior era o seu desenvolvimento econômico. Tal situação, cuja solução implicava, então, na diminuição da poluição ambiental para aumento da qualidade de vida da população, gerou o debate de que tal medida, se tomada por países emergentes, implicaria na interrupção de seu processo de desenvolvimento econômico (FRANCO, 2001).

<sup>10</sup> Lei nº 11.445/2007.

<sup>11</sup> Como Juan Mascaró em seus trabalhos “Infra-estrutura Urbana” (2005) e “Loteamentos Urbanos” (2003), e Maria Franco em seu livro “Planejamento Ambiental para a cidade Sustentável” (2001).

<sup>12</sup> As principais conferências cujos temas abrangiam debates da relação homem e meio ambiente foram: Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (Estocolmo, 1972), Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (Rio de Janeiro, 1992), Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio de Janeiro, 2002), e Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio de Janeiro, 2012).

A partir disso, um novo olhar para o desenvolvimento dos países foi instaurado. O conceito de Desenvolvimento Sustentável<sup>13</sup> - publicado no Relatório Brundtland (1991) e que entrou em debate na Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento no Rio de Janeiro, em 1992, sendo, posteriormente, instituído como tema central da Cúpula Mundial no Rio de Janeiro, em 2002 - passou a nortear as novas propostas de ações dos países participantes do evento.

No que diz respeito ao saneamento, tais discussões ganharam importância na medida em que, tanto a utilização dos recursos naturais, quanto o modo pelo qual o homem realiza a gestão e o manejo dos resíduos, de seus dejetos e das águas pluviais passaram a serem questões em pauta nas discussões sobre os fatores determinantes do desenvolvimento sustentável dos países.

## **2.2 RECURSOS NATURAIS E SANEAMENTO**

Tendo em vista o contexto histórico e as discussões contemporâneas acerca da relação homem-natureza, este capítulo focaliza a associação entre os recursos naturais e o saneamento de maneira mais específica, já introduzindo os conceitos e sistemas a serem utilizados na parte prática deste estudo - na compatibilização de projetos de sistemas subterrâneos de saneamento básico.

Nesse sentido, aqui, os recursos naturais são entendidos como aqueles elementos provindos da natureza e que possuem serventia aos seres humanos para satisfação de suas necessidades cotidianas (DULLEY, 2004).

Desde os primórdios da consolidação do homem em locais fixos, a utilização dos recursos naturais começou a ocorrer, como é possível verificar nos estudos de Benevolo (2003) e Torres e Costa (2006), de maneira proporcional ao crescimento populacional - ou seja, quanto maior o número de pessoas, maior o impacto ambiental causado por aquele contingente de pessoas no meio natural.

O saneamento, por sua vez, constituindo-se como um conjunto de medidas relacionadas à manutenção da saúde humana nos seus ambientes de vivência (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012), é uma área que influi diretamente na disponibilidade e situação de uso dos recursos naturais, principalmente com relação aos recursos hídricos, visto que o funcionamento

<sup>13</sup> “O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991, p. 46).

dos seus sistemas incorporam a gestão e o gerenciamento de águas - sejam da chuva, servidas, ou de leitos d'água.

No que diz respeito a este estudo, é importante atentar para o fato de que os três eixos do saneamento cuja proposta deste trabalho é avaliar (sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e de drenagem urbana e manejo de águas pluviais) possuem relações com os recursos hídricos locais - já que o seu funcionamento envolve o manejo de águas seja para consumo, para despejo de dejetos ou para alívio de grande volume hídrico precipitado na área urbana durante os períodos chuvosos.

Assim, as formas de gestão do saneamento implicam diretamente nas estruturas naturais de recursos que o ser humano precisa para manter a qualidade de vida dentro dos meios urbanos, e, ainda, na integridade do meio natural do qual ele faz uso e se apropria - seja ocupando o espaço antes natural, ou mesmo o poluindo.

### **2.2.1 O MOVIMENTO DAS CIDADES**

A situação do saneamento começou a ser pensada e discutida de maneira mais incisiva a partir da evolução do fenômeno de urbanização das cidades<sup>14</sup>. Com o aumento da densidade populacional<sup>15</sup> decorrente de processos de industrialização, e dentro do contexto de discussão sobre os impactos antrópicos no meio ambiente, conceitos como o de “capacidade de suporte dos ambientes naturais” começaram, de acordo com Franco (2001) e Torres e Costa (2006), a serem discutidos em debates internacionais.

De acordo com Franco (2001), embora as cidades não ocupem parte considerável da superfície terrestre, seu impacto ambiental sobre os ecossistemas é consideravelmente grande, visto que o seu “funcionamento” demanda uma grande quantidade de matéria de entrada e saída de recursos.

