



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

LARA PATRÍCIA GOMES DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO PÚBLICA DE
ÁGUA DA QUADRA 1303 SUL EM PALMAS/TO: UM COMPARATIVO
ENTRE OS SISTEMAS DIRETO E INDIRETO**

**Palmas/TO
2015**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

LARA PATRÍCIA GOMES DA SILVA

DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO PÚBLICA DE ÁGUA DA QUADRA 1303 SUL EM PALMAS/TO: UM COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS DIRETO E INDIRETO

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Estágio em Engenharia Civil com TCC II curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Mestre Carlos Spartacus da Silva Oliveira.

Palmas/TO
2015



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Lara Patrícia Gomes da Silva

DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO PÚBLICA DE ÁGUA DA QUADRA 1303 SUL EM PALMAS/TO: UM COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS DIRETO E INDIRETO

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Estágio em Engenharia Civil com TCC II curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Mestre Carlos Spartacus da Silva Oliveira.

Aprovada em 26 de novembro de 2015

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador: Msc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Msc. Edivaldo Alves dos Santos
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Msc. Jacqueline Henrique
Centro Universitário Luterano de Palmas

PALMAS/TO
2015

DEDICATÓRIA

A minha família, em especial a minha mãe-avó Maria Gomes da Silva, com toda certeza, uma pessoa incrível, a melhor que já conheci e tenho o extraordinário privilégio de ser filha-neta.

Sei que talvez não consiga demonstrar nunca o orgulho e prazer de tê-la como mãe e fonte de inspiração, mas espero que um dia eu possa. Por isso, lhe dedico esse ciclo que se encerra na minha vida a você, até porque sem você possivelmente não teria chegado até aqui.

Te amo!

AGRADECIMENTOS

A Deus por me manter de pé até aqui e a minha grande família por tudo, “mainha” te amo.

Agradeço muito aos meus grandes amigos Wirta, Nestor e Jailson, os quais me deram forças, me ajudaram nos momentos difíceis, me apoiaram e me incentivaram desde que a engenharia civil era apenas uma ideia até agora.

A Tewal Construtora, na pessoa do sócio e engenheiro Vilson Teo, por acreditar nessa idéia e tornar o início desta caminhada possível.

Aos professores Charles Aguiar, Eloi Filho, Elton Cruz, Falcão e Marcos Guassi da IESPLAN, a todos os meus professores de engenharia civil do CEULP/ULBRA, em especial a professora Jacqueline por todo apoio, ao professor Edivaldo por tornar essa jornada mais emocionante ao meu orientador Carlos Spartacus pela forma de me conduzir durante o desenvolvimento deste trabalho, pelos ensinamentos transmitidos e por acreditar no meu potencial.

A Infraero e a equipe de trabalho por permitir que eu conciliasse a jornada de trabalho e a acadêmica, com horários diferenciados.

A meus amigos e parceiros de curso que me propuseram ótimos momentos, que se divertiram, sofreram e sorriram muito com as nossas aulas e horas de estudos, na Iesplan e no Ceulp/Ulbra.

A engenharia civil por todos os momentos vividos ao longo destes cinco anos, e por ter me apresentado com meus novos amigos de infância, Ana Lúcia, Rodrigo, Aílton, João Renó e Zé Filho, os levarei pra sempre em meu coração.

Água mole em pedra dura, tanto bate até que fura.

Provérbio Popular

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo o dimensionamento da rede de distribuição pública de água da quadra 1303 Sul em Palmas/TO promovendo um comparativo entre os sistemas direto e indireto, e a rede existente. A importância do estudo deveu-se às interrupções no fornecimento de água em virtudes de manutenção/paralisação do sistema ou da deficiência que o sistema de abastecimento possui em atender a demanda nos horários de maior consumo e a necessidade de identificar qual solução apresenta menor impacto ao sistema de abastecimento. Desenvolveu-se um projeto de implantação da rede de distribuição de água locando o reservatório, o traçado dos ramais principal e secundários, considerando a topografia do terreno, a fim de minimizar as perdas de carga e posteriormente dimensionar a rede, no dimensionamento calculou-se que a vazão necessária para atender a população prevista de 3270 habitantes é de 13,625 l/s e os diâmetros da tubulação utilizada nos trechos foram de 50mm, 75mm e 100mm, sendo adotado o diâmetro de 150mm. Podemos observar que tanto a rede dimensionada neste trabalho como a rede existente são capazes de atender o consumo de água da população, se considerarmos, o sistema indireto de distribuição. No entanto, para que a rede de distribuição forneça água o suficiente para atender a demanda, principalmente nos horários de maior consumo através do sistema direto de distribuição, as tubulações deveriam possuir diâmetros maiores, sendo necessário atentar-se à pressão disponível nos trechos abastecidos pela rede.

Palavras chaves: Rede de Distribuição de água; Sistema Indireto e Sistema Direto.

ABSTRACT

This work aimed at the design of the public distribution grid water block 1303 South in Palmas / TO promoting a comparison between the direct and indirect systems, and existing grid. The importance of the study was due to interruptions in water supply in maintenance virtues / system downtime or disability that the supply system has to meet the demand in the most energy schedules and the need to identify which solution has a lower impact on supply system. Developed a grid deployment project for water distribution by plotting the reservoir, the layout of the primary and secondary branches, considering the topography of the land in order to minimize the losses and then scale the network, design was calculated the flow required to meet the estimated 3270 inhabitants population of 13.625 l / s and the diameters of pipe sections were used in 50mm, 75mm and 100mm, and adopted the diameter of 150mm. We can see that both scaled network in this work as the existing network are able to meet the population's water consumption, if we consider the indirect distribution system. However, for the distribution network to provide enough water to meet demand, especially in times of increased consumption through direct distribution system pipes should have larger diameters, it is necessary to pay attention to the available pressure in excerpts supplied by the network.

Keywords: WATER DISTRIBUTION NETWORK; INDIRECT SYSTEM and DIRECT SYSTEM

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	12
1.1.1 Objetivos Gerais	12
1.1.2 Objetivos Específicos	13
1.2 Justificativa.....	13
1.3 Problema.....	13
2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	14
2.1 Sistemas de abastecimento de água	14
2.2 Sistema de distribuição.....	15
2.2.1 Subsistema Direto de Distribuição	15
2.2.2 Subsistema Indireto de Distribuição.....	16
2.2.3 Subsistema misto de distribuição	17
2.3 Rede de distribuição	18
2.3.1 Classificação das redes de distribuição	19
2.4 Dimensionamento do Reservatório de Distribuição.....	20
2.5 Dimensionamento da Rede de Distribuição	20
2.5.1 Método de Hardy Cross.....	20
2.5.2 Método das Redes ramificadas	22
2.6 Elementos acessórios em redes de distribuição.....	22
2.6.1 Outros elementos acessórios. Mapa de nós	24
2.7 Cuidados operacionais com a rede de distribuição.....	26
3. METODOLOGIA	27
3.1 Métodos e técnicas de pesquisa	27
3.2 Local do Estudo	27
3.3 População a ser atendida.....	28
3.4 Vazão de distribuição	28
3.5 Dimensionamento da rede de distribuição	28
4.RESULTADOS	30
4.1 Apresentação da quadra 1303 Sul e da rede de distribuição de água existente.....	30
4.2 Dimensionamento da rede de distribuição e volume do reservatório.....	31

4.3 Comparativo da rede de distribuição considerando os sistemas direto e indireto de	36
4.3.1 Rede de Projeto.....	36
4.3.2 Rede existente.....	38
5. CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Sistema simples de abastecimento de água.....	15
Figura 02 – Subsistema direto de distribuição	16
Figura 03 – Subsistemas indireto de distribuição sem e com bombeamento	17
Figura 04 – Subsistema direto de distribuição	18
Figura 05 – Mapa de nós de uma rede de distribuição de água.....	25
Figura 06: Localização da quadra 1303 Sul no município de Palmas-TO.....	27
Figura 07: Layout da rede de distribuição existente na quadra 1303 sul.(Extraída do Google	30
Figura 08: Planta do locação da quadra 1303 sul	31
Figura 09: Layout da rede de distribuição de água do projeto.	33
Figura 10: Layout e diâmetros da rede de distribuição de água.	36
Figura 11: Demonstrativo de ligações possíveis por diâmetro.....	37
Figura 12 Rede existente e diâmetro necessário para atender o sistema direto.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Quadro resumo da malha de distribuição de água-método Hardy Cross.	22
Tabela 02: Cálculo para Rede de Distribuição de água	35
Tabela 03: Diâmetro necessário para atender o sistema direto.	38

1 INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água urbano é composto de componentes que permitem que a água seja retirada da fonte pela captação aduzida a reservatórios até que esta chegue ao consumidor final residencial. Dentro desse sistema, encontram-se um conjunto de tubulações, válvulas, acessórios, reservatórios e bombas, responsáveis por atender as condições sanitárias, de vazão e de pressão nos diversos pontos de consumo.

Para que a água esteja disponível assim que abrimos uma torneira, ela passa por um longo processo que começa na captação e termina na distribuição aos usuários do sistema de abastecimento de água. A distribuição de água é feita pelas tubulações que formam as redes de distribuição, que por sua vez precisam ser construídas de maneira adequada, levando em consideração as características da região e as necessidades da população.

Neste contexto, o presente trabalho visa dimensionar e comparar a eficiência da rede de distribuição de água necessária para abastecer 654 casas populares, considerando o sistema de abastecimento direto, no qual a água que chega às torneiras da residência vem diretamente da rede pública de abastecimento para o sistema predial sem o uso de reservatório, e para o sistema indireto, no qual a distribuição é feita através de um reservatório superior que por sua vez é alimentado, diretamente pela rede pública.

A importância do estudo deve-se às interrupções no fornecimento de água em virtudes de manutenção/paralisação do sistema ou da deficiência que o sistema de abastecimento possui em atender a demanda nos horários de maior consumo e a necessidade de identificar qual solução apresenta menor impacto ao sistema de abastecimento.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Dimensionar a melhor alternativa de rede de distribuição de água necessária para abastecer a quadra 1303 sul do município de Palmas-TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar vazão, pressão e tubulações da rede de distribuição.
- Dimensionar a rede distribuição considerando as casas com e sem o uso de caixa d'água.
- Comparar o dimensionamento deste projeto com a rede existente.

