



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA VERTICALIZAÇÃO NA REDE DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO BAIRRO DO ALTIPLANO, JOÃO  
PESSOA - PB**

EDUARDO LEAL TRINDADE

MATRÍCULA: 11218663

João Pessoa – PB

Junho/2017

EDUARDO LEAL TRINDADE

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA VERTICALIZAÇÃO NA REDE DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO BAIRRO DO ALTIPLANO, JOÃO  
PESSOA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus João Pessoa, em cumprimento às exigências do curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientadora:** Profa. Ana Claudia F. M. Braga.

João Pessoa – PB

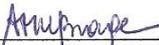
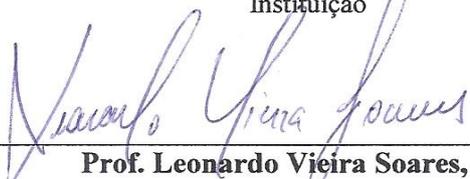
Junho/2017

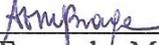
## FOLHA DE APROVAÇÃO

EDUARDO LEAL TRINDADE

### AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA VERTICALIZAÇÃO NA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO BAIRRO DO ALTIPLANO, JOÃO PESSOA - PB

Trabalho de Conclusão de Curso em 12/06/2017 perante a seguinte Comissão Julgadora:

 Prof(a). Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga, DSc. (orientadora) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	APROVADO
 Prof(a). Aline Flavia Nunes Remigio Antunes, DSc. Instituição	APROVADO
 Prof. Leonardo Vieira Soares, DSc. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	APROVADO

  
Profª. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga  
Matrícula Siape: 1668619  
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

S681a Trindade , Eduardo Leal

Avaliação dos impactos da verticalização na rede de abastecimento de água do Bairro do Altiplano, João Pessoa - PB./ Eduardo Leal Trindade. – João Pessoa, 2017.

101f. il.:

Orientador: Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga, dsc.

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Campus I -

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por ter guiado meus passos até aqui.

A minha família, pelo apoio que sempre me deram durante a longa jornada do curso.

Em especial a minha mãe Teresa, que sem seu esforço e trabalho para sustentar a mim e aos meus irmãos, eu não teria chegado até aqui.

Ao meu pai Francisco, pelos esforços, carinhos e conselhos que sempre me deu.

Aos meus avós, pelos cuidados e sempre me colocar em suas orações.

A um amigo que conheci no ventre da minha mãe, André Leal Trindade, meu irmão gêmeo, que compartilhou comigo todos momentos da minha vida.

Ao meu irmão pequeno Gabriel, que sempre se espelha em mim e André.

A minha namorada, Carol, que nos últimos seis meses vem me fazendo muito feliz.

Aos amigos do curso por terem trilhado junto comigo esse caminho.

Aos professores do curso de Engenharia Civil da UFPB, pelos ensinamentos que foram passado durante o curso.

A minha orientadora, Ana Cláudia, pelas orientações dadas, sem as quais esse trabalho não teria êxito.

## RESUMO

Neste trabalho fez-se uma análise dos impactos da verticalização no bairro Altiplano Cabo Branco, localizado no município de João Pessoa capital da Paraíba, na rede de abastecimento de água utilizando o software EPANET / LENHSNET. Inicialmente foram coletadas as características hidráulicas do sistema de abastecimento de água do bairro e dos novos prédios construídos. Constatou-se que para suprir as demandas por água dos novos prédios, foi construído pela CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – uma ampliação da rede de abastecimento de água e concluída em 2015. A simulação do abastecimento de água no EPANET / LENHSNET foi elaborada em 3 cenários. O cenário 1 foi utilizada a rede de abastecimento do bairro Altiplano sem a ampliação da rede e a população estimada de 2015. O cenário 2 foi considerada a rede de distribuição de água que funciona no bairro atualmente, ou seja, já com a ampliação feita e a população estimada de 2017. O cenário 3 é um cenário futuro com a projeção da população para 2037 (20 anos) e um aumento de 1/3 da vazão dos novos prédios. Verificou-se que os principais impactos causados pela verticalização sobre a rede de abastecimento de água foram: o aumento na demanda de água solicitada pelo bairro, em que a demanda da verticalização foi de 35,96 l/s mais da metade da demanda do bairro atualmente; aumento dos diâmetros das tubulações e aumento no custo da implantação de novas tubulações, o equivalente a um aumento de 59,2% do valor da implantação da rede de distribuição do bairro antes de abastecer os novos prédios.

**Palavras chave:** Rede de abastecimento de água; EPANET / LENHSNET; Impacto da verticalização.

## ABSTRACT

This work analyzes the verticalization impacts in the Altiplano neighborhood, located in João Pessoa city, Paraíba's capital, in the water supply network using EPANET / LENHSNET software. Initially, the hydraulic characteristics of the district's water supply system and the new built buildings were collected. It was found that in order to supply the new buildings water demands, it was built by CAGEPA - Paraíba Water and Sewage Company - an water supply network expansion, completed in 2015. The water supply simulation in EPANET / LENHSNET was elaborated in 3 scenarios. Scenario 1 was used the supply network of the Altiplano neighborhood without the network expansion and the 2015's estimated population. Scenario 2 was considered the water distribution network that operates in the neighborhood currently, in other words, with the enlargement made, and the 2017's estimated population. Scenario 3 is a future scenario with the projection of the population to 2037 (20 years) and a 1/3 increase in the flow of new buildings. It was verified that the main impacts caused by the verticalization on the water supply network were: the increase in the water demand, that reaches 35.96 l / s (more than half of the demand of the neighborhood currently); increase in pipe diameters and increase in the cost of installing new pipelines, equivalent to a 59.2% increase in the value of the neighborhood distribution network before supplying the new buildings.

**Keywords:** Water supply network; EPANET / LESHNET; Impacts of verticalization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de rede de distribuição ramificada.....	16
Figura 2 – Esquema de rede de distribuição malhada.....	17
Figura 3 – Mapa do Altiplano e bairros de divisa.....	25
Figura 4 – Mapa de zoneamento e uso do solo do Altiplano Cabo Branco, em destaque a macrozona adensável prioritária criada a partir do Decreto 5844/2007.....	27
Figura 5 – Mapa de zoneamento e uso do solo do Altiplano Cabo Branco, com a modificação do zoneamento que implantou os usos ZA3 e SRE na Quadra 1 criada a partir do Decreto 7073/2010.....	28
Figura 6 – Visão da verticalização do Altiplano.....	29
Figura 7 – ETA de Gramame.....	30
Figura 8 - Esquema da planta baixa do Subsistema de Reservação e Distribuição R-14.....	31
Figura 9 - Subsistema de Reservação e Distribuição R-14.....	31
Figura 10 – Variações do consumo num período de um ano.....	36
Figura 11 – Variações do consumo em um dia.....	37
Figura 12 – Traçado da rede do cenário 1.....	41
Figura 13 – Traçado da rede do cenário 2.....	45
Figura 14 – Traçado da rede e numeração dos trechos do cenário 1.....	48
Figura 15 – Cotas e numeração dos nós do cenário 1.....	48
Figura 16 – Consumo – base dos nós do cenário 1.....	49
Figura 17 – Vazão nos trechos do cenário 1.....	50
Figura 18 – Pressão nos nós do cenário 1.....	50
Figura 19 – Diâmetro dos trechos do cenário 1.....	51
Figura 20 – Evolução da demanda de água e da população do bairro Altiplano em função do tempo.....	53
Figura 21 – Nós com diâmetros DN 200 nos dois cenários e detalhe do nó que ficou com DN 200 no cenário 2.....	54

Figura 22 – Traçado da rede e numeração dos trechos do cenário 2.....	55
Figura 23 – Cotas e numeração dos nós do cenário 2.....	55
Figura 24 – Consumo – base dos nós do cenário 2.....	56
Figura 25 – Vazão nos trechos do cenário 2.....	56
Figura 26 – Pressão nos nós do cenário 2.....	57
Figura 27 – Diâmetro dos trechos do cenário 2.....	57
Figura 28 – Comparação dos diâmetros da rede dos cenários 2 e 3.....	59
Figura 29 – Traçado da rede e numeração dos trechos do cenário 3.....	60
Figura 30 – Cotas e numeração dos nós do cenário 3.....	60
Figura 31 – Consumo – base dos nós do cenário 3.....	61
Figura 32 – Vazão nos trechos do cenário 3.....	61
Figura 33 – Pressão nos nós do cenário 3.....	62
Figura 34 – Diâmetro dos trechos do cenário 3.....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Rugosidade C, para tubulação.....	40
Tabela 2 – Dados da tubulação no EPANET.....	40
Tabela 3 – Dados do cenário 1.....	41
Tabela 4 – Dados da rede antiga do cenário 2.....	42
Tabela 5 – Dados da rede nova do cenário 2.....	44
Tabela 6 – Dados da rede antiga do cenário 3.....	45
Tabela 7 – Dados da rede nova do cenário 3.....	46
Tabela 8 – Dados da modelagem hidráulica do cenário 1.....	47
Tabela 9 – Dados da modelagem hidráulica do cenário 2.....	52
Tabela 10 – Dados da modelagem hidráulica do cenário 3.....	58
Tabela 11 – Vazões e nó inserido dos novos prédios.....	98
Tabela 12 – Informações sobre os prédios.....	100
Tabela 13 – Relatório dos nós do cenário 1.....	67
Tabela 14 – Relatório dos trechos do cenário 1.....	71
Tabela 15 – Relatório dos nós do cenário 2.....	75
Tabela 16 – Relatório dos trechos do cenário 2.....	79
Tabela 17 – Relatório dos nós do cenário 3.....	84
Tabela 18 – Relatório dos trechos do cenário 3.....	91

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1. Objetivo geral .....	14
1.2. Objetivos Específicos.....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1. Redes de abastecimento de água .....	15
2.1.2. Classificação das redes quanto ao traçado .....	16
2.1.3. Tubulações e órgãos acessórios da rede de abastecimento de água .....	17
2.2. Critério hidráulicos .....	19
2.2.1. Pressões máximas e mínimas.....	19
2.2.2. Velocidade máximas e mínimas .....	19
2.2.3. Diâmetros.....	20
2.3. Métodos tradicionais de dimensionamento .....	20
2.3.1. Redes ramificadas .....	20
2.3.2. Redes malhadas.....	20
2.3.3. Dimensionamento econômico – método LENHSNET.....	21
2.4. Crescimento urbano.....	22
2.5. Impactos da verticalização na rede de abastecimento .....	23
3. METODOLOGIA.....	25
3.1. Área de estudo .....	25
3.2. Verticalização do Altiplano.....	26
3.3. Descrição do sistema de abastecimento de água do bairro Altiplano.....	29
3.4. EPANET .....	32
3.4.1. Modelagem hidráulica .....	33
3.4.2. Modelagem hidráulica da rede de abastecimento de água.....	34
3.5. Cenários hidráulicos do sistema de distribuição de água .....	34
3.5.1. Consideração hidráulicas .....	35
3.5.1.1. Consumo .....	35
3.5.1.2. Variações diárias .....	35
3.5.1.3. Variações horárias.....	36
3.5.1.4. Coeficientes K1 e K2 .....	36

3.5.1.5. Projeção da população .....	37
3.5.1.6. Vazão .....	38
3.5.1.7. Velocidade mínima.....	39
3.6. Dados de entrada no EPANET .....	39
3.6.1. Consumo – base .....	39
3.6.2. Carga hidráulica do reservatório de nível fixo .....	39
3.6.3. Dados das Tubulações.....	39
3.7. Cenário 1 .....	40
3.8. Cenário 2 .....	42
3.9. Cenário 3 .....	44
4. RESULTADOS .....	46
4.1. Cenário 1 .....	46
4.2. Cenário 2 .....	52
4.2.1. Avaliação dos impactos da verticalização na rede do Altiplano .....	53
4.2.1.1. Demanda de água solicitada pelo bairro .....	53
4.2.1.2. Diâmetro das tubulações .....	54
4.2.1.3. Custo na implantação de novas tubulações para abastecer a nova demanda de água. .	54
4.3. Cenário 3 .....	58
4.3.1. Comparação com o cenário 2.....	58
4.3.2. Comparação com o cenário 1.....	59
5. CONCLUSÕES.....	63
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
7. APÊNDICE .....	67
8. ANEXO .....	98

## 1. INTRODUÇÃO

É notória a expansão das médias e grandes cidades brasileiras. O crescimento dessas cidades, na sua maioria, surgiu sem o planejamento adequado e sem a análise dos impactos causados sobre os serviços de infraestrutura. Nas cidades, essa expansão urbana pode se dar tanto na forma horizontal quanto na forma vertical (verticalização).

O processo de expansão urbana na forma da verticalização pode ser observada em diversas cidades brasileiras. Essa expansão produz um processo com um aspecto diferenciado pela construção de edifícios de vários pavimentos e que cria elementos de modernidade no espaço urbano (LÖWEN, apud ANJOS, 2014, p.18).

Nucci (apud ARAÚJO, 2012, p.7) afirma que a verticalização causa impactos facilmente identificáveis como impermeabilização do solo, aumento da densidade demográfica, entre outros e como consequência uma sobrecarga das redes viárias, de esgoto, de água, de eletricidade e etc.

Esse impacto se dá principalmente porque num espaço, mesmo que restrito, existe um incremento populacional considerável que impacta os serviços públicos, em particular os sistemas de distribuição de água. Isso acontece porque a maioria das redes de abastecimento de água são antigas e, para o seu dimensionamento, não foram consideradas o aumento da demanda referente aos elementos verticais. Desta forma, é importante fazer avaliações dos impactos dos processos de verticalização de forma que a população residente não seja prejudicada. A inclusão de novos elementos na rede, em especial vazões específicas (causadas por grandes consumidores) alteram a vazão e a pressão na rede. Além disso, projeções futuras através de cenários também permitem um planejamento adequado para minimizar impactos futuros.

Essas avaliações desses impactos causados pela verticalização e projeções de cenários futuros, pode ser feita em programas de simulação e dimensionamento hidráulico, que dê um diagnóstico preciso do sistema de distribuição de água. Neste trabalho o programa de simulação e dimensionamento hidráulico utilizado foi o EPANET / LENHSNET.

Neste contexto, o bairro do Altiplano Cabo Branco localizado no Município de João Pessoa – PB, que sempre foi sujeito a estratégias de zoneamento e ocupação do solo, foi marcado pelo Decreto Municipal nº 5844 aprovado em 08 de janeiro de 2007 que alterou as

normatizações que existiam e permitiu o adensamento populacional em uma área do bairro que possuía restrições.

Sendo assim, vem sendo observado, nesses últimos anos, um aumento significativo do número de edificações no bairro Altiplano concentrada principalmente na área alterada pela nova legislação. Atraídos por uma privilegiada paisagem litorânea e moradias de luxo divulgadas por um marketing que promete status, segurança, conforto e que nomeia a área onde estão situados esses novos prédios de “Altiplano Nobre”. Isto trouxe uma rápida valorização para essa determinada área.

Portanto, os impactos dessa verticalização no bairro do Altiplano sobre a rede de abastecimento de água é objeto de estudo neste trabalho.

### **1.1. Objetivo geral**

O objetivo geral desse trabalho é analisar os impactos da verticalização no bairro do Altiplano sobre a rede de abastecimento de água.

### **1.2. Objetivos Específicos**

O presente trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar o aumento da demanda de água relacionada ao processo de verticalização;
- Dimensionar a rede de cada cenário utilizando o software EPANET / LENHSNET;
- Avaliar os parâmetros hidráulicos em diferentes cenários em função da verticalização.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Redes de abastecimento de água**

Á água que é transportada pela adutora para as áreas de consumo e entregue para os consumidores através das redes de distribuição de água. Como o consumo é por natureza aleatório e sazonal, como em termos de variações horárias, diárias e estações do ano, a rede de distribuição apresenta maior grau de complexidade (SANTANA, 1999).

Segundo Heller e Pádua (2006, p. 603):

Rede de distribuição é a unidade do sistema de abastecimento de água constituída por tubulações e órgãos acessórios instalados em logradouros públicos, e que tem por finalidade fornecer, em regime contínuo (24 horas por dia), água potável em quantidade, qualidade e pressão adequadas a múltiplos consumidores (residenciais, comerciais, industriais e de serviços) localizados em uma cidade, vila ou outro tipo de aglomeração urbana.

A rede de distribuição é, em geral, o componente de maior custo do sistema de abastecimento de água, compreendendo, cerca de 50 a 75% do custo total de todas as obras do abastecimento (TSUTIYA, 2006).

#### **2.1.1. Tipos de redes**

Geralmente a rede de distribuição de água é constituída por tubulações principais e secundárias, onde:

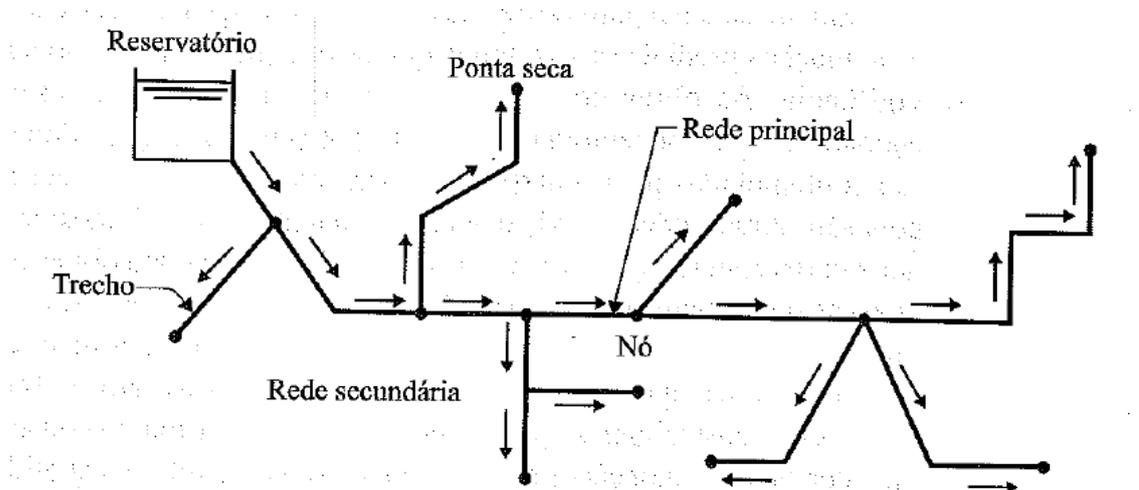
- Tubulações principais: São tubulações de maior diâmetro que por hipóteses de cálculos permite a água alcançar toda a rede de distribuição. Também chamada de conduto tronco, tubulação mestra ou primária.
- Tubulações secundárias: São tubulações de menor diâmetro ligadas aos condutos principais que tem por função abastecer os pontos de consumo do sistema de abastecimento.

### 2.1.2. Classificação das redes quanto ao traçado

Em função do arranjo das tubulações principais e o sentido do escoamento das tubulações secundárias, as redes de distribuição de água são classificadas basicamente em dois tipos: malhada e ramificada. A rede mista consiste na combinação dos dois tipos e geralmente localizam-se nas periferias e em áreas de expansão dos setores do sistema de abastecimento.

Redes ramificadas: são aquelas em que o abastecimento da água se faz a partir da tubulação tronco para as tubulações secundárias onde é feita sua distribuição. Caracterizam por apresentarem um único e conhecido sentido de escoamento. São recomendadas a locais onde a topografia e os pontos a serem abastecidos não permitam rede de distribuição malhada, visto que para se executar um reparo ou manutenção em um trecho compromete o abastecimento dos trechos a jusante do mesmo.

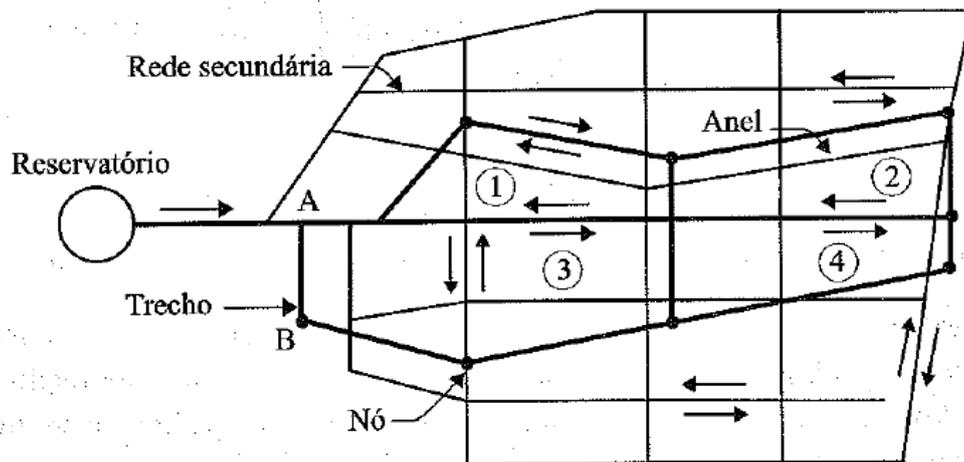
Figura 1 – Esquema de rede de distribuição ramificada.



Fonte: TSUTIYA (2006)

Rede malhada: são aquelas em que seus trechos estão dispostos em forma de anéis ou malhas. Não tem sentido de escoamento certo, o escoamento é variável, podendo abastecer qualquer ponto por mais de um caminho. Estas redes permitem uma maior flexibilidade em satisfazer a demanda e manutenção da rede, com o mínimo de interrupções no abastecimento dos trechos.

Figura 2 – Esquema de rede de distribuição malhada.



Fonte: TSUTIYA (2006)

Conforme a NBR 12.218 da ABNT (1994), em seu item 5.6, as orientações para o traçado dos condutos principais e secundários são:

- Os condutos principais devem ser localizados em vias públicas, formando, preferencialmente, circuitos fechados.
- Os condutos secundários devem formar rede malhada, podendo ou não ser interligados nos pontos de cruzamento.
- Ao longo de condutos principais, com diâmetro superior a 300 mm, devem ser previstos condutos secundários de distribuição.
- A rede deve ser dupla nos seguintes casos: a) em ruas principais de tráfego intenso; b) quando estudo demonstrar que a rede dupla seja mais econômica.

### 2.1.3. Tubulações e órgãos acessórios da rede de abastecimento de água

As tubulações e órgãos acessórios são componentes fundamentais das redes de abastecimento de água, pois suas características refletem diretamente na qualidade da água, no atendimento aos consumidores, dimensionamento e custo da rede de abastecimento.

Todos esses componentes devem resistir a:

- Pressão internas estáticas e dinâmicas; onde de acordo com a NBR 12.218 da ABNT (1994), em seu item 3.11 e 3.12, respectivamente:
  - ✓ Pressão estática disponível ou simplesmente pressão estática: Pressão, referida ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede, sob condição de consumo nulo.
  - ✓ Pressão dinâmica disponível ou simplesmente pressão dinâmica: Pressão, referida ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede, sob condição de consumo não nulo.
- Esforços externos atuantes como peso da terra sobre a tubulação e carregamento devido ao trânsito de veículos na superfície; e
- Variações de pressão e transientes hidráulicos causados pelo fechamento e aberturas de válvulas, além de partidas e paradas de bombas.

As tubulações da rede de distribuição são condutos forçados, ou seja, a água escoa dentro delas em seção plena com pressão diferente da atmosfera. As tubulações são enterradas e seguem o sentido da via pública, tornando difícil o acesso, a inspeção e a manutenção.

Os principais materiais de tubos e peças utilizados ou em utilização em redes de distribuição de água são: ferro fundido cinzento, ferro fundido dúctil, policloreto de vinila (PVC), polietileno (PE) e fibrocimento. Os materiais que mais se destacam em termos de extensão de aplicação em redes de distribuição de água, atualmente, são o ferro fundido dúctil e o PVC. Quanto aos tubos de fibrocimento e ferro fundido cinzento, existem grandes extensões de redes aplicadas no passado, mas não são mais utilizados (CHAMA NETO, 2004).

Os órgãos acessórios são utilizados na rede para:

- Melhorar o desempenho da mesma (válvulas redutoras de pressão, sustentadoras de pressão, etc.);
- Conectar e redirecionar as tubulações (cotovelos, tês, cruzetas, etc.);
- Combate a incêndios (hidrantes); e
- Isolar a rede no caso de falha ou manutenção (válvulas de parada).

## **2.2. Critério hidráulicos**

### **2.2.1. Pressões máximas e mínimas**

O controle da pressão é fundamental para o projeto da rede de abastecimento de água. Visa, dentre outros aspectos, coibir vazamentos, garantir água para o consumidor nos horários de maior consumo, principalmente aqueles que estão situados em cotas elevadas.

A NBR 12.218 da ABNT (1994), estabelece os seguintes valores para pressão: pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras de 500 kPa (50 m.c.a.) e pressão mínima de 100 kPa (10 m.c.a.). Valores fora dos limites podem ser aceitos, desde que justificados técnica e economicamente. E trechos de conduto principal que não abastecem os consumidores ou tubulações secundárias não precisam ser verificados quanto a esses limites de pressões já citados mas devem ser verificados quanto a estabilidade estrutural e a segurança sanitária.

Para atender aos limites de pressão, a rede deve ser dividida em zonas de pressão. Geralmente é utilizado um reservatório elevado ou um booster para atender a zona alta, um reservatório apoiado, semi-enterrado, enterrado e/ou válvula redutora de pressão para atender as zonas médias e baixas (TSUTIYA, 2006).

### **2.2.2. Velocidade máximas e mínimas**

A NBR 12.218 da ABNT (1994), estabelece que a velocidade máxima nas tubulações deve ser de 3,5 m/s e a mínima de 0,6 m/s; estes limites referem-se às demandas máximas diárias no início e no final da etapa de execução da rede.

O limite da velocidade mínima é recomendado para que haja uma permanente circulação de água na rede de forma a não prejudicar a qualidade da água fornecida ao consumidor. E o limite de velocidade máxima para que haja uma menor perda de carga no transporte, um menor risco de danos às tubulações, diminuição dos problemas com: transientes hidráulicos, desgaste dos tubos, vibrações na rede, apoios dos tubos, entre outros (GOMES, 2009).