Torres e Costa (2006), por sua vez, apresentam relatos que associam características de determinada população - dados esses obtidos por estudos demográficos - à existência, ou à geração de situação vulnerável, de risco ambiental.

Assim, o processo de crescimento das cidades e, principalmente, de desenvolvimento industrial, estaria relacionado à qualidade ambiental dos espaços urbanos e de vida dos seres humanos.

<sup>14</sup>Para este estudo, o conceito de urbanização entendido para desenvolvimento das problemáticas que aqui se pretende segue aquele apresentado por Castells (2014, p.39) que dita: a urbanização é um fenômeno de “concentração espacial de uma população, a partir de certos limites de dimensão e de densidade”.

<sup>15</sup>A densidade populacional diz respeito à medida do número de habitantes por unidade de área.

O saneamento, sob essa perspectiva de desenvolvimento urbano, aumento da densidade populacional ou de expansão das áreas urbanizadas, seria um fator preponderante na manutenção da relação homem e meio ambiente - visto que os serviços e sistemas relacionados a essa área são aqueles que garantem o mínimo de condições de qualidade de vida às populações.

## **2.2.2 AS POLÍTICAS PÚBLICAS DE SANEAMENTO**

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2015) o abastecimento de água não é ofertado a todos os brasileiros - a região Norte do país apresenta somente 56,9% de atendimento. Quanto à coleta de esgotos, somente 50,3% da população nacional possui este serviço e, além disso, apenas 42,67% dos esgotos coletados são tratados. Ainda segundo aquele Instituto, 3,5 milhões de brasileiros destinam seus esgotos domésticos de maneira irregular, comprometendo a qualidade de vida da população e a salubridade dos meios urbanos.

Outro ponto que cabe destaque tem relação com a afirmação de Canholi (2005), cujo estudo aponta que no Brasil a preocupação relativa às águas pluviais ainda diz respeito ao seu manejo e controle quantitativo, enquanto em países desenvolvidos a preocupação está centrada em aspectos de tratamento e de qualidade da água precipitada manejada.

Nesse contexto, dada à situação de expansão das cidades e de adensamento das áreas urbanas, bem como de precariedade das estruturas de saneamento atuais, a preocupação nacional sobre a qualidade de vida nos espaços citadinos transparece através de políticas públicas de universalização dos sistemas de saneamento para os municípios brasileiros.

A Política Nacional do Saneamento (Lei nº 11.445/2007), nesse sentido, prevê, dentre outras medidas, que cada município deverá elaborar seu respectivo Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Tal documento visará nortear as ações e investimentos públicos e privados nos serviços de saneamento locais, a partir de fundamentos técnicos e de interesses populares - visto que a participação dos habitantes no processo de elaboração do PMSB é exigência legal.

Segundo o Termo de Referência para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico da Fundação Nacional da Saúde (BRASIL, 2012) dentro dos PMSB's são previstas etapas de avaliação urbana que fundamentarão a determinação de programas, projetos e ações de desenvolvimento do saneamento municipal. As fases de diagnóstico e prognóstico, dentro desse processo, são passos necessários ao entendimento da situação urbana e das demandas de sistemas de saneamento locais que precisam ser sanadas.

Assim, os PMSB's se caracterizam como importantes instrumentos de planejamento urbano associado ao planejamento ambiental - já que as previsões de ações dentro dos planos implicam em respeito, pelo menos no âmbito legal, às legislações ambientais sobre o uso de recursos naturais pelo homem e acerca das medidas de impacto admissíveis ao meio ambiente.

### **2.2.3 OS SISTEMAS SUBTERRÂNEOS DE SANEAMENTO BÁSICO**

A Política Nacional do Saneamento define que o saneamento é composto pelos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos. Contudo, sendo este estudo um trabalho cujo objetivo central trata sobre os sistemas subterrâneos de saneamento, aquele último eixo não é, aqui, passível de análise.

Assim, a título de esclarecimento acerca dos sistemas a serem aqui avaliados, em correlação, a seguir são apresentadas as especificidades de cada eixo supracitado.

#### **2.2.3.1 Sistema de Abastecimento de Água**

Segundo Heller e Pádua (2010a) o sistema de abastecimento de água tem por finalidade a distribuição deste recurso natural, de maneira potável, para consumo humano através de um planejamento técnico e científico pautado em conhecimentos de engenharia, sendo, dessa maneira, constituído por subsistemas de:

- Captação: etapa em que a água é captada de um curso hídrico superficial ou subterrâneo, ambos com disponibilidade de abastecimento para a demanda previamente calculada;
- Adução: conjunto de tubulações e peças que possuem por finalidade a condução e distribuição da água entre as unidades componentes do sistema de abastecimento;
- Estações elevatórias: sistemas pontuais de elevação do nível d'água para atendimento, ou tratamento, em locais de cota mais alta;
- Estações de tratamento de água: locais em que a água é tratada, para posterior consumo, segundo parâmetros definidos pela Portaria MS<sup>16</sup> nº 2.914/2011.
- Reservação: subsistema constituído de elementos físicos de acumulação e passagem de água.
- Distribuição: subsistema constituído de um conjunto de tubulações de direcionamento da água tratada para as unidades de consumo.