1.2 **Justificativa**

A distribuição confiável, limpa e segura de água potável aos lares domésticos e edifícios comerciais é a primeira prioridade de qualquer fornecedor de água. Os investimentos necessários para executar a distribuição exigem que as soluções adotadas sejam aquelas que, cumprindo as normas para projeto, correspondam a soluções de custo mínimo, sendo indispensável o planejamento da rede de distribuição que abastecerá a população. Considerando o objetivo deste trabalho, torna-se necessário fazer um estudo da melhor escolha do sistema de distribuição e tipo de rede, de modo a garantir melhor eficiência e operação do sistema, uma vez que há inúmeros relatos de interrupções no fornecimento de água em regiões beneficiadas com a construção de casas populares que não possuem reservatório domiciliar, principalmente em horários de maior consumo. Daí a necessidade de apontar os transtornos que a concessionária e o consumidor enfrentam no sistema de abastecimento direto, e os benefícios que a concessionária teria na manutenção da rede de distribuição e programação do abastecimento de água, caso as residências fossem beneficiadas com o reservatório.

1.3 **Problema**

As redes de distribuição de água, em função dos custos elevados para a sua implantação, constituem uma parte importante dos sistemas públicos de abastecimento de água. O bom funcionamento de um sistema dependerá da escolha criteriosa do seu traçado, da escolha dos materiais e diâmetros adequados, das peças e acessórios utilizados e da sua correta exploração, o que garante um alto grau de complexidade na sua determinação. Sendo assim a rede existente é capaz de abastecer as residências da quadra 1303 sul nos sistemas direto e indireto de distribuição de água?

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 Sistemas de abastecimento de água

Um sistema de abastecimento de água com qualidade e quantidade adequada para suprir toda a demanda de consumo é uma das principais prioridades que a população exige dos administradores públicos que, junto com as companhias de saneamento, se esforçam para atender.

Segundo Gomes (2004) apud Girol (2008) um sistema de abastecimento de água é o conjunto de equipamentos, obras e serviços voltados à comunidade, para fins de consumo doméstico, industrial e público. Os sistemas de abastecimento de água são constituídos por: manancial, captação, estação elevatória, adutoras, estação de tratamento de água, reservatório e rede de distribuição por gravidade nas zonas mais baixas e através de bombeamento nas zonas mais altas.

Um sistema de abastecimento de água pode ser concebido e projetado para atender pequenos bairros e grandes cidades, caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação da sua qualidade, transporte até aos aglomerados humanos e fornecimento as populações em qualidade compatível a sua necessidade. O bom desempenho dos sistemas de abastecimento de água é um fator fundamental para o bem estar da população.

De acordo com (POLESE, 2010) um sistema de abastecimento de água é o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável a uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros. Um sistema de abastecimento deve fornecer água com qualidade e quantidade adequada para suprir toda a demanda de consumo.

TSUTIYA (2006) afirma que os sistemas de abastecimento de água tem sua estrutura variada de acordo com características locais e particulares. De um modo geral, os sistemas convencionais de abastecimento de água são constituídos por um conjunto de componentes que engloba o manancial, a captação, as estações elevatórias, adutoras, estação de tratamento de água, reservatórios e a rede de distribuição, conforme apresentado nas Figuras 01.

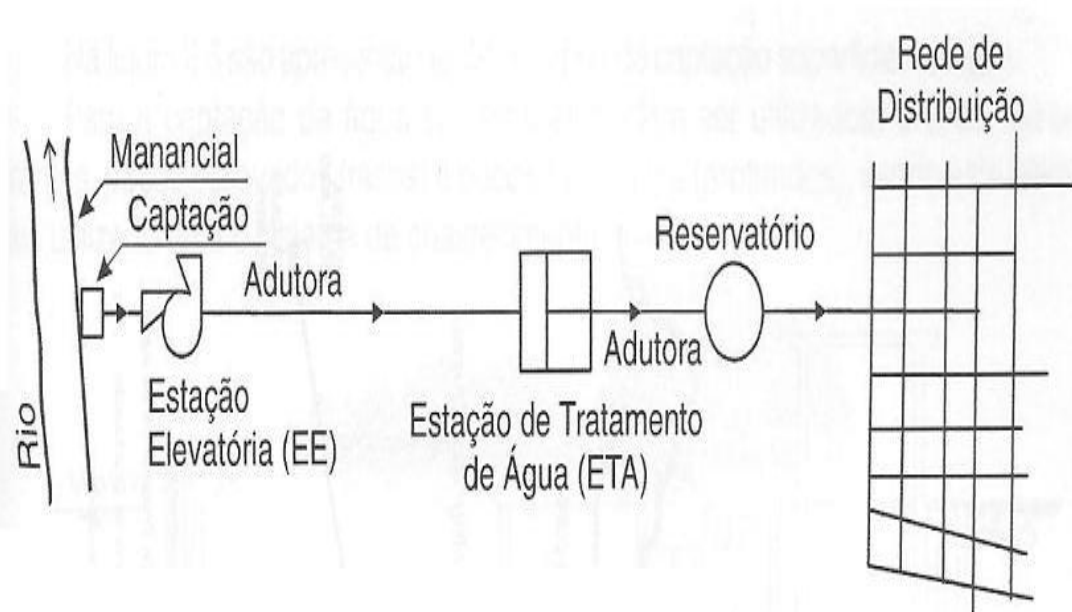


Figura 01 - Sistema simples de abastecimento de água.
Fonte: TSUTIYA, 2006

2.2 Sistema de distribuição

A escolha de um subsistema de abastecimento, em detrimento de outro, é feita considerando as características de pressão da rede pública de abastecimento e das de demanda de pressão do projeto de instalações hidráulicas. De acordo com a existência ou não de uma divisão definida entre as redes interna da edificação e a pública, os subsistemas de distribuição são classificados em sistemas direto, indireto e misto (MACINTYRE, 1996, p. 9).

2.2.1 Subsistema Direto de Distribuição

Em um subsistema direto, a alimentação da rede interna de distribuição é feita diretamente pelo alimentador predial como ilustrado na figura 02. É peremptória a presença de pressão suficiente na rede de abastecimento público, uma vez que não há nenhum reservatório na edificação. Nesse caso a distribuição é feita de forma ascendente. Por não exigir a presença de um subsistema de reservação, possui menor custo de instalação (MACINTYRE, 1996, p. 11).

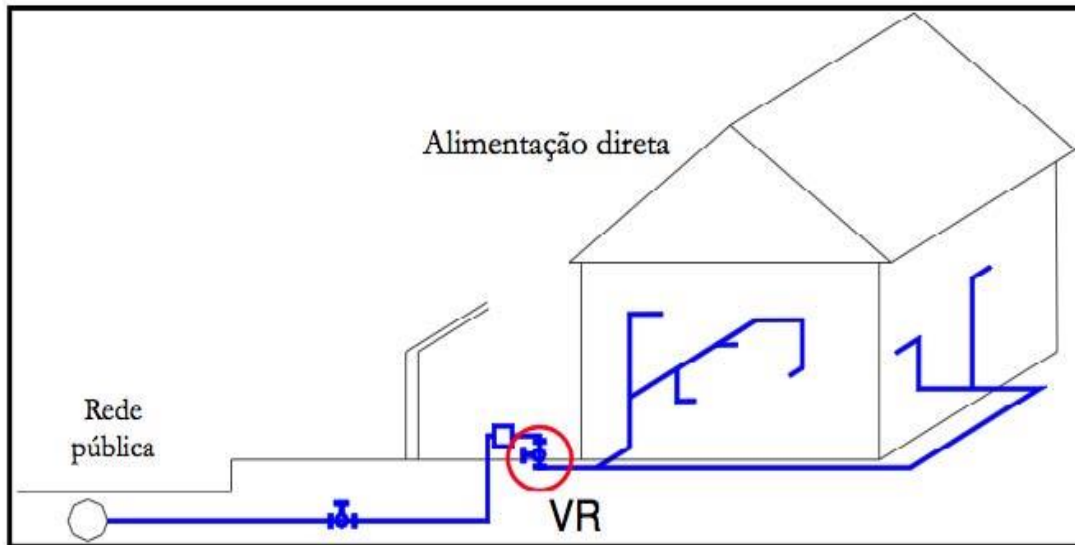


Figura 02 – Subsistema direto de distribuição
 Fonte: Notas de aula, instalações hidrossanitárias, IFRN

Entretanto, sua utilização é limitada à pressão da rede, além de ser muito vulnerável à descontinuidade de fornecimento. Por esse motivo, é necessária a instalação de uma válvula retentora (VR), para evitar que a água presente na rede interna da edificação retorne à rede pública em caso de descontinuidade de fornecimento. Além disso, variações de pressão diárias devido a picos de maior ou menor consumo na rede são rapidamente percebidos pelo usuário. Golpe de aríete pode ser outra consequência dessa variação de pressão, comprometendo a integridade do sistema.

2.2.2 Subsistema Indireto de Distribuição

De acordo com MACINTYRE (1996, p. 9-10) um subsistema indireto de distribuição é adotado para fazer frente às variações de pressão na rede pública decorrentes de picos de consumo durante o dia e também em consequência de intermitência ou irregularidade no abastecimento. Um subsistema de reservação é a forma de absorver essas variações, permitindo maior controle das pressões de utilização e conferindo maior confiabilidade ao conjunto hidráulico. A escolha de um sistema desse tipo possibilita que a rede pública seja dimensionada para atender à vazão média ao invés da máxima, que pode atingir quase três vezes a descarga média, demandada pela edificação.

Segundo Creder (1990, p. 5), a alimentação dos pontos de utilização é feita de forma descendente a partir de um reservatório superior. Esse, por sua vez, pode ser alimentado pela

rede pública ou por um reservatório inferior. Dessa forma que é possível distinguir os dois tipos de distribuição indireta citados pelo autor como ilustrado pela figura 03.