### **2.2.3. Diâmetros**

Recomenda usar um diâmetro mínimo para as tubulações a fim de evitar perdas de cargas e vazões disponíveis aos usuários (GOMES, 2009).

A NBR 12.218 da ABNT (1994), recomenda um diâmetro mínimo de 50 mm para as tubulações secundárias. E para tubulações principais com diâmetro maior que 300 mm, devem ser previstos condutos secundários de distribuição.

## **2.3. Métodos tradicionais de dimensionamento**

Os métodos de dimensionamento tradicionais levam em consideração o balanço hídrico da rede, cumprindo as condições exigidas pelas equações da conservação de massa nos nós e conservação de energia nos anéis. Seus critérios não visam a minimização de custos globais, contudo, são fundamentais para o desenvolvimento de melhores métodos de dimensionamento dos sistemas de distribuição de água (FURUSAWA, 2011).

### **2.3.1. Redes ramificadas**

Como na rede ramificada são conhecidos o sentido do escoamento e as vazões em cada trecho, encontra-se então o diâmetro a partir das velocidades e vazões máximas permitidas para cada diâmetro. Com o diâmetro, comprimentos dos trechos, coeficientes de rugosidade em função do tipo de material da tubulação, são calculadas as perdas de carga nos trechos e pressões nos nós a partir de um ponto conhecido que normalmente é um N.A. (nível de água) do reservatório que alimenta a rede ou uma adutora com pressão estática e dinâmica conhecida (TSUTIYA, 2006).

Se as pressões estão conforme a NBR 12218 da ABNT (1994) o dimensionamento está completo, senão, os diâmetros são alterados e/ou a cota do N.A. do reservatório e então os valores de pressão são recalculados até que satisfaçam os valores permitidos segundo a norma.

### **2.3.2. Redes malhadas**

O dimensionamento de redes malhadas é um problema complexo, pois a princípio não se conhece o sentido do escoamento da água na rede de distribuição.

Sobre problema de dimensionamento de redes malhadas Tsutiya (2006, p. 405) afirma que:

É possível resolvê-lo analiticamente, desde que se torne determinado o problema, introduzindo-se, por exemplo, a condição de custo mínimo da rede. Tal solução é trabalhosa, pois requer uma série de dados que necessitam serem levantados, e também pelo fato dos cálculos serem realizados por computadores, esse método foi pouco utilizado. Entretanto, a tendência atual é a utilização cada vez maior dos métodos de otimização econômica de dimensionamento de redes de distribuição de água. Por esse método, o dimensionamento ótimo das redes de distribuição será aquele cujo custo de implantação e operação da rede de tubulações e da estação elevatória, seja mínimo.

Os métodos mais conhecidos que usam soluções aproximadas, chegando-se por tentativas à precisão desejada são: Método do seccionamento fictício e Método de cálculos interativos (TSUTIYA, 2006).

### **2.3.3. Dimensionamento econômico – método LENHSNET**

Segundo Gomes (2009, p. 241):

O método LENHSNET é um algoritmo iterativo de dimensionamento otimizado de um sistema pressurizado de distribuição de água, composto pela rede de abastecimento com seu dispositivo de impulsão (equipamento capaz de pressurizar uma rede – bombeamento, reservatório, etc.). O método proporciona como resposta ao dimensionamento, os diâmetros de todos os trechos da rede e a cota piezométrica da impulsão, de forma a alcançar o custo mínimo total do sistema, composto pela rede de tubulações e a energia de bombeamento.

O processo iterativo origina-se de uma solução inicial onde a rede de distribuição é formada pelos diâmetros mínimos admitidos para o projeto. Geralmente essa solução inicial não é viável para o projeto pois resulta em perdas de cargas excessivas nos trechos, ocasionando pressões insuficientes nos nós da rede. Posteriormente o processo iterativo se desenvolve, resultando em soluções subsequentes dependentes da anterior. Essas soluções subsequentes serão determinadas aumentando os diâmetros dos trechos da rede, de forma que esse acréscimo de custo da rede seja o mínimo possível. O processo iterativo chega ao fim quando os diâmetros da rede satisfazem as condições hidráulicas no projeto (GOMES, 2009).

Essa metodologia de dimensionamento utilizada pelo LENHSNET precisa de um simulador hidráulico que forneça para cada iteração o equilíbrio hidráulico do sistema e os valores das variáveis de estado do escoamento d'água na rede (vazão, velocidade, perda de carga e pressão disponível nos nós). O simulador hidráulico escolhido para trabalhar com o método foi o EPANET. O programa LENHSNET foi desenvolvido na mesma interface do programa EPANET 2.0, versão 2.00.12, traduzida para o português, pelo Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da Universidade Federal da Paraíba – LENHS UFPB.

#### **2.4. Crescimento urbano**

O processo de crescimento urbano das cidades brasileiras está relacionado ao processo de urbanização que tem ocorrido durante a sua história. A urbanização foi responsável pela transformação da economia rural para a urbana, ocorrendo diversas modificações no âmbito social e econômico no século XX (TUCCI, 2010).

A expansão urbana no Brasil começou a partir da década de 1950 com a chegada da industrialização e mais tarde na segunda metade do século XX ocorreu o chamado êxodo rural, que é a saída do homem do campo para fixar moradia nas cidades. Em razão da concentração fundiária que limitou os espaços para o cultivo da terra, chegada da mecanização do campo, com a substituição dos trabalhadores rurais por maquinários e os fatores atrativos oferecidos pelas cidades como mais empregos; o camponês se viu obrigado a procurar novos horizontes (GOMES, 2012).

A análise da urbanização é algo muito importante na atualidade, principalmente das modificações que ocorrem no espaço urbano. Para Correa (1989, p.8) “o espaço urbano é um reflexo tanto de ações que se realizam no presente com também daquelas que se realizaram no passado e que deixaram suas marcas impressas nas formas espaciais do presente”.

O crescimento urbano é caracterizado pela expansão territorial de áreas urbanas e o aumento demográfico, isso tem ampliado a necessidade de consumo de espaços urbanizados e de infraestruturas físicas. Logo, com esse aumento da população urbana demandam-se novas moradias, que ampliam a necessidade de novas vias de acesso, de aumento da oferta de água e energia, da intensificação da coleta de resíduos sólidos, ampliação dos transportes coletivos, entre outros. Em decorrência do crescimento urbano ocorrem alguns processos espaciais como a centralização que está relacionada ao adensamento, a verticalização e ocupação de

vazios urbanos; e a descentralização associada ao espraiamento e ocupação de áreas periféricas da cidade (BARROS, 2013).

Araújo (2012), afirma que:

“Em geral, o crescimento demográfico e a expansão urbana ocorrem de forma simultânea e na maioria das vezes ocasionam mudanças no espaço urbano que, geralmente, ocorrem de forma não planejada acarretando diversos impactos ao meio urbano.” O poder público não atua como um gestor para fornecer o mínimo de infraestrutura básica, além de outros serviços que caracterizam padrões mínimos de urbanização.

Os riscos ambientais de um crescimento urbano descontrolado são consideráveis. O desaparecimento da biodiversidade animal e vegetal, em decorrência do desmatamento, poluição do solo, ar e água, pela disposição de resíduos sólidos em locais inadequados, problemas de escoamento superficial e drenagem das águas causadas pela impermeabilização do solo, entre outros.

Essa perspectiva observada na migração de populações para centros urbanos, que ainda se ver atualmente, é uma realidade e continuará no futuro. Cada vez mais a maioria da população viverá em centros urbanos do que nas zonas rurais (MARTINS ET AL, 2010).

## **2.5. Impactos da verticalização na rede de abastecimento**

Segundo Ramirez (1997) verticalizar significa criar novos solos, sobrepostos, lugares de vida dispostos em andares múltiplos, possibilitando pois, o abrigo, em local determinado, de maiores contingentes populacionais do que seria possível admitir em habitações horizontais e por conseguinte valorizar e revalorizar estas áreas urbanas pelo aumento potencial de aproveitamento.

O processo de verticalização no Brasil surgiu no começo do século XX fruto da industrialização. O desenvolvimento industrial trouxe mudanças tecnológicas impactantes para o país, exemplo disso foi a evolução nos equipamentos de transporte vertical importantíssimo para o aparecimento dos arranha céus (SOUZA, apud ANJOS, 2014).

De acordo com Sahr (apud RODRIGUES, 2010, p. 9 e 10), pode-se identificar três etapas no processo de verticalização de uma cidade: (1) as edificações verticais concentram-se

nas principais ruas e avenidas da cidade, formando eixos de desenvolvimento, os quais vão aumentando em número à medida que o processo de verticalização se desencadeia; (2) verticalização generalizada, com edificações verticais cobrindo toda a área central; (3) processo de adensamento da verticalização, com a construção de novas edificações verticais em áreas onde outras já se encontram presentes.

O processo de verticalização está associado a valorização da área. Os terrenos valorizados influenciam diretamente no preço da moradia. Com isso a construção e venda de imóveis, nesses terrenos passam a ser viáveis, garantindo o retorno financeiro do empreendimento se a área a ser construída for multiplicada (BONATES, 2010).

O crescimento desordenado e acelerado das cidades brasileiras trazem problemas de ordem social, econômica e de infraestrutura. Os problemas de infraestrutura são mais complexos quando o crescimento está associado a verticalização (FERRARI E LAPOLLI apud ARAÚJO, 2012, p.5). O aumento de moradias em determinadas áreas causam aumento da densidade populacional e com isso aumentam a demanda por água na área em questão, pois uma ligação de água que abastecia uma família, agora irá abastecer várias e impacta diretamente a demanda de água do sistema. Para Vicente (apud ARAÚJO, 2012, p.9), a demanda de água tratada pode ser entendida pela soma do volume de água consumido pelos clientes abastecidos, o volume de perdas, o volume previsto para apagar incêndios e volumes operacionais (lavagem de reservatórios, drenagem de adutoras, usos públicos).

O conhecimento de dados de demanda de água nos centros urbanos é de fundamental importância para o planejamento, gerenciamento, operações e manutenções dos sistemas de abastecimento de água (TSUTYIA, 2006). Segundo Soler (2008) nas últimas décadas, teve um aumento significativo das obras de saneamento, principalmente as de abastecimento de água devido ao crescimento populacional urbano e da industrialização.

Diante desta perspectiva, percebe-se a necessidade de estudos sobre impactos da verticalização na rede de água. Araújo, Rufino e Lunguinho (2011, p. 789) afirmam que, em virtude do contínuo crescimento da cidade, pesquisas com simulação de cenários de expansão e análises de comportamento da rede de distribuição atual nas novas condições de demanda seria um importante instrumento na avaliação dos impactos da expansão urbana nos serviços de infraestrutura da cidade.

### 3. METODOLOGIA

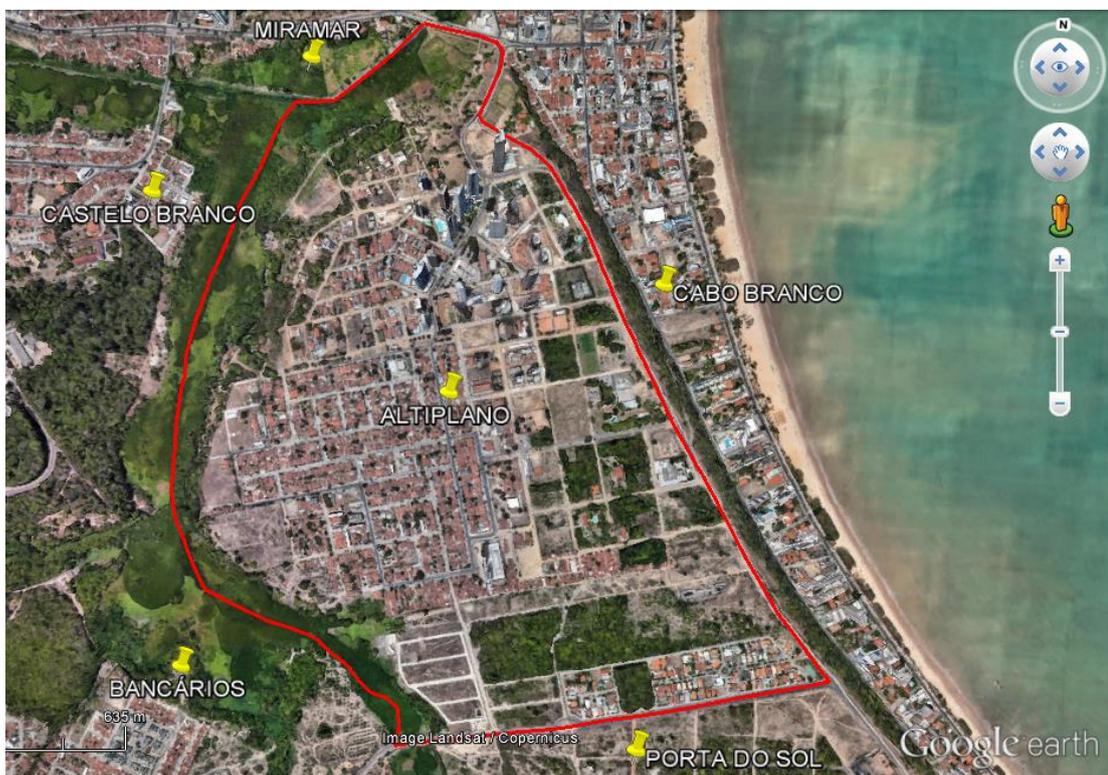
#### 3.1. Área de estudo

A área de estudo é o bairro Altiplano Cabo Branco, conhecido apenas como Altiplano, localizado no município de João Pessoa capital da Paraíba. O bairro está localizado na zona Leste da cidade e faz divisa com outros cinco bairros: a Leste e ao Norte com o Cabo Branco, ao Norte com o Miramar, ao Oeste com o Castelo Branco e ao Sul com o Bancários e o Porta do Sol.

O Altiplano tem uma área de 225,60 hectares dos quais 60,00 hectares são destinados a preservação ambiental. De acordo com o IBGE no censo de 2010, o Altiplano possui uma população de aproximadamente 5233 habitantes com 1448 domicílios ocupados.

O bairro fica inserido numa região turística da cidade, no Pólo Turístico do Cabo Branco próximo à Ponta do Seixas (ponto mais oriental das Américas), a falésia do Cabo Branco e a Estação Cabo Branco – Ciência, Cultura e Artes, obra localizada no Altiplano, arquitetada por Oscar Niemeyer.

Figura 3 – Mapa do Altiplano e bairros de divisa.



**Fonte:** Google Earth, acessado em 21/03/2017 e editado pelo autor.

### 3.2. Verticalização do Altiplano

A ocupação urbana do bairro sempre foi marcada por intervenções estatais, como estratégia de zoneamentos que regulamentam o uso e ocupação do solo, Código de Urbanismo, Constituição Paraibana e Código Ambiental. Esses mecanismos determinam limites às construções das iniciativas privadas ou públicas, gerenciam o planejamento e gestão da cidade, e estabelecem e protegem as zonas de proteção ambiental.

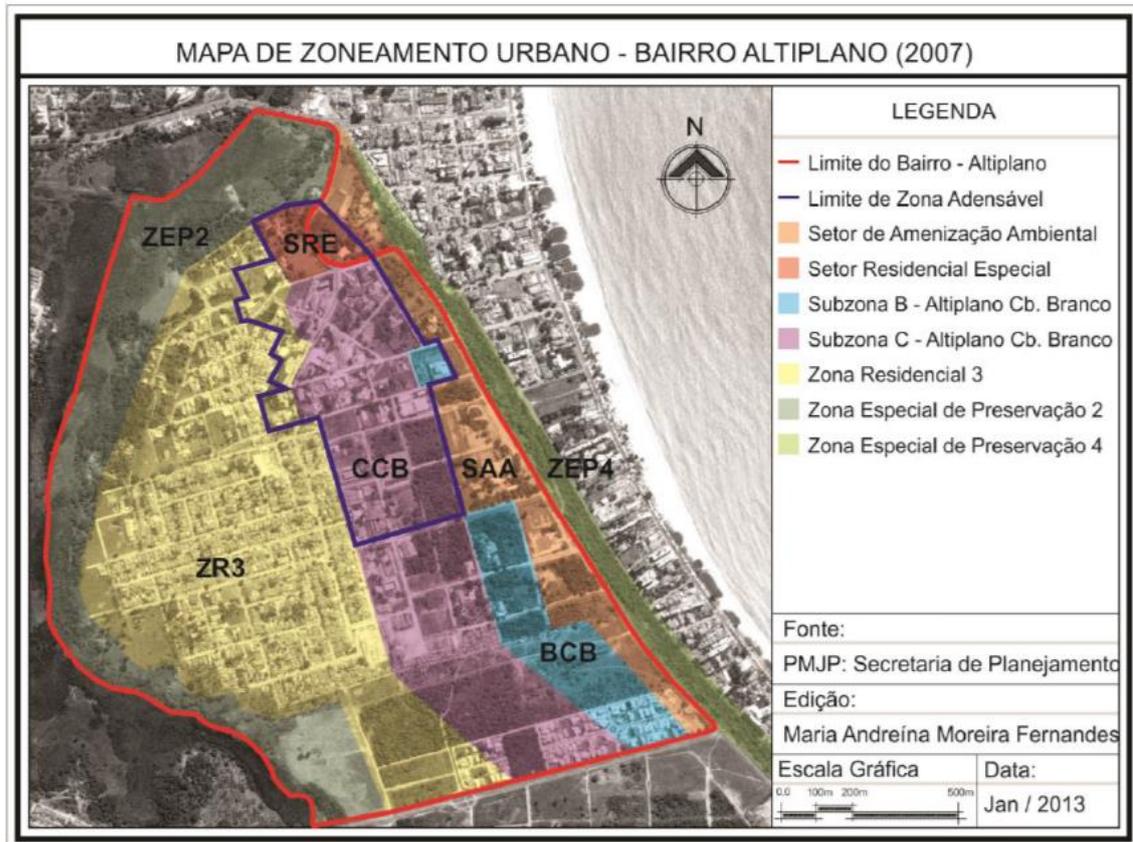
Entretanto com a publicação do Decreto Municipal nº 5844 aprovado em 08 de janeiro de 2007, alterou completamente todas as normatizações citadas anteriormente. As principais mudanças que esse Decreto trouxe foram:

- Delimitação de uma Zona de Adensamento Prioritário, alterando as restrições de uso e ocupação do solo que estava submetida esta área.
- Alterações dos indicadores urbanísticos para novos usos permitidos. Como área mínima para lote edificável, taxa de ocupação máxima, aumento do índice de aproveitamento máximo para edificações residenciais multifamiliares, chegando a 4 nas áreas de ZR3 (FIGURA 4), ressaltando-se que a aprovação desses empreendimentos fica condicionada a realização de obras de drenagem, pavimentação das ruas de acesso ao empreendimento e outras obras de apoio necessária que a Prefeitura Municipal de João Pessoa considere relevante.

Destaca-se ainda o Decreto Municipal nº 7073, aprovado em 29 de novembro de 2010, que também traz mudanças no plano de zoneamento e, no uso e ocupação do solo, para uma área específica do bairro (Quadra 01, próximo à avenida Beira Rio).

A área que antes era classificada como uma Zona Especial de Preservação, tem uma parte classificada agora como Zona Axial 3 e uma outra parte como Setor Residencial Especial, que seguirá as mesmas normativas propostas pelo Decreto nº 5844/2007. Passam a ser permitida a construção de edificações multifamiliares acima de 5 pavimentos, considerando um índice de aproveitamento igual a 3, com 30% do lote reservado para área permeável (Figura 5).

Figura 4 – Mapa de zoneamento e uso do solo do Altiplano Cabo Branco, em destaque a macrozona adensável prioritária criada a partir do Decreto 5844/2007.

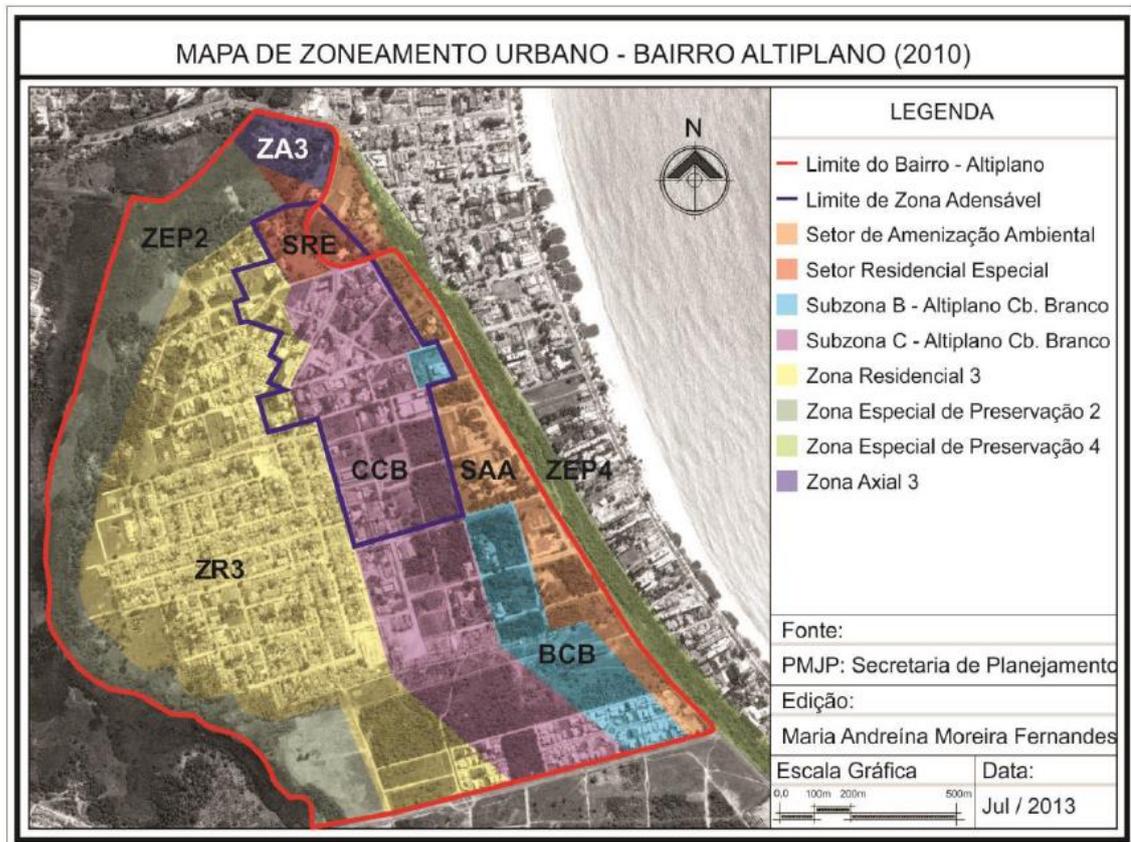


**Fonte:** Fernandes,2013.

Essas constantes alterações normativas demonstram o fato de que as estratégias desenvolvidas pelo poder público caracterizam um planejamento urbano realizado por meio de decretos, ações imediatistas e de certa forma questionáveis, especialmente no que refere à proteção ambiental. Como no Decreto n° 5844/2007 em que Zonas Especiais de Preservação passam a ser de adensamento prioritário e nesse último Decreto n° 7073/2010 cuja uma área preservada, coberta completamente por vegetação é transformada em uma área edificável, inclusive com índice de aproveitamento tão elevado.

Observa-se portanto um processo de produção do espaço urbano que obedece às pressões e estratégias do mercado imobiliário (FERNANDES, 2013). A partir do Decreto Municipal n° 5844, o bairro foi submetido por um processo de intensa transformação urbana. Dentre as alterações constatadas a mais notória é a acelerada verticalização que vem ocorrendo nos últimos anos, mais concentrada numa determinada área do bairro (setor norte) correspondente ao perímetro permitido pela referida legislação.

Figura 5 – Mapa de zoneamento e uso do solo do Altiplano Cabo Branco, com a modificação do zoneamento que implantou os usos ZA3 e SRE na Quadra 1 criada a partir do Decreto 7073/2010.



**Fonte:** Fernandes,2013.

Os prédios construídos são de alto padrão construtivos, de luxo, com tecnologias descritas como as melhores do mercado e são voltados para a população de classe alta, com alto poder aquisitivo, destacando também a influência do marketing que usa como atrativo a presença do “verde”, a bela paisagem litorânea, a nova nomenclatura para a área onde fica localizados a maioria dos prédios chamada de “Altiplano Nobre”, exalta a preservação do meio ambiente (apesar do desmatamento que vem expandindo-se a cada dia) e a qualidade de vida.

Figura 6 – Visão da verticalização do Altiplano.



**Fonte:** Google Earth, acessado em 21/03/2017 e editado pelo autor.

### 3.3. Descrição do sistema de abastecimento de água do bairro Altiplano

As informações descritas neste tópico foram retiradas do Projeto da HidraInfo (2015) e em conversas informais com funcionários da Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba – CAGEPA.

O sistema de abastecimento de água da cidade de João Pessoa é operado pela CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, ligada ao Governo do Estado e está inserida no Sistema Integrado de João Pessoa, Cabedelo, Bayeux e Várzea Nova (município de Santa Rita). Os sistemas adutores de água tratada, que abastecem João Pessoa são os Sistemas de Tratamento, Reservação e Distribuição de Gramame, de Marés e os dos poços, distribuídos ao longo do perímetro urbano das cidades de João Pessoa e Cabedelo.

A água que abastece o Altiplano vem do sistema adutor de água tratada de Gramame que trata a água proveniente dos rios Gramame, Mamuaba (represada na barragem de Gramame), Abiaí e Papocas, através da adutora principal e suas derivações que interligam a estação de tratamento de Gramame ao Subsistema de Reservação e Distribuição que abastece

o bairro. O Sistema de Tratamento, Reservação e Distribuição de Gramame está localizado no município de João Pessoa, Paraíba, próximo a Barragem Gramame, no km 32 da BR 230. Possui uma altitude média de 80 m, tem capacidade para tratar 3834 l/s e é composto por duas estações de tratamento de água e um reservatório apoiado de volume útil de 40.000 m<sup>3</sup>.

Figura 7 – ETA de Gramame.