<sup>16</sup> Ministério da Saúde.

### 2.2.3.2 Sistema de Esgotamento Sanitário

O sistema de esgotamento sanitário é o conjunto de atividades relacionadas à coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada de esgotos sanitários (BRASIL, 2007) entendidos como os dejetos humanos e as águas residuais já utilizadas.

Sobrinho e Tsutiya (2000), por conseguinte, definem como partes constituintes de um sistema de esgotamento sanitário:

- Rede coletora: conjunto de tubulações que recebem os esgotos dos edifícios, passando dos coletores prediais aos coletores secundários e, por conseguinte, destes aos coletores troncos;
- Interceptores: canalização que recebe somente os efluentes dos coletores (secundários ou troncos);
- Emissários: canalização que unicamente conduz o esgoto ou ao tratamento ou à sua disposição final;
- Sifão invertido: obra que objetiva transpor obstáculos pelos quais a rede de esgoto possa ter que passar;
- Corpo receptor: corpo hídrico onde são lançados os esgotos sanitários (tratados ou não, dependendo da situação do sistema avaliado);
- Estações elevatórias: sistemas pontuais de elevação (para uma cota superior) dos esgotos para continuidade de seu fluxo dentro do sistema;
- Estações de tratamento de esgotos: locais em que os esgotos são tratados antes de seu lançamento ao corpo hídrico receptor.

O sistema de esgotos sanitários pode se relacionar com o sistema de drenagem urbana em decorrência do fato de que tanto as águas pluviais quanto aquelas utilizadas dentro das edificações (os esgotos) possuem como destino final os fundos de vale com corpos hídricos receptores (por vezes, o mesmo).

Nesse sentido, Archela et al (2003) afirma que, em se tratando do grau de relação existente entre os esgotos sanitários e as águas pluviais drenadas, existem três classificações básicas de coleta de efluentes urbanos, a saber: sistema unitário, onde águas de esgotos e pluviais escoam na mesma tubulação; sistema separador parcial, quando somente as águas provenientes dos esgotos e de chuvas em meio residencial escoam na mesma tubulação, com as águas urbanas sendo direcionadas por sistema independente; e o sistema separador absoluto, utilizado em maior parte do Brasil (ARCHELA et al, 2003), no qual águas de esgotos escoam de forma totalmente independente das águas de drenagem.

### 2.2.3.3 Sistema de Drenagem Urbana

A Política Nacional do Saneamento (2007) define o eixo de drenagem urbana como o conjunto de processos pelos quais há o transporte, detenção ou retenção das águas pluviais para amenização do seu impacto nas áreas urbanas, para seu direcionamento a locais apropriados, ou para o seu tratamento.

Canholi (2005) afirma que existem dois tipos de medidas relacionadas ao controle das inundações, visando à amenização de seu impacto nas cidades: as medidas estruturais e as medidas não estruturais. Enquanto aquelas primeiras dizem respeito à construção de estruturas físicas para solução dos problemas relacionados ao grande volume de água precipitado, as segundas tratam de ações previstas em documentos normativos que estabeleçam parâmetros de uso e ocupação do solo, por exemplo, que auxiliem no processo natural de drenagem das águas pluviais.

Por conseguinte, no que concerne à questão econômica, as medidas não estruturais são mais viáveis (CANHOLI, 2005), visto que representam ações ligadas ao planejamento da cidade voltado para a forma como o sítio se comportará, em termos de escoamento e capacidade de infiltração das águas pluviais, através do processo de ocupação do solo.

Contudo, o que se verifica é que em razão da falha de incorporação do planejamento da drenagem pluvial dentro do processo de desenvolvimento urbano, a execução de medidas estruturais se torna cada vez mais necessária e os projetos, com a evolução da ocupação urbana, mais dispendiosos - ou até mesmo inviáveis (BRAGA, 1994).

Segundo Martins (2012) exemplos de medidas estruturais são: alterações do curso d'água para menor impacto do aumento de sua vazão em épocas chuvosas, armazenamento ou desvio das águas antes que estas alcancem possíveis pontos sujeitos à inundação, muros de contenção, medidas de reflorestamento das margens dos rios, dentre outras ações que se adequem aos problemas avaliados em cada localidade.

