

PROJETO TÉCNICO

- I. ESTUDO TÉCNICO PRELIMINAR**
- II. ESTUDO DE VIABILIDADE**
- III. MEMORIAL DESCRITIVO**
- IV. MEMÓRIA DE CÁLCULO**

**Implantação de sistema de abastecimento de água na comunidade Serra da formiga
em Riachuelo/RN**

I. ESTUDO TÉCNICO PRELIMINAR E COMPLEMENTAR

O Presente documento explicita informações pertinentes a área de intervenção da implantação de Sistema de Abastecimento da Água na Serra da Formiga, comunidade rural situada no município de Riachuelo/RN.

I.1. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

I.1.1. HISTÓRICO

A sede do atual município de Riachuelo teve origem numa fazenda de criação de gado e plantação de lavoura, tendo como desbravador Manoel Severiano de Macedo, que ali se instalou logo após a Batalha Naval de 11 de junho de 1865, da qual participou. Naquele ano que o Almirante Barroso destruiu a esquadra do ditador paraguaio Francisco Solano Lopes. Esse fato passou para a história como a Batalha Naval do Riachuelo. Por ocasião da criação do Município, a comunidade que ali se formara, estava subordinada à jurisdição do Município de São Gonçalo do Amarante, que dali distava mais de doze léguas. Ao chegar à região, Manoel Severiano instalou-se numa área à margem de um riacho.

Inspirado ainda na euforia da vitoriosa batalha, acima mencionada, e considerando que a terminação *-elo* em castelhano representa um sufixo diminutivo, resolveu Severiano denominar aquela localidade de Riachuelo, tendo ali construído, em 1898, uma capela em homenagem ao Sagrado Coração de Jesus, hoje padroeiro do município.

Experimentando um crescimento tímido e o processo de desmembramento e criação de municípios, em 1943, Riachuelo passou a pertencer ao município de São Paulo do Potengi. Com a passagem da rodovia interligando à Região Oeste do Estado e a outros estados do Nordeste na direção norte, começam a surgir com maior intensidade a construção de residências, bem como a instalação de pequenos estabelecimentos comerciais. Paralelamente a esse processo, ganha impulso as culturas de subsistência associadas a do algodão, o que veio proporcionar um ligeiro desenvolvimento àquela localidade. Esse crescimento se verificou de forma mais acentuada no início da década de 60, quando o então distrito, já dotado de infraestrutura básica, teve seu reconhecimento como município no ano de 1963.

Como símbolo do novo município, é criada sua bandeira e nela inseridos os elementos mais expressivos de sua história: a cor marrom traduzia o couro, produto da pecuária aí desenvolvida desde os primórdios de sua povoação; a flor do algodão, representando a predominância dessa cultura, o azul detalhe de um barco, além de remeter ao ambiente natural das águas do Riacho, faz lembrar a Batalha do Riachuelo; o branco e o vermelho espelham respectivamente a paz e o sol, tão presentes na vida dos riachuelenses.

O território do município faz fronteira ao norte com o município de Bento Fernandes, a sul com São Paulo do Potengi e Barcelona, a oeste com Ruy Barbosa e Caiçara do Rio do Vento e a leste com Santa Maria e São Paulo do Potengi.

O principal acesso a sede do município de Riachuelo é a BR-304, que conecta o mesmo a cidade de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, bem como o município de Mossoró (segundo maior município do RN) e a cidade de Fortaleza (capital do Ceará).

I.1.4. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

Segundo a classificação de Koeppen, o município de Riachuelo apresenta tipo climático BSh, caracterizado por escassez de chuvas e grande irregularidade em sua distribuição; baixa nebulosidade; forte insolação; índices elevados de evaporação, e temperaturas médias elevadas (por volta de 27°C). A umidade relativa do ar é normalmente baixa, e as poucas chuvas (de 250 mm a 750 mm por ano) concentram-se num espaço curto de tempo, provocando enchentes torrenciais. Mesmo durante a época das chuvas (novembro a abril), sua distribuição é irregular, deixando de ocorrer durante alguns anos e provocando secas.

I.1.5. TEMPERATURA

As menores temperaturas ocorrem em junho, julho e agosto, marcando a estação considerada inverno. Enquanto, as temperaturas mais elevadas se observam no final da primavera e verão austral, desde novembro a fevereiro.

I.1.6. PLUVIOMETRIA

De acordo com os dados da EMPARN, que se utiliza de dados coletados em pluviômetros locais com dados da série histórica entre os anos de 1963 até 2006, o município de Riachuelo apresentou uma média de chuva anual de 563,37 mm (valores interpolados).

I.1.7. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

A) VEGETAÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a vegetação remanescente predominante em Riachuelo faz parte do Bioma Caatinga. Segundo o MMA e IBAMA (2010), a vegetação nativa do município Riachuelo foi suprimida em até 71,94% até o ano de 2008, de acordo com o monitoramento do desmatamento do bioma Caatinga.

B) RECURSOS HÍDRICOS

O município de Riachuelo/RN possui 86,28% de seus territórios inseridos nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Potengi e 13,23% nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Ceará-Mirim. Seus principais tributários são: o rio Camaragibe e os riachos Cachoeira do Sapo, do Barreto, da Pedra Branca, da Onça e da Formiga. Os principais corpos de acumulação são as lagoas: Nova, do José, do Peixe, do Feijão, Capivara e dos Porcos. Não existem açudes com capacidade de acumulação igual ou superior a 100.000m³. Todos os cursos d'água têm regime intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico.

Quanto as águas subterrâneas, o município de Riachuelo está totalmente inserido no Domínio Hidrogeológico Fissural. O Domínio Fissural é composto de rochas do embasamento cristalino que englobam o sub-domínio rochas metamórficas constituído da Formação Seridó e do Complexo João Câmara e o sub-domínio rochas ígneas da Suíte calcialcalina Itaporanga, Suíte Peraluminosa e do Complexo Santa Cruz.

Os parâmetros hidráulicos e dimensionais com respeito ao sistema aquífero fissural (SERHID, 1998) apresenta profundidade média do nível estático 25 a 75m. Esses valores retratam a baixa potencialidade hidrogeológica do aquífero fissural no estado do Rio Grande do Norte, formado por rochas fraturadas de caráter heterogêneo e anisotrópico, com poços pouco profundos e de baixas vazões. Esses parâmetros são também motivados e resultantes de clima semiárido, distribuição irregular das chuvas no tempo e espaço, chuvas concentradas em poucos meses do ano, recarga subterrânea irregular e descontínua.

A qualidade da água do município de Riachuelo foi analisada pela CPRM (2005) utilizando os parâmetros da Portaria nº 1.469/2000 da FUNASA e mostra que a água deste município é predominantemente salina (92%), doce (8%) e salobra (0%).

C) GEOLOGIA

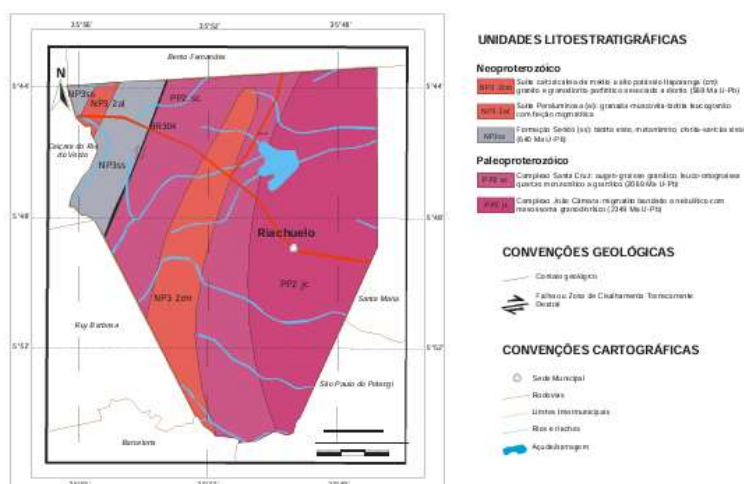


Figura: Mapa geológico do município de Riachuelo/RN

As características do relevo do município revelam duas áreas de diferenciação geomorfológica ligadas as Encostas Orientais do Planalto da Borborema e ao Piemonte Oriental do Planalto da Borborema. Estas, por sua vez, são resultados das ações de agentes climáticos sobre as rochas da região em diferentes períodos geológicos até a formação dos depósitos sedimentares do quaternário, fato que produziu características peculiares a este relevo.