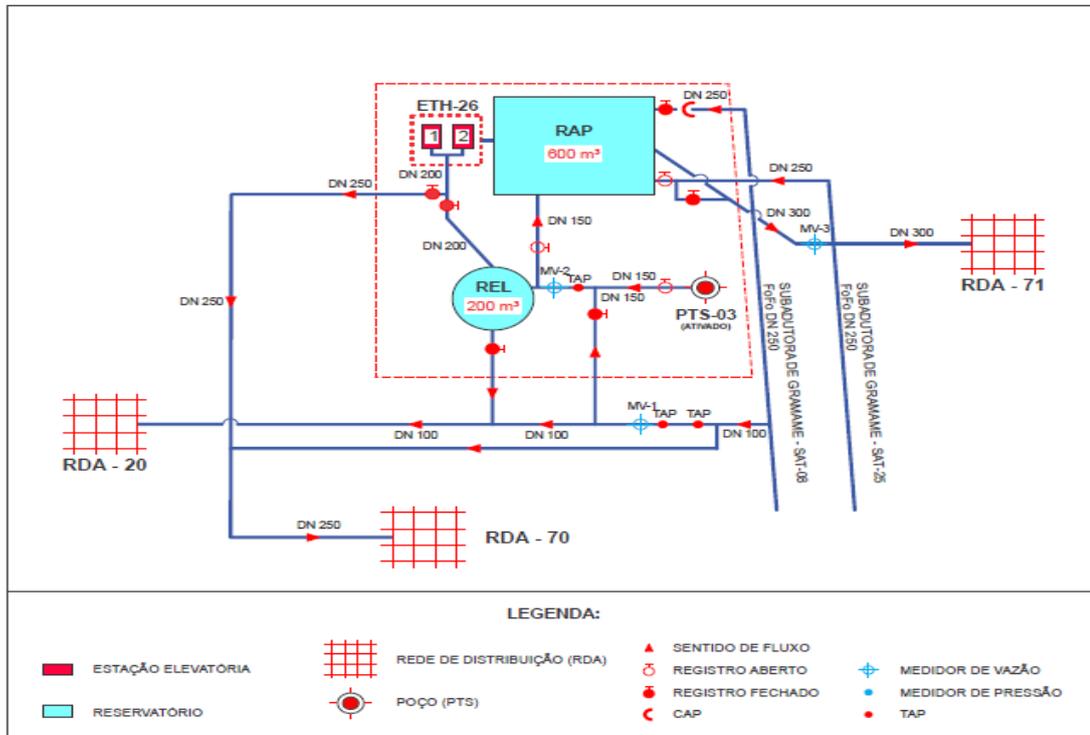


Fonte:<http://fernandocaldeira.com.br/2015/wpcontent/uploads/2015/09/Esta%C3%A7%C3%A3o-Tratamento.jpg>

O bairro Altiplano está inserido na Zona de Pressão do reservatório R-14. A zona de Pressão do R-14 compreende os bairros do Altiplano e do Cabo Branco, abrange uma área de influência de 3,87 km<sup>2</sup> e é abastecida pelo Subsistema de Reservação e Distribuição R-14 e por injeção direta de duas Subadutoras (SAT 08 e SAT 25) advindas da linha principal da adutora de Gramame.

O subsistema R-14 está localizado no Altiplano, no cruzamento das ruas Edgar Lins e Francisco Leite Piancó, numa altitude de 36,4 m sobre o nível do mar, coordenadas latitude 7° 08' 01,67" e longitude 34° 49' 39,25". E é composto por um reservatório elevado, um reservatório apoiado, um poço (PTS-13) e uma estação elevatória.

Figura 8 - Esquema da planta baixa do Subsistema de Reservação e Distribuição



R-14

Fonte: HIDRAINFO, 2015.

Figura 9 - Subsistema de Reservação e Distribuição R-14.



Fonte: Google Earth, acessado em 21/03/2017.

O reservatório elevado do R-14 está desativado desde 2012. Ele foi projetado para abastecer somente o bairro do Altiplano, mas vinha abastecendo também o bairro da Cidade Recreio. Com o crescimento da população atendida constatou que o reservatório não possuía carga hidráulica suficiente, para abastecer, ininterruptamente, toda a região com pressão adequada.

Atualmente o reservatório apoiado abastece o bairro do Cabo Branco e recebe água da subadutora SAT-25 e o Poço PTS-13. Recentemente em agosto de 2016 foi construído um reservatório para atender a Cidade Recreio.

Para suprir a deficiência de pressão no bairro do Altiplano consequência do aumento da demanda de água em decorrência do crescimento urbano, a solução adotada pela CAGEPA foi o aproveitamento das pressões disponíveis nas linhas adutoras. O Altiplano é abastecido pela subadutora SAT-08 por injeção direta na sua rede de distribuição de água. Segundo informações da própria CAGEPA a pressão da adutora varia de 22 a 45 mca, a equipe da HidraInfo fez uma medição no dia 10/12/2014 (quarta-feira), às 14:00, cujo valor da pressão foi de 22 mca (HidraInfo, 2015).

Também em consequência do aumento da demanda de água pelos novos edifícios e a rede do Altiplano não abranger as áreas desses novos empreendimentos, em 2015 a CAGEPA concluiu a obra de ampliação da rede do Altiplano, onde foram incorporados novos anéis de tubulações.

### **3.4. EPANET**

O EPANET é um programa computacional desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) em 1993, sua distribuição é gratuita e ele é um software livre, ou seja, seu código fonte é aberto, o que possibilita a qualquer usuário a modificá-lo, fazer melhorias e adicionar novas funções, de acordo com sua necessidade e conhecimento.

O programa permite executar simulações do comportamento hidráulico e dos parâmetros da qualidade da água, de uma rede pressurizada de distribuição de água. As simulações podem ser estáticas (determinação das grandezas hidráulicas do sistema como: vazões nos trechos, pressões nos nós, níveis de água nos reservatórios e energia requerida do bombeamento, através de uma determinada condição de operação) ou dinâmicas (as

grandezas hidráulicas variam ao longo do tempo, em função de variações temporais dos consumos de água nos nós da rede).

O EPANET permite obter os valores da vazão em cada tubulação, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas através da rede durante o período de simulação. Os resultados são exibidos numa variedade de formatos, esses incluindo mapas do sistema codificados a cores, tabelas de dados, gráfico de séries de tempo e gráficos de isolinhas.

Algumas aplicações e utilizações do programas são: ser uma ferramenta de apoio à análise de sistemas de distribuição de água para abastecimento urbano, sistemas de irrigação, de combate a incêndios; para conhecer melhor o sistema de abastecimento com relação as variáveis hidráulicas (vazão e pressão); diagnosticar o transporte e o destino dos elementos constituintes da água destinada ao consumo humano; estabelecer cenários de projeto (como exemplo a expansão de uma rede existente); calibrar modelos hidráulicos; analisar o decaimento do cloro residual; avaliar os consumos; ajudar a analisar alternativas de gestão; para melhorar a qualidade do sistema de abastecimento, em termos de quantidade e qualidade da água fornecida; e avaliar possíveis ações que possam diminuir o consumo de energia das estações de bombeamento (GOMES, 2009).

A versão nacional do programa foi traduzida e adaptada pelo Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – LENHS, da Universidade Federal da Paraíba – UFPB e funciona nos sistemas operacionais Microsoft® Windows 98 e em suas versões mais recentes.

#### **3.4.1. Modelagem hidráulica**

O segundo Rossman (2000) o programa contém um conjunto de ferramentas de cálculo para apoio à simulação hidráulica, onde se destacam como principais características:

- Dimensão ilimitada do número de componentes da rede analisada;
- Cálculo da perda de carga utilizando as fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning;
- Consideração das perdas de carga singulares em curvas, alargamentos, estreitamentos, etc;
- Modelagem de bombas de velocidade constante ou variável;

- Cálculo da energia de bombeamento e do respectivo custo;
- Modelagem dos principais tipos de válvulas, incluindo válvulas de seccionamento, de retenção, reguladoras de pressão e de vazão;
- Modelagem de reservatórios de armazenamento de nível variável de formas diversas, através de curvas de volume em função da altura de água;
- Múltiplas categorias de consumo nos nós, cada uma com um padrão próprio de variação no tempo;
- Modelagem da relação entre pressão e vazão efluente de dispositivos emissores (p.ex. aspersores de irrigação, ou consumos dependentes da pressão);
- Possibilidade de basear as condições de operação do sistema em controles simples, dependentes de uma só condição (p.ex., altura de água num reservatório de nível variável, tempo), ou em controles com condições múltiplas.

### **3.4.2. Modelagem hidráulica da rede de abastecimento de água**

O traçado da rede e os dados necessários (comprimento do trecho e cota dos nós) para o dimensionamento no EPANET / LENHSNET foram retirados do cadastro técnico da CAGEPA da rede de distribuição de água em formado CAD. Esse arquivo digital é georeferenciado, mostrando as coordenadas geográficas, altitude dos pontos da rede, além das curvas de níveis, diâmetros, material e extensão das tubulações que compõem a rede, localização e área de influência dos reservatórios.

O traçado da rede no EPANET foi feito através da importação do arquivo da rede no CAD. O arquivo do CAD no formato DWG foi salvo em DXF no próprio AutoCAD e depois convertido para o formato NET (extensão do arquivo no EPANET) pelo programa DXF2EPA. O arquivo do programa DXF2EPA (Dxf2epa.exe) está disponibilizado para download no endereço [www.lenhs.ct.ufpb.br](http://www.lenhs.ct.ufpb.br).

### **3.5. Cenários hidráulicos do sistema de distribuição de água**

Neste trabalho foi considerado três cenários hidráulicos, cada um com suas características específicas que serão mostrada mais à frente.

### 3.5.1. Consideração hidráulicas

Existem características hidráulicas que são comuns aos cenários simulados. São eles: cálculo da vazão e do consumo, coeficiente do dia de maior consumo, coeficiente da hora de maior consumo, projeção populacional e velocidade mínima.

#### 3.5.1.1. Consumo

Em um sistema de abastecimento de água o consumo de água varia em função do tempo, clima, hábitos e nível de vida da população, natureza da cidade e características do abastecimento de água. De um modo geral ocorrem variações anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas do consumo de água. Entre essas variações de consumo, as mais importantes para o dimensionamento e operação dos sistemas de abastecimento de água são as variações diárias e horárias (TSUTIYA, 2006).

O consumo per capita efetivo de água foi obtido a partir da equação 1, igual a média dos consumos per capita efetivos de água dos anos de 2001 a 2015, extraídos a partir da série histórica do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (SNIS, 2017). O consumo per capita efetivo deu igual a 243 l/hab.dia.

$$qe = \frac{q}{1-I} \quad Eq (1)$$

qe – consumo per capita efetivo de água.

q – consumo per capita de água.

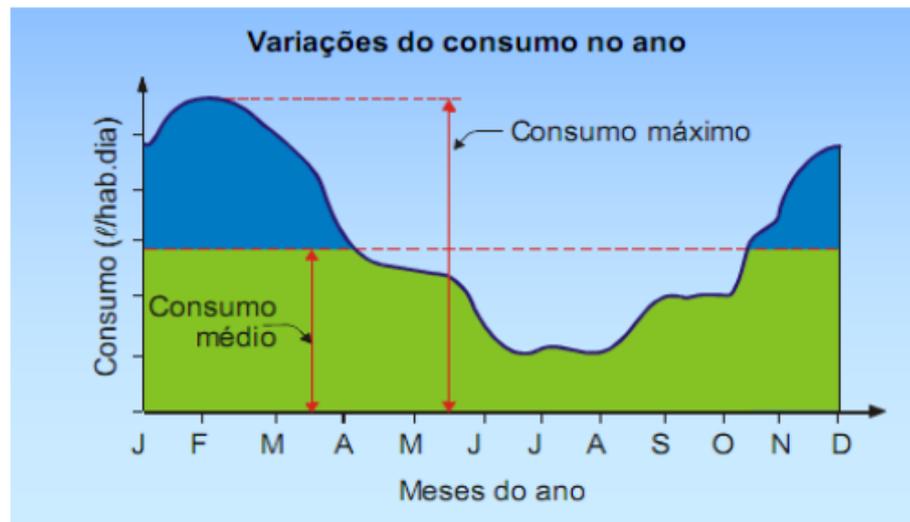
I – índice de perdas.

#### 3.5.1.2. Variações diárias

É a relação do dia de maior consumo em um ano e o consumo médio diário neste mesmo período. O coeficiente K1 do dia de maior consumo é representado pela equação 2 e também pela figura 10, dividindo o valor máximo do consumo pelo consumo médio anual.

$$K1 = \frac{\text{MAIOR CONSUMO DIÁRIO NO ANO}}{\text{CONSUMO MÉDIO DIÁRIO NO ANO}} \quad \text{Eq (2)}$$

Figura 10 – Variações do consumo num período de um ano.



Fonte: TSUTIYA (2006)

### 3.5.1.3. Variações horárias

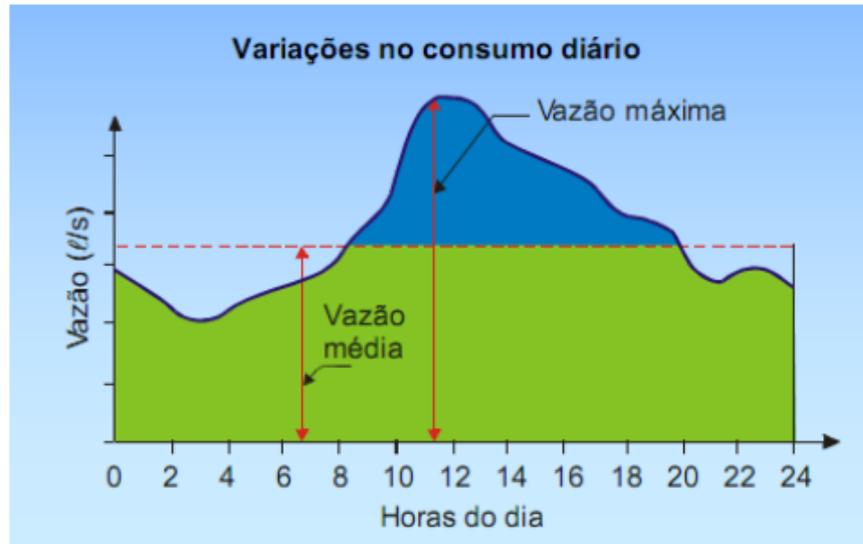
É a relação da hora de maior consumo em um dia e o consumo médio horário neste mesmo período. O coeficiente K2 da hora de maior consumo é representado pela equação 3 e também pela figura 11, dividindo o valor máximo da vazão horária pela vazão média diária.

$$K2 = \frac{\text{MAIOR VAZÃO HORÁRIA NO DIA}}{\text{VAZÃO MÉDIA DO DIA}} \quad \text{Eq (3)}$$

### 3.5.1.4. Coeficientes K1 e K2

Os coeficientes da hora e do dia de maior consumo, K1 e K2 respectivamente, foram adotados de acordo com o projeto da HidraInfo (2015). Onde K1 = 1,35 e K2 = 1,4.

Figura 11 – Variações do consumo em um dia.



Fonte: TSUTIYA (2006)

### 3.5.1.5. Projeção da população

Para a estimativa da população foi usado o Método Aritmético (equação 5) e a taxa de crescimento constante ( $ka$ ) = 108,2 obtida com os dados dos dois últimos censos: população do ano 2000 = 4151 habitantes e população do ano 2010 = 5885 habitantes, equação 4:

$$ka = \frac{P2 - P1}{t2 - t1} \quad Eq (4)$$

P1 - população do penúltimo censo (ano t1).

P2 - população do último censo (ano t2).

t - ano da projeção.

$$P = P0 + ka(t - t0) \quad Eq (5)$$

P0 – população para o ano inicial de referência t0.

P – população futura pra o ano t.

### 3.5.1.6. Vazão

A NBR 12.218 da ABNT (1994), afirma que para o estabelecimento das vazões de distribuição devem ser consideradas:

- Vazões para atender a áreas específicas;
- Vazões para áreas de expansão; e
- Vazões para os consumidores singulares (grandes consumidores). Essas vazões são acrescidas individualmente na vazão de distribuição da rede.

As redes de distribuição de água dos cenários foram dimensionadas para uma vazão de distribuição, equação 6:

$$Q = \frac{K1.K2.P.q}{86400} \quad Eq (6)$$

Onde:

Q: vazão (l/s);

K1: coeficiente do dia de maior consumo;

K2: coeficiente da hora de maior consumo;

P: população final para área a ser abastecida (hab);

q: consumo per capita final de água (l/hab.dia).

A NBR 12.218 da ABNT (1994) dispensa, as demandas especiais para combate a incêndios para o dimensionamento básico da rede mas prevê condições para a instalação e funcionamento de hidrantes, estabelecendo que a rede seja verificada hidraulicamente com o funcionamento de um hidrante por vez. (HELLER e PÁDUA, 2006).

### **3.5.1.7. Velocidade mínima**

A simulação hidráulica dos cenários no EPANET, não se restringiu ao critério de velocidade mínima igual a 0,6 m/s estabelecido pela norma, tendo em vista que os diâmetros mínimos das tubulações foram de 50 mm e que o critério da velocidade mínima não influi para a avaliação dos impactos causados pela verticalização.

## **3.6. Dados de entrada no EPANET**

Além dos comprimentos das tubulações e cotas dos nós, obtidos da rede do cadastro técnico da CAGEPA em formato CAD como dito anteriormente, são necessários outros dados para o dimensionamento e simulação do sistema de distribuição de água de cada cenários no programa. Esses dados foram comuns as redes dos 3 cenários e são: consumo – base, carga hidráulica no reservatório de nível fixo e dados das tubulações.

### **3.6.1. Consumo – base**

Quanto à determinação do consumo base em cada nó, a vazão de consumo da rede foi dividida igualmente entre o número de nós e as vazões específicas relativas aos prédios foram somadas ao consumo base.

### **3.6.2. Carga hidráulica do reservatório de nível fixo**

A carga hidráulica no reservatório de nível fixo (origem da rede) foi de 58,40 metros: referente a soma da cota do terreno = 36,80 metros com a pressão dinâmica mais desfavorável da subadutora (SAT-08) de 22 mca.

### **3.6.3. Dados das Tubulações**

Os dados das tubulações inseridas no EPANET (Tabela 2) (Diâmetro Interno, Rugosidade “C”, Tipo e Custo) estão de acordo com:

- (Diâmetro, Tipo): correspondentes as tubulações do cadastro técnico da CAGEPA da rede de distribuição. A rede de distribuição no cadastro da CAGEPA que abrange a área do Altiplano é formada por tubos de PVC/PBA Classe 20 - 10 Kgf/cm<sup>2</sup> (1MPa), para diâmetros nominais de 50 a 100 milímetros e para os tubos com diâmetros nominais maiores que 150 mm PVC/DEFoFo.

- (Custo): Retirados da Planilha de Preços de Insumos da Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará.
- (Rugosidade “C”): O coeficiente característico dos condutos (C), da fórmula de *Hazen-Williams* está de acordo com a Tabela 1, como a grande parte da rede do Altiplano é muito antiga, foi usado  $C = 130$ :

Tabela 1 – Rugosidade C, para tubulação.

Material	Novos	Usados +/- 10 anos	Usados +/- 20 anos
PVC	140	135	130

Fonte: adaptada de Azevedo Netto et al, 1998.

Tabela 2 – Dados da tubulação no EPANET.

Diâmetro	Rugosidade	Tipo	Custo (\$/m)
51.4	130	PVC/PBA	13.10
72.8	130	PVC/PBA	25.89
94.4	130	PVC/PBA	42.90
156.4	130	DEFoFo	55.80
204.2	130	DEFoFo	66.32
252	130	DEFoFo	101.22
299.8	130	DEFoFo	142.21

### 3.7. Cenário 1

A rede do cenário 1 (Figura 12) contempla a rede do bairro Altiplano sem a ampliação da rede que foi concluída em 2015 para reforçar o abastecimento do R-14, principalmente, para atender às demandas que estão sendo requisitadas pelos edifícios altos do Altiplano Nobre. Como a maioria desses prédios novos do Altiplano ficaram prontos de 2015 em diante, foi considerado neste trabalho que todos os prédios ficaram prontos pra morar a partir do ano de 2015. As considerações nesta rede foram:

População:

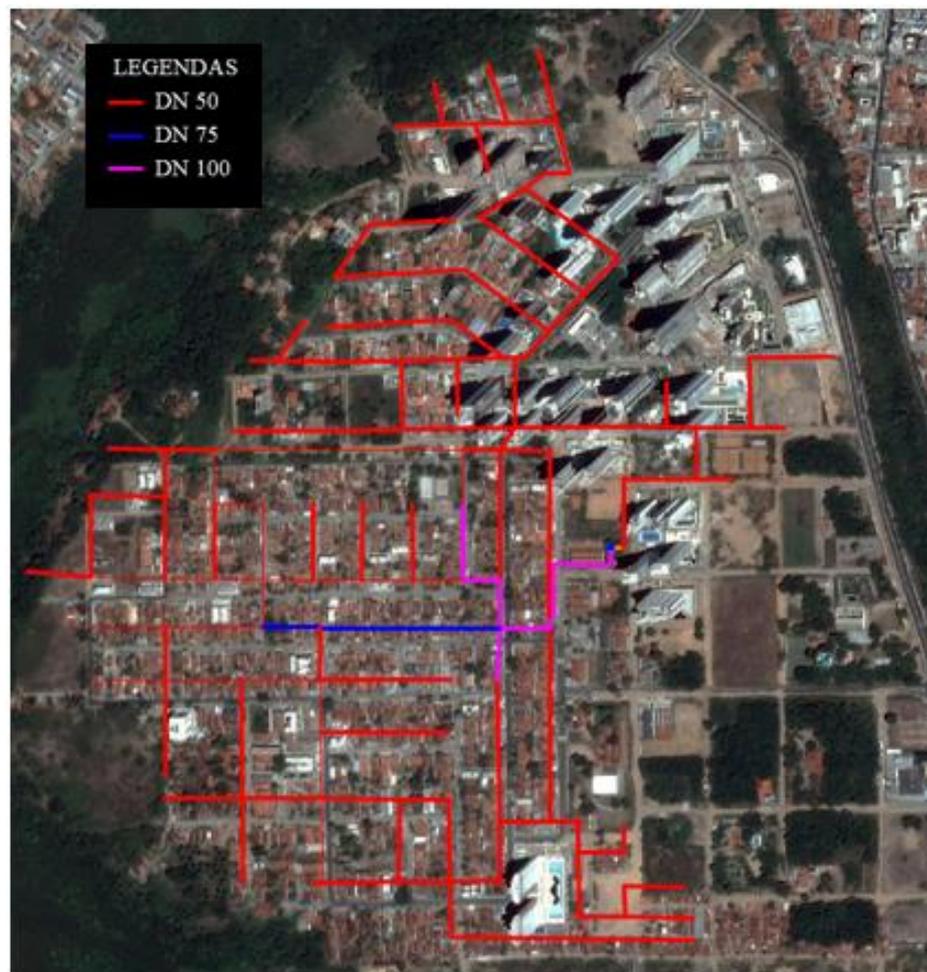
- Rede antiga do Altiplano com a população estimada de 2015 igual a 5885 habitantes, de acordo com o Projeto da HidraInfo (2015).

A Tabela 3 mostra as informações e dados usados na rede do cenário 1:

Tabela 3 – Dados do cenário 1.

População Atendida	5885 habitantes
Vazão (l/s)	31,282
Número de Nós	155
Consumo-Base (l/s)	0,202 por nó

Figura 12 – Traçado da rede do cenário 1.



Fonte: Produzido pelo autor

### 3.8. Cenário 2

O cenário 2 (Figura 13) abrange toda a rede do Altiplano, tanto a rede antiga como a rede nova, concluída pela CAGEPA em 2015 para alimentar a nova demanda dos prédios. Vale ressaltar que a simulação do cenário 2 foi feita para uma rede só, mas foram feitas considerações diferentes para a rede antiga e para a rede nova:

Rede Antiga:

- Considera a população do cenário atual de 2017 estimada a partir do Método Aritmético (Equação 5) usando  $ka = 108,2$  e  $P0 =$  população estimada de 2015 (cenário 1).

$$P = P0 + ka(t - t0) = 5885 + 108,2(2017 - 2015) = 6102 \text{ hab.}$$

A Tabela 4 mostra as informações e dados usados na rede antiga:

Tabela 4 – Dados da rede antiga do cenário 2.

População Atendida	6102
Vazão (l/s)	32,433
Número de Nós	155
Consumo-Base (l/s)	0,209 por nó

Rede Nova:

- A população das casas abastecidas pela rede nova foi estimada a partir da contagem de casas feita no Google Earth e no Cadastro Técnico da CAGEPA no CAD. O número de casas foi igual a 55.
- A densidade demográfica do Censo 2010 foi de 3,6 habitantes por domicílio. Neste trabalho foi considerada uma densidade de 4 habitantes por domicílio.

As demandas dos novos prédios foram acrescentadas como vazões específicas nos respectivos nós que abrangem a sua área. As demandas dos prédios foram calculadas a partir da Vazão Média Diária<sup>1</sup> (Equação 7) de cada edifício. (MACINTYRE apud ATHAYDE JUNIOR, 2015).

$$Q_{md} = \frac{Cd}{86400} \quad Eq (7)$$

$Q_{md}$  – vazão média diária (l/s).

$Cd$  – consumo médio diário (l/d).

Onde:

$$Cd = n * q \quad Eq (8)$$

$n$  – número de habitantes no domicílio.

$q$  – consumo específico em função da natureza do edifício (l/d.hab).

Mancintyre (apud ATHAYDE JUNIOR, 2015) recomenda para apartamentos de luxo,  $q = 300$  a  $400$  l/d.hab. Como a maioria dos prédios do Altiplano são de padrão alto ou de luxo, foi considerado  $q = 300$  l/d.hab.

A literatura recomenda para a estimativa do número de habitantes em edificações residenciais: 2 pessoas por dormitório social (opcionalmente pode-se considerar 1 pessoa por dormitório social se este for menor que  $8 \text{ m}^2$ ) e 1 pessoa por dormitório de serviço. Como os prédios do Altiplano são de alto padrão ou de luxo, foi considerado para apartamentos com 4 ou 3 quartos, 4 pessoas por apartamentos e para apartamentos com 2 ou 1 quarto, 2 pessoas por apartamento.