Ainda dentro das obras físicas de manejo das águas pluviais, Pinto e Pinheiro (2006) afirmam que o sistema de drenagem compreende estruturas de micro e de macrodrenagem urbanas. Segundo os Autores, aquele primeiro sistema é responsável pela condução das águas pluviais a canais e galerias, sendo composto por poços de visita, sarjetas, bocas de lobo e meios fios, enquanto aquele último é responsável pelo “escoamento final das águas pluviais provenientes do sistema de microdrenagem” (PINTO e PINHEIRO, 2006, p. 8), sendo

constituído por talvegues, fundos de vale, e cursos d'água - não abrangendo necessariamente obras de construção específica<sup>17</sup>.

## **2.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS**

Neste capítulo serão apresentados os principais referenciais cujos trabalhos estão relacionados à compatibilização de projetos, bem como fornecidas as informações locais do loteamento Morada da Serra, cujos projetos serão utilizados como objetos de aplicação da metodologia aqui proposta.

Nesse sentido, é importante destacar que, como os estudos acerca da aplicabilidade da compatibilização de projetos em escala de sistemas urbanos se mostraram inexistentes, o entendimento desse processo, neste trabalho, dar-se-á através da análise daquele método aplicado às edificações.

### **2.3.1 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES**

Para Cruz (2011) uma construção economicamente eficiente tem relação com a mobilização dos diversos profissionais envolvidos na elaboração e execução de projetos para integração dos aspectos executivos da obra.

Nesse sentido, o ato de compatibilizar projetos consiste em uma avaliação criteriosa sobre a integração dos diversos componentes da obra, para que não ocorram situações em que dois ou mais sistemas possam ocupar o mesmo espaço (GRAZIANO, 2003).

Callegari (2007), acerca desse assunto, afirma que através da compatibilização de projetos é possível prever e reduzir falhas que podem ocorrer da fase de concepção até o fim da obra.

Na construção civil, a compatibilização de projetos em edificações tem se tornado alvo de estudo de diversos Autores. Araújo (2015) explica um processo de compatibilização simplificado, e mais usual, que consiste na utilização do programa computacional AutoCAD 2D para a sobreposição das plantas inerentes à obra de análise, e posterior identificação de pontos de conflito entre os projetos.

Ademais, o desenvolvimento tecnológico da construção orientado para a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), que associa o projeto 2D à visualizações tridimensionais<sup>18</sup> chama atenção para a evolução e otimização dos processos de projeto - e de

<sup>17</sup> Neste caso podem-se adotar estruturas que somente amenizem o impacto de grande volume de água no solo, ou em áreas de deságue pluvial, como os dissipadores (CANHOLI, 2005).

<sup>18</sup> Como é o caso do programa Revit Architecture.

compatibilização - aplicados à sua realidade executiva. Porém, no Brasil, é necessário que os profissionais arquitetos e engenheiros se empenhem em ofertar seus serviços de projeto em programas com esse fundamento, se capacitando e buscando até mesmo entender processos que vão além da sua área de atuação - mas que interferem no seu produto (CRESPO e RUSCHEL, 2007).

Por fim, a compatibilização de projetos, aqui estudada, é vista, dentro dos projetos de sistemas subterrâneos de saneamento básico, como solução ao “engarrafamento do subsolo urbano” (MASCARÓ; YOSHINAGA, 2005)<sup>19</sup>, a partir de sua aplicação em uma escala maior do que aquela em que essa estratégia de otimização projetual é usualmente adotada (a dos edifícios).

### **2.3.1.1 Compatibilização dos sistemas subterrâneos de saneamento**

Na escala urbana, e acerca dos sistemas subterrâneos de saneamento, Mascaró (2005) discute que um dos grandes problemas de gestão do espaço urbano é a falta de organização das estruturas, mais especificamente daquelas existentes abaixo das vias (infraestruturas), que fazem parte das cidades.

A desordem do subsolo urbano gera situações inconvenientes, como o aumento dos custos de operação e a dificuldade de renovações e ampliações de cada rede que por ali passe (MASCARÓ, 2005).

Nesse contexto, embora a solução para aquele problema implique na concepção dos sistemas de infraestrutura urbana “como um conjunto de elementos articulados entre si e com espaço urbano que as contenha” (MASCARÓ, 2005, p.17) não foram encontrados estudos que avaliem a aplicabilidade da compatibilização de projetos em escala urbana.

### **2.3.2 O LOTEAMENTO MORADA DA SERRA**

O loteamento Morada da Serra, objeto de estudo de aplicação prática da compatibilização de projetos de sistemas subterrâneos de saneamento básico deste trabalho, localiza-se na região leste da cidade de Patos de Minas/MG - no Bairro Jardim Panorâmico - e possui uma área aproximada de 159.815 m<sup>2</sup> (metros quadrados)<sup>20</sup>, conforme demonstram os detalhes 2 e 3 do Apêndice A deste estudo.