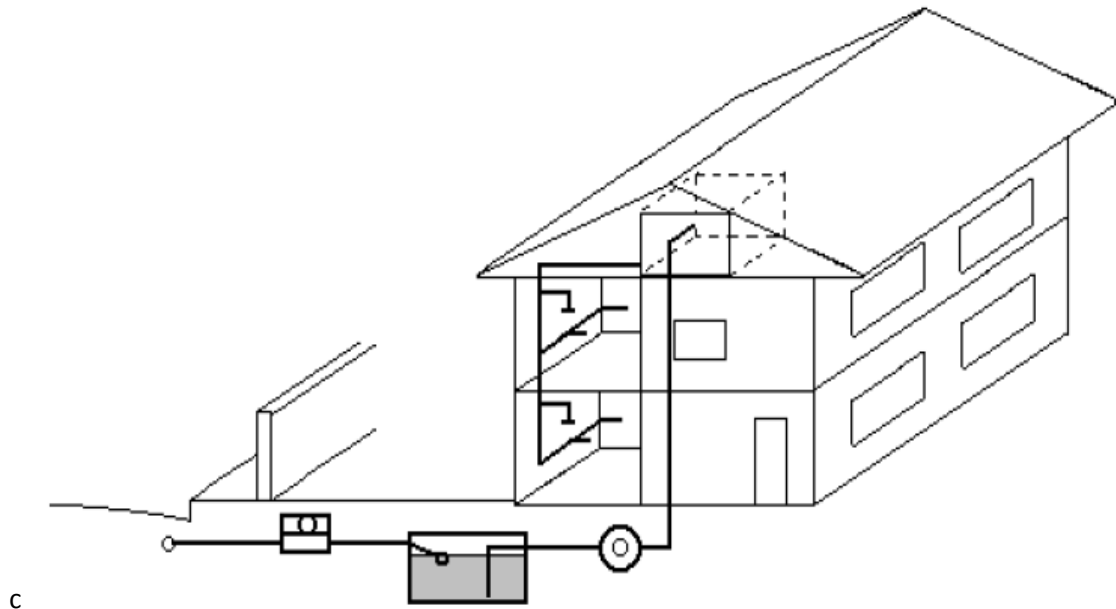


Figura 03 – Subsistemas indireto de distribuição sem e com bombeamento

A primeira alternativa é utilizada quando há pressão suficiente para alimentar o reservatório elevado. Seu emprego é limitado pela pressão da rede, prédios baixos e residências são os que melhor se adequam a essa restrição. Entretanto, quando a pressão demanda é maior que a obtida através da rede, a segunda opção é a mais indicada. Nela a instalação predial fica totalmente independente da pressão da rede de abastecimento, criando um ambiente mais controlável para o projetista e mais confiável para o usuário.

2.2.3 Subsistema misto de distribuição

Segundo MACINTYRE (1996, p. 11), na prática, não é comum um subsistema puramente indireto de distribuição, uma vez que, pontos de utilização de uso condominial, como os que são usados para abastecer a torneira do jardim, se encontram no térreo a poucos metros do ramal interno de alimentação. Por motivos econômicos, a alimentação desses aparelhos é feita de forma direta, enquanto as unidades habitacionais continuam sendo providas de água indiretamente. Assim configurando um sistema misto de distribuição.

A figura 04 apresenta um esquema do subsistema misto de distribuição.

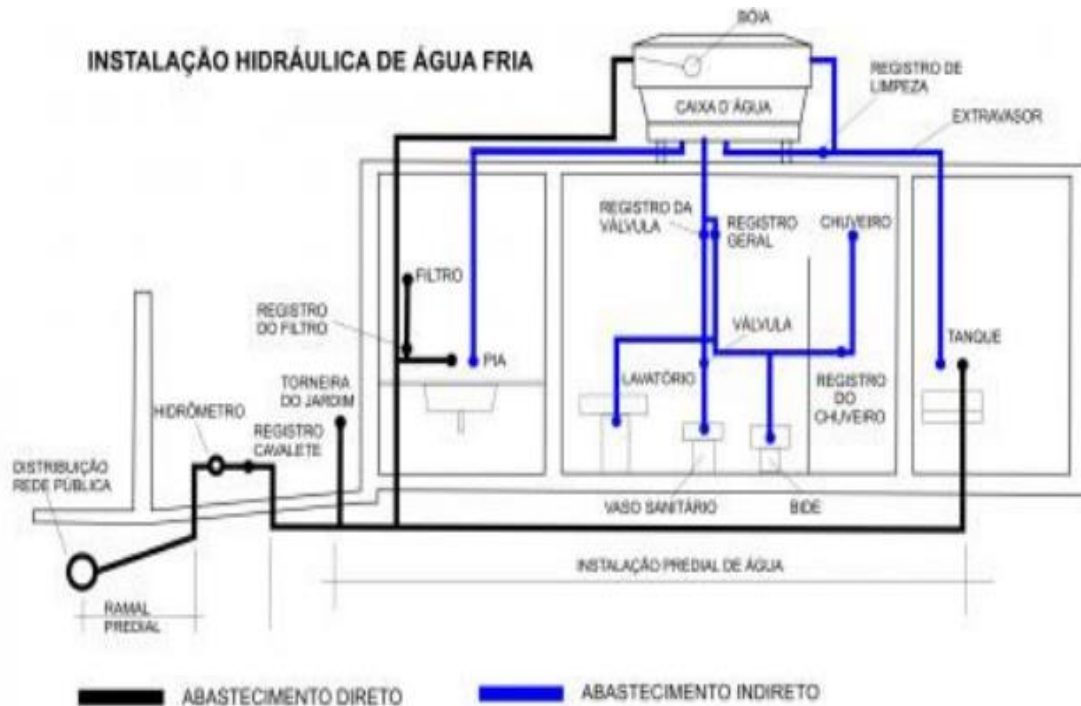


Figura 04 – Subsistema direto de distribuição

Fonte: Notas de aula, instalações hidrossanitárias, IFRN

2.3 Rede de distribuição

A Rede de Distribuição para Tsutiya (2006) é a parte do sistema de abastecimento que destina a água potável ao consumidor de forma contínua, na quantidade, com pressão e qualidade correta, através da formação de tubulações e órgãos acessórios necessários. Ela é constituída por dois tipos de canalizações sendo a Principal que são tubulações de maior diâmetro a fim de fornecer água para as canalizações Secundárias, que é o outro tipo de canalização, são as tubulações de menor diâmetro que tem a função de abastecer diretamente os consumidores.

De acordo com Valadão (2006), um sistema de distribuição de água ou uma rede hidráulica é definido como qualquer arranjo de tubos para o propósito de transportar água ao consumidor. Esse sistema é considerado como uma coleção de vários tipos de componentes que são interligados de uma pré-determinada maneira. Uma canalização tem dois terminais que podem ser conectados numa rede. Similarmente uma bomba ou qualquer outro componente hidráulico pode ser conectado a dois terminais da rede. O comportamento de cada componente na rede é verificado experimentalmente em laboratório ou por relações empíricas. A rede hidráulica consiste de um número qualquer de nós e trechos de acordo com

a configuração desejada. Fontes ou reservatórios podem ser introduzidos em qualquer nó, e cada trecho pode incluir bombas, turbinas, válvulas e outros elementos hidráulicos onde a relação energia-vazão é conhecida.

2.3.1 Classificação das redes de distribuição

As redes de distribuição de água, relativamente ao traçado em planta, podem classificar-se em redes ramificadas, caracterizadas pelo facto de o sentido de escoamento ser bem definido e o caudal em cada trecho ser apenas função dos escoamentos a jusante; em redes reticuladas ou malhadas quando as ligações entre as condutas conduzem à formação de circuitos fechados (malhas), sendo a principal característica deste tipo de redes o facto de a alimentação das condutas se poder efetuar, indistintamente, pelos seus dois extremos, o que possibilita a inversão do sentido de escoamento e em redes mistas quando a rede é constituída por partes ramificadas e malhadas.

Os diferentes tipos de redes apresentam vantagens e inconvenientes. A rede ramificada apresenta como principal vantagem, requerer um menor comprimento, donde resulta, uma maior economia relativamente ao investimento inicial. No entanto existem alguns inconvenientes, tais como:

Pouca maleabilidade, em caso de avaria numa conduta é interrompido todo o abastecimento a jusante;

Aparecimento de pontos mortos nas extremidades de jusante, isto é, pontos com velocidade nula, com os inconvenientes inerentes, tais como deposição e estagnação da água;

A economia resultante do seu menor desenvolvimento pode ser, em certos casos, mais aparente do que real, já que poderá conduzir a maiores diâmetros pelo fato de a alimentação de cada traço se efetuar apenas por um dos extremos.

As redes malhadas além de não apresentarem os inconvenientes anteriormente referidos, asseguram uma melhor repartição de pressões. Por sua vez, de um modo geral, apresentam um custo de primeiro investimento superior, uma vez que exigem uma quantidade maior de tubagens, assim como de acessórios.

As redes mistas, são redes que formam malhas nas condutas principais, no centro do aglomerado e ramificações nas condutas secundárias. Este tipo de redes pode tirar partido das principais vantagens das redes do tipo ramificado e do tipo malhado, e evitar em grande medida, os inconvenientes próprios de cada um.

2.4 Dimensionamento do Reservatório de Distribuição

Os reservatórios são unidades destinadas a compensar as variações horárias de vazão e garantir a alimentação da rede de distribuição em casos de emergência, fornecendo também os níveis necessários à manutenção e pressões na rede.

Os reservatórios devem ser dimensionados para atender as seguintes condições:

- funcionar como volantes da distribuição, atendendo à variação horária do consumo (volume útil)
- assegurar uma reserva de água para combate a incêndios;
- manter uma reserva para atender as condições de emergência;
- manutenção de pressões na rede distribuidora.

2.5 Dimensionamento da Rede de Distribuição

Unidade do sistema que conduz a água para os pontos de consumo. É constituída por um conjunto de tubulações e peças especiais dispostas convenientemente, a fim de garantir o abastecimento dos consumidores de forma contínua nas quantidades e pressão recomendadas.

2.5.1 Método de Hardy Cross

O método numérico de Hardy Cross é, sem dúvida, o mais antigo e o de maior divulgação para o cálculo das condições de equilíbrio hidráulico de sistemas de distribuição de água, fazendo parte das matérias versadas na maioria dos livros de texto de hidráulica e de mecânica dos fluidos, pode ser utilizado para o estabelecimento das condições de equilíbrio hidráulico formuladas através de qualquer dos três tipos de equações: equações dos trechos, dos nós e das malhas. No entanto, a forma mais usual da sua aplicação é quando o problema do equilíbrio hidráulico é equacionado através das equações das malhas, uma vez que conduz a um menor número global de equações.