Para as lojas: foi considerado 1 pessoa por  $5 \text{ m}^2$  de área e para escritórios: 1 pessoa por  $6 \text{ m}^2$  de área (CREDER apud ATHAYDE JUNIOR, 2015).

---

<sup>1</sup> Vazão usada no dimensionamento do alimentador predial, que corresponde a vazão solicitada à CAGEPA pelos prédios para a autorização da implantação empreendimentos novos.

Os dados dos prédios foram levantados em Fernandes (2013), em visita ao bairro Altiplano e nos sites das construtoras. Os prédios em construção com menos de 50% do tempo total da obra, não foram considerados neste cenário. As tabelas 11 e 12 localizadas no Anexo mostram as informações de cada edifício. Também é mostrado as unidades habitacionais de cada prédio, foi considerado 1 unidade habitacional um apartamento com 3 ou 4 quartos e 0,5 unidade habitacional um apartamento com 1 ou 2 quartos.

A Tabela 5 mostra as informações e dados usados na rede nova:

Tabela 5 – Dados da rede nova do cenário 2.

	Casas	Prédios
Número	55	26
População Atendida	220	9828
Vazão (l/s)	1,169	35,691
Número de Nós	27	15
Consumo-Base (l/s)	0,043 por nó	-

### 3.9. Cenário 3

A rede do cenário 3 é a mesma do cenário 2 (em relação ao traçado), com uma estimativa futura de 20 anos. Assim como no cenário 2, a rede do cenário 3 foi simulada como uma rede só mas teve considerações diferentes para a rede antiga e a rede nova.

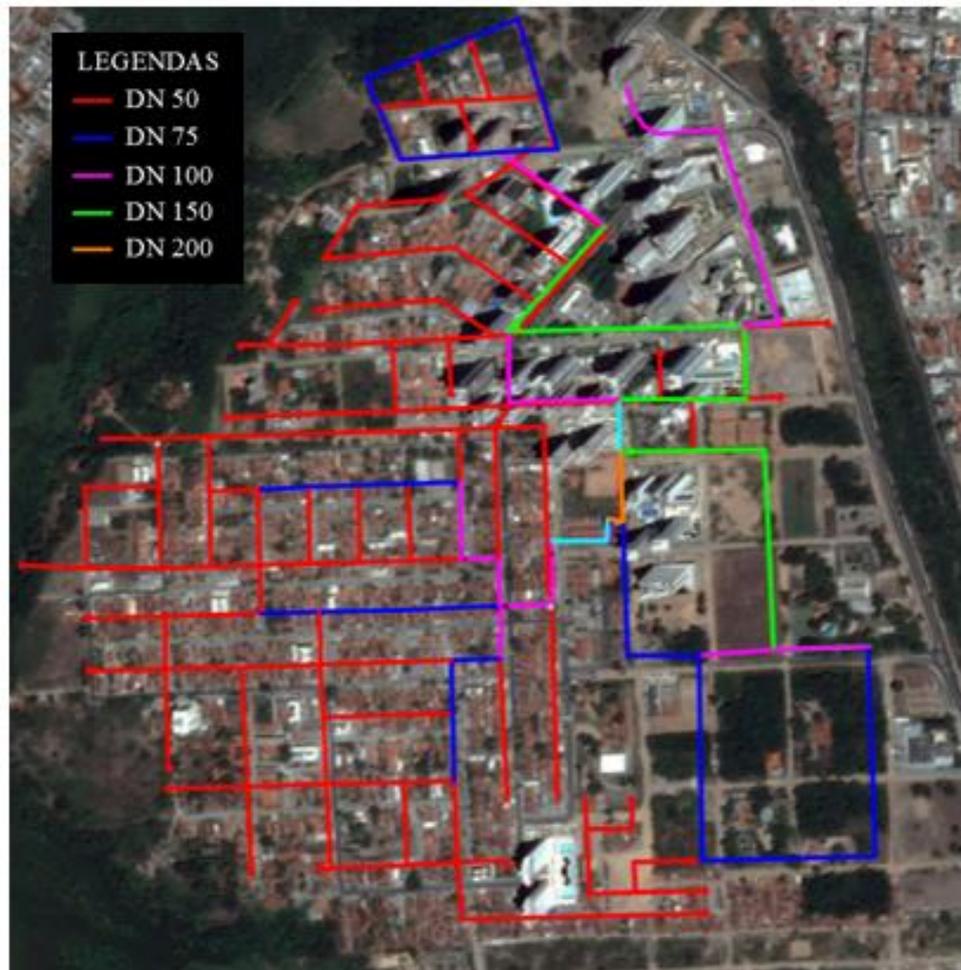
Rede Antiga:

- Considera a população do cenário futuro de 2037 estimada a partir do Método Aritmético (Equação 5) usando  $k_a = 108,2$  e  $P_0 =$  população estimada de 2017 (cenário 2).

$$P = P_0 + k_a(t - t_0) = 6102 + 108,2(2037 - 2017) = 8266 \text{ hab.}$$

A Tabela 6 mostra as informações e dados usados na rede antiga:

Figura 13 – Traçado da rede do cenário 2.



Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 6 – Dados da rede antiga do cenário 3.

População Atendida	8266
Vazão (l/s)	43,936
Número de Nós	155
Consumo-Base (l/s)	0,283 por nó

Rede Nova:

- Considera a população do cenário futuro de 2037 estimada a partir do Método Aritmético (equação 5) usando  $k_a = 108,2$  e  $P_0 =$  população estimada de 2017 (cenário 2).

$$P = P_0 + ka(t - t_0) = 220 + 108,2(2037 - 2017) = 2384 \text{ hab.}$$

- As demandas dos prédios futuros foram distribuídas nos 12 nós restantes da rede, que não abastecem nenhum prédio. Devido à queda do mercado imobiliário, consequência da desaceleração da economia brasileira nos anos mais recentes, a demanda dos prédios futuros foi considerada igual a 1/3 da demanda dos prédios do cenário 2. A demanda dos prédios existentes continuam distribuídas nos 15 nós que os abastecem.

A Tabela 7 mostra as informações e dados usados na rede nova:

Tabela 7 – Dados da rede nova do cenário 3.

	Casas	Prédios Futuros
População Atendida	2384	-
Vazão (l/s)	12,672	11,897
Número de Nós	27	12
Consumo-Base (l/s)	0,047 por nó	0,99 por nó

## 4. RESULTADOS

Definido os dados de entrada no EPANET como: comprimento, custo, material e diâmetro interno das tubulações, consumo – base, cota de cada nó e a carga hidráulica do reservatório de nível fixo, foi realizado o dimensionamento e a simulação hidráulica para o sistema de distribuição de água de cada cenário pelo EPANET / LENHSNET. As análises referentes aos cenários simulados são apresentadas neste item.

### 4.1. Cenário 1

O traçado da rede com a numeração adotada para os nós, cotas e consumo - base são apresentadas nas Figuras 14 a 16. As vazões e pressões calculadas encontram-se nas Figuras 17 e 18 por faixas de valores. O nível mínimo da água no reservatório foi de 58,40 mca, como estabelecido na metodologia. Os diâmetros nominais variaram entre 50 a 200mm, Figura 19. As pressões variam entre 10,30 a 31,81 mca e as velocidades calculadas encontram-se entre os valores 0,01 a 1,74 m/s (Tabela 8). Os resultados de cada nó e trecho em forma de

relatórios podem ser observados nas tabelas 13 e 14, respectivamente, localizadas no Apêndice.

Tabela 8 – Dados da modelagem hidráulica do cenário 1.

Cenário 1	
Pressão máxima (mca)	31,81
Pressão mínima (mca)	10,30
Velocidade máxima (m/s)	1,74
Velocidade mínima (m/s)	0,01
Custo das tubulações (R\$)	209.537,07

De acordo com os resultados a rede do cenário 1 não apresenta nenhum problema hidráulico. A menor pressão foi de 10,30 mca, o que implica dizer a água alcança todos os nós com pressão suficiente.

Figura 14 – Traçado da rede e numeração dos trechos do cenário 1.

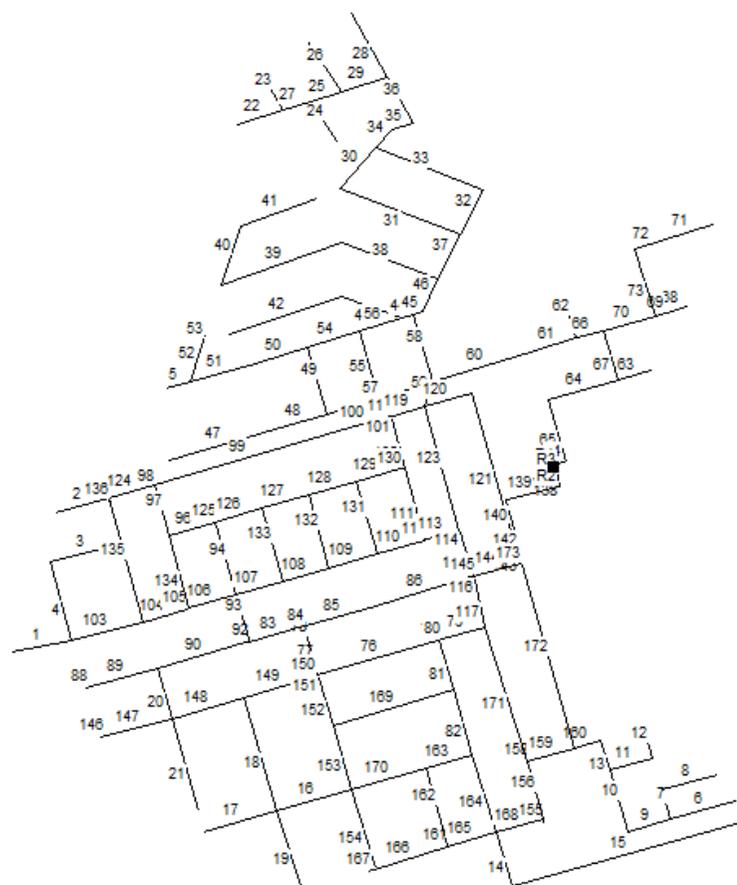


Figura 15 – Cotas e numeração dos nós do cenário 1.

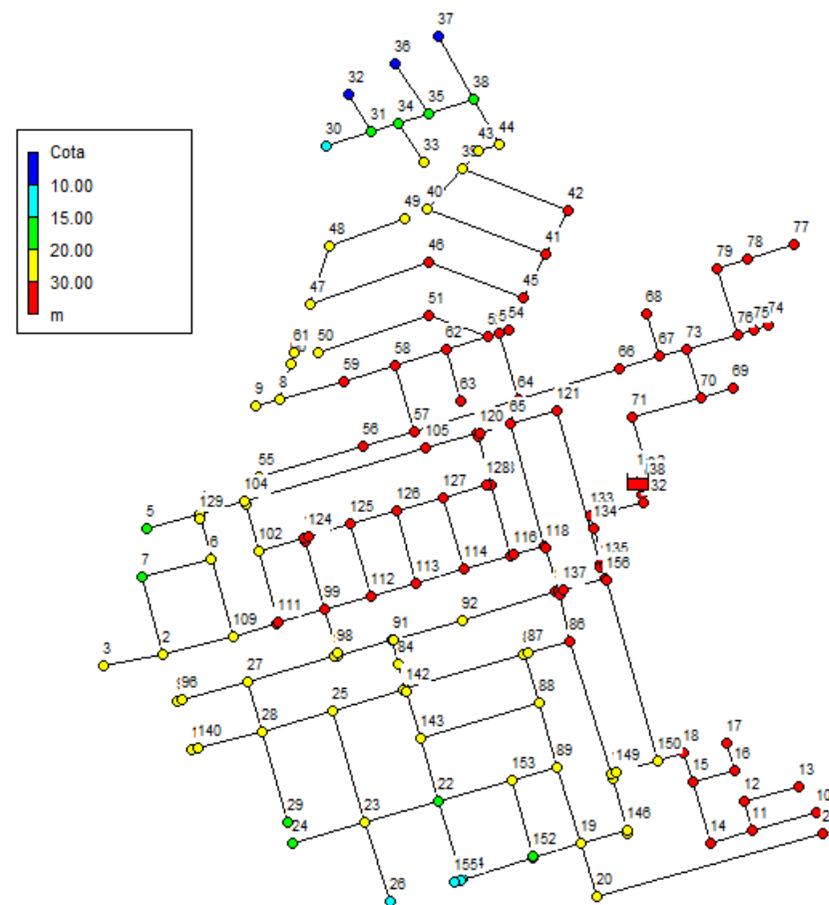


Figura 16 – Consumo – base dos nós do cenário 1.

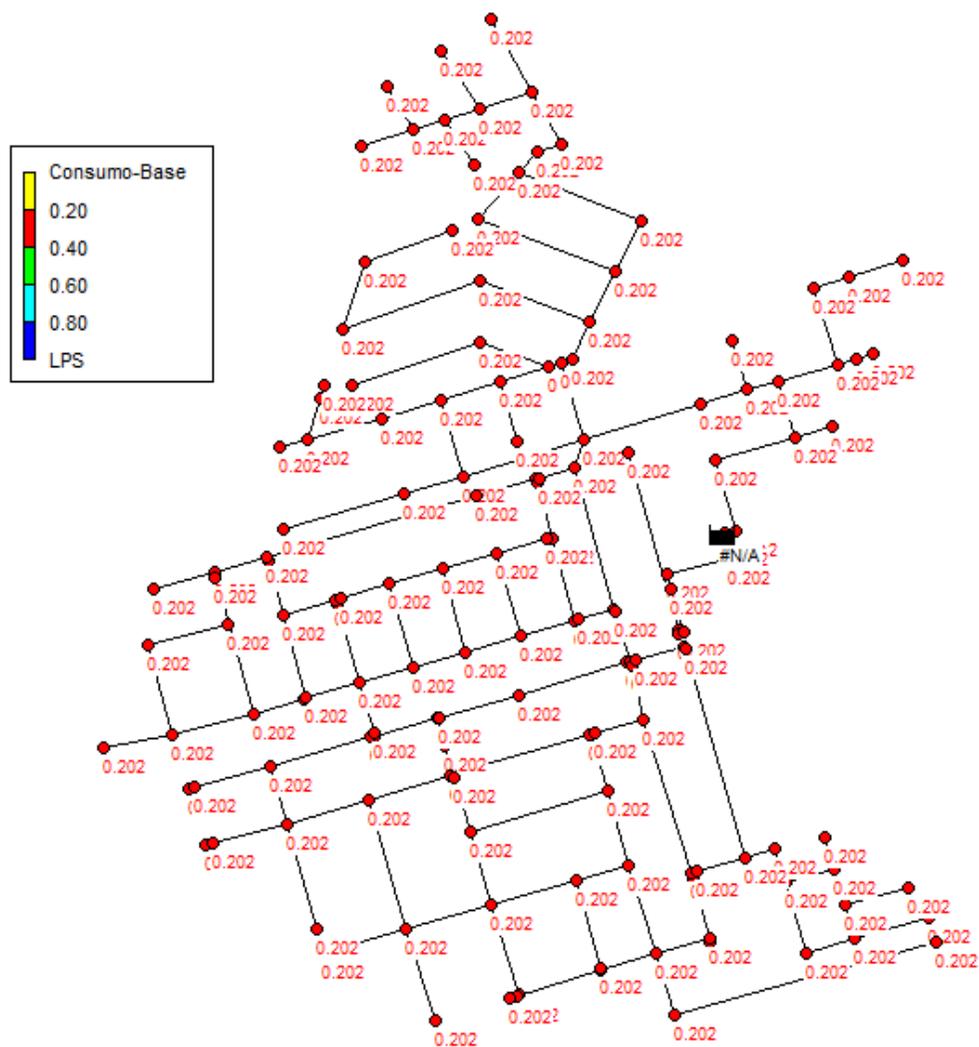


Figura 17 – Vazão nos trechos do cenário 1.

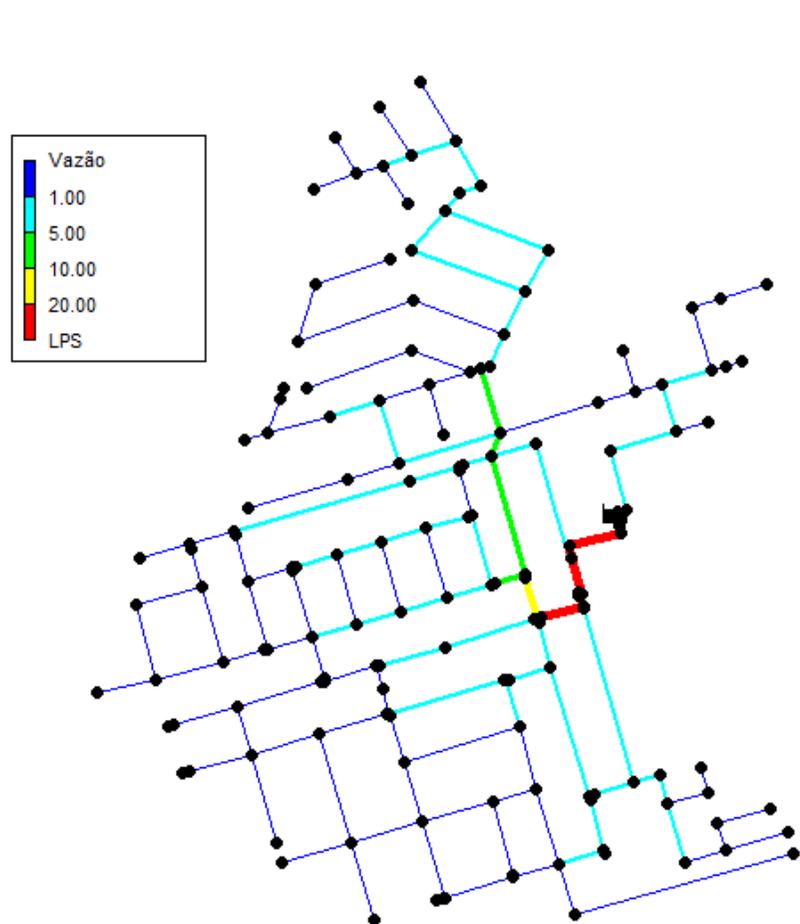


Figura 18 – Pressão nos nós do cenário 1.

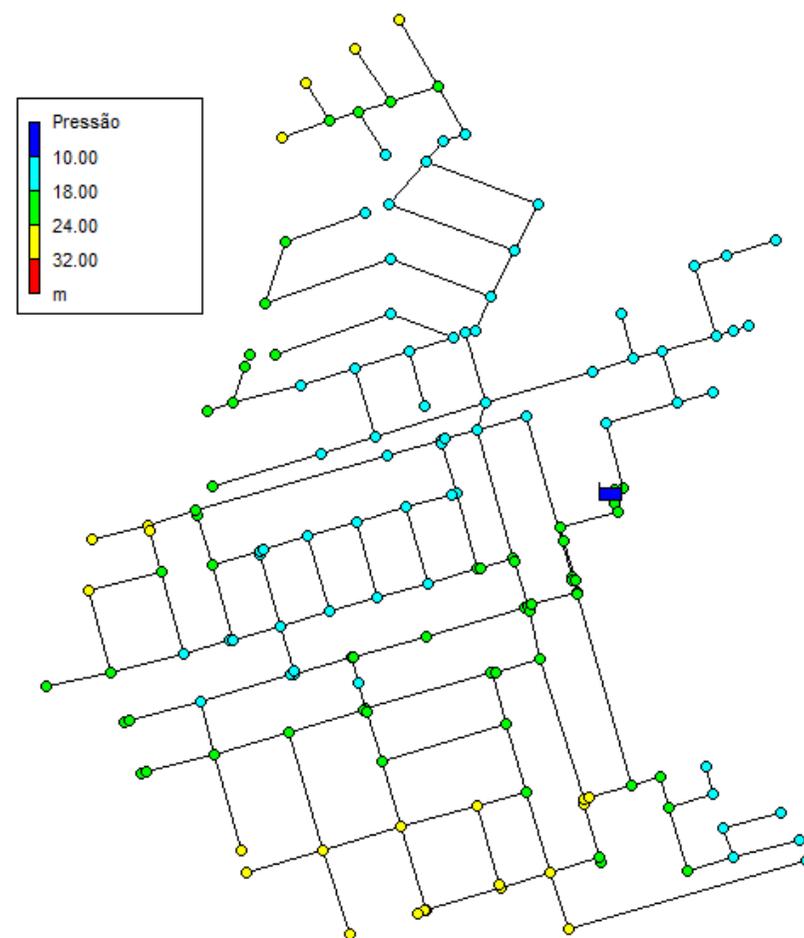
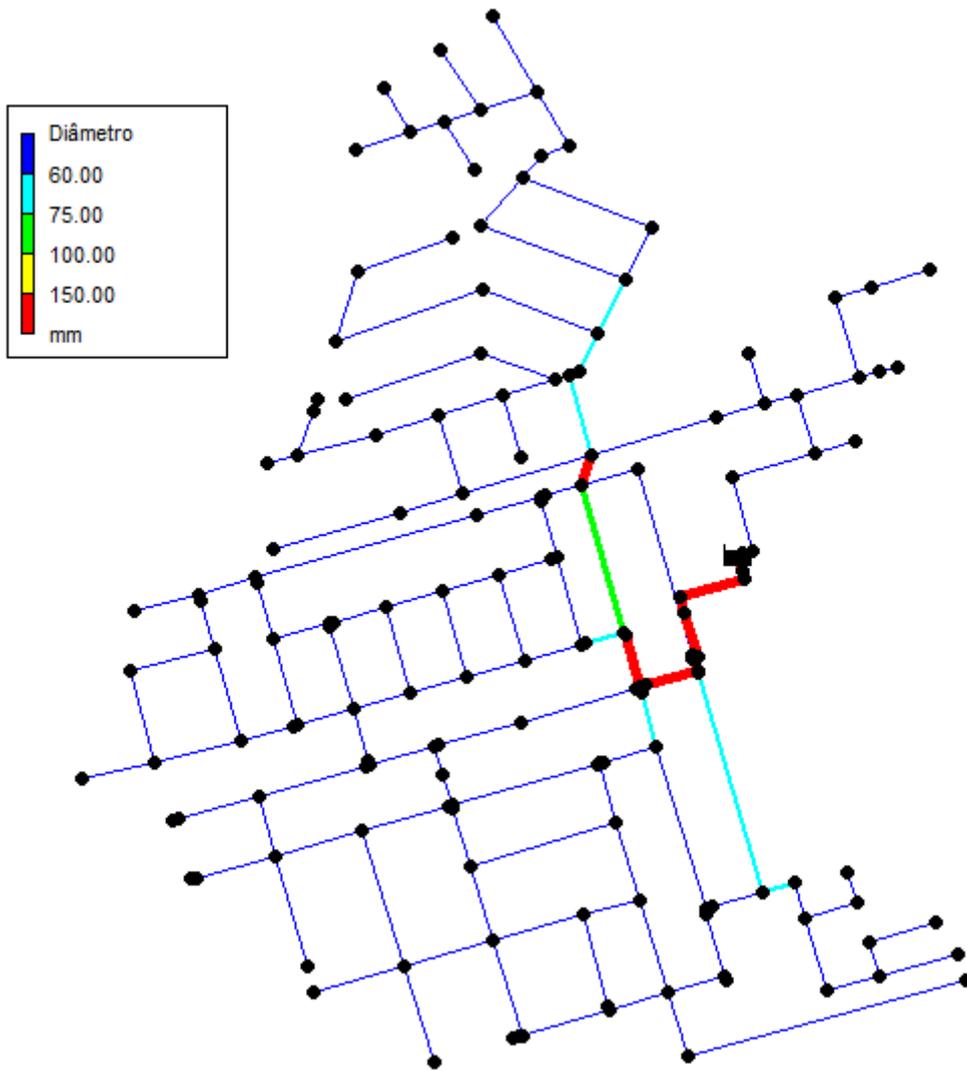


Figura 19 – Diâmetro dos trechos do cenário 1.



## 4.2. Cenário 2

O cenário 2, como definiu-se na metodologia, inclui no traçado da rede (Figura 22) a ampliação feita na rede de abastecimento de água do Altiplano para atender as novas demandas de água dos novos prédios. A numeração adotada para os nós e as cotas são apresentadas nas Figuras 23. O consumo – base (Figura 24) foi calculado para atender uma população futura de 2 anos (2017) e as demandas dos novos prédios adicionadas no seu respectivo nó. As vazões e pressões calculadas encontram-se nas Figuras 25 e 26 por faixas de valores. O nível mínimo da água no reservatório foi de 58,40 mca, como estabelecido na metodologia. Os diâmetros nominais variaram entre 50 a 200mm, Figura 27. As pressões variam entre 10,17 a 31,83 mca e as velocidades calculadas encontram-se entre os valores 0,01 a 1,54 m/s (Tabela 9). Os resultados de cada nó e trecho em forma de relatórios podem ser observados nas tabelas 15 e 16 respectivamente, localizadas no Apêndice.

Tabela 9 – Dados da modelagem hidráulica do cenário 2.

Cenário 2	
Pressão máxima (mca)	30,83
Pressão mínima (mca)	10,17
Velocidade máxima (m/s)	1,75
Velocidade mínima (m/s)	0,01
Custo das tubulações (R\$)	333.652,02

Apesar do considerável aumento da demanda decorrente da verticalização, a rede do cenário 2 também não apresentou nenhum problema hidráulico, onde a menor pressão foi de 10,17 mca. Apesar dos nós onde se encontram os novos prédios terem um consumo – base maior do que os outros nós do bairro e se situarem numa área mais alta do bairro, todos obtiveram pressão maior do que 10 mca. Isto mostra que a ampliação da rede teve êxito em atender a demanda de água do bairro com pressão suficiente.