D) SOLOS

O solo é definido como um agregado de partículas minerais, orgânicas ou uma combinação de ambas, que pode ser escavado com equipamentos simples, como pás e picaretas. Ele é composto por três fases principais: sólida (partículas minerais e orgânicas), líquida (água) e gasosa (ar).

O solo pode ser classificado quanto as operações de escavação, carga e transporte e classificação dos materiais escavados, conforme a definição dos solos a partir das Normas do DNIT, sendo eles:

Solo 1ª categoria: Compreende os solos em geral, residuais ou sedimentares, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo e inferior a 0,15 m, qualquer que seja o teor de umidade apresentado. O processo de extração é compatível com a utilização de “dozer” (trator de esteira) e “scraper” rebocado ou motorizado. Em geral, o material de 1ª categoria é escavado por tratores escavo-transportadores de pneus, empurrados por tratores esteiras de peso compatível ou por escavadeiras hidráulicas. Sua escavação não exige o emprego de explosivo.

Solo 2ª categoria: Compreende os de resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha não alterada, cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização do maior equipamento de escarificação exigido contratualmente; a extração eventualmente poderá envolver o uso de explosivos ou processo manual adequado.

Estão incluídos nesta categoria os blocos de rocha de volume inferior a 2 m³ e os matacões ou pedras de diâmetro médio compreendido entre 0,15 m e 1,00 m.

São de 2ª categoria os solos sedimentares em processo adiantado de rochificação e as rochas em processo adiantado de deterioração.

Solo 3ª categoria: Compreende os materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à rocha não alterada e blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1,00 m, ou de volume igual a superior a 2 m³, cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem com o emprego contínuo de explosivos, ou outros materiais e dispositivos para desagregação da rocha.





A resistência do solo está diretamente relacionada à sua classificação em categorias (primeira, segunda, terceira e quarta), conforme o DNIT. A resistência do solo é um parâmetro crítico para projetos de engenharia, pois influencia a escolha de fundações, técnicas de escavação e estabilidade de taludes. Abaixo, correlaciono as categorias de solo conforme o DNIT com a resistência do solo, considerando parâmetros como coesão (c), ângulo de atrito interno (ϕ) e capacidade de suporte.

Categoria	Resistência do Solo	Coesão (c) (KPa)	Ângulo de Atrito Interno (ϕ)	Capacidade de Suporte (kPa)
Primeira	Baixa resistência. Solos fáceis de escavar e compactar.	0 – 10	25° - 35°	50 - 150
Segunda	Resistência moderada. Solos que exigem mais esforço para escavação e compactação.	10 – 50	20° - 30°	100 - 300
Terceira	Alta resistência. Solos difíceis de escavar, com pedregulho ou argila dura.	50 - 200	30° - 40°	300 - 600

Os solos predominantes no município de Riachuelo são o Planossolo Solódico, cuja apresenta fertilidade natural alta, textura argilosa e arenosa, relevo suave ondulado, imperfeitamente drenado e raso.

Em complementação, foi realizado uma investigação geológica e geotécnica através de abertura de trincheiras de inspeção ao longo do trecho de implantação da subadutora e rede de distribuição a ser implantada e na profundidade da vala especificada em projeto. Assim, como constatado, o solo da área de intervenção na parte mais superficial é caracterizado pela presença de solos residuais ou sedimentares, com pequena presença de seixos rolados, com diâmetro máximo e inferior a 0,15 m, qualquer que seja o teor de umidade apresentado, ou seja, solo de 1ª categoria, como pode-se observar nas imagens acima. Enquanto os solos com profundidade superiores a 15 cm, como pode-se constatar na imagens acima, são sedimentares em processo adiantado de rochificação e as rochas em processo adiantado de deterioração, com resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha não alterada, a extração eventualmente poderá envolver o uso de explosivos ou processo manual adequado (solo 2ª categoria).

E) RELEVO

As altitudes do município de Riachuelo variam entre 84 e 389 metros de altitude (INPE), e a altitude da sede encontra-se a 118,00 metros acima do nível do mar.



Figura: Mapa topográfico do município de Riachuelo/RN

I.1.8. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

De acordo com os dados dos últimos censos demográficos, para o Brasil, no período 1991-2000, a taxa de crescimento populacional foi de 1,63 ao ano, declinando para 1,17% ao ano na década seguinte. O Nordeste apresentou uma redução ainda mais significativa. A taxa de crescimento populacional do Nordeste que era de 1,30% ao ano entre 1991-2000 declinou para 1,07% ao ano entre 2000 e 2010, uma das menores do País no período. O Rio Grande do Norte também revelou taxas de crescimento populacional numa tendência de declínio para o período de 1991-2000, a taxa de crescimento foi de 1,56% ao ano e na década subsequente, a taxa foi de 1,33% ao ano.

O ritmo de crescimento da população do município de Riachuelo também aumentou nos últimos anos, sendo de -0,11% no período 1991-2000, 2,07% ao ano entre 2000 e 2010 e 0,38% ao ano e

O município de Riachuelo revela um total de 7.389 habitantes, segundo as informações censitárias de 2022.

Nos últimos anos, percebe-se que a densidade populacional no município de Riachuelo vem crescendo ao longo dos anos em virtude do ainda persistente aumento do volume absoluto populacional. Ressalta-se que a densidade demográfica se refere ao resultado da divisão do total de habitantes de um determinado local por sua extensão territorial. Em Riachuelo a densidade demográfica passou de 22,12 hab/km², em 1991, para 26,88 hab/km², em 2010.

I.2. LEVANTAMENTO DE ESTUDOS E PLANOS EXISTENTES

A Lei Orgânica do Município de Riachuelo foi promulgada em 30 de março de 1990. Na busca pela promoção da qualidade de vida da população municipal, o Município de Riachuelo, assume sob sua competência um rol de atribuições intrínsecas ao planejamento do meio em que sua população se insere, guardando especial interesse à qualidade do ambiente, conforme pode se observar no seguinte extrato normativo da Lei Orgânica Municipal:

Art. 12 – Ao município compete prover a tudo quanto respeite ao seu peculiar interesse e ao bem-estar de sua população, cabendo-lhe, privativamente, entre outras, as seguintes atribuições:

VIII – legislar sobre assuntos de interesse local;

[...]

XI – organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local;

[...]

XV — promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano;

[...]

A julgar pelos destaques do art. 12 acima, parte dos eixos do Saneamento já eram previstos como sendo de competência da edilidade, ainda que não agregados sob a nomenclatura técnica e não necessariamente trabalhados de maneira integrada, como exige o Marco Legal. Assim, além de prever as competências municipais que propõem uma melhor qualidade de vida à população municipal, a Lei Orgânica do Município de Riachuelo torna especial a preocupação com as questões de saneamento básico no território do município.

Ou seja, o Município já previa sua competência para prestar diversos serviços e até mesmo a possibilidade de fazê-lo mediante consórcio público. Dentre esses serviços essenciais, encontram-se os de saneamento básico, obedecendo a previsão constitucional de competência para legislar sobre assuntos de interesse local (art. 30, I, CF) e a competência para prestar os serviços de interesse local (art. 30, V, CF).

A Lei Orgânica ainda fala especificamente sobre o saneamento básico no seu Capítulo que fala da Política de Saúde, no art. 117 que assim diz:

Art. 116 – Ao órgão municipal de saúde, integrado ao sistema único de saúde e, quando necessário, em articulação com órgãos federais e estaduais, compete:

[...]

III – participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico e do controle do meio ambiente;

Assim, vê-se que há a previsão legal de competência na Lei maior municipal, estando plenamente adequado o procedimento de implantação da política e plano municipal de saneamento básico aos interesses locais, respeitando assim a autonomia municipal e as normas que regem o processo legislativo local.

O Município de Riachuelo, obedecendo ao disposto na Lei Orgânica, instituiu através da Lei Municipal nº 673, de 08 de junho de 2022, a Política Municipal de Saneamento Básico do Município.

Esta Legislação se estrutura através de três Títulos, a saber: I - Disposições Preliminares; II - Da Política Municipal de Saneamento Básico; e, III - Das Disposições Finais e Transitórias.

Dentre estes, o Primeiro Título, define o objeto e seu âmbito de aplicação.

O segundo Título é dividido em nove capítulos, que assim são nomeados:

I. Dos Princípios Fundamentais

II. Dos Serviços Públicos de Saneamento Básico

III. Do Exercício da Titularidade

IV. Dos Instrumentos

V. Dos Aspectos Econômico-financeiros

VI. Das Diretrizes para a Regulação e Fiscalização dos Serviços

VII. Dos Direitos e Obrigações dos Usuários

VIII. Da Educação Ambiental

IX. Das Infrações e Penalidades

No Primeiro Capítulo são apresentadas as diretrizes gerais da política de saneamento, definindo seus princípios.

O Segundo Capítulo elenca o que seriam as ações consideradas no Saneamento básico municipal, caracterizando cada uma delas.

Os Capítulos Terceiro e Quarto instituem, respectivamente, a competência da execução da política municipal de saneamento e a criação do sistema municipal de saneamento básico, estabelecendo as competências de carga órgão no desenvolvimento de suas funções.

O Quinto Capítulo trata das questões e equilíbrio econômico entre os prestadores de serviço, o município e os usuários do serviço, considerando a forma de remuneração e garantindo diretrizes gerais para cobrança de tributos sobre a prestação de serviço.

O Sexto Capítulo trata da regulação e fiscalização dos serviços, indicando de modo geral as competências do órgão regulador e os critérios de indicação deste ente.

O Sétimo Capítulo trata dos deveres e obrigações dos usuários, que desenvolvem papel primordial no sistema de saneamento básico municipal.

A Educação Ambiental é o foco do Oitavo Capítulo, que apresenta as determinações sobre inserção no Município da questão ambiental para valorizar o cidadão como ator social no processo de manutenção da qualidade e preservação do meio ambiente.

O Nono Capítulo trata das infrações e penalidades existentes para aqueles que de maneira prejudicial atentarem contra o sistema de saneamento básico municipal, seus princípios e diretrizes.

O último Título institui as disposições transitórias saneadoras do ordenamento jurídico municipal sobre o tema, que passa a ter como cerne a presente legislação.

Esta Legislação se torna o pilar fundamental das ações de saneamento municipais, uma vez que iniciando do Plano de Saneamento aqui trabalhado, as ações do saneamento no município devem estar pautadas e referendadas através de dispositivos normativos presentes na referida Lei Municipal nº 673/2022.

Em relação a delimitação do perímetro urbano, no município de Riachuelo/RN não há normas, o que dificulta a elaboração de um plano integrado e que atenda ao princípio da universalidade, abrangendo a totalidade do município e de sua população. Tal informação, contudo, não compromete o diagnóstico, que deverá levar em consideração a ausência da norma e identificar as aglomerações urbanas no território, de modo a estabelecer a previsão de soluções integradas para toda a municipalidade.

No município de Riachuelo, em que pese a ausência de legislação específica sobre a matéria, a Lei Orgânica Municipal cita a necessidade de criação dos distritos por lei, conforme o dispositivo abaixo transcrito:

Art. 10 – A organização político-administrativa de Riachuelo compreende distritos e sub-distritos, cuja criação, fusão, desmembramento ou extinção depende de lei municipal.

O município de Riachuelo não possui Lei de Regulação, Ocupação e Parcelamento do Solo Urbano, nem código de obras e edificação, nem código sanitário, nem código de meio ambiente.

Por meio da Lei municipal nº 673/2022 de 08 de junho de 2022, foi instituído a Política Municipal de Saneamento Básico, que tem por finalidade assegurar a promoção e proteção da saúde da população e a salubridade do meio ambiente urbano e rural, além de disciplinar o planejamento e a execução das ações, obras e serviços de Saneamento Básico, estabelecer diretrizes e definir os instrumentos para a Regulação e Fiscalização da prestação dos serviços de Saneamento Básico do Município de Riachuelo.

O Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte (PERS) considerando que a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, prognosticou a regionalização a ser implantada por meio da operação de um Consórcio Público em diversas regiões, dentre elas o Consórcio Público na Região do Mato Grande, que contribuirá para o equacionamento dessa questão, através do ordenamento de procedimentos que contribuam para a melhoria do gerenciamento da limpeza urbana, principalmente através da construção de um aterro sanitário ou outras alternativas de disposição adequada, que promovam a inserção social dos catadores de materiais recicláveis, que proponham incentivos tributários para atividades voltadas para reciclagem e produção mais limpa para os municípios consorciados e que implementem políticas ambientalmente corretas.

O Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Rio Grande do Norte (PEGIRS/RN), elaborado entre 2010 e 2012, apresentou em seu conteúdo uma proposta de Regionalização para o estado dividindo-o em 7 regiões, cada uma possuindo um aterro sanitário. Essa regionalização veio com o objetivo de contribuir para o fortalecimento da gestão dos resíduos sólidos trazendo melhorias para o sistema de manejo e disposição. De acordo com a regionalização citada, a região do Mato Grande engloba 26 municípios, dentre eles o município de Riachuelo/RN.

O abastecimento da área urbana do município de Riachuelo/RN é realizado pelo sistema adutor Sertão Central Cabugi, que por sua vez em uma derivação em uma adutora do sistema que leva água da sede de Raichuelo/RN até o município vizinho de Santa Maria/RN será fornecida água tratada para a comunidade de Serra da formiga, objeto deste projeto.

O Sistema Adutor Sertão Central Cabugi, que capta água do Canal do Pataxó, tendo suas águas provenientes da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves. Este sistema adutor abastece oito municípios do Rio Grande do Norte, dentre eles, a sede e algumas comunidades e distritos do município de Riachuelo/RN, ao longo da adutora e subadutoras.

O trecho da adutora Sertão Central Cabugi que encaminha água tratada para o município de Riachuelo, apresenta uma estação elevatória de água tratada, a EEAT 1, que é responsável por abastecer a cidade de Riachuelo, o distrito Cachoeira do Sapo, os assentamentos, As 18, Furnas, Nova Descoberta e

Quintururé e as comunidades rurais Baixa da Aroeira, Bandeira, Bom Sossego, Carnaúba, Divisão, Floresta, Lagoa Nova, Salvação, São João, Umbu do Paulo e Várzea Fria.

Segundo dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2013b), aproximadamente 60% do abastecimento de água da população rural de Riachuelo dá-se através de rede geral. O restante da população faz uso de soluções individuais dentre as quais se destaca o uso de cisterna e carro-pipa, como é o caso da comunidade de Serra da formiga, objeto desta intervenção. Atualmente, o abastecimento é realizado por carro-pipa uma vez ao mês, que fornece o volume de 6.000 litros de água para o reservatório de cada residência. Esse abastecimento de água através de carros-pipa é realizado pela Prefeitura Municipal e pelo Exército Brasileiro, os quais abastecem as cisternas da comunidade.

Em 26/07/2022, a Prefeitura Municipal de Riachuelo tornou pública a Aprovação do Relatório Final do Plano Municipal de Saneamento Básico.

II. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA

O estudo de viabilidade técnica permite a identificação de possíveis soluções para atendimento às demandas atuais e futuras para abastecimento de água, com a possibilidade de implantação das estruturas propostas e das atividades necessárias, assim como o pré-dimensionamento, estimativa de custos de investimento, operação e manutenção das alternativas selecionadas, concluindo pela alternativa com a maior viabilidade técnica e de melhor custo-benefício.

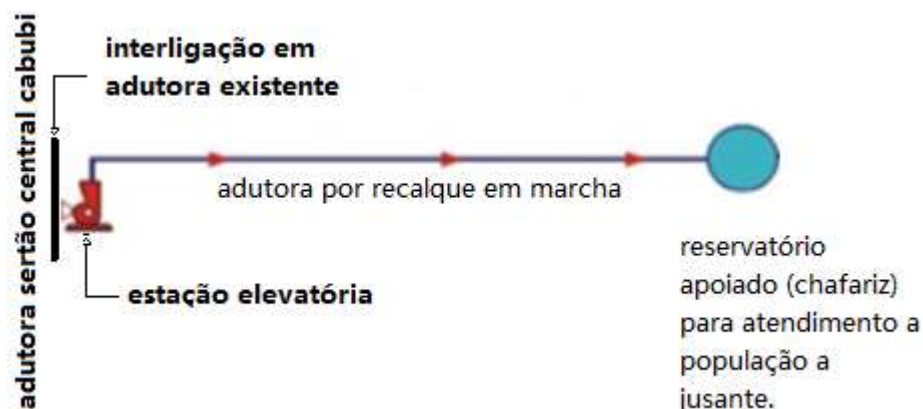
Na área de intervenção, a comunidade rural serra da formiga no município de Riachuelo/RN, encontra-se no polígono das Secas, que apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço. Nesse cenário, a escassez de água constitui um forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população.

A viabilidade do sistema ora proposto, garantirá o atendimento aos níveis de consumo per capita condizente para o abastecimento de água para consumo humano, com segurança hídrica de acordo com os padrões de uso ou de qualidade requeridos. Ainda, deve-se contabilizar a diminuição de custos de operação por habitante da solução proposta em relação a atual solução existente, realizado por meio de carros-pipa.

II.1. ESTUDO DE ALTERNATIVAS

O projeto de um sistema de abastecimento de água deve considerar também a verificação dos custos relacionados a essa implantação para que se avaliem a viabilidade técnico-econômica para as possíveis alternativas de implantação do sistema. A partir deste momento passaremos ao estudo das possíveis alternativas para o atendimento à população da referida comunidade:

Alternativa 01: Implantação de uma única estação de bombeamento no início do trecho da subadutora para atendimento todo o trecho. Para essa alternativa necessitaria de conjuntos moto-bomba em série de altura manométrica total de 207 mca e uma vazão aduzida de 6,4 m³/h. Também, em função da alta pressão interna na tubulação, para atender às exigências do projeto, seria necessário especificar uma tubulação que suportaria a pressão máxima de serviço requerida. No final do trecho, haveria um reservatório apoiado (RAP) para atendimento à população a jusante.



Custo de implantação: R\$ 4.457.366,80

Custo de operação: R\$ 19.275,92

Conclusão: Na proposta da alternativa 01, a água recalçada pela única estação elevatória prevista por todo o trecho da subadutora, necessitando ao longo a implantação de diversas estações de válvula redutora de pressão, na interligação da subadutora com a rede de distribuição atendida, tubulação que suporta uma alta pressão interna e utilização de conjunto moto-bomba que requer o recalque de uma grande altura manométrica. Assim, pelos motivos elencados esta alternativa se torna inviável, onerando demasiadamente a implantação e a operação.

Alternativa 02: Sistema com a implantação de estação elevatória, que recalca a água tratada por subadutora até alimentar reservatório elevado a jusante, localizado no final do trecho (ponto mais alto do trecho previsto), e este reservatório distribui a água por gravidade por rede de distribuição em todo o trecho até o ponto mais baixo.

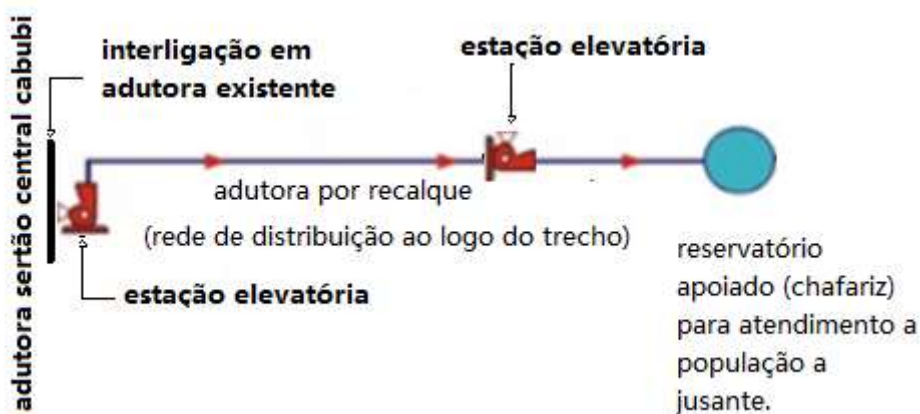


Custo de implantação: R\$ 5.337.319,67

Custo de operação: R\$ 19.275,92

Conclusão: Na proposta da alternativa 02, a água recalçada pela única estação elevatória prevista por todo o trecho da subadutora até reservatório elevado a jusante, no final do trecho no ponto mais alto, e distribuindo por gravidade todo o trecho. Em relação a alternativa 01, não necessita de estação de válvula redutora de pressão, porém acrescenta-se a construção de reservatório elevado de concreto armado e aumento de rede de distribuição. Também, esta proposição se torna inviável pelo demasiado custo de implantação e a operação.

Alternativa 03: Implantação de Estações elevatória de regularização de pressão (EERP), aduzindo água tratada pressurizada por um trecho de subadutora. O EERP 01 recalca a água até outro ponto, onde encontra-se a EERP 02, que este por sua vez aduz água até o final do trecho, onde existe um reservatório apoiado, que servirá de chafariz a população a jusante. No transcorrer da subadutora haverá pontos onde se terão sangrias da mesma para redes de distribuição, e em pontos onde a pressão supera ao permitido serão necessários a instalação de estação de válvula redutora de pressão.



Custo de implantação: R\$ 1.512.655,06

Custo de operação: R\$ 9.504,91

Conclusão: Nesta proposta (Alternativa 03), a água recalcada por estação elevatória, com quadro de comando automatizando a operação conforme a pressão de água calibrada em reservatório, que também servem para reservar água no período que a vazão de consumo à jusante é inferior a vazão de entrada no reservatório, para possibilitar a sua utilização no pico de consumo.

As estações elevatórias foram dimensionadas para maior eficiência para a vazão e altura manométrica requerida e o emprego de tubulação da adutora de melhor custo-benefício, de acordo com os recursos hoje disponibilizado. Assim, conclui-se pela instalação de 02 estações elevatórias, subadutora, reservatório apoiado de 20.000 litros, rede de distribuição e ramais prediais.

Desta forma, em comparação a todas as alternativas, esta é a mais viável tecnicamente e economicamente tanto no ponto de vista de implantação, como de operação. Assim, esta solução é a de melhor custo-benefício.

II.2. ESTUDO DE DEMANDA

Na comunidade Serra da formiga existem 115 residências, e considerando 3,48 habitantes por moradia, tem-se uma população a ser atendida de 400 habitantes, tendo em vista a proximidade da área urbana, com facilidade de acesso e, possibilidade de expansão é razoável no horizonte de projeto (30 anos) ser alcançado o atingimento de 800 habitantes. Desta forma, considerando-se uma taxa de crescimento aritmética de 13,33 habitantes por ano, é possível o alcance de população de 800 habitantes de horizonte de projeto, no final de prazo de 30 anos.