<sup>19</sup> Mascaró e Yoshinaga (2005) usam o termo “engarrafamento do subsolo urbano” para identificar a situação em que por processos relacionados ao projeto, à execução, ou à manutenção das redes de abastecimento de água, esgotamento sanitário, e de drenagem urbana, há a falta de ordenamento e organização dos sistemas no subsolo, o que tem por consequência o encarecimento de ações de manutenção ou redimensionamento das redes.

<sup>20</sup> Aproximadamente 15,99 ha (hectares).

A sua escolha como região de avaliação deste trabalho se deu em decorrência da disponibilidade (é um arquivo público), acessibilidade dos projetos cujo intuito é compatibilizar, e pertinência<sup>21</sup> relacionada a esta pesquisa.

Ainda, é importante destacar que embora a área do loteamento esteja especificada no detalhe 2 do Apêndice A, somente aquela região delimitada (em vermelho) no detalhe 1 do mesmo documento é a que corresponde à área de aplicação da compatibilização de projetos, visto que a Prefeitura Municipal de Patos de Minas somente realizou, e forneceu, os projetos de infraestrutura de saneamento para aquelas quadras cuja ocupação mais imediata está prevista (conforme se verifica através das áreas hachuradas que representam as edificações dentro dos lotes no detalhe 4 do Apêndice B).

Dessa maneira, a área real de compatibilização dos projetos de sistemas subterrâneos de saneamento deste trabalho compreende 62.109,60 m<sup>2</sup>, e o número de lotes a serem atendidos pela infraestrutura a ser instalada é de 192 (distribuídos em cerca de cinco quadras).

Os projetos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana, fornecidos pela Prefeitura Municipal de Patos de Minas, são apresentados no detalhe 5 do Apêndice B, bem como nos Apêndices C e D.

Conforme esclarecido nos apêndices, os arquivos originais dos sistemas de saneamento foram adaptados graficamente para melhor compreensão dos leitores sobre aquilo que se deseja ressaltar (as redes de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana), mantendo-se a configuração e os detalhes técnicos referentes a cada projeto.

### **3 METODOLOGIA**

O método de compatibilização de projetos aplicado neste trabalho compreendeu o estabelecimento de uma relação de análise conjunta dos projetos dos sistemas subterrâneos de saneamento através dos programas computacionais AutoCAD 2D 2016 e Revit Architecture 2016.

Enquanto no programa AutoCAD 2D o método de análise realizado consistiu na sobreposição das plantas (dos projetos técnicos já referidos) para a visualização das incompatibilidades, “(...) detectando falhas e interferências físicas e geométricas entre os projetos” (CALLEGARI, 2007, p.36), no software Revit foram gerados arquivos de modelagem virtual 3D para verificação dos conflitos detectados no AutoCAD - bem como para melhor compreensão visual do relacionamento entre os sistemas no subsolo urbano.

<sup>21</sup> O loteamento se caracteriza como uma área de expansão da cidade de Patos de Minas.

A sobreposição dos projetos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana no programa AutoCAD 2D foi realizada após a organização dos arquivos, fornecidos pela Prefeitura Municipal de Patos de Minas, afim de criar identidades visuais em cada sistema, ou seja, para cada um deles foi adotada uma cor que possibilitasse a sua visualização e identificação quando a sobreposição dos projetos fosse realizada. Os detalhes 5 do Apêndice B, e 7 e 8 do Apêndice D, são os desenhos projetuais organizados que foram utilizados no processo de compatibilização nesta etapa. O detalhe 9 do Apêndice E é o desenho projetual que representa o processo de compatibilização 2D dos três sistemas aqui postos sob análise conjunta.

As incompatibilidades aparentes entre os projetos verificadas no AutoCAD 2D, foram, então, identificadas como "pontos críticos" quando dois ou mais elementos dos sistemas de saneamento em análise ocupavam o mesmo espaço dentro da área analisada.

No programa Revit Architecture, por sua vez, a compatibilização compreendeu processos mais complexos relacionados à modelagem virtual 3D dos sistemas de saneamento em análise.

Primeiramente, foi realizada a modelagem virtual da área topográfica - através das curvas de nível presentes no cadastro da área do loteamento (Apêndice A) - onde é prevista a execução dos projetos de saneamento fornecidos pela municipalidade (o resultado consta no detalhe 32 do Apêndice F).