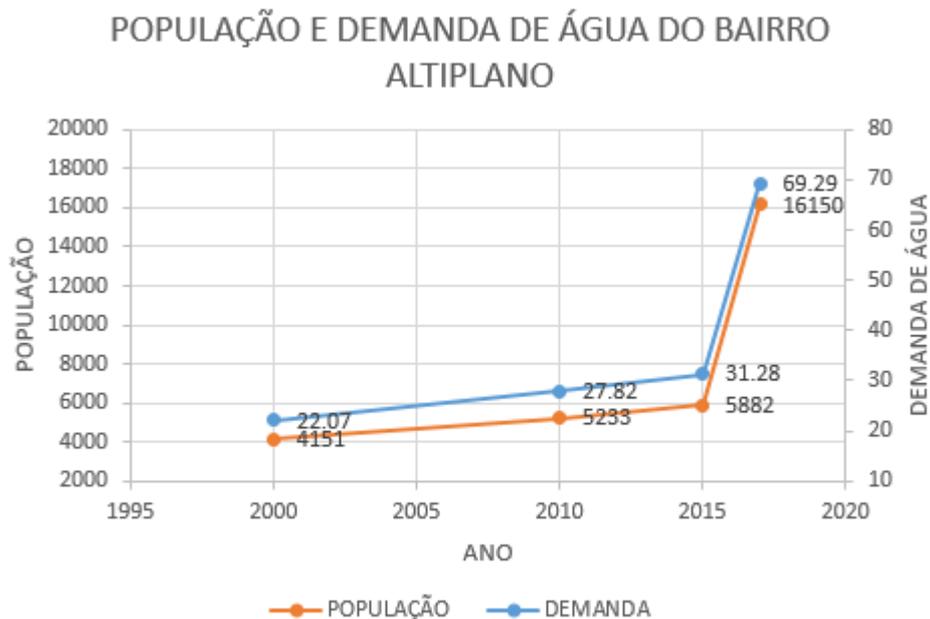
#### 4.2.1. Avaliação dos impactos da verticalização na rede do Altiplano

Analisando os resultados dos cenários 1 e 2, pode-se ver que os principais impactos da verticalização foram: na demanda de água solicitada pelo bairro, nos diâmetros das tubulações e no custo na implantação de novas tubulações para abastecer a nova demanda de água.

##### 4.2.1.1. Demanda de água solicitada pelo bairro

A demanda de água dos novos prédios do bairro foi de 35,961 l/s. Esta representa um aumento de 114,10 % a partir da demanda de água do bairro no ano de 2015 que foi de 31,28 L/s e 51,51% da demanda de água do bairro no ano de 2017 que foi de 69,293 l/s. A Figura 20 mostra um gráfico com a evolução da demanda de água e da população em função dos anos do bairro.

Figura 20 – Evolução da Demanda de Água e da População do Bairro Altiplano em Função do Tempo.

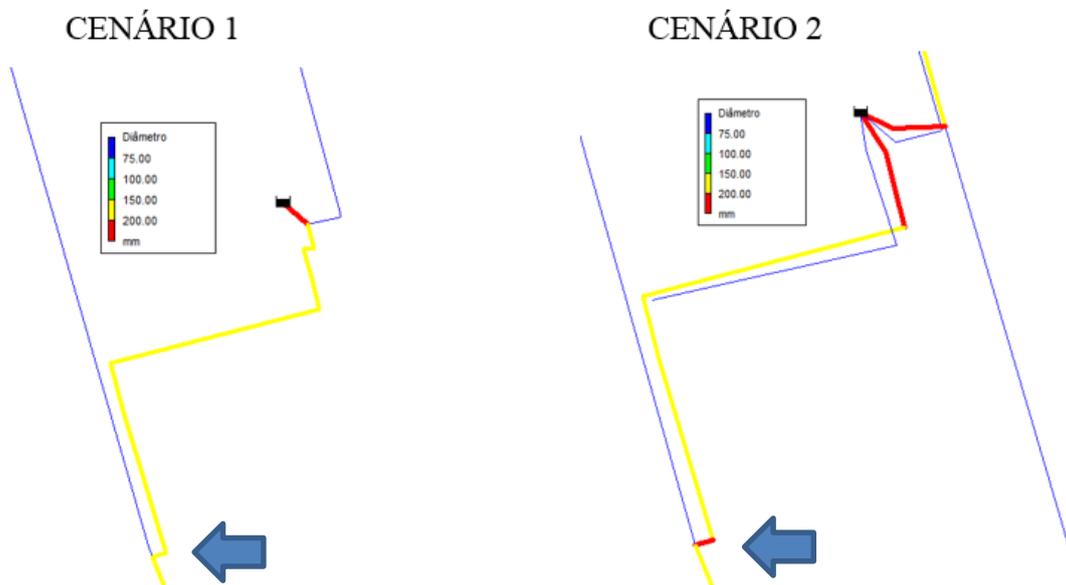


Fonte: Produzido pelo autor

#### 4.2.1.2. Diâmetro das tubulações

As redes dos cenários 1 e 2 tiveram suas tubulações com diâmetros nominais compreendidos entre DN 50 e DN 200. Mas a rede do cenário 2 possui uma extensão maior de diâmetros mais elevados como o DN 200, 100 e 75. Na extensão de tubulações de DN 150 o cenário 2 contém uma tubulação a menos do que em relação ao cenário 1, mas isso porque a mesma tubulação de DN 150 do cenário 1 passou para o DN 200 no cenário 2.

Figura 21 – Nós com diâmetros DN 200 nos dois cenários e detalhe do nó que ficou com DN 200 no cenário 2.



Fonte: Produzido pelo autor

#### 4.2.1.3. Custo na implantação de novas tubulações para abastecer a nova demanda de água.

Para abastecer a nova demanda por água requerida pelo bairro, foi necessária a ampliação da rede de distribuição de água. Essas novas tubulações tiveram um custo de R\$ 124.114,95. Esse valor representa um aumento de 59,23% do valor da implantação da rede do cenário 1.

Figura 22 – Traçado da rede e numeração dos trechos do cenário 2.

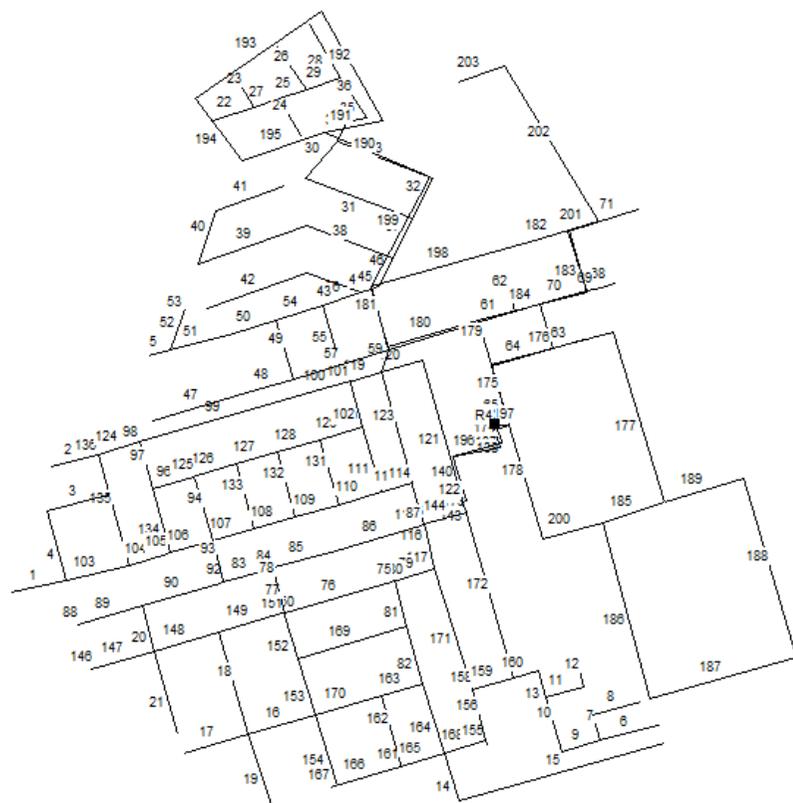


Figura 23 – Cotas e numeração dos nós do cenário 2.

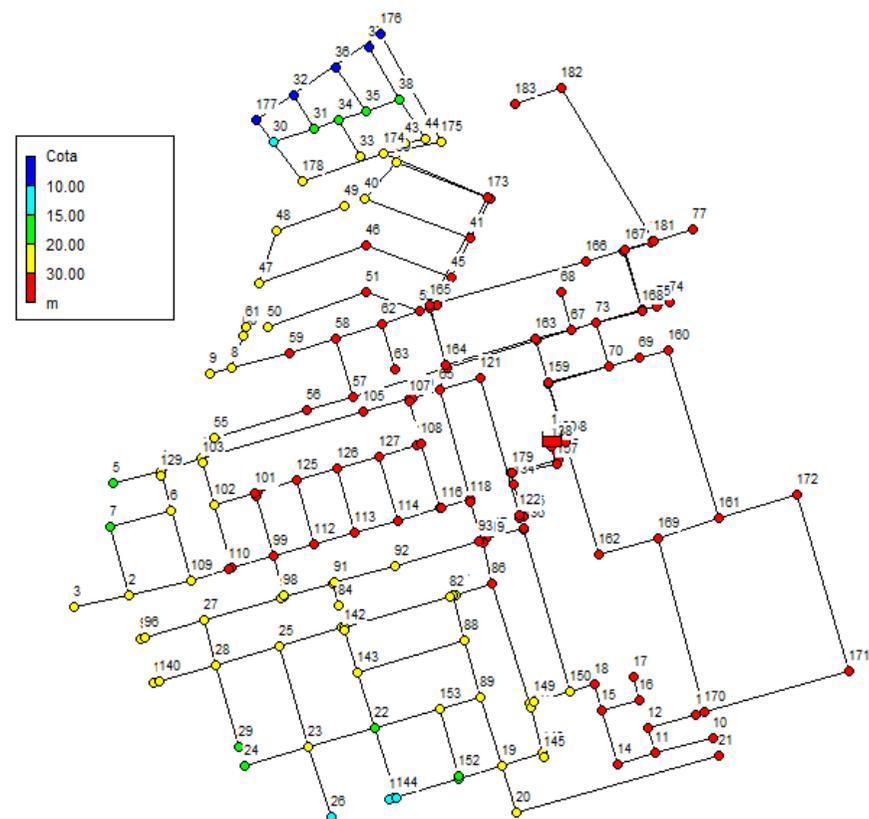


Figura 24 – Consumo – base dos nós do cenário 2.

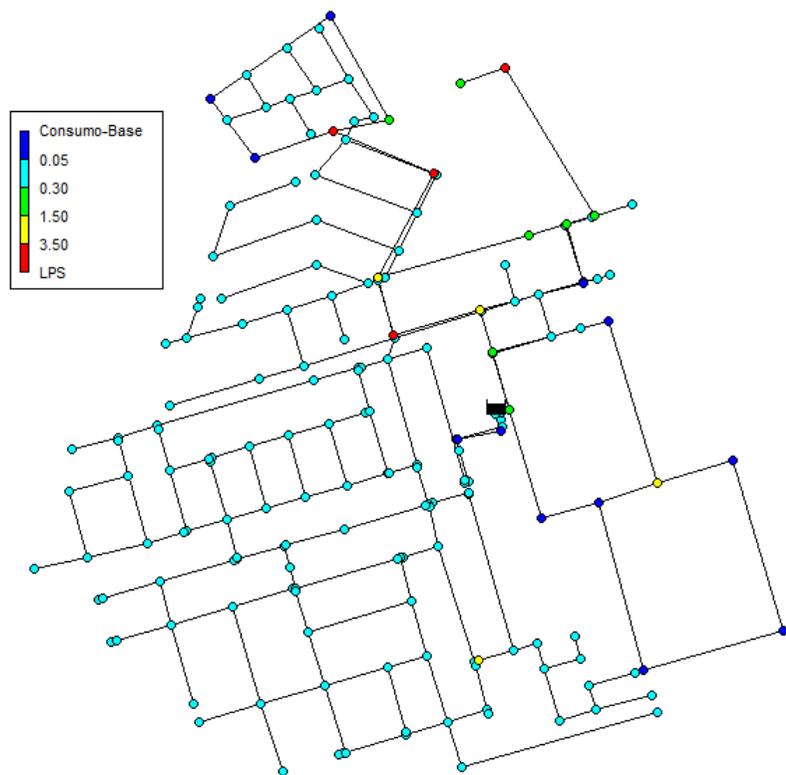


Figura 25 – Vazão nos trechos do cenário 2.

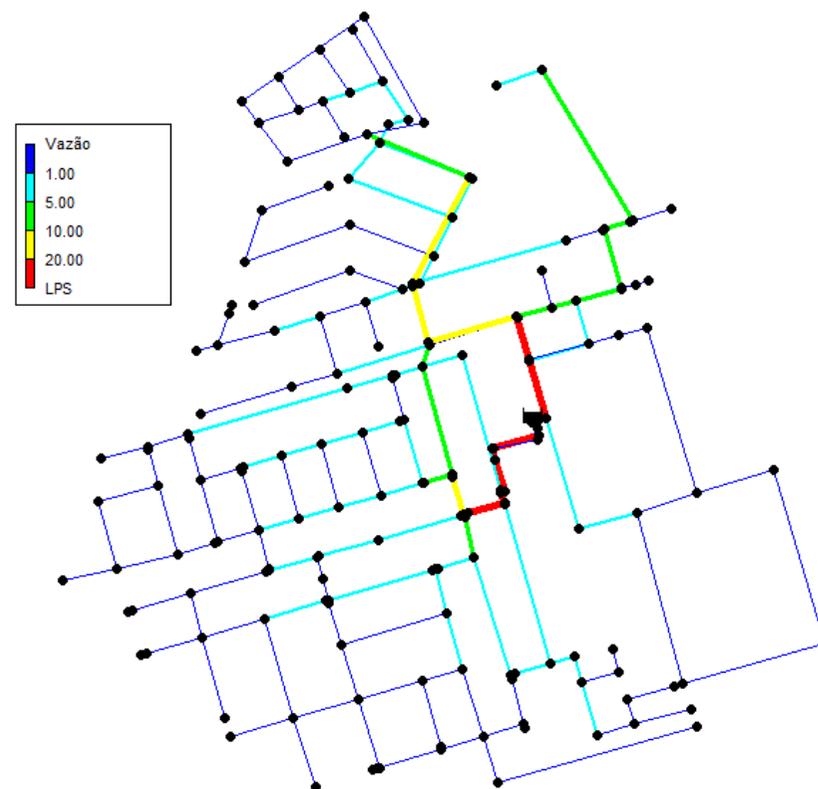


Figura 26 – Pressão nos nós do cenário 2.

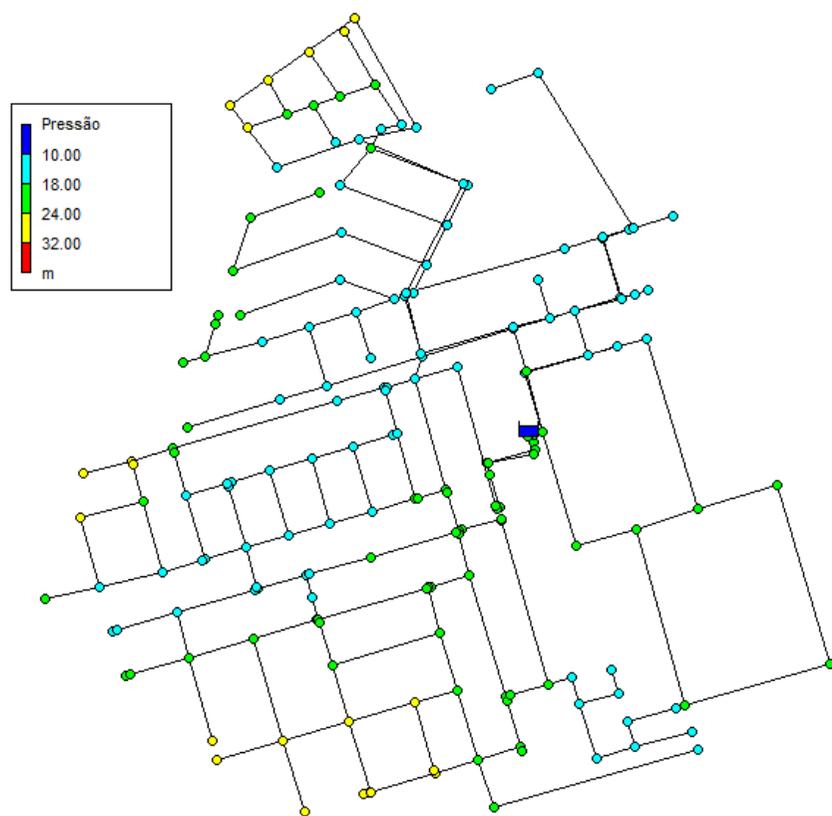
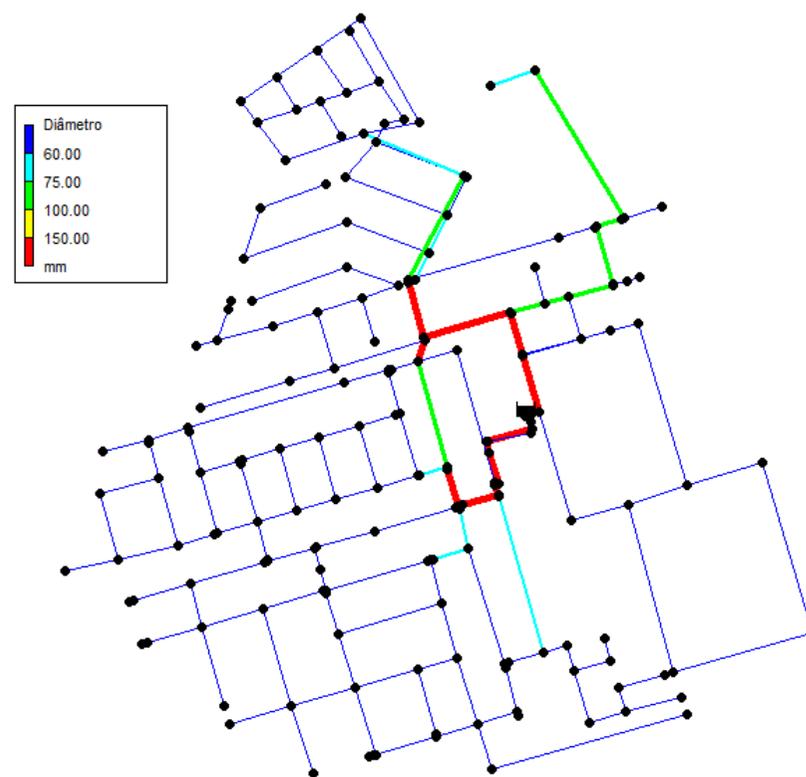


Figura 27 – Diâmetro dos trechos do cenário 2.



### 4.3. Cenário 3

As Figuras 29 e 30, mostram o traçado da rede, a numeração adotada para os nós e suas cotas, respectivamente. O consumo – base (Figura 31) foi calculado para uma população futura de 20 anos (2037) e um aumento de 1/3 da demanda dos prédios, como definido na metodologia. As vazões e pressões calculadas encontram-se nas Figuras 32 e 33 por faixas de valores. O nível mínimo da água no reservatório foi de 58,40 mca, como estabelecido na metodologia. Os diâmetros nominais variaram entre 50 a 200 mm, Figura 34. As pressões variam entre 10,15 a 31,59 mca e as velocidades calculadas encontram-se entre os valores 0,00 a 2,04 m/s (Tabela 10). Os resultados de cada nó e trecho em forma de relatórios podem ser observados nas tabelas 17 e 18 respectivamente, localizadas no Apêndice.

Tabela 10 – Dados da modelagem hidráulica do cenário 3.

Cenário 3	
Pressão máxima (mca)	31,59
Pressão mínima (mca)	10,15
Velocidade máxima (m/s)	2,04
Velocidade mínima (m/s)	0,00
Custo das tubulações (R\$)	366.543,35

Assim como os cenários anteriores o cenário 3 não apresenta nenhum problema hidráulico. A menor pressão foi de 10,15 mca, o que indica que a rede conseguiu abastecer o bairro com pressão suficiente, para uma projeção futura de 20 anos e considerando um aumento de 1/3 da demanda dos prédios.

#### 4.3.1. Comparação com o cenário 2

Para atender o aumento da demanda de água decorrente da população futura de 20 anos e aumento de 1/3 da demanda dos prédios, o cenário 3 apresentou tubulações com diâmetros nominais maiores (Figura 28) e um aumento de R\$ 32.891,33 nos custos de implantação da rede de abastecimento, em comparação com o cenário 2.

### 4.3.2. Comparação com o cenário 1

Um parâmetro importante para comparação do cenário 3 com o cenário 1 é o custo de implantação da rede de abastecimento, pois o mais viável é implantar a rede de distribuição de água do cenário 3 para atender a demanda de água futura. O aumento do custo da implantação da rede do cenário 3 em comparação com a rede do cenário 1 foi de R\$ 157.006,28.

Figura 28 – Comparação dos diâmetros da rede dos cenários 2 e 3.

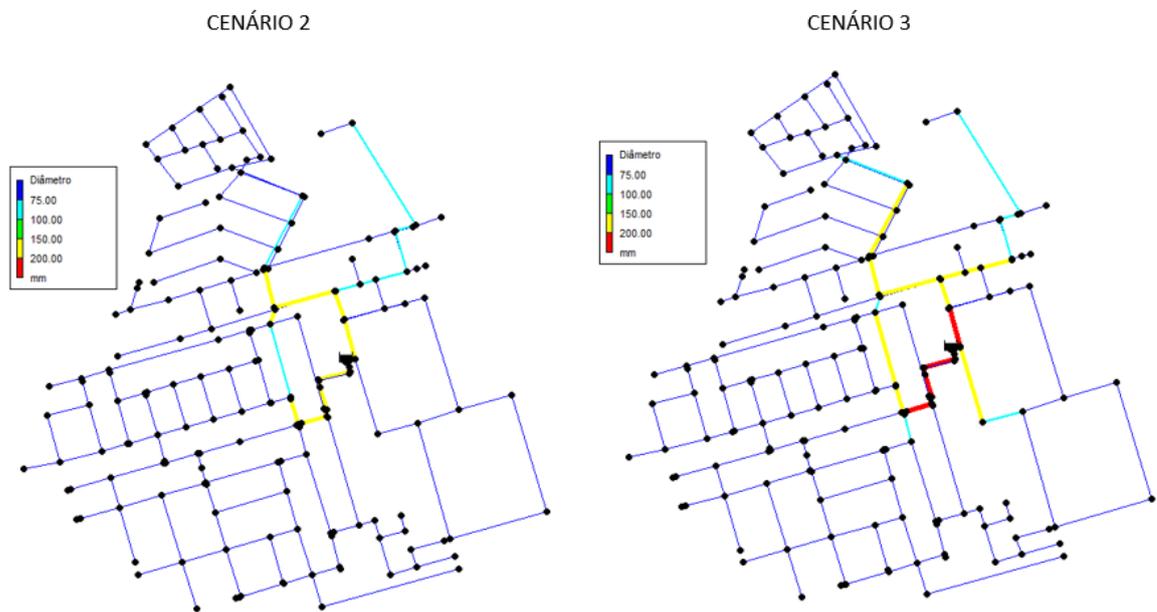


Figura 29 – Traçado da rede e numeração dos trechos do cenário 3.

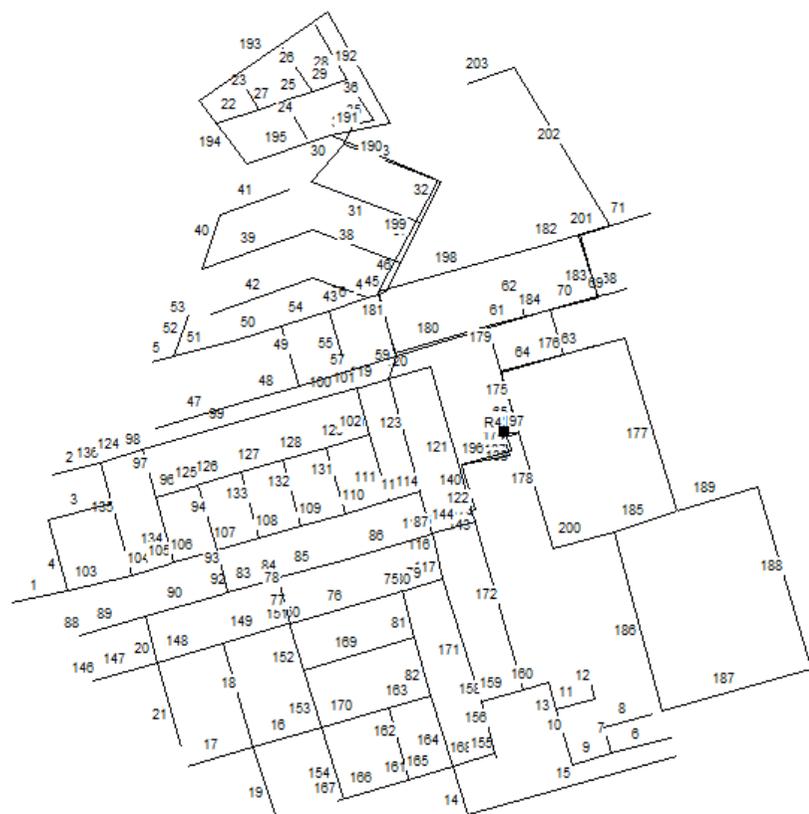


Figura 30 – Cotas e numeração dos nós do cenário 3.