O método de Cross é um processo iterativo de tentativas diretas; os ajustamentos feitos sobre os valores previamente admitidos ou adotados são computados e portanto, controlados. Nessas condições, a convergência dos erros é rápida, obtendo-se quase sempre uma precisão satisfatória nos resultados, após três tentativas apenas.

O método se aplica ao dimensionamento dos condutos principais dispostos em anéis ou circuitos fechados, no quais se estabelecem os pontos (nós) onde se supõem concentradas as demandas das suas áreas circundantes (vazões concentradas nos nós). Essas áreas parciais dos setores, correspondentes a cada um dos nós estabelecidos.

A vazão de carregamento de um nó é determinada pelas seguintes expressões:

$$Q = (P \times q \times k1 \times k2)/86400$$

Sendo:

Q= vazão total do setor (l/s);

P= nº de habitantes;

q= consumo por dia;

K1= coeficiente relativo aos dias de maior consumo;

K2= coeficiente correspondente à hora de maior demanda;

Para realizar o dimensionamento da rede devem ser executadas as seguintes fases:

- Considerações gerais. O método do Cross não se destina ao estudo das redes, tipicamente ramificadas. Ao contrário, está intimamente ligado a concepção dos sistemas com a distribuição por anéis, que se caracteriza por uma flexibilidade muito maior.
- Traçado dos anéis. No traçado dos anéis ou circuitos, procurou-se ter em vista uma boa distribuição com relação às áreas a serem abastecidas e aos seus consumos.
- Anotações nos trechos. Foram medidas as distâncias entre os nós e marcadas as quantidades de água a serem supridas e também o sentido imaginado para o escoamento nos diversos trechos. Esse sentido será verificado ou corrigido com a análise.
- Condições a que devem satisfazer as canalizações. Foi fixada como condição básica ao dimensionamento a perda de carga unitária máxima de 8 m/km, tolerada na rede;
- Cálculos. Os elementos mencionados nos itens anteriores permitem a organização de um quadro de cálculo que está representado no tabela 01.

Tabela 01: Quadro resumo da malha de distribuição de água-método Hardy Cross.

nel	recho	I		(l/s)	(m/m)	f0	1,8		C
		(mm)	(m)				5 hf0/Q0	corr	
Σ									

Calculado o quadro, verifica-se a velocidade e se atende às especificações da Norma 12218 / 1994.

2.5.2 Método das Redes ramificadas

Utilizadas geralmente para pequenas redes de distribuição e consiste em tubulações que divergem de um ponto inicial e onde se pode estabelecer um sentido de escoamento. Este sentido já é determinado pela própria configuração da rede, assim as vazões da rede decorrem da simples acumulação de jusante pra montante, definindo também os diâmetros em função da velocidade econômica.

2.6 Elementos acessórios em redes de distribuição

Os elementos acessórios mais correntes em redes de distribuição de água são os seguintes:

- válvulas de seccionamento;
- válvulas de purga ou de descarga;
- hidrantes (bocas de incêndio e marcos de água);
- bocas de rega e de lavagem.

Além dos elementos acessórios enumerados, ainda se podem encontrar, em certas situações especiais, válvulas de retenção, válvulas redutoras de pressão, ventosas e medidores de caudal.

- Válvulas de seccionamento

As válvulas de seccionamento, numa rede de distribuição de água, destinam-se a permitir o isolamento de determinados trechos quando neles se verificam avarias (por exemplo, a ocorrência de uma rotura) ou quando é necessário proceder à remodelação/substituição de uma ou mais tubagens da rede ou de órgãos, ou ainda para a execução de ramais de ligação. Destinam-se, ainda, a permitir o corte do fornecimento de água, no ataque a um incêndio, numa zona vizinha da rede, se necessário. As válvulas de seccionamento são os principais órgãos de manobra numa rede de distribuição de água.

A sua colocação deverá ter como objetivo que o número de consumidores afetado, em caso de necessidade de suspensão, seja o menor possível. Com esse objetivo, haveria interesse óbvio em colocar o maior número possível de válvulas; no entanto essa tendência é contrariada por razões de ordem económica. Haverá que encontrar, assim, uma solução de compromisso que, sendo economicamente razoável, evite que um grande número de consumidores fique, em simultâneo, privado do fornecimento de água.

Em redes de distribuição de água, estes órgãos são, geralmente, colocados junto dos nós, não sendo tarefa fácil enumerar regras universais. A melhor forma de proceder será a de ensaiar uma dada colocação de válvulas e identificar quais os trechos afetados em caso de suspensão, analisando a razoabilidade da solução.

- Válvulas de purga ou de descarga

As válvulas de purga ou de descarga destinam-se a permitir o esvaziamento das tubagens, por escoamento gravítico, em caso de reparação de avarias, execução de novas ligações ou para operações de limpeza e desinfecção. Genericamente, as válvulas de purga ou de descarga devem ser localizadas nos pontos baixos das zonas da rede isoláveis por válvulas de seccionamento.

- Hidrantes (bocas de incêndio e marcos de água)

Os hidrantes são órgãos em redes distribuição de água cuja função é garantir os caudais para combate a incêndios.

- Bocas de rega e de lavagem

As bocas de rega e de lavagem, como o próprio nome indica, destinam-se a ligar as mangueiras para alimentação de camiões-tanque para utilização pública, para a lavagem de ruas e para rega de espaços verdes. Estes órgãos podem funcionar, quando colocadas em pontos altos da rede de distribuição, como ventosas.

- Ventosas

Salvo em casos especiais, como por exemplo em condutas sem serviço de percurso, não é usual a utilização de ventosas em redes de distribuição de água, exceto nos pontos extremos de condutas periféricas ascendentes.

Este procedimento baseia-se no facto de se admitir que a saída do ar que entra (durante uma operação de enchimento numa conduta após a reparação de uma rotura), ou se pode acumular na rede em condições de funcionamento normal, ocorre nos dispositivos de utilização domiciliária e de utilização pública (fontanários, por exemplo), ou através da operação das bocas de rega e de lavagem.

2.6.1 Outros elementos acessórios. Mapa de nós

Além dos elementos acessórios já expostos, temos que levar em consideração, ainda, as peças especiais, tais como:

- Juntas;
- Curvas;
- Tês, cruzetas e forquilhas;
- Cones de redução;
- Juntas de transição e cegas,

Estas peças existem em número muito significativo em redes de distribuição de água. Há, ainda, que ter presente os maciços de ancoragem ou de amarração. Em projetos de execução de redes de distribuição de água, deve ser incluído, além das restantes peças desenhadas, um esquema, habitualmente designado por mapa dos nós, em que se representam, esquematicamente, os elementos acessórios, para cada nó, para efeitos de execução em obra.

Na Figura 05, apresenta-se um exemplo ilustrativo de um mapa de nós, no qual figuram os casos mais representativos que habitualmente aparecem na prática.

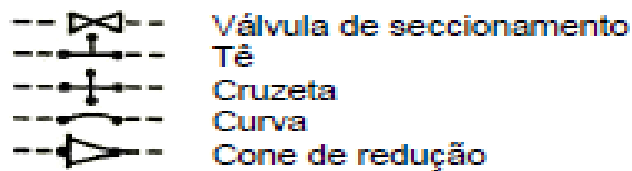
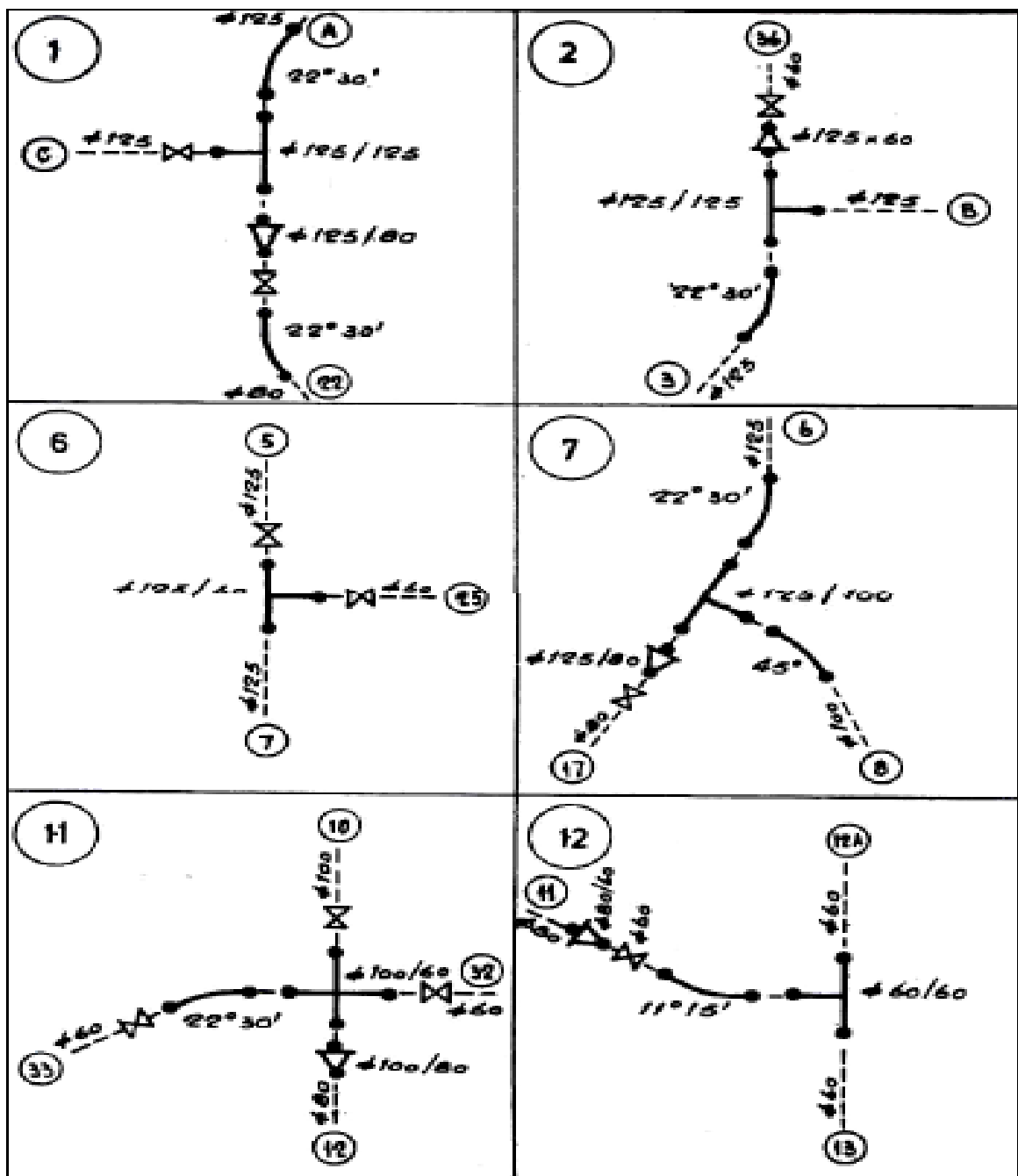


Figura 05 – Mapa de nós de uma rede de distribuição de água.