Posteriormente, os elementos de cada sistema foram modelados de maneira independente (considerando seus componentes, diâmetros, dimensões lineares e especificidades) e suas profundidades relativas à superfície do terreno foram adotadas conforme as determinações projetuais, no caso dos sistemas de drenagem e esgotamento sanitário, e de acordo com Mascaró e Yoshinaga (2005), cujo trabalho foi utilizado visto que o projeto de abastecimento de água não continha especificações técnicas relativas à sua profundidade de implantação - assim, para o sistema de abastecimento de água a profundidade de implantação adotada foi de 65 centímetros abaixo da superfície do terreno<sup>22</sup>.

Após a término da modelagem independente de cada sistema, eles foram, também, sobrepostos e, então, pôde-se verificar a situação tridimensional daqueles pontos de incompatibilidade aparente identificados na sobreposição dos projetos realizada no AutoCAD 2D.

<sup>22</sup> Segundo Mascaró e Yoshinaga (2005) essa é a profundidade mínima para implantação de sistemas de tubulações de abastecimento de água.

Por fim, os pontos de incompatibilidade do AutoCAD, bem como sua verificação no programa Revit Architecture constam organizados nos Apêndices E e F, respectivamente.

#### **4 RESULTADOS**

Após seguidos os processos metodológicos - propostos neste estudo - de análise dos projetos dos sistemas subterrâneos de saneamento, do Loteamento Morada da Serra em Patos de Minas, foram verificados 12 pontos críticos (de possíveis incompatibilidades projetuais) através da sobreposição dos projetos no programa AutoCAD 2D. Representados no Apêndice E (que apresenta a planta geral de compatibilização dos projetos, bem como os detalhes ampliados dos pontos críticos), os pontos críticos identificados, seguidos da descrição de seus respectivos problemas aparentes apresentados, foram:

- **Ponto Crítico 1 (PC1):** a tubulação de esgotamento sanitário ocupa o mesmo espaço (em um ponto) da tubulação de abastecimento de água.

- **Ponto Crítico 2 (PC2):** a tubulação de esgotamento sanitário ocupa o mesmo espaço (em um ponto) da tubulação de abastecimento de água.

- **Ponto Crítico 3 (PC3):** a tubulação de esgotamento sanitário ocupa o mesmo espaço (em um ponto) da tubulação de abastecimento de água.

- **Ponto Crítico 4 (PC4):** a tubulação de esgotamento sanitário ocupa o mesmo espaço (em um ponto) da tubulação de abastecimento de água.

- **Ponto crítico 5 (PC5):** a tubulação de esgotamento sanitário ocupa o mesmo espaço (em um ponto) da tubulação de abastecimento de água.

- **Ponto Crítico 6 (PC6):** a tubulação de esgotamento sanitário ocupa o mesmo espaço (em um ponto) da tubulação de abastecimento de água.

- **Pontos Críticos 7 (PC7) e 8 (PC8):** alguns elementos do sistema de esgoto, do sistema de drenagem e do sistema de abastecimento de água apresentam conflitos espaciais aparentes, inclusive com uma rede adutora já existente no local (representada no Apêndice E com uma linha azul tracejada).

- **Ponto Crítico 9 (PC9):** o sistema de tubulações de esgotamento sanitário entra em conflito com a rede adutora de abastecimento de água existente (linha tracejada azul).

- **Ponto Crítico 10 (PC10):** há o cruzamento da rede de esgoto com a rede de abastecimento de água, e o possível conflito entre a rede de drenagem e os sistemas de esgotamento sanitário e de abastecimento de água.

- **Ponto Crítico 11 (PC11):** há o cruzamento da rede de esgoto com a rede de abastecimento de água, e o possível conflito entre a rede de drenagem e os sistemas de esgotamento sanitário e de abastecimento de água.

- **Ponto Crítico 12 (PC12):** há o cruzamento da rede de esgoto com a rede de abastecimento de água, e o possível conflito entre a rede de drenagem e os sistemas de esgotamento sanitário e de abastecimento de água.

Por conseguinte, no que diz respeito à aplicação do segundo processo metodológico, ou seja, após a modelagem virtual e sobreposição de todos os projetos, aqui analisados, no programa Revit Architecture, a análise dos pontos críticos identificados no programa AutoCAD pôde ser feita considerando sua relação tridimensional, ou seja, de dimensão, localização e as profundidades dos componentes dos sistemas. Assim, a verificação dos 12 pontos críticos apontados pelo AutoCAD no Revit gerou as seguintes observações:

- **Pontos Críticos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 e 12 (PC 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 e 12):** não existem incompatibilidades.

- **Pontos Críticos 7 (PC7) e 8 (PC8):** existem incompatibilidades entre os componentes dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no Ponto Crítico 7. Não existem incompatibilidades no Ponto Crítico 8.