O sistema proposto, neste momento, deve ser dimensionado levando em consideração da totalidade da população da Serra da formiga, tanto no presente momento, quanto ao final do horizonte de projeto, permitindo que a execução por ora parcial, seja aproveitada com a sua devida extensão e atendimento assim toda a população da Serra da formiga.

A estimativa de demandas de água para o sistema deve-se realizada a partir da seguinte equação:

$$Q = \frac{k_1 K_2 P}{86.400}$$

Onde:

Q = vazão (L/s);

K₁ = coeficiente do dia de maior consumo;

K₂ = coeficiente da hora de maior consumo;

P = população da área abastecida (hab);

q = consumo per capita de água (L/hab.dia), adotando o valor de 100 L/hab.dia.

Assim, temos o seguinte:

Período	Ano	População (hab.)	vazão média (l/s)	vazão máxima diária (l/s)	vazão máxima horária (l/s)	vazão disponível (l/s)
0	2024	400	0,46	0,56	0,83	1,78
1	2025	409	0,47	0,57	0,85	1,78
2	2026	419	0,48	0,58	0,87	1,78
3	2027	429	0,50	0,60	0,89	1,78
4	2028	439	0,51	0,61	0,91	1,78
5	2029	449	0,52	0,62	0,94	1,78
6	2030	459	0,53	0,64	0,96	1,78
7	2031	470	0,54	0,65	0,98	1,78
8	2032	481	0,56	0,67	1,00	1,78
9	2033	492	0,57	0,68	1,03	1,78
10	2034	504	0,58	0,70	1,05	1,78
11	2035	516	0,60	0,72	1,07	1,78
12	2036	528	0,61	0,73	1,10	1,78
13	2037	540	0,63	0,75	1,13	1,78
14	2038	553	0,64	0,77	1,15	1,78
15	2039	566	0,65	0,79	1,18	1,78
16	2040	579	0,67	0,80	1,21	1,78
17	2041	592	0,69	0,82	1,23	1,78
18	2042	606	0,70	0,84	1,26	1,78
19	2043	620	0,72	0,86	1,29	1,78
20	2044	635	0,73	0,88	1,32	1,78
21	2045	650	0,75	0,90	1,35	1,78
22	2046	665	0,77	0,92	1,39	1,78
23	2047	680	0,79	0,95	1,42	1,78
24	2048	696	0,81	0,97	1,45	1,78
25	2049	713	0,82	0,99	1,48	1,78
26	2050	729	0,84	1,01	1,52	1,78
27	2051	746	0,86	1,04	1,55	1,78
28	2052	764	0,88	1,06	1,59	1,78
29	2053	782	0,90	1,09	1,63	1,78
30	2054	800	0,93	1,11	1,67	1,78

A supracitada comunidade não possui fonte de água e ainda apresenta um grande desnível em relação ao seu entorno. Assim, o ponto de tomada d'água mais viável para atender o sistema proposto, na qual possui disponibilidade de água em qualidade e quantidade suficientes, considerando que a água tratada provém do sistema sertão central cabugi com disponibiliza a vazão de 1,78 l/s (6,4 m³/h) para o sistema proposto superior a vazão de demanda atual de 0,83 l/s (3,0 m³/h) e futura de 1,67 l/s (6,0 m³/h) para atendimento da população da área de intervenção.

III. MEMORIAL DESCRITIVO

Atualmente, a sede, alguns distritos e comunidades rurais de Riachuelo/RN, além de outros municípios do Estado do Rio Grande do Norte, são atendidos pelo Sistema adutor Sertão Central Cabugi. A comunidade Serra da Formiga, pertencente ao município de Riachuelo/RN, não se encontra contemplada pelo sistema Sertão Central Cabugi, nem por outro sistema de abastecimento de água coletivo.

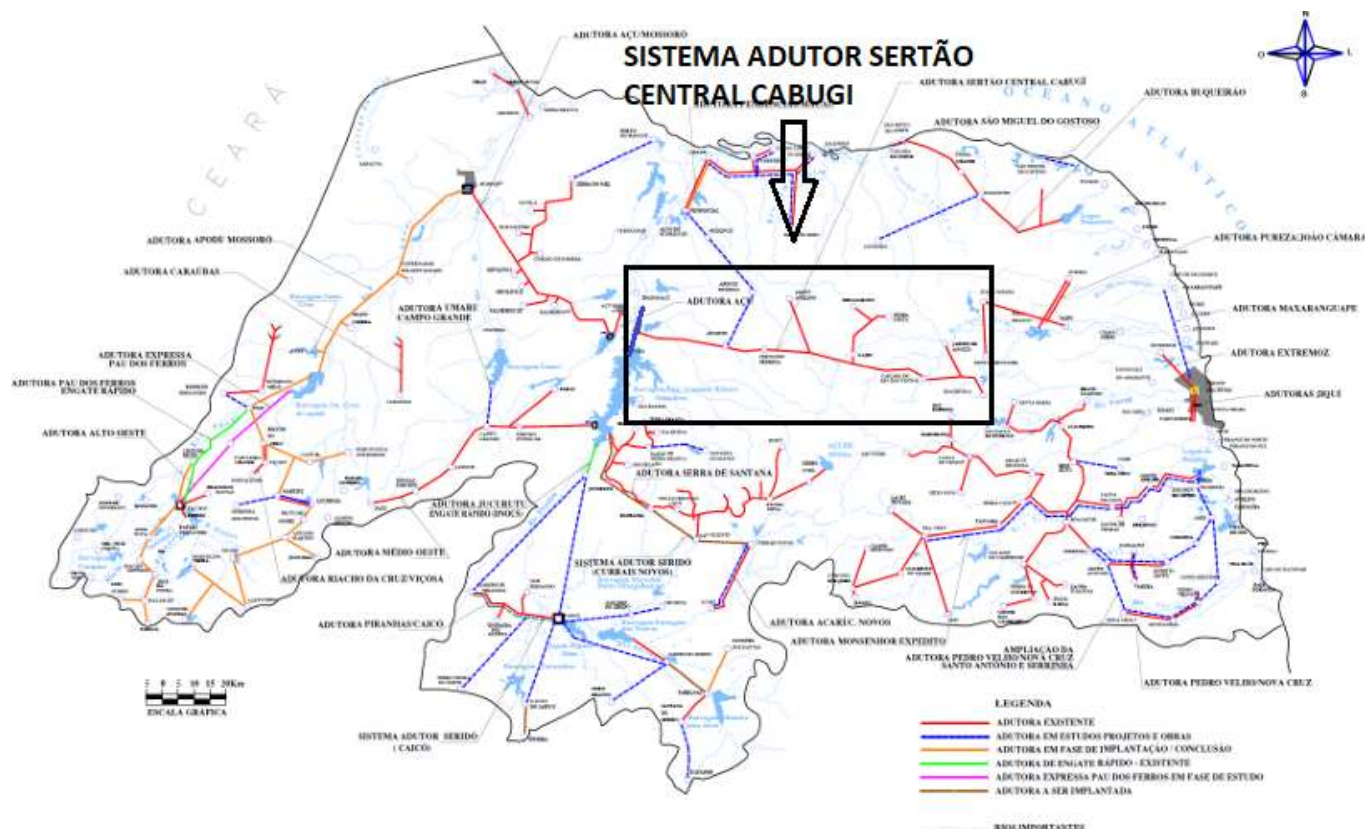


Figura: Mapa dos principais sistemas adutores do estado do Rio Grande do Norte, sendo enfatizado o sistema adutor Sertão Central Cabugi.