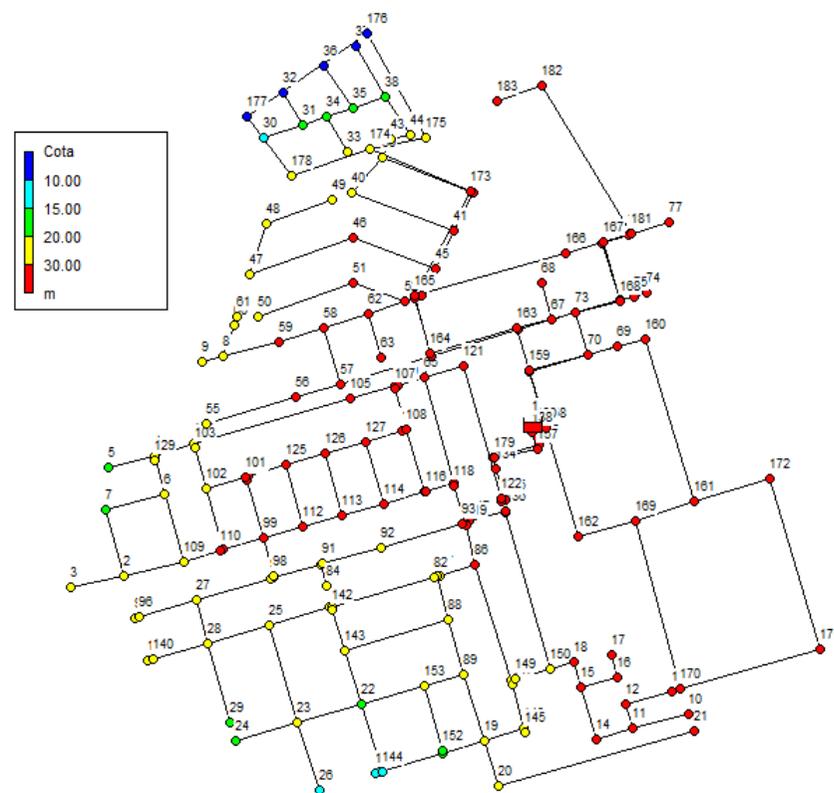


Figura 31 – Consumo – base dos nós do cenário 3.

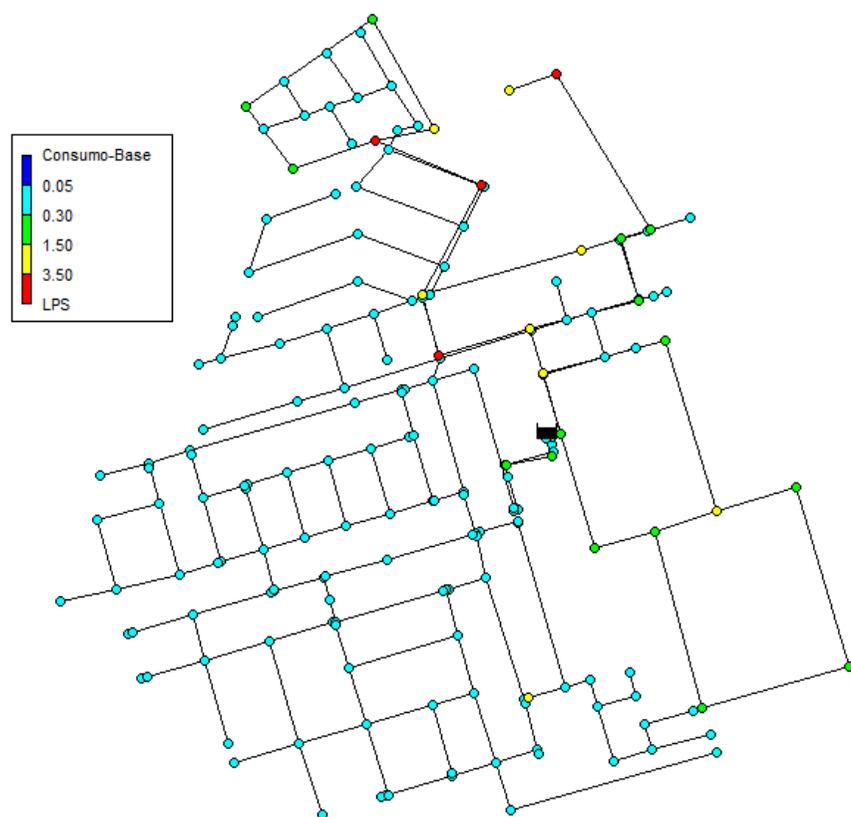


Figura 32 – Vazão nos trechos do cenário 3.

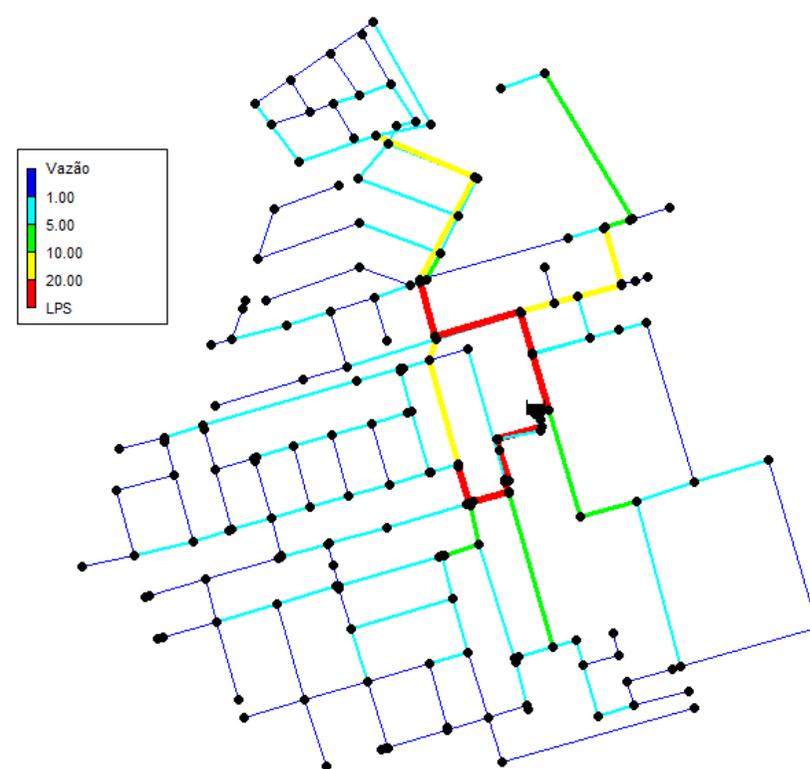


Figura 33 – Pressão nos nós do cenário 3.

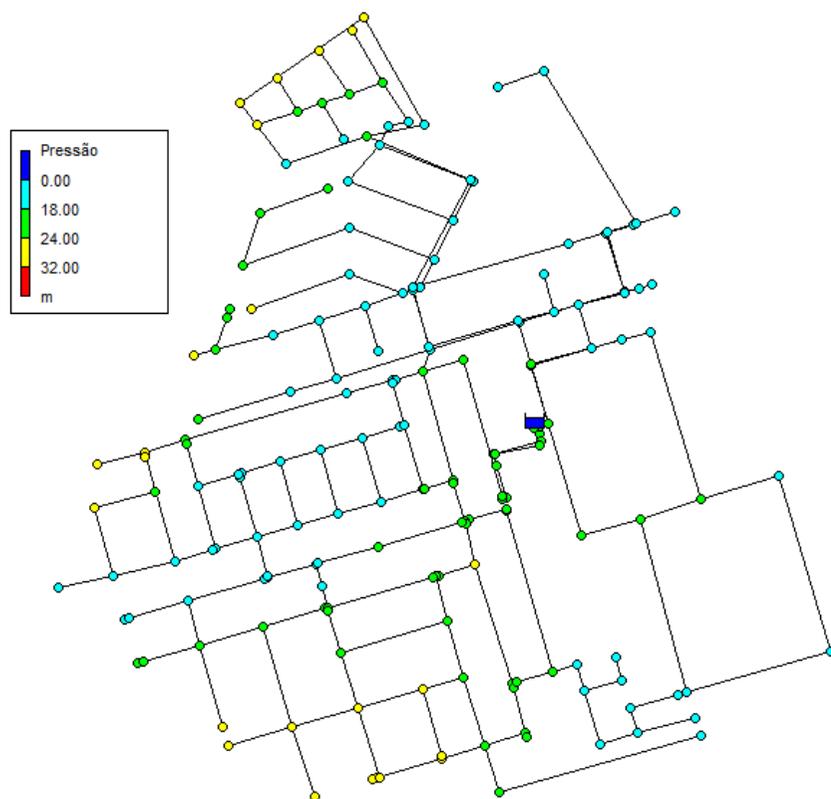
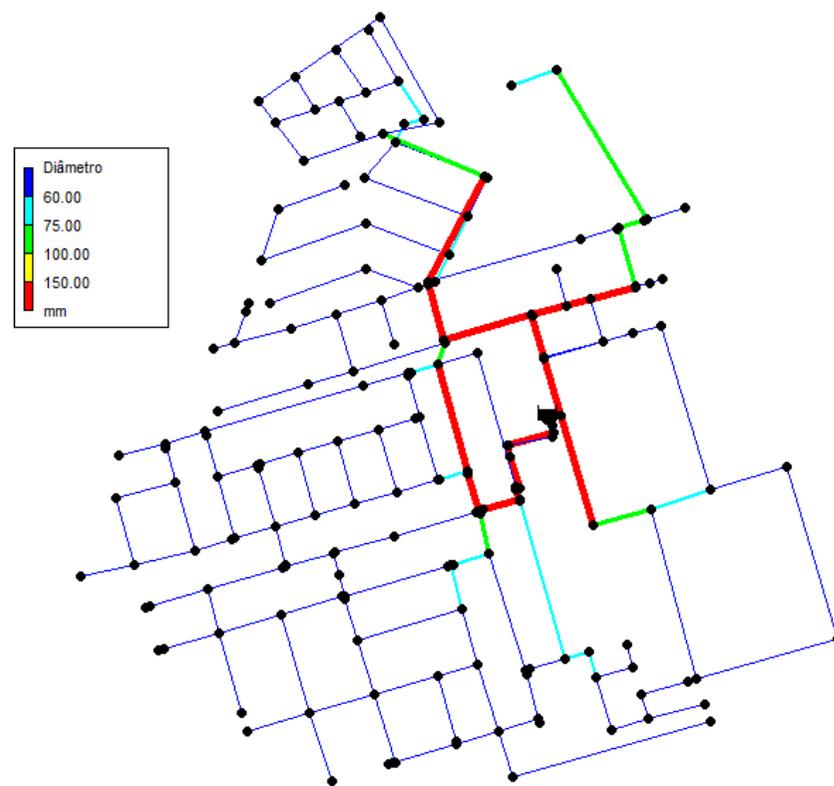


Figura 34 – Diâmetro dos trechos do cenário 3.



## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi observado que os principais impactos causados pela verticalização sobre a rede de abastecimento de água foram: o aumento na demanda de água solicitada pelo bairro, aumento dos diâmetros das tubulações e aumento no custo da implantação de novas tubulações para abastecer a nova demanda de água.

A demanda de água dos novos prédios foi de 35,961 l/s, representado mais que o dobro (114,10%) da demanda de água do bairro no ano de 2015 e mais da metade (51,51%) da demanda de água do bairro atualmente. Para abastecer essa nova demanda dos prédios foi necessário a implantação de novas tubulações com diâmetros maiores e um aumento no custo na implantação da rede de R\$ 124.114,95, o que representa um aumento de 59,23% do valor da implantação da rede de distribuição do bairro antes de abastecer os novos prédios (cenário 1).

Portanto para manter a normalidade no sistema de distribuição de água frente a novas demandas decorrentes da verticalização, são necessários estudos prévios para avaliar a capacidade do sistema em atender essa nova demanda requerida e fazer investimentos na rede de abastecimento de água.

O software EPANET/LENHSNET, mostrou-se uma ferramenta importante na análise da capacidade, equilíbrio e funcionamento do sistema de água para atender a demanda requerida pela verticalização, fazendo as simulações hidráulicas para várias considerações (cenários), mostrando os valores das variáveis de estado do escoamento d'água na rede (vazão, velocidade, perda de carga e pressão disponível nos nós) e assim, permitindo a avaliação dos impactos causados na rede de distribuição de água pela verticalização.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, Daniel de S.; **Análise da verticalização de viçosa – mg em relação ao consumo de água.** Monografia do curso de graduação em geografia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2014.

ARAÚJO, Ester Luiz de. **Estimativa e análise do crescimento da demanda de água considerando cenários de uso e ocupação do solo.** Dissertação de mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Campina Grande, 2012.

ARAÚJO, E. L.; RUFINO, I. A.; LUNGUINHO, R. L. **Análise da expansão urbana versus o comportamento da rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB através de imagens de satélite.** In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, 2011. p. 783-790.

BARROS, Marcelo de B.; **Avaliação de mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano em Campina Grande – PB.** Dissertação de mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Campina Grande, 2013.

BONATES, M. F. **Leis que (des) orientam o processo de verticalização: Transformações urbanas em Campina Grande à revelia da legislação urbanística.** In: XI Colóquio Internacional de Geocrítica, Buenos Aires, 2010.

CHAMA NETO, P.J. (2006). **Materiais para redes.** In: TSUTIYA, M.T. Abastecimento de água. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. p. 431-438.

CORRÊA, Roberto L.; **O espaço urbano; Serie Princípios;** 1. Ed.; Editora Ática; São Paulo, 1989.

FURUSAWA, R. T. **Contribuição ao dimensionamento de rede de distribuição de água por critério de custo global.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GOMES, H.P. **Sistemas de Abastecimento de Água – Dimensionamento Econômico e Operação de Redes e Elevatórias**. 3ª Edição. João Pessoa: UFPB, 2009. 277 p.

GOMES, Manoel W. Q.; **Expansão urbana: um estudo sobre o processo e suas consequências**. Publicado em 08 out. 2012. Disponível em: <http://www.webartigos.com/artigos/expansao-urbana-um-estudo-sobre-o-processo-e-suas-consequencias/97228/>. Acesso em: 2 abr. 2017.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. 1. ed. Belo Horizonte - MG: Editora da UFMG, 2006. v. 1, 860p.

MARTINS, C. M. T.; MENDES, M. G. T.; ABREU, J. M.; ALMEIDA, J. P. L. de;

LIMA, J. P. de; LIMA, I. P. de. **Hidrologia urbana (Conceitos básicos)**. 2010. 187p.

MARTINS, J.R.S. **Método da Linearização**. In: TSUTIYA, M.T.. Abastecimento de água. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. p. 416-429.

NBR 12218. **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 1994.

RAMIREZ, Júlio César de Lima. **A verticalização de São Paulo e o cinema: uma nova dimensão nos estudos da cidade**. In.: Sociedade e Natureza. Uberlândia, nº 9, pp. 5-22, Jan./Jun, 1997.

RODRIGUES, Edilene A.; **A dinâmica do crescimento urbano na cidade de vitória da conquista: a verticalização e as transformações no bairro Candeias**. In: Encontro Nacional dos Geógrafos, XVI. Anais... Porto Alegre, 2010.

SANTANA, G, C. **Otimização da operação de sistemas de distribuição de água abastecidos por bombeamento e reservatórios de regularização**. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia e Computação, UNICAMP, 1999.

SILVA, L. D. B; GUIMARÃES A. J. A.; CARVALHO D. F. **Notas de Aula**. Departamento de Engenharia it 179 – Saneamento Básico, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.

SOLER, E. M. **Otimização dos custos de energia elétrica na programação do armazenamento e distribuição de água em redes urbana.** Dissertação do Mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

TSUTIYA, M. T. 2006. **Abastecimento de Água.** 3ª Edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 643p.

TUCCI, Carlos E. M.; **Urbanização e recursos hídricos; em Águas do Brasil: análises estratégicas;** Instituto de Botânica; p.111-128 São Paulo, 2010.

VIANA, S. **Dimensionamento otimizado de redes de distribuição de água com componentes hidráulicos utilizando algoritmos genéticos.** Dissertação de Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2007.

## 7. APÊNDICE

Tabela 13 – Relatório dos nós do cenário 1.

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo - base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 2	27.04	0.202	18.20
Nó 3	25.65	0.202	19.56
Nó 4	20.26	0.202	25.57
Nó 5	16.67	0.202	29.13
Nó 6	24.81	0.202	20.24
Nó 7	16.67	0.202	28.41
Nó 8	26.88	0.202	19.24
Nó 9	23.41	0.202	22.69
Nó 10	35.40	0.202	14.10
Nó 11	33.30	0.202	16.23
Nó 12	33.45	0.202	16.03
Nó 13	35.53	0.202	13.92
Nó 14	31.46	0.202	18.39
Nó 15	30.80	0.202	19.71
Nó 16	32.75	0.202	17.68
Nó 17	33.50	0.202	16.91
Nó 18	30.80	0.202	20.47
Nó 19	22.57	0.202	24.45
Nó 20	22.89	0.202	24.03
Nó 21	35.18	0.202	11.61
Nó 22	18.93	0.202	27.56
Nó 23	20.13	0.202	26.01
Nó 24	19.09	0.202	27.01
Nó 25	26.88	0.202	19.26
Nó 26	14.82	0.202	31.28
Nó 27	28.20	0.202	17.57
Nó 28	26.05	0.202	19.72
Nó 29	19.09	0.202	26.62
Nó 30	12.81	0.202	24.86
Nó 31	16.51	0.202	21.18
Nó 32	9.42	0.202	28.25
Nó 33	23.17	0.202	14.62
Nó 34	17.47	0.202	20.34
Nó 35	18.11	0.202	20.03
Nó 36	9.50	0.202	28.61
Nó 37	9.34	0.202	29.71
Nó 38	19.66	0.202	19.42
Nó 39	25.44	0.202	17.24

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo - base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 40	27.36	0.202	16.02
Nó 41	34.29	0.202	11.34
Nó 42	33.21	0.202	11.36
Nó 43	25.44	0.202	16.15
Nó 44	25.05	0.202	15.68
Nó 45	35.50	0.202	10.86
Nó 46	31.14	0.202	14.50
Nó 47	25.28	0.202	19.84
Nó 48	23.61	0.202	21.40
Nó 49	27.36	0.202	17.61
Nó 50	25.72	0.202	21.43
Nó 51	33.26	0.202	13.96
Nó 52	36.29	0.202	11.06
Nó 53	36.44	0.202	11.07
Nó 54	35.87	0.202	11.38
Nó 55	26.36	0.202	21.37
Nó 56	34.37	0.202	13.41
Nó 57	35.89	0.202	12.00
Nó 58	33.54	0.202	13.61
Nó 59	31.18	0.202	15.39
Nó 60	25.72	0.202	20.32
Nó 61	25.72	0.202	20.31
Nó 62	35.21	0.202	11.96
Nó 63	36.84	0.202	10.30
Nó 64	37.12	0.202	13.61
Nó 65	36.34	0.202	14.45
Nó 66	38.22	0.202	12.33
Nó 67	39.03	0.202	11.51
Nó 68	37.68	0.202	12.83
Nó 69	38.55	0.202	13.30
Nó 70	39.07	0.202	12.80
Nó 71	37.51	0.202	17.13
Nó 72	36.40	0.202	21.42
Nó 73	39.03	0.202	11.53
Nó 74	38.80	0.202	10.93
Nó 75	37.30	0.202	12.44
Nó 76	37.30	0.202	12.47
Nó 77	37.84	0.202	11.56
Nó 78	37.89	0.202	11.54
Nó 79	37.84	0.202	11.65
Nó 80	36.40	0.202	21.95
Nó 81	28.44	0.202	19.98
Nó 82	28.44	0.202	19.94

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo - base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 83	26.29	0.202	20.45
Nó 84	28.96	0.202	17.83
Nó 85	28.96	0.202	17.95
Nó 86	30.12	0.202	22.61
Nó 87	28.44	0.202	20.23
Nó 88	26.17	0.202	21.12
Nó 89	23.61	0.202	23.35
Nó 90	29.20	0.202	17.13
Nó 91	28.96	0.202	18.04
Nó 92	29.60	0.202	20.13
Nó 93	32.16	0.202	22.11
Nó 94	32.16	0.202	22.30
Nó 95	27.04	0.202	18.60
Nó 96	27.04	0.202	18.60
Nó 97	29.20	0.202	17.10
Nó 98	29.20	0.202	17.13
Nó 99	31.40	0.202	15.00
Nó 100	31.58	0.202	14.82
Nó 101	31.58	0.202	14.82
Nó 102	27.67	0.202	18.52
Nó 103	24.73	0.202	21.47
Nó 104	24.73	0.202	21.47
Nó 105	35.93	0.202	13.00
Nó 106	36.92	0.202	13.04
Nó 107	36.92	0.202	13.05
Nó 108	36.60	0.202	13.48
Nó 109	29.56	0.202	16.18
Nó 110	30.52	0.202	15.52
Nó 111	30.52	0.202	15.55
Nó 112	31.84	0.202	15.36
Nó 113	32.42	0.202	15.82
Nó 114	32.74	0.202	17.03
Nó 115	34.17	0.202	18.66
Nó 116	34.17	0.202	18.75
Nó 117	34.17	0.202	20.01
Nó 118	34.89	0.202	19.30
Nó 119	32.16	0.202	22.15
Nó 120	36.92	0.202	13.11
Nó 121	36.47	0.202	15.15
Nó 122	33.06	0.202	22.18
Nó 123	33.06	0.202	22.26
Nó 124	31.58	0.202	14.87
Nó 125	34.41	0.202	12.78

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo - base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 126	35.25	0.202	12.98
Nó 127	36.33	0.202	13.08
Nó 128	36.60	0.202	13.40
Nó 129	20.26	0.202	25.57
Nó 130	36.40	0.202	21.65
Nó 131	36.40	0.202	21.48
Nó 132	36.40	0.202	21.30
Nó 133	36.31	0.202	20.19
Nó 134	36.31	0.202	19.91
Nó 135	33.06	0.202	22.34
Nó 136	33.06	0.202	22.05
Nó 137	32.16	0.202	22.35
Nó 138	36.40	0.202	21.80
Nó 139	22.65	0.202	22.98
Nó 140	22.65	0.202	22.99
Nó 141	26.29	0.202	20.42
Nó 142	26.29	0.202	20.45
Nó 143	23.09	0.202	23.63
Nó 144	14.74	0.202	31.71
Nó 145	25.15	0.202	23.12
Nó 146	25.15	0.202	23.12
Nó 147	25.67	0.202	24.63
Nó 148	25.67	0.202	24.87
Nó 149	25.67	0.202	24.94
Nó 150	28.08	0.202	23.35
Nó 151	19.45	0.202	27.24
Nó 152	19.45	0.202	27.24
Nó 153	21.37	0.202	25.33
Nó 154	14.74	0.202	31.81
Nó 155	14.74	0.202	31.81
Nó 156	33.06	0.202	21.82
RNF 1	58.40		

Tabela 14 – Relatório dos trechos do cenário 1.