Fonte: SOUSA, 2001

2.7 Cuidados operacionais com a rede de distribuição

O sistema de distribuição de água deve ser projetado e construído para funcionar, durante todo o tempo, com a pressão adequada em qualquer ponto da rede.

A segurança oferecida pela água deve ser mantida em toda a rede, sem alteração de qualidade.

O sistema deve incluir registros e dispositivos de descarga em todos os pontos convenientes para possibilitar reparos e descargas, sempre que houver necessidade, sem interrupções prejudiciais para o abastecimento.

O sistema deve estar protegido contra poluição externa, os reservatórios devem ser cobertos e deve ser evitada qualquer possibilidade de introdução de água de qualidade inferior na rede.

As perdas nas canalizações serão limitadas segundo a NBR 12218. A rede será planejada para assegurar uma boa circulação da água, tolerando-se um número mínimo de trechos secos. A rede deve ser mantida em condições sanitárias, evitando-se todas as possibilidades de contaminação durante a execução de reparos, substituições, remanejamentos e prolongamentos. As canalizações de água potável devem ser assentadas em valas situadas a 3 m dos esgotos. Nos cruzamentos, a distância vertical é de 1,80 m.

3 METODOLOGIA

3.1 Métodos e técnicas de pesquisa

O estudo foi feito através da pesquisa documental, com pesquisas em livros, revistas técnicas e monografias que eventualmente tenham sido defendidas sobre o assunto., que subsidiem o dimensionamento da rede de distribuição de água para abastecer 654 casas populares da quadra 1303 Sul, em conformidade com as diretrizes da NBR 12218/93, foi utilizado o Método das Redes Ramificadas no cálculo do dimensionamento da rede, por ser o método que melhor atende os requisitos do projeto da rede de distribuição de água para abastecimento público do presente trabalho.

3.2 Local do Estudo

O dimensionamento da rede foi para abastecer a demanda da quadra 1303 Sul, que possui um total de 654 residências familiares, constituídas por casas populares, com uma população estimada em 3270 habitantes.

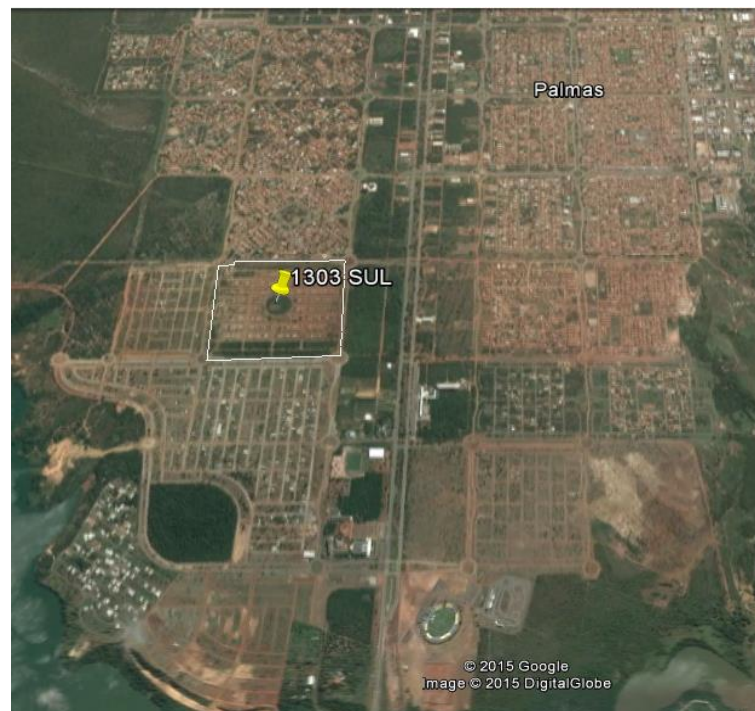


Figura 06: Localização da quadra 1303 Sul no município de Palmas-TO.

3.3 População a ser atendida

A rede de distribuição deverá atender a população estimada de 3270 habitantes. Para determinar a população a ser atendida consideramos a média de 05 (cinco) habitantes por residência. Desse modo temos:

População de projeto = n° de residência * n° de habitantes por residência

População = 654 * 5

População= 3270 habitantes.

3.4 Vazão de distribuição

Para calcular a vazão de distribuição necessária a uma determinada região é utilizada a seguinte expressão matemática:

$$Q_d = \frac{k_1 * k_2 * q * P}{t}$$

Onde:

Q_d: vazão de distribuição (L/s);

K₁: coeficiente do dia de maior consumo;

K₂: coeficiente da hora de maior consumo

q: consumo médio per capita de água, incluindo as perdas de água no sistema público de abastecimento de água (L/hab.dia);

P: população de projeto da área considerada (hab).

t= tempo em segundos (24 horas = 86400s)

No calculo da vazão consideramos, consumo per capita médio de 200L/hab.dia; k₁=1,2 e k₂=1,5. Desse modo obtivemos que a vazão demandada é de 13,625 l/s e o consumo diário de 654.000 litros.

3.5 Dimensionamento da rede de distribuição

O dimensionamento da rede foi realizado com o auxílio de um simulador hidráulico, de modo que sejam cumpridas as seguintes atividades:

Definição das etapas de execução da rede e das correspondentes vazões de distribuição para dimensionamento;

Delimitação do perímetro da área total a ser abastecida, dos contornos das áreas de mesma densidade demográfica e de mesma vazão específica;

Delimitação das zonas de pressão;

Fixação dos volumes dos reservatórios, conforme NBR 12217 e seus níveis operacionais;

Traçado dos condutos principais e secundários;

Dimensionamento dos condutos;

Projeto dos setores de medição da rede, a desenvolver conforme critérios do órgão responsável pelo abastecimento de água, na falta de norma específica;

Localização e dimensionamento dos órgãos e equipamentos acessórios da rede, com vistas ao planejamento dos setores de manobra;

4 RESULTADOS

4.1 Apresentação da quadra 1303 Sul e da rede de distribuição de água existente

A quadra 1303 Sul fica localizada na região sudoeste do município de Palmas-TO. A quadra foi planejada para atender 654 famílias de servidores do Estado do Tocantins através do programa Habitacional Servidor Valorizado, de acordo com o programa os servidores receberiam a casa pronta com infraestrutura completa, contemplada com obras de terraplanagem, pavimentação, sinalização e implantação do sistema de abastecimento de água e esgoto, mas até o momento as obras não foram finalizadas e nenhuma casa foi entregue.

De acordo com a empresa concessionária responsável pelo fornecimento de água em Palmas-TO, a rede de distribuição de água que atenderá a quadra 1303 Sul possui a configuração representada na figura 07. Mais adiante será apresentado novo dimensionamento da rede de distribuição para atender abastecer a quadra bem como análise se a rede atual é capaz de fornecer água de maneira eficiente através dos sistemas direto e indireto de distribuição.



Figura 07: Layout da rede de distribuição existente na quadra 1303 sul.(Extraída do Google Earth e adaptada pela autora)

4.2 Dimensionamento da rede de distribuição e volume do reservatório

Com base nas características da quadra 1303 Sul, desenvolveu-se um projeto de implantação da rede de distribuição de água locando o reservatório, o traçado dos ramais principal e secundários, considerando a topografia do terreno, a fim de minimizar as perdas de carga e posteriormente dimensionar a rede. Segue abaixo a planta do loteamento da quadra.