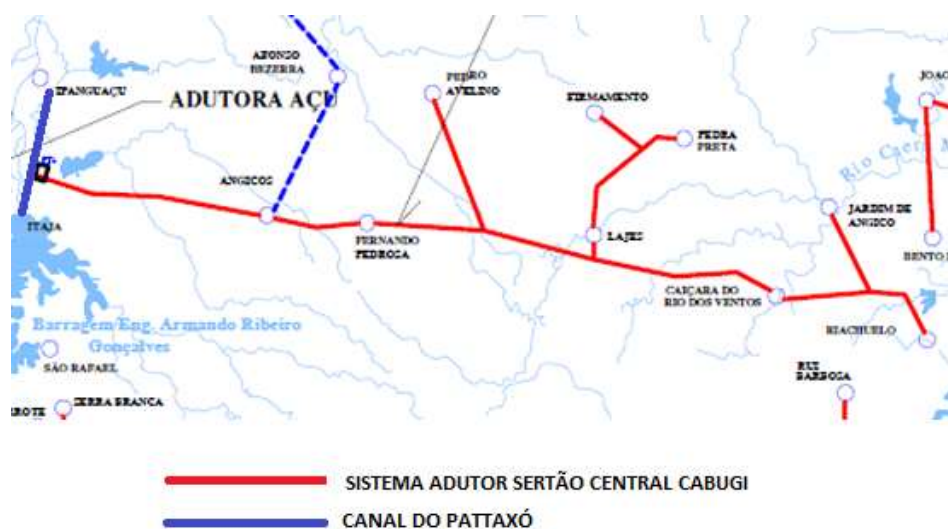


Figura: Sistema adutor Sertão Central Cabugi

Segundo dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2013b), aproximadamente 60% do abastecimento de água da população rural de Riachuelo dá-se através de rede geral. O restante da população faz uso de soluções individuais dentre as quais se destaca o uso de cisterna e carro-pipa, como é o caso da comunidade de Serra da formiga, objeto desta intervenção. Atualmente, o abastecimento é realizado por carro-pipa uma vez ao mês, que fornece o volume de 6.000 litros de água para o reservatório de cada residência. Esse abastecimento de água através de carros-pipa é realizado pela Prefeitura Municipal e pelo Exército Brasileiro, os quais abastecem as cisternas da comunidade.

O presente projeto propõe o abastecimento da água na comunidade Serra da formiga, através de implantação de sistema, composto de interligação da rede existente, implantação de subadutora de água tratada, estação elevatória, Reservatório Apoiado, Rede de distribuição e Ligações prediais.

III.1. ELEMENTOS PARA A CONCEPÇÃO DO SISTEMA

A concepção de um sistema consiste em um conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, os parâmetros e as definições necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema de abastecimento de água que se pretende projetar. A concepção é elaborada na fase inicial do projeto, com estudo de arranjos, sob os pontos de vista qualitativo e quantitativo, das diferentes partes do sistema, organizadas de modo a formarem um todo integrado para a escolha da concepção básica.

A implantação de sistema de abastecimento de água é um fator de extrema importância impactando a qualidade de vida da população a ser atendida.

III.2. ETAPAS CONSTRUTIVAS DA OBRA

Os sistemas de abastecimento de água consistem no conjunto de obras, equipamentos e serviços com o objetivo de levar água potável para uso no consumo humano, dentre outros usos.

A comunidade da serra da formiga, a ser contemplada neste instrumento, apresenta grande desnível topográfico em relação ao ponto de início da sub-adutora a ser executada, mais especificamente na área do escritório local da Companhia de Águas e esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN), no centro de Riachuelo/RN.

No presente projeto, que é a implantação de sistema de abastecimento de água tratada para a comunidade Serra da Formiga, a concepção deste projeto prevê a execução das etapas: Interligação a rede existente, Estação elevatória (EERP), Adutora, Reservatório Apoiado, Rede de distribuição e ligações prediais. Assim, passaremos a detalhar todas as etapas:

A) INTERLIGAÇÃO DA REDE EXISTENTE



Imagem 01: Visão geral do terreno do escritório central da CAERN no município de Riachuelo/RN e a localização da EERP 01.



Imagem 02: tubulação de saída (distribuição) do reservatório elevado, que através de derivação alimentará a EERP 01.

A sede do município de Riachuelo é abastecida por reservatório elevado, localizado no terreno do escritório central da CAERN, conforme imagem 01 abaixo. Este reservatório é alimentado a montante pelo Sistema adutor Sertão Central Cabugi e distribui a jusante para a cidade de Riachuelo. Por sua vez, este projeto propõe uma derivação da tubulação de saída deste reservatório, com a implantação de derivação por um tê e tubulação que se destina Estação regularizadora de pressão 01 (EERP01), também localizada na área do terreno da CAERN.

B) ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE REGULARIZAÇÃO DE PRESSÃO (EERP)

Na situação na qual não é possível aduzir a água por gravidade, como o caso deste projeto, se faz necessária a elevação da cota piezométrica e para isto, utiliza-se de estação elevatória de água, por meio da pressurização da água. A estação elevatória de água tratada é um conjunto de instalações, equipamentos e edificações que tem o objetivo de recalcar a água.

A comunidade Serra da Formiga, localidade a ser atendida, apresenta grande desnível topográfico em relação ao ponto de início da sub-adutora a ser executada. Assim, para atendimento direto da sub-adutora à população a jusante seria necessário bombeamento com elevada altura manométrica. Então, para equacionar essa problemática, foi projetado estação elevatória intermediária, garantindo uma regularização de pressão, permitindo a sub-adutora operar acima da pressão mínima dinâmica e abaixo da pressão máxima de serviço suportada pelas tubulações empregadas, garantindo a distribuição de água em pressão adequada

e uma operação normal dentro da rede de abastecimento de água. Desta forma, concebe-se uma estação elevatória no início da sub-adutora e outra estação elevatória intermediária.

A estação elevatória regularizadora de pressão detém um reservatório imediatamente a montante do conjunto moto-bomba, da qual succionará a água “afogado”, que trabalhando associado a sensores de pressão, bóia automática e inversores de frequência, permite o controle do funcionamento e potência do conjunto moto-bomba, regularizado assim a vazão e pressão, principalmente em situações de pico de consumo, especialmente nas regiões mais altas e distantes, promovendo maior eficiência do sistema de bombeamento, evitando o desperdício de energia quando não é necessário manter a bomba na potência máxima.

Este projeto inicia-se por uma derivação da tubulação de saída do reservatório elevado existente no terreno da CAERN do centro de Riachuelo/RN, este é alimentado pelo sistema adutor Sertão Central Cabugi. Esta derivação alimentará a primeira Estação Elevatória de Regularização de Pressão (EERP01), na qual aduzirá água tratada, sendo este o ponto inicial da sub-adutora a ser implantada, na qual terá uma extensão total de 8.870,18 m, sendo que ao longo do trajeto da sub-adutora haverá a instalação de mais uma Estação Elevatória de Regularização de Pressão (EERP 02), localizada no comprimento de 7.568,81 m.

Ao final, do trecho da adutora (trecho 8,87 km), deverá ser construído um reservatório Apoiado que funcionará como reserva de água de consumo para a população à jusante.

As EERP's 01 e 02 serão automatizadas com base na pressão de sucção e recalque.

	
Local da Estação elevatória regularizadora de pressão (EERP 02)	
	
Local do Reservatório apoiado (RAP)	

C) ADUÇÃO

Como relatado anteriormente, o projeto prevê a adução (sub-adutora) de água tratada para abastecimento da população da comunidade rural Serra da Formiga, a partir do EERP 01, que aduz água até a EERP 02, que este também aduz até o reservatório apoiado (RAP), no final do trecho. A comunidade a ser atendida possui grande desnível topográfica em relação ao ponto de início da sub-adutora proposta, logo necessita elevação do nível piezométrico para o devido atendimento com vazão e pressão necessária.

D) REDE DE DISTRIBUIÇÃO

A rede de distribuição é a unidade do sistema de abastecimento de água formada pelo conjunto de tubulações, conexões e peças especiais, destinadas a conduzir água em quantidade, qualidade e pressão suficientes, para o abastecimento dos diversos pontos de consumo.