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 1	93.20	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 2	82.76	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 3	107.95	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 4	120.22	51.4	-0.40	0.19	1.28
Tubulação 5	38.62	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 6	100.94	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 7	44.44	51.4	0.40	0.19	1.28
Tubulação 8	85.23	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 9	67.11	51.4	-0.81	0.39	4.62
Tubulação 10	95.55	51.4	-1.01	0.49	6.98
Tubulação 11	66.82	51.4	0.40	0.19	1.28
Tubulação 12	40.72	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 13	45.73	51.4	1.62	0.78	16.67
Tubulação 14	83.27	51.4	0.40	0.19	1.28
Tubulação 15	355.67	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 16	116.06	51.4	0.64	0.31	3.00
Tubulação 17	114.47	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 18	175.50	51.4	-0.03	0.02	0.01
Tubulação 19	125.01	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 20	78.33	51.4	0.12	0.06	0.15
Tubulação 21	142.59	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 22	71.96	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 23	65.01	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 24	70.70	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 25	47.12	51.4	-1.01	0.49	6.98
Tubulação 26	90.84	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 27	44.52	51.4	0.61	0.29	2.71
Tubulação 28	108.93	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 29	72.34	51.4	1.41	0.68	13.02
Tubulação 30	80.58	51.4	-1.14	0.55	8.67
Tubulação 31	191.32	51.4	-1.34	0.64	11.74
Tubulação 32	73.83	51.4	1.49	0.72	14.36
Tubulação 33	171.82	51.4	1.29	0.62	10.96
Tubulação 34	36.31	51.4	2.22	1.07	30.07
Tubulação 35	34.32	51.4	2.02	0.97	25.20
Tubulação 36	79.19	51.4	1.82	0.88	20.73
Tubulação 37	74.26	72.8	-3.03	0.73	9.80
Tubulação 38	153.33	51.4	0.81	0.39	4.62
Tubulação 39	191.60	51.4	0.61	0.29	2.71
Tubulação 40	92.29	51.4	0.40	0.19	1.28
Tubulação 41	122.80	51.4	0.20	0.10	0.35

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 42	176.25	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 43	96.68	51.4	-0.40	0.19	1.28
Tubulação 44	18.12	51.4	-1.19	0.57	9.47
Tubulação 45	14.33	72.8	4.24	1.02	18.27
Tubulação 46	53.70	72.8	4.04	0.97	16.69
Tubulação 47	163.20	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 48	82.32	51.4	-0.40	0.19	1.28
Tubulação 49	102.21	51.4	1.03	0.50	7.26
Tubulação 50	81.88	51.4	1.01	0.49	6.98
Tubulação 51	100.15	51.4	0.81	0.39	4.62
Tubulação 52	56.34	51.4	0.40	0.19	1.28
Tubulação 53	16.34	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 54	82.23	51.4	-0.18	0.09	0.29
Tubulação 55	80.94	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 56	66.93	51.4	0.58	0.28	2.53
Tubulação 57	166.05	51.4	-1.64	0.79	17.08
Tubulação 58	103.96	72.8	5.63	1.35	30.91
Tubulação 59	39.81	156.4	7.85	0.41	1.38
Tubulação 60	160.03	51.4	0.37	0.18	1.10
Tubulação 61	62.63	51.4	0.17	0.08	0.26
Tubulação 62	66.35	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 63	52.43	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 64	106.90	51.4	-2.05	0.99	25.92
Tubulação 65	102.96	51.4	-2.25	1.09	30.84
Tubulação 66	42.67	51.4	-0.23	0.11	0.46
Tubulação 67	76.22	51.4	-1.65	0.79	17.26
Tubulação 68	23.94	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 69	25.43	51.4	-0.40	0.19	1.28
Tubulação 70	80.16	51.4	-1.21	0.58	9.78
Tubulação 71	75.16	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 72	48.26	51.4	-0.40	0.19	1.28
Tubulação 73	103.56	51.4	-0.61	0.29	2.71
Tubulação 74	14.81	51.4	2.45	1.18	36.16
Tubulação 75	3.33	51.4	1.34	0.65	11.85
Tubulação 76	187.70	51.4	1.14	0.55	8.76
Tubulação 77	38.98	51.4	-0.44	0.21	1.49
Tubulação 78	38.05	51.4	-0.64	0.31	3.00
Tubulação 79	66.40	51.4	3.26	1.57	61.18
Tubulação 80	4.59	51.4	3.06	1.47	54.34
Tubulação 81	76.77	51.4	1.51	0.73	14.75
Tubulação 82	100.17	51.4	0.67	0.32	3.27
Tubulação 83	84.89	51.4	-1.00	0.48	6.80
Tubulação 84	4.49	51.4	-1.84	0.89	21.16

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 85	106.51	51.4	-2.04	0.98	25.66
Tubulação 86	148.16	51.4	-2.24	1.08	30.57
Tubulação 87	5.31	51.4	-2.44	1.18	35.86
Tubulação 88	7.62	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 89	104.52	51.4	-0.40	0.19	1.28
Tubulação 90	136.00	51.4	-0.73	0.35	3.84
Tubulação 91	5.40	51.4	-0.93	0.45	6.03
Tubulação 92	4.15	51.4	-0.14	0.07	0.18
Tubulação 93	67.32	51.4	-0.34	0.16	0.94
Tubulação 94	106.09	51.4	-0.06	0.03	0.03
Tubulação 95	5.59	51.4	-0.26	0.12	0.56
Tubulação 96	71.49	51.4	0.63	0.30	2.90
Tubulação 97	73.80	51.4	0.05	0.02	0.02
Tubulação 98	6.38	51.4	-0.16	0.07	0.22
Tubulação 99	285.45	51.4	-1.20	0.58	9.58
Tubulação 100	81.41	51.4	-1.40	0.67	12.78
Tubulação 101	5.18	51.4	-0.25	0.12	0.53
Tubulação 102	73.74	51.4	-0.45	0.22	1.58
Tubulação 103	108.84	51.4	-0.81	0.39	4.62
Tubulação 104	68.26	51.4	-0.78	0.37	4.28
Tubulação 105	4.75	51.4	-0.98	0.47	6.56
Tubulação 106	72.58	51.4	-0.80	0.38	4.52
Tubulação 107	73.37	51.4	-1.29	0.62	10.91
Tubulação 108	71.62	51.4	-1.50	0.72	14.53
Tubulação 109	75.64	51.4	-1.79	0.86	20.22
Tubulação 110	73.52	51.4	-2.65	1.28	41.77
Tubulação 111	111.94	51.4	-1.99	0.96	24.56
Tubulação 112	3.69	72.8	-4.85	1.16	23.40
Tubulação 113	49.79	72.8	-5.05	1.21	25.24
Tubulação 114	4.03	156.4	-13.53	0.70	3.78
Tubulação 115	67.17	156.4	-13.73	0.71	3.88
Tubulação 116	6.26	72.8	4.92	1.18	24.05
Tubulação 117	70.71	72.8	4.72	1.13	22.25
Tubulação 118	5.69	51.4	-1.35	0.65	11.98
Tubulação 119	48.15	51.4	-1.55	0.75	15.50
Tubulação 120	72.47	51.4	-1.33	0.64	11.56
Tubulação 121	240.52	51.4	-1.53	0.74	15.03
Tubulação 122	4.56	51.4	-1.73	0.83	18.92
Tubulação 123	191.12	94.4	8.28	1.18	17.77
Tubulação 124	72.47	51.4	-0.84	0.41	4.97
Tubulação 125	5.76	51.4	-1.09	0.53	8.04
Tubulação 126	67.87	51.4	-1.29	0.62	11.01
Tubulação 127	72.80	51.4	-1.48	0.71	14.18

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 128	72.84	51.4	-1.59	0.77	16.21
Tubulação 129	68.72	51.4	-1.14	0.55	8.68
Tubulação 130	7.04	51.4	-1.34	0.64	11.75
Tubulação 131	113.14	51.4	0.66	0.32	3.16
Tubulação 132	113.21	51.4	0.09	0.04	0.08
Tubulação 133	113.08	51.4	0.01	0.01	0.00
Tubulação 134	111.25	51.4	0.38	0.18	1.14
Tubulação 135	191.15	51.4	-0.23	0.11	0.47
Tubulação 136	7.82	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 137	11.38	156.4	28.25	1.47	14.76
Tubulação 138	12.45	156.4	28.05	1.46	14.57
Tubulação 139	83.99	156.4	27.85	1.45	14.37
Tubulação 140	19.53	156.4	27.64	1.44	14.18
Tubulação 141	58.25	156.4	27.44	1.43	13.99
Tubulação 142	5.81	156.4	27.24	1.42	13.80
Tubulação 143	17.49	156.4	25.31	1.32	12.04
Tubulação 144	67.51	156.4	21.50	1.12	8.90
Tubulação 145	6.30	156.4	21.30	1.11	8.75
Tubulação 146	9.04	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 147	100.99	51.4	-0.40	0.19	1.28
Tubulação 148	111.64	51.4	-0.68	0.33	3.38
Tubulação 149	111.19	51.4	-0.85	0.41	5.09
Tubulação 150	3.61	51.4	-1.05	0.51	7.55
Tubulação 151	4.51	51.4	0.32	0.16	0.85
Tubulação 152	74.55	51.4	0.12	0.06	0.14
Tubulação 153	97.07	51.4	0.56	0.27	2.35
Tubulação 154	124.15	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 155	7.20	51.4	-0.20	0.10	0.35
Tubulação 156	79.80	51.4	-2.03	0.98	25.52
Tubulação 157	7.85	51.4	-2.24	1.08	30.41
Tubulação 158	7.79	51.4	-1.18	0.57	9.35
Tubulação 159	65.32	51.4	-1.38	0.67	12.53
Tubulação 160	41.68	72.8	1.82	0.44	3.80
Tubulação 161	3.98	51.4	0.17	0.08	0.27
Tubulação 162	118.51	51.4	-0.03	0.01	0.01
Tubulação 163	72.17	51.4	-0.71	0.34	3.65
Tubulação 164	121.41	51.4	-0.24	0.12	0.50
Tubulação 165	74.91	51.4	0.78	0.38	4.33
Tubulação 166	115.42	51.4	0.40	0.19	1.28
Tubulação 167	9.62	51.4	0.20	0.10	0.35
Tubulação 168	73.52	51.4	-1.63	0.79	16.94
Tubulação 169	188.32	51.4	-0.64	0.31	3.00
Tubulação 170	114.84	51.4	0.48	0.23	1.77

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 171	209.83	51.4	1.25	0.60	10.44
Tubulação 172	283.62	72.8	-3.40	0.82	12.16
Tubulação 173	3.11	51.4	-3.61	1.74	73.74
Tubulação R1	10.00	204.2	31.31	0.96	4.87
Tubulação R2	10.00	156.4	28.65	1.49	15.16
Tubulação R3	10.00	156.4	28.45	1.48	14.96

Tabela 15 – Relatório dos nós do cenário 2.

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 2	27.04	0.209	17.48
Nó 3	25.65	0.209	18.84
Nó 4	20.26	0.209	24.89
Nó 5	16.68	0.209	28.45
Nó 6	24.81	0.209	19.51
Nó 7	16.68	0.209	27.68
Nó 8	26.88	0.209	20.16
Nó 9	23.41	0.209	23.61
Nó 10	35.40	0.209	10.67
Nó 11	33.30	0.209	12.81
Nó 12	33.45	0.209	12.60
Nó 13	35.53	0.209	10.49
Nó 14	31.46	0.209	14.98
Nó 15	30.80	0.209	16.35
Nó 16	32.75	0.209	14.31
Nó 17	33.50	0.209	13.54
Nó 18	30.80	0.209	17.16
Nó 19	22.56	0.209	23.04
Nó 20	22.89	0.209	22.60
Nó 21	35.18	0.209	10.17
Nó 22	18.93	0.209	26.69
Nó 23	20.13	0.209	25.24
Nó 24	19.09	0.209	26.24
Nó 25	26.88	0.209	18.59
Nó 26	14.82	0.209	30.51
Nó 27	28.20	0.209	16.90
Nó 28	26.05	0.209	19.04
Nó 29	19.09	0.209	25.94
Nó 30	12.81	0.209	25.85
Nó 31	16.51	0.209	22.18

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 32	9.42	0.209	29.25
Nó 33	23.17	0.209	15.62
Nó 34	17.47	0.209	21.35
Nó 35	18.11	0.209	21.06
Nó 36	9.50	0.209	29.64
Nó 37	9.34	0.209	30.79
Nó 38	19.66	0.209	20.51
Nó 39	25.44	0.209	18.57
Nó 40	27.36	0.209	17.39
Nó 41	34.29	0.209	12.85
Nó 42	33.21	0.209	12.80
Nó 43	25.44	0.209	17.40
Nó 44	25.05	0.209	16.88
Nó 45	35.50	0.209	12.42
Nó 46	31.14	0.209	16.02
Nó 47	25.28	0.209	21.33
Nó 48	23.61	0.209	22.87
Nó 49	27.36	0.209	19.08
Nó 50	25.72	0.209	22.92
Nó 51	33.26	0.209	15.45
Nó 52	36.29	0.209	12.55
Nó 53	36.44	0.209	12.71
Nó 54	35.87	0.209	13.00
Nó 55	26.36	0.209	21.92
Nó 56	34.37	0.209	13.97
Nó 57	35.89	0.209	12.57
Nó 58	33.54	0.209	14.60
Nó 59	31.18	0.209	16.35
Nó 60	25.72	0.209	21.24
Nó 61	25.72	0.209	21.23
Nó 62	35.21	0.209	13.15
Nó 63	36.84	0.209	11.49
Nó 64	37.12	0.209	13.13
Nó 65	36.34	0.209	13.97
Nó 66	38.22	0.209	11.79
Nó 67	39.03	0.209	10.96
Nó 68	37.68	0.209	12.28
Nó 69	38.55	0.209	12.76
Nó 70	39.07	0.209	12.26
Nó 71	37.51	0.209	16.65
Nó 72	36.40	0.209	21.02
Nó 73	39.03	0.209	10.98
Nó 74	38.80	0.209	10.32

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 75	37.30	0.209	11.83
Nó 76	37.30	0.209	11.87
Nó 77	37.84	0.209	10.93
Nó 78	37.89	0.209	10.91
Nó 79	37.84	0.209	11.03
Nó 80	36.40	0.209	21.57
Nó 81	28.44	0.209	21.05
Nó 82	28.44	0.209	20.98
Nó 83	26.29	0.209	19.98
Nó 84	28.96	0.209	17.35
Nó 85	28.96	0.209	17.44
Nó 86	30.12	0.209	20.85
Nó 87	28.44	0.209	21.14
Nó 88	26.17	0.209	20.83
Nó 89	23.61	0.209	22.22
Nó 90	29.20	0.209	16.51
Nó 91	28.96	0.209	17.53
Nó 92	29.60	0.209	19.72
Nó 93	32.16	0.209	21.86
Nó 94	32.16	0.209	22.05
Nó 95	27.04	0.209	17.91
Nó 96	27.04	0.209	17.92
Nó 97	29.20	0.209	16.47
Nó 98	29.20	0.209	16.51
Nó 99	31.40	0.209	14.36
Nó 100	31.58	0.209	14.18
Nó 101	31.58	0.209	14.18
Nó 102	27.68	0.209	17.86
Nó 103	24.73	0.209	20.80
Nó 104	24.73	0.209	20.80
Nó 105	35.93	0.209	12.45
Nó 106	36.92	0.209	12.54
Nó 107	36.92	0.209	12.55
Nó 108	36.60	0.209	12.99
Nó 109	29.56	0.209	15.50
Nó 110	30.52	0.209	14.85
Nó 111	30.52	0.209	14.88
Nó 112	31.84	0.209	14.75
Nó 113	32.42	0.209	15.25
Nó 114	32.74	0.209	16.54
Nó 115	34.17	0.209	18.34
Nó 116	34.17	0.209	18.43
Nó 117	34.17	0.209	19.75

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 118	34.89	0.209	19.05
Nó 119	32.16	0.209	21.78
Nó 120	36.92	0.209	12.62
Nó 121	36.47	0.209	14.76
Nó 122	33.06	0.209	22.13
Nó 123	33.06	0.209	22.23
Nó 124	31.58	0.209	14.23
Nó 125	34.41	0.209	12.18
Nó 126	35.25	0.209	12.41
Nó 127	36.33	0.209	12.57
Nó 128	36.60	0.209	12.91
Nó 129	20.26	0.209	24.89
Nó 130	36.40	0.209	21.95
Nó 131	36.40	0.209	21.89
Nó 132	36.40	0.209	21.83
Nó 133	36.31	0.209	20.39
Nó 134	36.31	0.209	20.04
Nó 135	33.06	0.209	22.25
Nó 136	33.06	0.209	21.96
Nó 137	32.16	0.209	22.12
Nó 139	22.65	0.209	22.29
Nó 140	22.65	0.209	22.30
Nó 141	26.29	0.209	19.95
Nó 142	26.29	0.209	19.97
Nó 143	23.09	0.209	23.10
Nó 144	14.74	0.209	30.83
Nó 145	25.15	0.209	20.63
Nó 146	25.15	0.209	20.63
Nó 147	25.67	0.209	20.65
Nó 148	25.67	0.209	20.73
Nó 149	25.67	2.98	20.71
Nó 150	28.09	0.209	20.80
Nó 151	19.45	0.209	26.03
Nó 152	19.45	0.209	26.03
Nó 153	21.37	0.209	24.25
Nó 154	14.74	0.209	30.58
Nó 155	14.74	0.209	30.58
Nó 156	33.06	0.209	21.88
Nó 157	34.40	0.043	23.99
Nó 158	36.40	0.821	21.85
Nó 159	37.51	1.265	18.83
Nó 160	38.55	0.043	17.03
Nó 161	35.53	1.707	19.09

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 162	34.40	0.043	21.79
Nó 163	38.22	2.376	16.87
Nó 164	37.12	3.735	16.73
Nó 165	36.44	2.849	16.86
Nó 166	37.48	1.431	13.20
Nó 167	37.84	1.015	12.87
Nó 168	37.30	0.043	15.00
Nó 169	35.04	0.043	20.14
Nó 170	35.53	0.043	19.41
Nó 171	36.09	0.043	18.70
Nó 172	35.12	0.043	19.54
Nó 173	33.21	5.015	12.52
Nó 174	24.75	5.654	11.74
Nó 175	25.05	1.432	10.71
Nó 176	9.34	0.043	26.56
Nó 177	7.19	0.043	28.94
Nó 178	20.54	0.043	15.74
Nó 179	36.31	0.043	22.08
Nó 180	36.40	0.043	21.94
Nó 181	37.89	0.71	12.26
Nó 182	32.69	4.065	14.94
Nó 183	31.30	1.441	16.12
RNF 1	58.40		

Tabela 16 – Relatório dos trechos do cenário 2.

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 1	93.20	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 2	82.76	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 3	107.95	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 4	120.22	51.40	-0.42	0.20	1.36
Tubulação 5	38.62	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 6	100.94	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 7	44.44	51.40	0.42	0.20	1.36
Tubulação 8	85.23	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 9	67.11	51.40	-0.84	0.40	4.92
Tubulação 10	95.55	51.40	-1.04	0.50	7.44

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 11	66.82	51.40	0.42	0.20	1.36
Tubulação 12	40.72	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 13	45.73	51.40	1.67	0.81	17.76
Tubulação 14	83.27	51.40	0.42	0.20	1.36
Tubulação 15	355.67	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 16	116.06	51.40	0.53	0.25	2.10
Tubulação 17	114.47	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 18	1000.00	51.40	-0.10	0.05	0.09
Tubulação 19	125.01	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 20	78.33	51.40	0.14	0.07	0.19
Tubulação 21	142.59	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 22	71.96	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 23	65.01	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 24	70.70	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 25	47.12	51.40	-1.04	0.50	7.44
Tubulação 26	90.84	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 27	44.52	51.40	0.63	0.30	2.89
Tubulação 28	108.93	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 29	72.34	51.40	1.46	0.71	13.87
Tubulação 30	80.58	51.40	-1.17	0.57	9.23
Tubulação 31	191.32	51.40	-1.38	0.67	12.50
Tubulação 32	73.83	51.40	1.54	0.74	15.29
Tubulação 33	171.82	51.40	1.33	0.64	11.68
Tubulação 34	36.31	51.40	2.30	1.11	32.02
Tubulação 35	34.32	51.40	2.09	1.01	26.84
Tubulação 36	79.19	51.40	1.88	0.91	22.08
Tubulação 37	74.26	72.80	-3.13	0.75	10.44
Tubulação 38	153.33	51.40	0.84	0.40	4.92
Tubulação 39	191.60	51.40	0.63	0.30	2.89
Tubulação 40	92.29	51.40	0.42	0.20	1.36
Tubulação 41	122.80	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 42	176.25	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 43	96.68	51.40	-0.42	0.20	1.36
Tubulação 44	18.12	51.40	-1.65	0.79	17.29
Tubulação 45	14.33	72.80	4.39	1.05	19.46
Tubulação 46	53.70	72.80	4.18	1.00	17.78
Tubulação 47	163.20	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 48	82.32	51.40	-0.42	0.20	1.36
Tubulação 49	102.21	51.40	0.65	0.31	3.09
Tubulação 50	81.88	51.40	1.04	0.50	7.44
Tubulação 51	100.15	51.40	0.84	0.40	4.92
Tubulação 52	56.34	51.40	0.42	0.20	1.36
Tubulação 53	16.34	51.40	0.21	0.10	0.38

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 54	82.23	51.40	-0.60	0.29	2.69
Tubulação 55	80.94	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 56	66.93	51.40	1.02	0.49	7.12
Tubulação 57	166.05	51.40	-1.28	0.62	10.79
Tubulação 58	103.96	94.40	6.25	0.89	10.55
Tubulação 59	39.81	156.40	8.17	0.43	1.48
Tubulação 60	160.03	51.40	0.43	0.21	1.46
Tubulação 61	62.63	51.40	0.22	0.11	0.43
Tubulação 62	66.35	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 63	52.43	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 64	106.90	51.40	-2.07	1.00	26.47
Tubulação 65	102.96	51.40	-2.28	1.10	31.62
Tubulação 66	42.67	51.40	-0.19	0.09	0.33
Tubulação 67	76.22	51.40	-1.66	0.80	17.45
Tubulação 68	23.94	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 69	25.43	51.40	-0.42	0.20	1.36
Tubulação 70	80.16	51.40	-1.25	0.60	10.42
Tubulação 71	75.16	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 72	48.26	51.40	-0.42	0.20	1.36
Tubulação 73	103.56	51.40	-0.63	0.30	2.89
Tubulação 74	14.81	51.40	2.49	1.20	37.19
Tubulação 75	3.33	51.40	1.83	0.88	21.02
Tubulação 76	187.70	51.40	1.62	0.78	16.79
Tubulação 77	38.98	51.40	-0.35	0.17	1.00
Tubulação 78	38.05	51.40	-0.56	0.27	2.36
Tubulação 79	66.40	72.80	4.57	1.10	20.96
Tubulação 80	4.59	72.80	4.36	1.05	19.21
Tubulação 81	76.77	51.40	2.32	1.12	32.52
Tubulação 82	100.17	51.40	1.33	0.64	11.65
Tubulação 83	84.89	51.40	-1.10	0.53	8.12
Tubulação 84	4.49	51.40	-1.87	0.90	21.80
Tubulação 85	106.51	51.40	-2.08	1.00	26.53
Tubulação 86	148.16	51.40	-2.29	1.10	31.69
Tubulação 87	5.31	51.40	-2.49	1.20	37.26
Tubulação 88	7.62	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 89	104.52	51.40	-0.42	0.20	1.36
Tubulação 90	136.00	51.40	-0.77	0.37	4.23
Tubulação 91	5.40	51.40	-0.98	0.47	6.59
Tubulação 92	4.15	51.40	-0.09	0.04	0.08
Tubulação 93	67.32	51.40	-0.30	0.15	0.74
Tubulação 94	106.09	51.40	-0.03	0.02	0.01
Tubulação 95	5.59	51.40	-0.24	0.12	0.50
Tubulação 96	71.49	51.40	0.66	0.32	3.17

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 97	73.80	51.40	0.06	0.03	0.04
Tubulação 98	6.38	51.40	-0.15	0.07	0.20
Tubulação 99	285.45	51.40	-1.22	0.59	9.96
Tubulação 100	81.41	51.40	-1.43	0.69	13.34
Tubulação 101	5.18	51.40	-0.27	0.13	0.60
Tubulação 102	73.74	51.40	-0.48	0.23	1.75
Tubulação 103	108.84	51.40	-0.84	0.40	4.92
Tubulação 104	68.26	51.40	-0.80	0.39	4.57
Tubulação 105	4.75	51.40	-1.01	0.49	7.02
Tubulação 106	72.58	51.40	-0.83	0.40	4.89
Tubulação 107	73.37	51.40	-1.31	0.63	11.31
Tubulação 108	71.62	51.40	-1.53	0.74	15.15
Tubulação 109	75.64	51.40	-1.84	0.89	21.16
Tubulação 110	73.52	51.40	-2.73	1.31	43.94
Tubulação 111	111.94	51.40	-2.05	0.99	25.98
Tubulação 112	3.69	72.80	-4.99	1.20	24.68
Tubulação 113	49.79	72.80	-5.20	1.25	26.63
Tubulação 114	4.03	156.40	-13.97	0.73	4.01
Tubulação 115	67.17	156.40	-14.18	0.74	4.12
Tubulação 116	6.26	72.80	6.85	1.65	44.42
Tubulação 117	70.71	72.80	6.64	1.60	41.94
Tubulação 118	5.69	51.40	-1.37	0.66	12.32
Tubulação 119	48.15	51.40	-1.58	0.76	16.02
Tubulação 120	72.47	51.40	-1.40	0.67	12.73
Tubulação 121	240.52	51.40	-1.61	0.77	16.48
Tubulação 122	4.56	51.40	-1.81	0.87	20.67
Tubulação 123	191.12	94.40	8.56	1.22	18.92
Tubulação 124	72.47	51.40	-0.87	0.42	5.27
Tubulação 125	5.76	51.40	1.11	0.54	8.32
Tubulação 126	67.87	51.40	-1.32	0.64	11.46
Tubulação 127	72.80	51.40	-1.51	0.73	14.77
Tubulação 128	72.84	51.40	-1.63	0.78	16.90
Tubulação 129	68.72	51.40	-1.16	0.56	8.98
Tubulação 130	7.04	51.40	-1.37	0.66	12.21
Tubulação 131	113.14	51.40	0.68	0.33	3.36
Tubulação 132	113.21	51.40	0.09	0.05	0.09
Tubulação 133	113.08	51.40	0.01	0.01	0.00
Tubulação 134	111.25	51.40	0.39	0.19	1.19
Tubulação 135	191.15	51.40	-0.24	0.12	0.49
Tubulação 136	7.82	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 137	11.38	204.20	32.05	0.98	5.09
Tubulação 138	12.45	204.20	31.84	0.97	5.03
Tubulação 139	83.99	156.40	31.63	1.65	18.20

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 140	19.53	156.40	31.42	1.64	17.98
Tubulação 141	58.25	156.40	31.21	1.62	17.76
Tubulação 142	5.81	204.20	31.00	0.95	4.78
Tubulação 143	17.49	156.40	28.98	1.51	15.47
Tubulação 144	67.51	156.40	23.94	1.25	10.87
Tubulação 145	6.30	156.40	23.73	1.24	10.69
Tubulação 146	9.04	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 147	100.99	51.40	-0.42	0.20	1.36
Tubulação 148	111.64	51.40	-0.69	0.33	3.47
Tubulação 149	111.19	51.40	-1.00	0.48	6.86
Tubulação 150	3.61	51.40	-1.21	0.58	9.75
Tubulação 151	4.51	51.40	0.56	0.27	2.32
Tubulação 152	74.55	51.40	0.35	0.17	0.97
Tubulação 153	97.07	51.40	0.92	0.44	5.83
Tubulação 154	124.15	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 155	7.20	51.40	-0.21	0.10	0.38
Tubulação 156	79.80	51.40	-1.00	0.48	6.81
Tubulação 157	7.85	51.40	-1.21	0.58	9.69
Tubulação 158	7.79	51.40	0.45	0.22	1.58
Tubulação 159	65.32	51.40	-2.53	1.22	38.16
Tubulação 160	41.68	51.40	1.88	0.91	22.08
Tubulação 161	3.98	51.40	-0.18	0.09	0.28
Tubulação 162	118.51	51.40	-0.39	0.19	1.17
Tubulação 163	72.17	51.40	-0.62	0.30	2.86
Tubulação 164	121.41	51.40	0.50	0.24	1.89
Tubulação 165	74.91	51.40	0.45	0.22	1.56
Tubulação 166	115.42	51.40	0.42	0.20	1.36
Tubulação 167	9.62	51.40	0.21	0.10	0.38
Tubulação 168	73.52	51.40	-0.58	0.28	2.49
Tubulação 169	188.32	51.40	-0.78	0.37	4.30
Tubulação 170	114.84	51.40	0.03	0.01	0.01
Tubulação 171	209.83	51.40	1.87	0.90	21.78
Tubulação 172	283.62	72.80	-4.62	1.11	21.38
Tubulação 173	3.11	72.80	-4.83	1.16	23.21
Tubulação 174	26.75	51.40	-0.09	0.04	0.07
Tubulação 175	103.56	156.40	31.87	1.66	18.46
Tubulação 176	209.36	51.40	0.71	0.34	3.65
Tubulação 177	295.24	51.40	0.67	0.32	3.25
Tubulação 178	197.61	51.40	-1.25	0.60	10.42
Tubulação 179	76.44	156.40	29.90	1.56	16.39
Tubulação 180	158.48	156.40	20.01	1.04	7.79
Tubulação 181	102.57	156.40	16.27	0.85	5.32
Tubulação 182	67.35	51.40	-0.24	0.11	0.47

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 183	107.99	94.40	-7.47	1.07	14.69
Tubulação 184	187.88	94.40	-7.51	1.07	14.84
Tubulação 185	108.85	51.40	0.86	0.41	5.15
Tubulação 186	302.85	51.40	0.31	0.15	0.78
Tubulação 187	253.49	51.40	0.27	0.13	0.60
Tubulação 188	308.10	51.40	0.22	0.11	0.43
Tubulação 189	138.19	51.40	0.18	0.09	0.29
Tubulação 190	189.14	72.80	7.22	1.73	48.87
Tubulação 191	84.18	51.40	1.13	0.55	8.64
Tubulação 192	200.18	51.40	-0.30	0.14	0.73
Tubulação 193	237.97	51.40	-0.34	0.16	0.94
Tubulação 194	130.08	51.40	-0.38	0.19	1.17
Tubulação 195	144.91	51.40	-0.43	0.21	1.42
Tubulação 196	80.52	51.40	0.04	0.02	0.02
Tubulação 197	16.48	204.20	-33.95	1.04	5.66
Tubulação 198	275.11	51.40	-1.20	0.58	9.54
Tubulação 199	206.84	94.40	12.23	1.75	36.63
Tubulação 200	104.03	51.40	1.21	0.58	9.76
Tubulação 201	53.20	94.40	6.22	0.89	10.46
Tubulação 202	301.98	94.40	5.51	0.79	8.36
Tubulação 203	82.90	72.80	1.44	0.35	2.47
Tubulação R1	10.00	204.20	-33.99	1.04	5.67
Tubulação R2	10.00	51.40	-2.70	1.30	43.17
Tubulação R3	10.00	204.20	-32.26	0.98	5.15
Tubulação R4	10.00	51.40	-0.30	0.14	0.71

Tabela 17 – Relatório dos nós do cenário 3.