- **Ponto Crítico 10 (PC10):** existem incompatibilidades entre os componentes dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

- **Ponto Crítico 11 (PC11):** existem incompatibilidades entre os componentes dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

A análise comparativa dos resultados da aplicação dos dois processos de compatibilização, utilizando o programa AutoCAD 2D e Revit Architecture, demonstrou que embora houvessem 12 incompatibilidades aparentes entre os sistemas subterrâneos de saneamento básico no loteamento Morada da Serra, somente 3 delas se mostraram verídicas após a modelagem virtual 3D dos sistemas.

Dessa maneira, levando em consideração a situação apresentada na análise dos mesmos projetos nos dois programas, a associação entre o AutoCAD 2D e o Revit Architecture se mostrou efetiva, na medida em que possibilitou a otimização da visualização projetual das estruturas construídas antes de sua execução real.

O programa Revit Architecture, ainda, se mostrou mais promissor dentro do planejamento ótimo das estruturas urbanas do que o programa AutoCAD, visto que neste estudo, como os projetos fornecidos pela municipalidade constavam em arquivo do AutoCAD, a compatibilização neste programa se mostrou um grande atrativo de estudo para o Autores

deste trabalho. Todavia, em casos de planejamento inicial urbano, o projeto das infraestruturas desenvolvido inteiramente no programa Revit Architecture pode otimizar a visualização da inter-relação entre os projetos para os projetistas de forma mais imediata - o que pode resultar em benefícios na execução de obras bem planejadas e que não sofram interferências, ou mudanças projetuais durante o seu processo de execução.

Dentro do planejamento urbano das cidades em processo de expansão, a compatibilização de projetos de saneamento se mostra, então, um processo importante, visto que possibilita a adequação das novas infraestruturas urbanas criadas àquelas previstas ou já existentes, minimizando os erros nas intervenções em locais já consolidados de sistemas de saneamento em uso pela população e, conseqüentemente, reduzindo o tempo de paralisação das vias para execução de obras.

No caso do Loteamento Morada da Serra, é visível que as infraestruturas de saneamento subterrâneo foram construídas somente nas áreas com previsão de ocupação imediata. Assim, a ocupação futura das outras quadras já se caracteriza como um processo futuro de expansão urbana onde as novas infraestruturas deverão se adequar àquelas existentes.

Os sistemas subterrâneos de saneamento básico são, dessa maneira, estruturas primárias de implantação em áreas que serão ocupadas e adensadas (como pôde-se perceber através da preocupação em se instalar sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana em locais de previsão de ocupação mais imediata no loteamento Morada da Serra). Tal ação demonstra a importância dos sistemas subterrâneos de saneamento na manutenção da qualidade de vida da população, ou seja, são estruturas básicas para todo lugar em que uma ocupação humana tenda a se consolidar (como no caso dos loteamentos).

A implantação de sistemas de saneamento básico eficientes em novos loteamentos e sua adequação em áreas já consolidadas podem ser vistas, portanto, tanto como um processo essencial para a qualidade de vida dos habitantes, quanto como um meio de mediação e gestão do impacto humano em áreas antes naturais - que são apropriadas - visto que a organização de sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana busca, em síntese, a organização do espaço natural para ocupação.

## **5 CONCLUSÕES**

Este trabalho, mesmo que incipiente dentro de um tema tão abrangente, visto que o saneamento possui enfoques técnicos e de discussão que estão relacionados ao desenvolvimento das populações humanas, como se viu neste estudo, demonstrou que a tecnologia pode auxiliar no planejamento urbano de maneira efetiva - na medida em que o uso de ferramentas

computacionais pode simular espaços e estruturas reais que sofrerão intervenções humanas. Nesse contexto, é preciso, contudo, que os profissionais e as empresas se atualizem na utilização de novas ferramentas que podem otimizar o seu trabalho - e de terceiros a ele relacionados.

Os processos de ocupação humana, como no caso dos loteamentos, envolvem aspectos econômicos e sociais que podem conflitar com as diretrizes ideais de planejamento urbano, pois, como visto, por mais que a criação de estruturas de saneamento (principalmente de drenagem urbana) sejam feitas, já existe a previsão de áreas de ocupação futura (das quadras restantes do loteamento Morada da Serra, onde não existem projetos de sistemas de saneamento) que podem ser apropriadas antes do período previsto. Assim, são importantes tanto processos de otimização de projetos novos de sistemas subterrâneos de saneamento, tanto processos de adequação de novos sistemas àqueles existentes.