Ao longo da subadutora a ser implantada haverá tomada de água para a rede de distribuição. Em alguns pontos, se faz necessário a instalação de válvula redutora de pressão para adequar as pressões.

E) LIGAÇÕES ou RAMAIS PREDIAIS

As interligações entre as tubulações da rede de distribuição ao interior dos estabelecimentos consumidores de água (pontos de consumo) são realizadas mediante as ligações ou ramais prediais. A tomada de água é compreendida entre o colar de tomada ou tê de serviço integrado. Os ramais prediais serão dotados de cavelete e hidrometação.

F) RESERVATÓRIO

Reservatório é a estrutura com capacidade de armazenamento da água com os objetivos de: regularizar as diferenças entre o abastecimento e o consumo máximo diário (reserva de equilíbrio), promover condições de abastecimento contínuo durante períodos curtos de paralisação do abastecimento (reserva de emergência) e garantir a adequada pressurização do sistema de distribuição.

Neste projeto, no final do trecho da subadutora concebe-se a instalação de reservatório apoiado para atendimento à população à jusante, em trecho que por limitação do valor do convênio, não foi possível contemplar.

IV. MEMÓRIA DE CÁLCULO

IV.1. NORMAS TÉCNICAS ADOTADAS

NBR 12211 – Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água
NBR 12214 – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público
NBR 12215 – Projeto de adutora de água para abastecimento público
NBR 12217 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público
NBR 12218 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público

IV.2. PROJEÇÃO POPULACIONAL

Atualmente, na comunidade Serra da formiga existem 115 residências, e considerando 3,48 habitantes por moradia, tem-se uma população a ser atendida de 400 habitantes, tendo em vista a proximidade da área urbana, com facilidade de acesso e, possibilidade de expansão é razoável no horizonte de projeto (30 anos) ser alcançado o atingimento de 800 habitantes.

O sistema proposto, neste momento, deve ser dimensionado levando em consideração da totalidade da população da Serra da formiga, tanto no presente momento, quanto ao final do horizonte de projeto, permitindo que a execução por ora parcial, seja aproveitada com a sua devida extensão e atendimento assim toda a população da Serra da formiga.

IV.3. PARÂMETROS ADOTADOS NA ÁREA DE INTERVENÇÃO

População por residência: 3,48 habitantes por residência;
População total no início do plano: 400 habitantes (115 famílias), considerando o ano inicial em 2023;
População total no fim de plano (30 anos): 800 habitantes (230 famílias), considerando o ano de 2053;
Índice per capita de água: 100 litros/hab.dia (conforme Manual de Saneamento da Funasa, versão 2019)
Coeficiente máximo diário: 1,20
Coeficiente máximo horário: 1,50
Extensão da Adutora de Água tratada: 8.870,19 m

Vazão disponibilizada: 6,4 m³/h
Vazão de demanda atual: 3,0 m³/h (2023)
Vazão de demanda futura: 6,0 m³/h (2053)

População atendida (subadutora e rede): 32 residências x 3,48 hab/res. = 111 hab.

População a montante do reservatório apoiado (20.000 L): (115 – 32) residências x 3,48 hab/dia = 289 hab.

IV.4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

As linhas adutoras são as canalizações principais de um sistema de abastecimento, destinadas a conduzir água entre unidades, que antecedem à rede de distribuição. As adutoras normalmente não apresentam distribuição em marcha, porém às vezes existem sangrias destinadas ao abastecimento de pontos intermediários, como é o caso deste projeto básico.

A subadutora de água tratada a ser implantada, objeto deste instrumento, inicia-se pela derivação de adutora existente, sendo recalçada por duas estações elevatórias de regularização de pressão (EERP), dotados de válvula de bloqueio e retenção.

IV.4.1 TRECHO ADUTORA 01 (Est. 0,00 até 7,57 km):

População inicial (Pi): 400 habitantes;

População final (Pf): 800 habitantes;

Coefficiente de dia de maior consumo (k1): 1,20

Consumo per capita de água (q): 100 litros/ habitante. dia;

Extensão da subadutora (L): 7.568,81 m;

Desnível geométrico: 177,45 m – 121,90 m = 55,55 m

Vazão disponível: 6,4 m³/h = 1,78 l/s = 0,00178 m³/s

Pressão de recalque (início do trecho) = 74,3 mca

a) Cálculo da vazão de demanda

Vazão disponibilizada = 6,4 m³/h = 1,78 l/s

Vazão de adução (horizonte de projeto) = $k_1 P (hab.) q (l/hab. dia) = 1,11 l/s$

Vazão de adução (horizonte de projeto) = $k_1 k_2 P (hab.) q (l/hab. dia) = 1,67 l/s$

b) Cálculo do diâmetro econômico

Considerando:

$X = 24 h / 24 = 1,00$

$Q = 6,40 m^3/h = 0,00178 m^3/s$

$k = 1,46$

$D_r(m) = k \sqrt[4]{x} \sqrt{Q}$

Então:

$$D_r(m) = 1,46 \sqrt[4]{1,00} \sqrt{0,00178} = 0,062 \text{ m}$$

c) Cálculo do transiente hidráulico

Celeridade (c) refere-se à velocidade com que a onda de pressão se desloca em uma tubulação. A velocidade de propagação da onda pode ser calculada através da fórmula de Allievi, que segue:

$$c \text{ (m/s)} = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \frac{D}{e}}}$$

Onde:

C = velocidade de propagação da onda, conhecido como celeridade (m/s);

k = coeficiente que leva em consideração o módulo de elasticidade do material (adimensional);

D = Diâmetro interno da tubulação (m); e

e = espessura da tubulação (m).

Material	Valor de k	Material	Valor de k
Aço	0,5	Cimento- Amianto	4,4
Ferro fundido	1,0	PVC	18,0
concreto	5,0	Madeira	5,0

Para tubulações indeformáveis, tem-se $k \rightarrow 0$. Assim, tem-se a celeridade é de aproximadamente 1425 m/s, valor este que corresponde à propagação do som na água.

Assim, temos os seguintes valores de celeridade para diversas tubulações:

tubulação	D externo (mm)	D interno (mm)	e (mm)	C (m/s)
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 15	85	75,6	4,7	538,62
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 20	85	72,8	6,1	610,32
PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 15	110	97,8	6,1	539,38
PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 20	110	94,4	7,8	606,84
PVC DEFOFO DN100 DE110 1MPa	118	108,4	4,8	464,22
PVC-O 1,25 MPa DN 100	118	112,4	2,9	362,50
PVC-O 1,60 MPa DN 100	118	111,4	3,3	386,50

Cálculo do tempo (Δt) de parada do escoamento, conforme Mendiluce, na qual o valor do tempo Δt é obtido através de fórmulas experimentais ou empíricas.