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 2	27.04	0.283	16.19
Nó 3	25.65	0.283	17.53
Nó 4	20.26	0.283	24.09
Nó 5	16.68	0.283	27.63
Nó 6	24.81	0.283	18.07
Nó 7	16.68	0.283	26.27
Nó 8	26.88	0.283	20.68

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 9	23.41	0.283	24.12
Nó 10	35.40	0.283	11.10
Nó 11	33.30	0.283	13.27
Nó 12	33.45	0.283	13.01
Nó 13	35.53	0.283	10.88
Nó 14	31.46	0.283	15.69
Nó 15	30.80	0.283	17.59
Nó 16	32.75	0.283	15.48
Nó 17	33.50	0.283	14.70
Nó 18	30.80	0.283	17.85
Nó 19	22.56	0.283	23.24
Nó 20	22.89	0.283	22.71
Nó 21	35.18	0.283	10.19
Nó 22	18.93	0.283	26.80
Nó 23	20.13	0.283	25.02
Nó 24	19.09	0.283	25.98
Nó 25	26.88	0.283	18.27
Nó 26	14.82	0.283	30.25
Nó 27	28.20	0.283	16.16
Nó 28	26.05	0.283	18.31
Nó 29	19.09	0.283	25.16
Nó 30	12.81	0.283	25.55
Nó 31	16.51	0.283	21.90
Nó 32	9.42	0.283	28.95
Nó 33	23.17	0.283	15.42
Nó 34	17.47	0.283	21.16
Nó 35	18.11	0.283	21.14
Nó 36	9.50	0.283	29.69
Nó 37	9.34	0.283	31.59
Nó 38	19.66	0.283	21.35

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 39	25.44	0.283	16.80
Nó 40	27.36	0.283	16.19
Nó 41	34.29	0.283	13.45
Nó 42	33.21	0.283	12.55
Nó 43	25.44	0.283	16.43
Nó 44	25.05	0.283	16.52
Nó 45	35.50	0.283	13.60
Nó 46	31.14	0.283	16.63
Nó 47	25.28	0.283	21.52
Nó 48	23.61	0.283	22.97
Nó 49	27.36	0.283	19.14
Nó 50	25.72	0.283	24.64
Nó 51	33.26	0.283	17.22
Nó 52	36.29	0.283	14.42
Nó 53	36.44	0.283	14.82
Nó 54	35.87	0.283	14.90
Nó 55	26.36	0.283	23.38
Nó 56	34.37	0.283	15.47
Nó 57	35.89	0.283	14.15
Nó 58	33.54	0.283	15.95
Nó 59	31.18	0.283	17.24
Nó 60	25.72	0.283	21.70
Nó 61	25.72	0.283	21.69
Nó 62	35.21	0.283	14.66
Nó 63	36.84	0.283	12.98
Nó 64	37.12	0.283	16.06
Nó 65	36.34	0.283	18.23
Nó 66	38.22	0.283	12.90
Nó 67	39.03	0.283	11.56
Nó 68	37.68	0.283	12.87

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 69	38.55	0.283	12.91
Nó 70	39.07	0.283	12.43
Nó 71	37.51	0.283	16.61
Nó 72	36.40	0.283	20.95
Nó 73	39.03	0.283	11.47
Nó 74	38.80	0.283	10.15
Nó 75	37.30	0.283	11.67
Nó 76	37.30	0.283	11.73
Nó 77	37.84	0.283	10.50
Nó 78	37.89	0.283	10.50
Nó 79	37.84	0.283	10.66
Nó 80	36.40	0.283	21.53
Nó 81	28.44	0.283	22.57
Nó 82	28.44	0.283	22.46
Nó 83	26.29	0.283	20.18
Nó 84	28.96	0.283	17.50
Nó 85	28.96	0.283	17.52
Nó 86	30.12	0.283	24.14
Nó 87	28.44	0.283	22.76
Nó 88	26.17	0.283	23.47
Nó 89	23.61	0.283	22.84
Nó 90	29.20	0.283	16.08
Nó 91	28.96	0.283	17.63
Nó 92	29.60	0.283	20.39
Nó 93	32.16	0.283	23.69
Nó 94	32.16	0.283	23.94
Nó 95	27.04	0.283	17.07
Nó 96	27.04	0.283	17.07
Nó 97	29.20	0.283	16.02
Nó 98	29.20	0.283	16.08

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 99	31.40	0.283	13.93
Nó 100	31.58	0.283	13.75
Nó 101	31.58	0.283	13.76
Nó 102	27.68	0.283	17.36
Nó 103	24.73	0.283	20.31
Nó 104	24.73	0.283	20.31
Nó 105	35.93	0.283	15.10
Nó 106	36.92	0.283	16.34
Nó 107	36.92	0.283	16.27
Nó 108	36.60	0.283	15.93
Nó 109	29.56	0.283	14.61
Nó 110	30.52	0.283	14.19
Nó 111	30.52	0.283	14.25
Nó 112	31.84	0.283	14.76
Nó 113	32.42	0.283	15.86
Nó 114	32.74	0.283	17.83
Nó 115	34.17	0.283	20.02
Nó 116	34.17	0.283	20.10
Nó 117	34.17	0.283	21.32
Nó 118	34.89	0.283	20.64
Nó 119	32.16	0.283	23.79
Nó 120	36.92	0.283	16.81
Nó 121	36.47	0.283	18.39
Nó 122	33.06	0.283	23.56
Nó 123	33.06	0.283	23.61
Nó 124	31.58	0.283	13.83
Nó 125	34.41	0.283	12.18
Nó 126	35.25	0.283	13.03
Nó 127	36.33	0.283	14.11
Nó 128	36.60	0.283	15.69

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 129	20.26	0.283	24.09
Nó 130	36.40	0.283	21.91
Nó 131	36.40	0.283	21.81
Nó 132	36.40	0.283	21.70
Nó 133	36.31	0.283	21.07
Nó 134	36.31	0.283	20.90
Nó 135	33.06	0.283	23.66
Nó 136	33.06	0.283	23.47
Nó 137	32.16	0.283	23.98
Nó 139	22.65	0.283	21.45
Nó 140	22.65	0.283	21.46
Nó 141	26.29	0.283	20.12
Nó 142	26.29	0.283	20.18
Nó 143	23.09	0.283	23.42
Nó 144	14.74	0.283	30.91
Nó 145	25.15	0.283	20.84
Nó 146	25.15	0.283	20.84
Nó 147	25.67	0.283	21.02
Nó 148	25.67	0.283	21.13
Nó 149	25.67	3.061	21.10
Nó 150	28.09	0.283	20.86
Nó 151	19.45	0.283	26.14
Nó 152	19.45	0.283	26.14
Nó 153	21.37	0.283	24.46
Nó 154	14.74	0.283	30.58
Nó 155	14.74	0.283	30.57
Nó 156	33.06	0.283	23.38
Nó 157	34.40	1.460	22.07
Nó 158	36.40	1.248	21.65
Nó 159	37.51	1.692	19.65

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (l/s)	Pressão (mca)
Nó 160	38.55	1.460	15.36
Nó 161	35.53	2.134	18.35
Nó 162	34.40	1.460	23.27
Nó 163	38.22	2.803	16.86
Nó 164	37.12	4.162	15.97
Nó 165	36.44	3.276	15.72
Nó 166	37.48	1.858	13.75
Nó 167	37.84	1.442	14.01
Nó 168	37.30	0.470	17.33
Nó 169	35.04	1.460	20.95
Nó 170	35.53	1.460	12.71
Nó 171	36.09	1.460	11.52
Nó 172	35.12	1.460	14.18
Nó 173	33.21	5.442	17.66
Nó 174	24.75	6.081	19.10
Nó 175	25.05	1.860	13.27
Nó 176	9.34	1.460	25.96
Nó 177	7.19	1.460	28.10
Nó 178	20.54	1.460	16.39
Nó 179	36.31	1.460	19.06
Nó 180	36.40	1.460	21.86
Nó 181	37.89	1.137	13.17
Nó 182	32.69	4.492	15.08
Nó 183	31.30	1.868	16.14
RNF 1	58.40		

Tabela 18 – Relatório dos trechos do cenário 3.

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 1	93.20	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 2	82.76	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 3	107.95	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 4	120.22	51.40	-0.57	0.27	2.39
Tubulação 5	38.62	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 6	100.94	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 7	44.44	51.40	0.57	0.27	2.39
Tubulação 8	85.23	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 9	67.11	51.40	-1.13	0.55	8.62
Tubulação 10	95.55	51.40	-1.41	0.68	13.03
Tubulação 11	66.82	51.40	0.57	0.27	2.39
Tubulação 12	40.72	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 13	45.73	72.80	2.26	0.54	5.71
Tubulação 14	83.27	51.40	0.57	0.27	2.39
Tubulação 15	355.67	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 16	116.06	51.40	0.85	0.41	5.02
Tubulação 17	114.47	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 18	1000.00	51.40	0.00	0.00	0.00
Tubulação 19	125.01	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 20	78.33	51.40	0.11	0.05	0.11
Tubulação 21	142.59	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 22	71.96	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 23	65.01	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 24	70.70	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 25	47.12	51.40	-1.41	0.68	13.03
Tubulação 26	90.84	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 27	44.52	51.40	0.85	0.41	5.06
Tubulação 28	108.93	51.40	-0.28	0.14	0.66

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 29	72.34	51.40	1.98	0.95	24.31
Tubulação 30	80.58	51.40	-1.59	0.77	16.18
Tubulação 31	191.32	51.40	-1.87	0.90	21.92
Tubulação 32	73.83	51.40	2.09	1.01	26.81
Tubulação 33	171.82	51.40	1.81	0.87	20.47
Tubulação 34	36.31	72.80	3.11	0.75	10.30
Tubulação 35	34.32	72.80	2.83	0.68	8.64
Tubulação 36	79.19	72.80	2.55	0.61	7.10
Tubulação 37	74.26	72.80	-4.24	1.02	18.30
Tubulação 38	153.33	51.40	1.13	0.55	8.62
Tubulação 39	191.60	51.40	0.85	0.41	5.06
Tubulação 40	92.29	51.40	0.57	0.27	2.39
Tubulação 41	122.80	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 42	176.25	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 43	96.68	51.40	-0.57	0.27	2.39
Tubulação 44	18.12	51.40	-2.23	1.08	30.31
Tubulação 45	14.33	72.80	5.94	1.43	34.12
Tubulação 46	53.70	72.80	5.66	1.36	31.17
Tubulação 47	163.20	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 48	82.32	51.40	-0.57	0.27	2.39
Tubulação 49	102.21	51.40	0.88	0.42	5.42
Tubulação 50	81.88	51.40	1.41	0.68	13.03
Tubulação 51	100.15	51.40	1.13	0.55	8.62
Tubulação 52	56.34	51.40	0.57	0.27	2.39
Tubulação 53	16.34	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 54	82.23	51.40	-0.82	0.39	4.71
Tubulação 55	80.94	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 56	66.93	51.40	1.38	0.67	12.49
Tubulação 57	166.05	51.40	-1.73	0.83	18.92

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 58	103.96	94.40	8.46	1.21	18.50
Tubulação 59	39.81	94.40	11.88	1.70	34.69
Tubulação 60	160.03	51.40	1.41	0.68	12.87
Tubulação 61	62.63	51.40	1.12	0.54	8.49
Tubulação 62	66.35	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 63	52.43	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 64	106.90	51.40	-1.99	0.96	24.52
Tubulação 65	102.96	51.40	-2.27	1.10	31.37
Tubulação 66	42.67	51.40	0.56	0.27	2.31
Tubulação 67	76.22	51.40	-1.42	0.69	13.20
Tubulação 68	23.94	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 69	25.43	51.40	-0.57	0.27	2.39
Tubulação 70	80.16	51.40	-1.70	0.82	18.27
Tubulação 71	75.16	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 72	48.26	51.40	-0.57	0.27	2.39
Tubulação 73	103.56	51.40	-0.85	0.41	5.06
Tubulação 74	14.81	51.40	2.56	1.23	38.98
Tubulação 75	3.33	51.40	2.23	1.08	30.39
Tubulação 76	187.70	51.40	1.95	0.94	23.65
Tubulação 77	38.98	51.40	0.04	0.02	0.02
Tubulação 78	38.05	51.40	-0.24	0.12	0.50
Tubulação 79	66.40	72.80	6.99	1.68	46.05
Tubulação 80	4.59	72.80	6.70	1.61	42.65
Tubulação 81	76.77	72.80	4.19	1.01	17.83
Tubulação 82	100.17	51.40	2.29	1.10	31.78
Tubulação 83	84.89	51.40	-1.48	0.72	14.24
Tubulação 84	4.49	51.40	-2.01	0.97	24.97
Tubulação 85	106.51	51.40	-2.29	1.11	31.87
Tubulação 86	148.16	51.40	-2.58	1.24	39.54

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 87	5.31	51.40	-2.86	1.38	47.95
Tubulação 88	7.62	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 89	104.52	51.40	-0.57	0.27	2.39
Tubulação 90	136.00	51.40	-0.96	0.46	6.32
Tubulação 91	5.40	51.40	-1.24	0.60	10.21
Tubulação 92	4.15	51.40	-0.04	0.02	0.02
Tubulação 93	67.32	51.40	-0.32	0.16	0.84
Tubulação 94	106.09	51.40	-0.03	0.02	0.01
Tubulação 95	5.59	51.40	-0.32	0.15	0.81
Tubulação 96	71.49	51.40	0.78	0.37	4.29
Tubulação 97	73.80	51.40	-0.07	0.04	0.05
Tubulação 98	6.38	51.40	-0.36	0.17	1.01
Tubulação 99	285.45	51.40	-1.83	0.88	20.99
Tubulação 100	81.41	51.40	-2.11	1.02	27.39
Tubulação 101	5.18	51.40	1.44	0.69	13.39
Tubulação 102	73.74	51.40	1.15	0.56	8.92
Tubulação 103	108.84	51.40	-1.13	0.55	8.62
Tubulação 104	68.26	51.40	-1.07	0.52	7.81
Tubulação 105	4.75	51.40	-1.36	0.65	12.05
Tubulação 106	72.58	51.40	-1.07	0.52	7.81
Tubulação 107	73.37	51.40	-1.64	0.79	17.23
Tubulação 108	71.62	51.40	-1.94	0.94	23.45
Tubulação 109	75.64	51.40	-2.23	1.08	30.29
Tubulação 110	73.52	51.40	-2.90	1.40	49.26
Tubulação 111	111.94	51.40	-1.51	0.73	14.76
Tubulação 112	3.69	72.80	-4.70	1.13	22.07
Tubulação 113	49.79	72.80	-4.98	1.20	24.60
Tubulação 114	4.03	156.40	-20.78	1.08	8.36
Tubulação 115	67.17	156.40	-21.07	1.10	8.57

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 116	6.26	94.40	9.99	1.43	25.16
Tubulação 117	70.71	94.40	9.70	1.39	23.86
Tubulação 118	5.69	51.40	-3.83	1.85	82.48
Tubulação 119	48.15	72.80	-4.11	0.99	17.27
Tubulação 120	72.47	51.40	-0.75	0.36	4.05
Tubulação 121	240.52	51.40	-1.04	0.50	7.32
Tubulação 122	4.56	51.40	-1.32	0.64	11.44
Tubulação 123	191.12	156.40	15.52	0.81	4.87
Tubulação 124	72.47	51.40	-1.19	0.57	9.47
Tubulação 125	5.76	51.40	1.38	0.66	12.36
Tubulação 126	67.87	51.40	-1.66	0.80	17.48
Tubulação 127	72.80	51.40	-1.93	0.93	23.07
Tubulação 128	72.84	51.40	-2.20	1.06	29.62
Tubulação 129	68.72	51.40	-2.10	1.01	27.09
Tubulação 130	7.04	51.40	-2.38	1.15	34.23
Tubulação 131	113.14	51.40	0.39	0.19	1.18
Tubulação 132	113.21	51.40	0.00	0.00	0.00
Tubulação 133	113.08	51.40	0.02	0.01	0.00
Tubulação 134	111.25	51.40	0.57	0.27	2.39
Tubulação 135	191.15	51.40	-0.34	0.16	0.94
Tubulação 136	7.82	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 137	11.38	204.20	43.24	1.32	8.86
Tubulação 138	12.45	204.20	42.95	1.31	8.75
Tubulação 139	83.99	204.20	42.67	1.30	8.64
Tubulação 140	19.53	204.20	42.39	1.29	8.54
Tubulação 141	58.25	204.20	42.11	1.29	8.43
Tubulação 142	5.81	204.20	41.82	1.28	8.33
Tubulação 143	17.49	204.20	40.22	1.23	7.75
Tubulação 144	67.51	204.20	34.48	1.05	5.82

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 145	6.30	204.20	34.19	1.04	5.74
Tubulação 146	9.04	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 147	100.99	51.40	-0.57	0.27	2.39
Tubulação 148	111.64	51.40	-1.02	0.49	7.16
Tubulação 149	111.19	51.40	-1.31	0.63	11.30
Tubulação 150	3.61	51.40	-1.59	0.77	16.24
Tubulação 151	4.51	51.40	0.04	0.02	0.01
Tubulação 152	74.55	51.40	-0.25	0.12	0.52
Tubulação 153	97.07	51.40	1.08	0.52	7.95
Tubulação 154	124.15	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 155	7.20	51.40	-0.28	0.14	0.66
Tubulação 156	79.80	51.40	-1.15	0.56	8.90
Tubulação 157	7.85	51.40	-1.43	0.69	13.37
Tubulação 158	7.79	51.40	0.71	0.34	3.67
Tubulação 159	65.32	51.40	-2.35	1.13	33.27
Tubulação 160	41.68	72.80	2.55	0.61	7.10
Tubulação 161	3.98	51.40	-0.23	0.11	0.47
Tubulação 162	118.51	51.40	-0.52	0.25	2.03
Tubulação 163	72.17	51.40	-1.13	0.54	8.58
Tubulação 164	121.41	51.40	0.88	0.42	5.38
Tubulação 165	74.91	51.40	0.61	0.30	2.78
Tubulação 166	115.42	51.40	0.57	0.27	2.39
Tubulação 167	9.62	51.40	0.28	0.14	0.66
Tubulação 168	73.52	51.40	-0.59	0.28	2.55
Tubulação 169	188.32	51.40	-1.61	0.78	16.63
Tubulação 170	114.84	51.40	0.33	0.16	0.87
Tubulação 171	209.83	51.40	2.43	1.17	35.54
Tubulação 172	283.62	72.80	-5.18	1.24	26.43
Tubulação 173	3.11	72.80	-5.46	1.31	29.16

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 174	26.75	51.40	-2.92	1.41	49.87
Tubulação 175	103.56	204.20	42.52	1.30	8.59
Tubulação 176	209.36	51.40	1.56	0.75	15.56
Tubulação 177	295.24	51.40	0.10	0.05	0.09
Tubulação 178	197.61	156.40	-9.34	0.49	1.90
Tubulação 179	76.44	156.40	39.27	2.04	27.17
Tubulação 180	158.48	156.40	25.88	1.35	12.56
Tubulação 181	102.57	156.40	21.72	1.13	9.08
Tubulação 182	67.35	51.40	-1.17	0.57	9.23
Tubulação 183	107.99	94.40	-10.11	1.44	25.76
Tubulação 184	187.88	156.40	-10.58	0.55	2.40
Tubulação 185	108.85	72.80	4.38	1.05	19.39
Tubulação 186	302.85	51.40	2.04	0.98	25.58
Tubulação 187	253.49	51.40	0.58	0.28	2.47
Tubulação 188	308.10	51.40	-0.88	0.43	5.45
Tubulação 189	138.19	51.40	-2.34	1.13	33.18
Tubulação 190	189.14	94.40	12.32	1.76	37.14
Tubulação 191	84.18	51.40	3.39	1.63	65.71
Tubulação 192	200.18	51.40	1.53	0.74	15.05
Tubulação 193	237.97	51.40	0.07	0.03	0.05
Tubulação 194	130.08	51.40	-1.39	0.67	12.63
Tubulação 195	144.91	51.40	-2.85	1.37	47.70
Tubulação 196	80.52	51.40	1.46	0.70	13.81
Tubulação 197	16.48	204.20	-53.11	1.62	12.96
Tubulação 198	275.11	51.40	-0.68	0.33	3.39
Tubulação 199	206.84	156.40	17.76	0.92	6.25
Tubulação 200	104.03	94.40	7.88	1.13	16.22
Tubulação 201	53.20	94.40	7.50	1.07	14.80
Tubulação 202	301.98	94.40	6.36	0.91	10.91

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
Tubulação 203	82.90	72.80	1.87	0.45	4.00
Tubulação R1	10.00	204.20	-54.56	1.67	13.63
Tubulação R2	10.00	51.40	-2.84	1.37	47.35
Tubulação R3	10.00	204.20	-43.52	1.33	8.97
Tubulação R4	10.00	51.40	-3.20	1.54	59.18

## 8. ANEXO

Tabela 11 – Vazões e nó inserido dos prédios.

	Nome do Empreendimento	Unidades Habitacionais	Lojas (m <sup>2</sup> )	Escritórios (m <sup>2</sup> )	Vazão (l/s)	Nó inserido
1	Masões Heron Marinho	35			0,486	182
2	Next Towers	216			3,00	174
3	Residencial Liége	188			2,611	174
4	Ultramare Class Club Residence	140			1,944	173
5	Alliance Plaza	110	944,1		1,703	182
6	Grandmare Club Residence	132			1,833	182
7	Aquamare Club Residence	150			2,083	173
8	Saint Michel Boulevard	33			0,458	173
9	Tour Geneve	56	1157,5	2566,3	1,388	166

	Nome do Empreendimento	Unidades Habitacionais	Lojas (m <sup>2</sup> )	Escritórios (m <sup>2</sup> )	Vazão (l/s)	Nó inserido
10	Tours Mont Blanc	68			0,944	165
11	Saint Germain Boulevard	72			1,00	165
12	Porto Dalian Eco Residence	44			0,611	164
13	Almanara Residence	152	434,6		2,192	164
14	Montalcino Residence	100			1,389	163
15	Altiplano Residence Club	68			0,944	163
16	Greenmare Club Residence	88			1,222	159
17	Residencial Arizona	200			2,778	149
18	Palazzo di Toscana	64			0,889	164
19	Maison de Florence	100			1,389	175
20	Netanyahu Residence	35			0,486	173
21	Residencial Yahweh	62			0,861	165
22	Maralto Prime Residence	70			0,972	167
23	Fontana di Mare	48			0,667	181
24	Alta Vista Residence	56			0,778	158
25	Parthenon	96	890,7	1071,8	1,664	161
26	Altiplej José Olimpo	74	2000		1,398	183

Tabela 12 – Informações sobre os prédios.

	Nome do Empreendimento	Ano de Lançamento	Porcentagem de Conclusão da Obra (%)	Período do término ou previsão do término da obra
1	Masões Heron Marinho	2010	100	04/2015
2	Next Towers	2013	64,38	-----
3	Residencial Liège	2012	72,25	-----
4	Ultramare Class Club Residence	2008	100	05/2012
5	Alliance Plaza	2012	100	12/2016
6	Grandmare Club Residence	2010	100	04/2015
7	Aquamare Club Residence	2010	100	2014
8	Saint Michel Boulevard	2007	100	2013
9	Tour Geneve	2011	67	-----
10	Tours Mont Blanc	2008	100	08/2014
11	Saint Germain Boulevard	2011	100	2016
12	Porto Dalian Eco Residence	2010	100	2014
13	Almanara Residence	2012	100	2017
14	Montalcino Residence	2012	-----	12/2018
15	Altiplano Residence Club	2012	100	2016
16	Greenmare Club Residence	2011	100	04/2016
17	Residencial Arizona	2009	100	-----

	Nome do Empreendimento	Ano de Lançamento	Porcentagem de Conclusão da Obra (%)	Período do término ou previsão do término da obra
18	Palazzo di Toscana	-----	90	2017
19	Maison de Florence	2009	100	2017
20	Netanyahu Residence	2006	-----	-----
21	Residencial Yahweh	2008	-----	-----
22	Maralto Prime Residence	2011	100	2015
23	Fontana di Mare	2010	100	11/2014
24	Alta Vista Residence	-----	100	2016
25	Parthenon	-----	90	2017
26	Altiplej José Olimpo	-----	64,90	-----