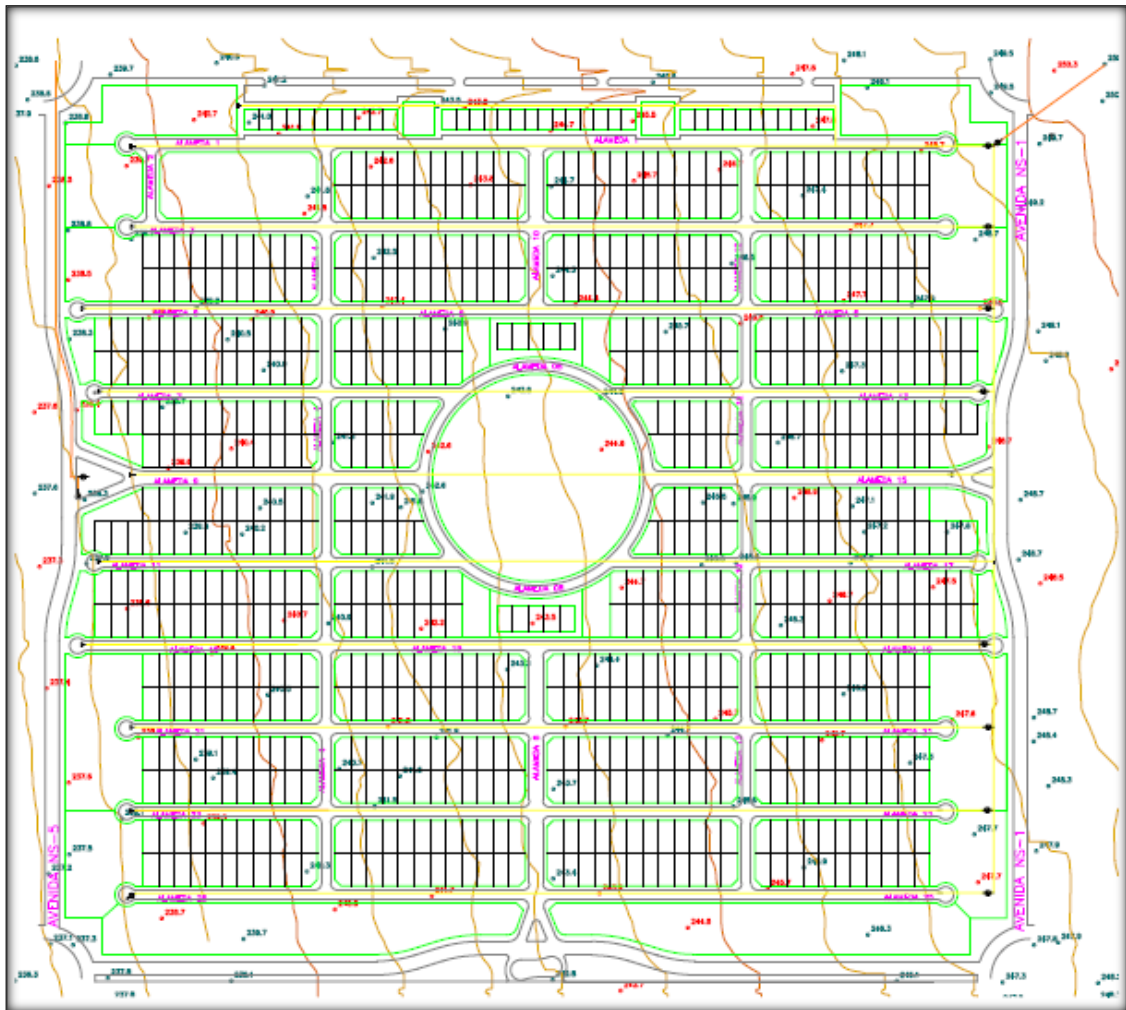


Figura 08: Planta da locação da quadra 1303 sul

No dimensionamento do reservatório e da rede de distribuição foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Coeficiente do dia de maior consumo - $k1 = 1,2$
- Coeficiente da hora de maior consumo - $k2 = 1,5$
- População final para a área a ser abastecida, hab. - $P = 3270 \text{ hab.}$

- Consumo per capita de água, $\ell/\text{hab. Dia.} - q = 200 \ell/\text{hab. Dia}$
- Extensão total da rede de distribuição – $Comp = 7956,30 \text{ m}$
- Pressão mínima = 20 mca

4.2.1 Dimensionamento do reservatório:

Vazão Média :

$$Q_{med} = \frac{P \times q}{86400} = \frac{3270 \times 200}{86400} = 7,569 \text{ l/s}$$

Vazão do dia de maior consumo:

$$Q_{dc} = k_1 \times Q_{med} = 1,2 \times 7,569 = 9,083 \text{ l/s}$$

Vazão da hora de maior consumo:

$$Q_{hc} = k_1 \times k_2 \times Q_{med} = 1,2 \times 1,5 \times 7,569 = 13,625 \text{ l/s}$$

Volume do reservatório:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{3} \times Q_{dc} \times 86400 \\ V &= \frac{1}{3} \times 9,083 \times 86400 \\ V &= 261600 \frac{\text{l}}{\text{dia}} \\ V &= 261,600 \text{ m}^3 = 262 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Foi adotado um coeficiente de 20% a mais no reservatório para reserva de combate a incêndio:

$$V = 262 \times 1,20 = 314,4 \text{ m}^3 \cong 315 \text{ m}^3$$

Portanto, o volume de reserva para combate a incêndio será de 53 m³.

4.2.2 Dimensionamento da rede de distribuição.

Primeiramente foi realizado o traçado da rede distribuidora por todos os logradouros da comunidade, de forma que nenhuma área fique sem abastecimento. Além da topografia, para dimensionamento da rede, foi levado em consideração:

- Vazão demandada pela comunidade = 13,625 l/s;

$$Q = \frac{P \times q \times k1 \times k2}{86400} = \frac{3270 \times 200 \times 1,2 \times 1,5}{86400} = 13,625 \text{ l/s}$$

- Extensão total da rede distribuidora = 7956,30 metros (medidos em planta);
- Vazão em marcha = 13,625/ 7956,30 = 0,001712479 l/s.m.

$$Q_m = \frac{P \times q \times k1 \times k2}{86400 \times comp} = \frac{3270 \times 200 \times 1,2 \times 1,5}{86400 \times 7956,30} = 0,001712479 \text{ l/s.m}$$

- Traçado da rede = Layout abaixo

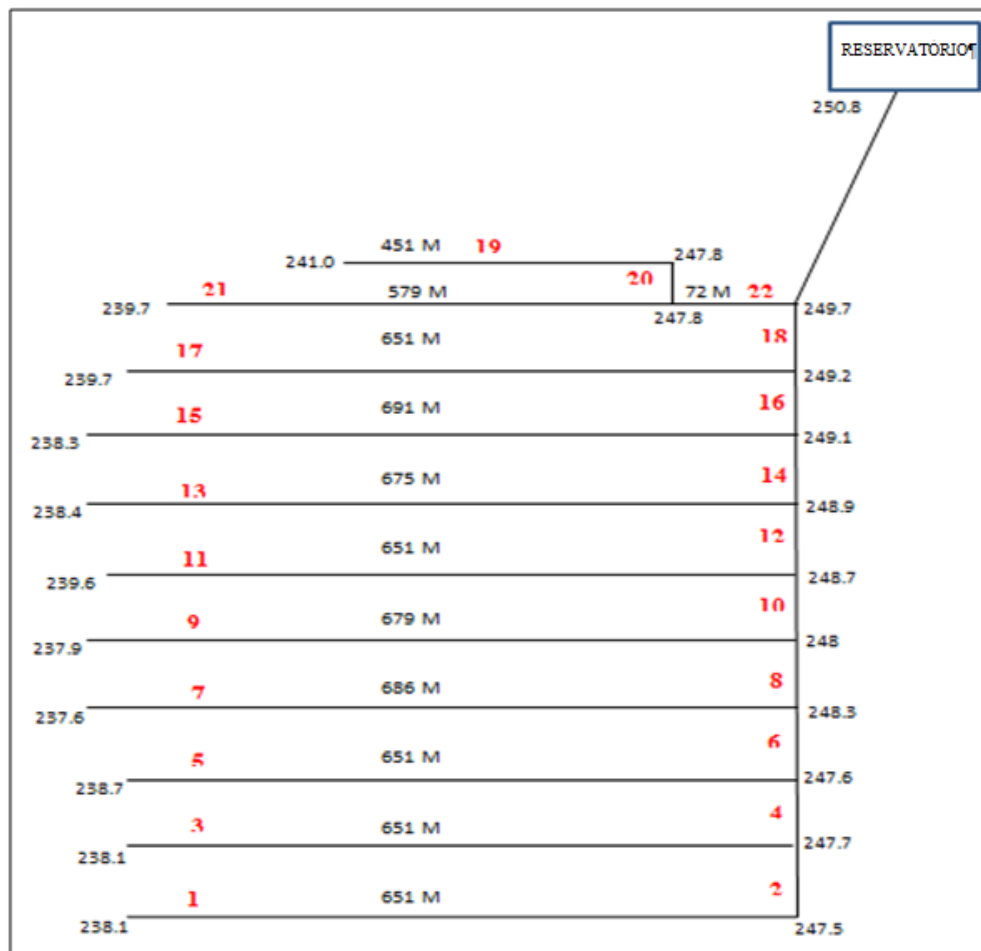


Figura 09: Layout da rede de distribuição de água do projeto.

O dimensionamento dos trechos mensurados na tabela seguiu aos seguintes passos abaixo:

- Colunas 1 a 3: Valores obtidos da planta da rede, observando que a coluna 1 é cumulativa, devendo incluir todos os trechos a jusante do nó considerado;
- Colunas 4 e 5: valores correspondentes ao produto do respectivo comprimento de tubulação pelo valor da vazão específica por metro de tubulação (Qm);
- Coluna 6: valor da coluna 4 + metade do valor da coluna 5;
- Coluna 7: definido pela tabela 2, para vazão dada na coluna 6;
- Coluna 8: Calculada pela equação:

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times \frac{\text{Coluna 6}}{1000}}{\pi \times \left(\frac{\text{Coluna 7}}{1000}\right)^2};$$

- Coluna 10: Calculada pela formula de Hazen-Willians, com valores em metros ou seus múltiplos e C=140, pois, a tubulação será de PVC:

$$hf = 10,63 \times L \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} \times D^{-4,87};$$

- Coluna 9: Preenchida de acordo com os valores de jusante e montante de cada trecho, conforme seqüência na planta da rede;
- Coluna 11: igual ao valor da coluna 09 menos valor da coluna 10;
- Colunas 12 e 13: valores tirados do perfil topográfico que o terreno apresenta em cada trecho;
- Coluna 14: igual ao valor da coluna 11 menos valor da coluna 12;
- Coluna 15: Igual ao valor da coluna 09 menos valor da coluna 13;

De posse dos valores citados anteriormente, do traçado da rede, representado na figura 10, do roteiro acima para preenchimento da tabela de cálculo hidráulico, chegou-se aos resultados apresentados na tabela 02.