Além disso, há de se considerar a importância de outras infraestruturas básicas dentro do projeto de áreas humanas qualificadas. Neste estudo, o enfoque principal se pautou na compatibilização de sistemas subterrâneos de saneamento básico. Porém, outros componentes da estrutura urbana podem interferir, e serem também compatibilizados, com os sistemas subterrâneos de saneamento, como os postes para iluminação pública (cuja fundação incide diretamente no subsolo), como as massas vegetais do sistema de arborização urbana (cujas raízes e sua tipologia e localização na caixa viária são importantes fatores relevantes ao projeto de outros sistemas urbanos), e até mesmo como redes subterrâneas de energia elétrica.

Ademais, a compatibilização de projetos aqui apresentada se mostrou como um processo de análise de incompatibilidades necessário para que sejam feitas as devidas correções dos projetos e não sejam apresentados conflitos durante a execução da obra de infraestrutura urbana.

O levantamento histórico e as discussões atuais acerca do saneamento e da condição ambiental das ocupações humanas, e do meio natural, mostraram - neste estudo - que as medidas que o homem toma para o trato de seus dejetos, para o uso dos recursos naturais e para manejo das águas pluviais são importantes tanto para a qualidade de vida da população quanto para a integridade do meio ambiente e de seus ecossistemas.

A relação entre o homem e o meio ambiente pode se desenvolver tanto através de discussões para a melhor compreensão dos impactos antrópicos na natureza, quanto por meio do uso de ferramentas tecnológicas para a precisão das ações que o homem toma em seus processos de ocupação urbana e consolidação no meio antes natural.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Vivian Martins. **Compatibilização de Projetos de Edificação**. 2015. 37 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2015.

BENEVOLO, Leonardo. **História da Cidade**. 3ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

BRAGA, B. D. F. **Gerenciamento urbano integrado em ambiente tropical**. In: Seminário de hidráulica computacional aplicada a problemas de drenagem urbana. São Paulo, ABRH, 1994.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Termo de Referência para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico**. Brasília: Funasa, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Global**. Rio de Janeiro: Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, 1992. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em 20 de maio de 2017.

CALDEIRA, Júnia Marques. **A praça brasileira: trajetória de um espaço urbano - origem e modernidade**. 2007. Tese (Doutorado em História) - Departamento de História do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

CALLEGARI, Simara. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.

CANHOLI, Aluísio P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 384p.

CASTELLS, Manuel. **A Questão Urbana**. Tradução de Arlene Caetano. 6ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2014.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. **Ferramentas BIM: um desafio para melhoria no ciclo de vida do projeto**. In: III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil - Integração de Sistemas em Arquitetura, Engenharia e Construção, TIC, 2007.

CRUZ, Gabriela Pontes Silva. **Coordenação e Compatibilização de Projetos para construção de edifícios: estudos de casos em instituições públicas e privadas**. 2011. 106 f. Dissertação (*Magister Scientiae*) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2011.

DULLEY, Richard Domingues. **Noção de natureza, ambiente, meio ambiente, recursos ambientais e recursos naturais**. Revista de Economia Agrícola, São Paulo, v. 51, n. 2, p. 15 - 26, jul./dez. 2004.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Planejamento Ambiental para a cidade sustentável**. 2ª ed. São Paulo: Annablume: FAPESP, 2001. 296p.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos**. 2003. Dissertação (Mestrado Profissionalizante), Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, São Paulo. 2003.

GRIBBIN, John E. **Introdução a Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª ed. Volume 1. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010a.

\_\_\_\_\_. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª ed. Volume 2. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010b.

IBGE 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**: Patos de Minas. 2016. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=314800>> Acesso em 31 de março de 2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do Saneamento Básico**: entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica. 2012. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>>. Acesso em 22 de maio de 2017.

\_\_\_\_\_. **Situação Saneamento no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil>>. Acesso em 22 de maio de 2017.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; GALVÃO JUNIOR, Alceu de Castro. **Gestão do Saneamento Básico**: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Barueri: Manole, 2012.

MARTINS, J. R. S. **Gestão da Drenagem Urbana**: só tecnologia será suficiente? Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MASCARÓ, Juan L. **Loteamentos Urbanos**. Porto Alegre: L, Mascaró, 2003.

MASCARÓ, Juan L.; YOSHINAGA, Mário. **Infra-estrutura urbana**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2005.

PINTO, Luiza Helena; PINHEIRO, Sérgio Avelino. **Orientações básicas para a drenagem urbana**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

SOBRINHO, Pedro Alem; TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

TORRES, Haroldo; COSTA, Heloisa. **População e Meio Ambiente**: debates e desafios. 2ª ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.

VARGAS, Luís Francisco da Silva. **Saneamento e urbanização no Rio Grande do Sul durante os anos de 1916 a 1931**: o papel da SOP - Secretaria de Obras Públicas. A cidade de Iraí como referência. 2011. 466 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

# APÊNDICES