Tabela 02: Cálculo para Rede de Distribuição de água

Trecho	Extensão (m)	Vazão Litros / s			D comercial (mm)	Vel.(m/s)	Cota Piez.	Perda de Carga	Cota Piez.	Cota do Terreno		Δ COTA m	Pressão Disponível	
		A Jusante	Em Macha	A Montante			Montante		Jusante	Montante	Jusante		Montante	Jusante
1	651	0,000	1,115	1,115	50	0,56	260,67	5,54	255,12	247,50	238,10	9,40	13,17	17,02
2	63	1,115	0,108	1,223	50	0,62	261,30	0,64	260,67	247,70	247,50	0,20	13,60	13,17
3	651	0,000	1,115	1,115	50	0,56	261,30	5,54	255,76	247,70	238,10	9,60	13,60	17,66
4	63	2,338	0,108	2,445	50	1,24	263,60	2,29	261,30	247,60	247,70	-0,10	16,00	13,60
5	651	0,000	1,115	1,115	50	0,56	263,60	5,54	258,05	247,60	238,70	8,90	16,00	19,35
6	63	3,560	0,108	3,668	75	0,83	264,27	0,67	263,60	248,30	247,60	0,70	15,97	16,00
7	686,3	0,000	1,175	1,175	50	0,59	264,27	6,44	257,83	248,30	237,60	10,70	15,97	20,23
8	63	4,843	0,108	4,951	75	1,11	265,44	1,17	264,27	248,00	248,30	-0,30	17,44	15,97
9	679	0,000	1,163	1,163	50	0,59	265,44	6,25	259,20	248,00	237,90	10,10	17,44	21,30
10	63	6,114	0,108	6,222	100	0,79	265,89	0,44	265,44	248,70	248,00	0,70	17,19	17,44
11	651	0,000	1,115	1,115	50	0,56	265,89	5,54	260,34	248,70	239,60	9,10	17,19	20,74
12	63	7,337	0,108	7,445	100	0,94	266,50	0,62	265,89	248,90	248,70	0,20	17,60	17,19
13	676	0,000	1,158	1,158	50	0,59	266,50	6,17	260,33	248,90	238,40	10,50	17,60	21,93
14	63	8,602	0,108	8,710	100	1,10	267,32	0,82	266,50	249,10	248,90	0,20	18,22	17,60
15	691	0,000	1,183	1,183	50	0,60	267,32	6,57	260,75	249,10	238,30	10,80	18,22	22,45
16	63	9,894	0,108	10,001	100	1,27	268,39	1,06	267,32	249,10	249,20	-0,10	19,29	18,12
17	651	0,000	1,115	1,115	50	0,56	268,39	5,54	262,84	249,20	239,70	9,50	19,19	23,14
18	63	11,116	0,108	11,224	100	1,42	269,70	1,31	268,39	249,70	249,20	0,50	20,00	19,19
19	451	0,000	0,772	0,772	50	0,39	267,85	1,95	265,90	247,80	241,00	6,80	20,05	24,90
20	30	0,772	0,051	0,824	50	0,42	267,99	0,15	267,85	247,80	247,80	0,00	20,19	20,05
21	579	0,000	0,992	0,992	50	0,50	267,99	3,97	264,03	247,80	239,70	8,10	20,19	24,33
22	72	1,815	0,123	1,939	50	0,98	269,70	1,71	267,99	249,70	247,80	1,90	20,00	20,19
ADUTORA	270	13,163	0,462	13,625	150	0,77	270,80	1,12	269,70	250,80	249,70	1,10		20,00

4.3 Comparativo da rede de distribuição considerando os sistemas direto e indireto de distribuição de água

4.3.1 Rede de Projeto

Se os pontos atendidos pela rede dimensionada neste trabalho forem abastecidos pelo sistema indireto de distribuição, ou seja, possuírem reservatório individual (caixa d'água), a rede possui diâmetro capaz de atender com eficiência a população abastecida por todos os trechos, a figura 10 apresenta o layout da rede e diâmetros adotados para cada trecho.

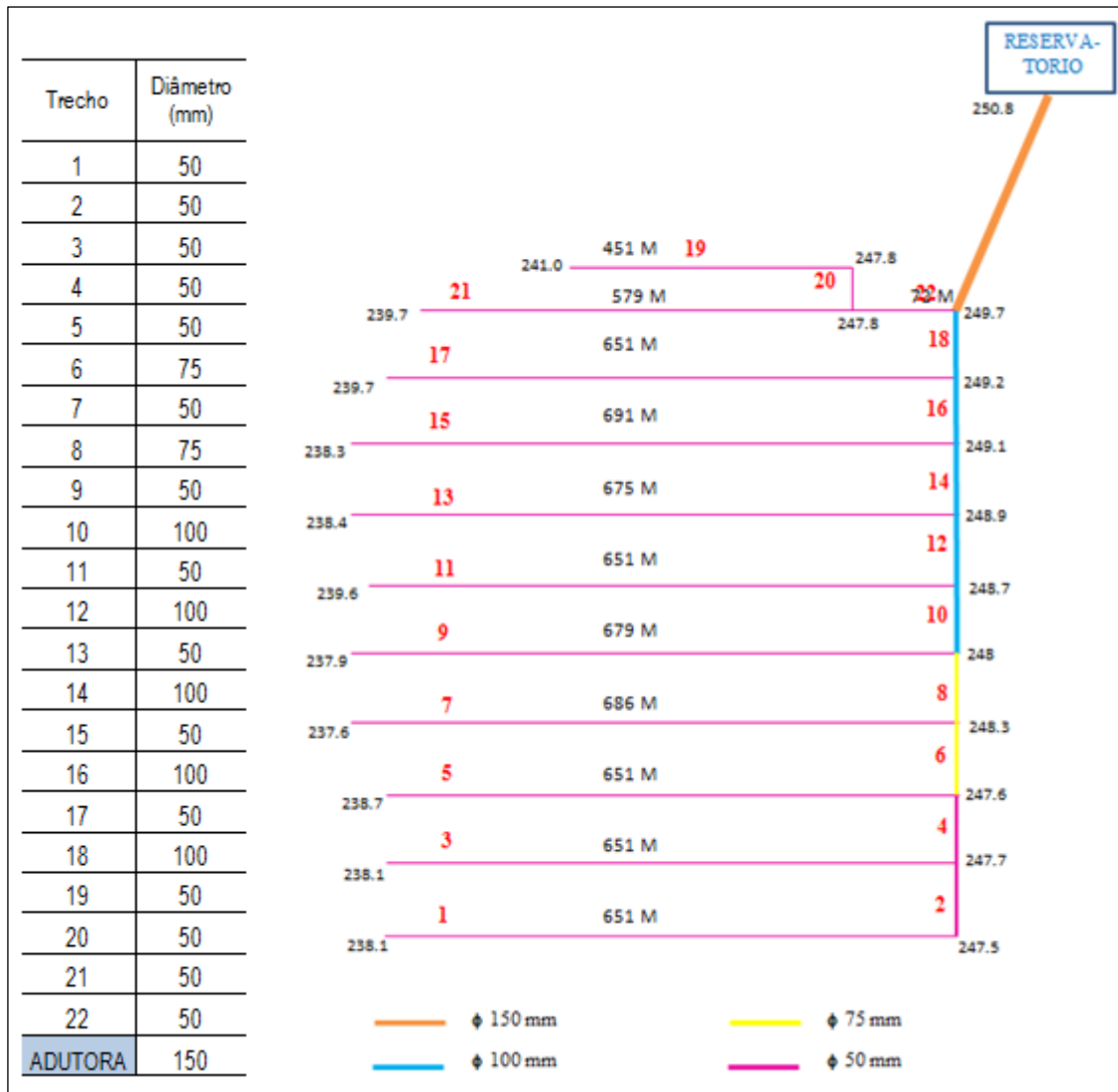


Figura 10: Layout e diâmetros da rede de distribuição de água.

No entanto, a rede projetada não é eficiente na distribuição de água se os pontos abastecidos utilizarem o sistema de distribuição direta, ou seja, a água vem diretamente da rede pública de abastecimento para o sistema predial, sem o uso de reservatório. Geralmente na tubulação que liga o hidrômetro residencial à rede pública é utilizada com diâmetro de 25 mm, e o diâmetro adotado nos trechos não suporta de maneira satisfatória a quantidade de ligações necessárias para atender todos os pontos abastecido pelo trecho, a figura 11 evidencia a quantidade de ligações com tubulação de diâmetro 25mm, 50mm e 100mm são possíveis para cada diâmetro dos ramais secundários.

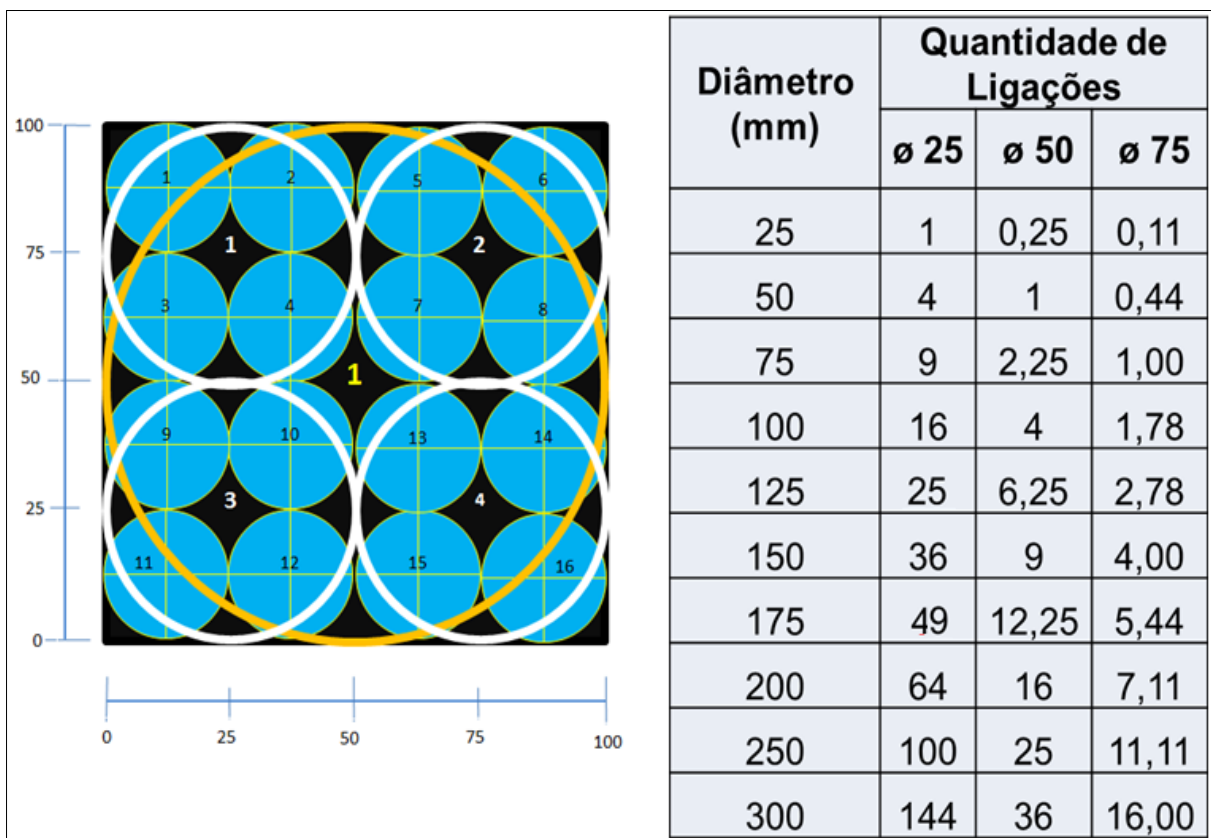


Figura 11: Demonstrativo de ligações possíveis por diâmetro.

Desse modo, para que as residenciais sejam abastecidas pelo sistema direto de distribuição de água, a tubulação deveria apresentar diâmetro superior ao dimensionado em todos os trechos, conforme dados da tabela 03 a seguir. Lembrando que apesar de ser mais econômico para o morador, este sistema deve ser utilizado apenas onde a concessionária garanta o abastecimento contínuo, caso contrário, a edificação corre o risco de ficar sem água nas eventuais faltas de abastecimento público e horários de maior consumo.

Tabela 03: Diâmetro necessário para atender o sistema direto.

Trecho	Diâmetro Calculado (mm)	Quantidade de ligações de Φ 25mm	Diâmetro Necessário (mm)
1	50	46	175
2	50	-	-
3	50	92	250
4	50	-	-
5	50	92	250
6	75	-	-
7	50	91	250
8	75	-	-
9	50	84	250
10	100	-	-
11	50	64	200
12	100	-	-
13	50	84	250
14	100	-	-
15	50	95	250
16	100	-	-
17	50	81	250
18	100	-	-
19	50	38	175
20	50	-	-
21	50	29	150
22	50	6	75
ADUTORA	150	-	-

4.3.2 Rede existente

O diâmetro das tubulações da rede existente é capaz de atender a demanda da população através do sistema indireto de distribuição, no entanto, assim como a rede dimensionada anteriormente, a rede não abastece a população de forma satisfatória através do sistema direto de distribuição, pois a quantidades de ligações que o ramal secundário receberá é maior do que a quantidade suportada pelo seu diâmetro, com isso a água não será fornecida a todas as casas, se a utilização for simultânea, como ocorre nos horários de maior consumo, a figura 12 evidencia a incapacidade da rede existente em atender o sistema direto.

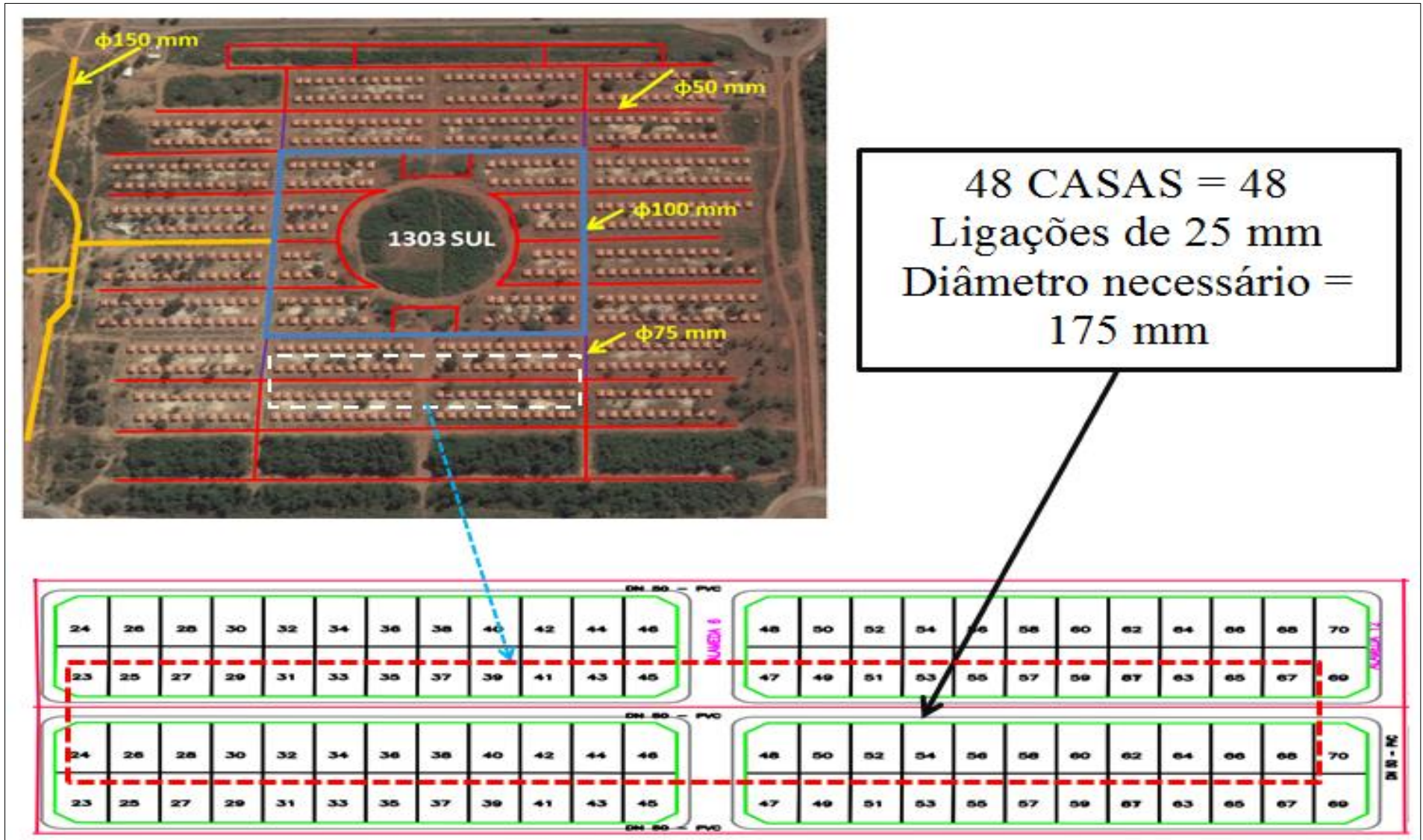


Figura 12 Rede existente e diâmetro necessário para atender o sistema direto.

5 CONCLUSÃO

Devido aos inúmeros relatos de interrupção no fornecimento de água, principalmente nos horários de maior consumo, surgiu a necessidade de verificar a eficiência da rede de distribuição de água nos sistemas direto e indireto, para isso foi utilizada a rede da quadra 1303 Sul do município de Palmas-TO como referência.

Foi realizado um novo dimensionamento da rede de distribuição de água para atender a demanda da população da quadra residencial 1303 sul, utilizada para comparação com rede existente. Durante o projeto calculou-se que a vazão necessária para atender a população prevista de 3270 habitantes é de 13,625 l/s, que a adutora deve possuir diâmetro de 150 mm, quanto ao conduto principal os diâmetros variaram entre 50 mm, 75 mm e 100 mm de acordo com a necessidade dos trechos por eles abastecidos, já para tubulação secundária foi adotado o diâmetro de 50 mm em todos os trechos.

Podemos observar que tanto a rede dimensionada neste trabalho como a rede existente são capazes de atender o consumo de água da população, se considerarmos, o sistema indireto de distribuição. No entanto, para que a rede de distribuição forneça água o suficiente para atender a demanda, principalmente nos horários de maior consumo, através do sistema direto de distribuição as tubulações devem possuir diâmetros maiores, sendo necessário atentar-se à pressão disponível nos trechos abastecidos pela rede.

5.1 Sugestão para trabalhos futuros

Efetuar um levantamento dos conjuntos habitacionais beneficiados por programa do governo federal, onde as residências unifamiliares não foram contemplados com a caixa de água e os moradores sofrem com interrupção do fornecimento de água, após o levantamento propor à empresa concessionária / governo a substituição da rede, o fornecimento das caixas d'água, a construção de um reservatório para atender cada conjunto habitacional ou ainda a adoção de outra alternativa socioeconomicamente viável que proporcione maior qualidade de vida à população.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, Márcio e LARA, Márcia; Fundamentos de Engenharia hidráulica. 3ª Edição revista e ampliada – Editora UFMG, Belo Horizonte – Minas Gerais, 2010.

CREDER, H. Instalações hidráulicas e sanitárias. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990

GIROL, G. V. Análise de Perdas reais em um Sistema de Abastecimento de Água no Município de Capinzal – SC. Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Trabalho de Conclusão de Curso. Santa Catarina, 2008.

GOMES, H. P. Sistema de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias. 2º Edição. 242p. Editora Universitária/ UFPB, 2004.

HELLER, Léo e PÁDUA, Valter Lúcio de; Abastecimento de água para consumo humano. 2ª Edição – Volume 2, Editora UFMG, Belo Horizonte – Minas Gerais, 2010.

IFRN – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia o Rio Grande do Norte - Notas de Aula, disciplina Instalações hidrossanitárias, professora Msc. Maria Cleide Oliveira Lima. Disponível em <http://docente.ifrn.edu.br/cleideoliveira/disciplinas/instalacoes-hidrossanitarias/agua-fria/aulas/componentes-de-agua-fria>. Acesso em 05/05/2015.

MACINTYRE, A. J. Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

NETTO, A. (1998). Manual de hidráulica, 8a Edição – Editora: Edgard Blücher, São Paulo.

NBR 12218 (1994). Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público, ABNT.

NBR 5626:1998 - Instalação predial de água fria, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.

POLESE, Everton Luis. Eficiência energética em sistemas de bombeamento: uso do variador de frequência. 2010, 69f. – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26035/000755025.pdf?sequence=1>>.

SOUSA, E. R., Sistemas De Distribuição De Água, Departamento De Engenharia Civil e Arquitectura Secção De Hidráulica e dos Recursos Hídricos e Ambientais Licenciatura Em Engenharia Civil, Lisboa, setembro de 2001. Disponível em https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779573893844/AG_Sistemas_distribuicao.pdf

TSUTIYA, M.T. Abastecimento de Água. São Paulo, 2006. 3ª. Edição. Escola Politécnica da USP, 643 p. (UITASP).

TSUTIYA, M. T., Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água. ABES Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, 2006.

VALADÃO, M. N. Simulação Hidráulica de Rede de Abastecimento de Água – Aplicação em Setores de Itajubá – M.G. 2006. 58 f. Monografia (Título de Engenheiro Hídrico) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006.