Então:

$$\Delta t = 1 + \frac{k L v}{g H_{man}}$$

Sendo:

L = comprimento do conduto (m);

v = velocidade do escoamento permanente (m/s)

Hman. = altura manométrica da bomba (mca)

K, coeficiente, na qual:

L < 500 m	K = 2,0
500 m < L < 1.500 m	K = 1,5
L > 1.500 m	K = 1,0

Assim, se:

$$L < c \frac{\Delta t}{2}$$

Então utiliza-se a Fórmula de Michaud para cálculo da

$$\Delta H = \frac{2 L v}{g \Delta t}$$

se

$$L > c \frac{\Delta t}{2}$$

Então utiliza-se a Fórmula de Allievi (formulação do escoamento elástico)

$$\Delta H = \frac{c v}{g}$$

tubulação	Sobrepessão ΔH (mca)	Pressão máxima de serviço (mca)	Pressão admissível (mca)
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 15	22,09	97,03	75,00
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 20	25,07	100,01	100,00
PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 15	12,46	100,01	75,00
PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 20	14,02	88,96	100,00
PVC DEFOFO DN100 DE110,1MPa	10,72	85,66	100,00
PVC-O 1,25 MPa DN 100	8,37	88,96	125,00
PVC-O 1,60 MPa DN 100	8,93	83,87	160,00

d) Velocidade de recalque

Conforme determina a NBR 12215-1:2017, para adutora de água tratada deve ser adotada a velocidade mínima de 0,3 m/s, enquanto a velocidade máxima não deve ultrapassar 3,00 m/s.

$$v \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/s)}}{A \text{ (m}^2\text{)}} = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/s)}}{\pi D^2/4 \text{ (m}^2\text{)}} = \frac{0,00178 \text{ m}^3\text{/s}}{\pi (0,10)^2/4 \text{ m}^2} = \frac{0,00178 \text{ m}^3\text{/s}}{0,009224 \text{ m}^2} = 0,23 \text{ m/s}$$

e) Perda de carga

Perda de carga contínua (Hazen Williams):

$$J = \frac{10,641 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}}$$

Sendo:

J = perda de carga unitária (m/m);

Q = vazão (m³/s);

C = coeficiente que depende da natureza do material empregado e das condições das paredes internas; e

D = diâmetro da tubulação (m)

Onde:

$$h_f = J \cdot L_{eq}$$

tubulação	Perda carga localizada (mca)	Perda carga contínua (mca)	Perda carga total (mca)	Desnível geométrico (m)
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 15	0,11	21,20	21,31	55,55
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 20	0,11	21,25	21,36	55,55
PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 15	0,03	5,24	5,27	55,55
PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 20	0,03	5,24	5,27	55,55
PVC DEFOFO DN100 DE110, 1MPa	0,03	5,24	5,27	55,55
PVC-O 1,25 MPa DN 100	0,03	5,24	5,27	55,55
PVC-O 1,60 MPa DN 100	0,03	5,24	5,27	55,55

f) Pressão disponível

Pressão de recalque (início do trecho da subadutora) = 74,30 mca

Pressão disponível no final do trecho da subadutora: 15,28 mca

Assim, considerando a pressão máxima, perda de carga, limites de velocidades e custos de implantação adota-se o material de tubulação: PVC DEFoFo DN 100 DE 110, JEI, 1Mpa, no trecho 01 da subadutora.

IV.4.2. TRECHO ADUTORA 02 (Est. 7,57 até 8,87 km):

Extensão da subadutora (L): 1.301,37 m;

Desnível geométrico: 307,96 m – 177,45 m = 130,51 m

Vazão disponível: 6,4 m³/h = 1,78 l/s = 0,00178 m³/s

a) Cálculo do transiente hidráulico

Celeridade (c) refere-se à velocidade com que a onda de pressão se desloca em uma tubulação. A velocidade de propagação da onda pode ser calculada através da fórmula de Allievi, que segue:

$$c \text{ (m/s)} = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \frac{D}{e}}}$$

Onde:

C = velocidade de propagação da onda, conhecido como celeridade (m/s);

k = coeficiente que leva em consideração o módulo de elasticidade do material (adimensional);

D = Diâmetro interno da tubulação (m); e

e = espessura da tubulação (m).

Material	Valor de k	Material	Valor de k
Aço	0,5	Cimento- Amianto	4,4
Ferro fundido	1,0	PVC	18,0
concreto	5,0	Madeira	5,0

Para tubulações indeformáveis, tem-se $k \rightarrow 0$. Assim, tem-se a celeridade é de aproximadamente 1425 m/s, valor este que corresponde à propagação do som na água.

Assim, temos os seguintes valores de celeridade para diversas tubulações:

tubulação	D externo (mm)	D interno (mm)	e (mm)	C (m/s)
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 15	85	75,6	4,7	492,17
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 20	85	72,8	6,1	538,60
PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 15	110	97,8	6,1	489,90

PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 20	110	94,4	7,8	539,40
PVC DEFOFO DN100 DE110 PN10	118	108,4	4,8	386,50
PVC-O DN100 PN 1,25MPa	118	112,4	2,9	362,80
PVC-O DN100 PN 1,6MPa	118	111,4	3,3	362,80

Cálculo do tempo (Δt) de parada do escoamento, conforme Mendiluce, na qual o valor do tempo Δt é obtido através de fórmulas experimentais ou empíricas.

Então:

$$\Delta t = 1 + \frac{k L v}{g H_{man}}$$

Sendo:

L = comprimento do conduto (m);

v = velocidade do escoamento permanente (m/s)

Hman. = altura manométrica da bomba (mca)

K, coeficiente, na qual:

L < 500 m	K = 2,0
500 m < L < 1.500 m	K = 1,5
L > 1.500 m	K = 1,0

Assim, se:

$$L < c \frac{\Delta t}{2}$$

Então utiliza-se a Fórmula de Michaud para cálculo da

$$\Delta H = \frac{2 L v}{g \Delta t}$$

se

$$L > c \frac{\Delta t}{2}$$

Então utiliza-se a Fórmula de Allievi (formulação do escoamento elástico)

$$\Delta H = \frac{c v}{g}$$

tubulação	Sobrepessão ΔH (mca)	Pressão de serviço máxima (mca)	Pressão admissível (mca)
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 15	20,21	160,21	75,00
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 20	22,12	162,12	100,00
PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 15	11,32	162,12	75,00
PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 20	12,46	152,46	100,00
PVC DEFOFO DN100 DE110 PN10	8,93	148,93	100,00
PVC-O DN100 PN 1,25MPa	8,38	152,46	125,00
PVC-O DN100 PN 1,6MPa	8,38	148,93	160,00

b) Velocidade de recalque

Conforme determina a NBR 12215-1:2017, para adutora de água tratada deve ser adotada a velocidade mínima de 0,3 m/s, enquanto a velocidade máxima não deve ultrapassar 3,00 m/s.

$$v \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/s)}}{A \text{ (m}^2\text{)}} = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/s)}}{\pi D^2/4 \text{ (m}^2\text{)}} = \frac{0,00178 \text{ m}^3\text{/s}}{\pi (0,10)^2/4 \text{ m}^2} = \frac{0,00178 \text{ m}^3\text{/s}}{0,009224 \text{ m}^2} = 0,23 \text{ m/s}$$

c) Perda de carga

Perda de carga contínua (Hazen Williams):

$$J = \frac{10,641 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}}$$

Sendo:

J = perda de carga unitária (m/m);

Q = vazão (m³/s);

C = coeficiente que depende da natureza do material empregado e das condições das paredes internas; e

D = diâmetro da tubulação (m)

Onde:

$$h_f = J \cdot L_{eq}$$

tubulação	Perda carga localizada (mca)	Perda carga contínua (mca)	Perda carga total (mca)	Desnível geométrico (m)
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 15	0,02	3,65	3,67	130,51
PVC PBA JEI DN75 DE85 Cl. 20	0,02	3,65	3,67	130,51
PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 15	0,01	0,90	0,91	130,51
PVC PBA JEI DN100 DE110 Cl. 20	0,01	0,90	0,91	130,51
PVC DEFOFO DN 100 DE 110 PN10	0,01	0,90	0,91	130,51
PVC-O DN100 DE 1,25Mpa	0,01	0,90	0,91	130,51
PVC-O DN100 DE 1,6MPa	0,01	0,90	0,91	130,51

d) Pressão disponível

Pressão de recalque (início do trecho da subadutora) = 140,0 mca

Pressão disponível no final do trecho da subadutora: 10,47 mca

Assim, considerando a pressão máxima, perda de carga, limites de velocidades e custos de implantação adota-se o material de tubulação: PVC-O DN100 PN 1,60Mpa.

IV.4.3 DIMENSIONAMENTO EST. ELEVATÓRIA REGULARIZAÇÃO PRESSÃO 01:

a) Cálculo da potência do conjunto moto-bomba instalado

$$P_{calc}(cv) = \frac{\gamma (kgf/m^3) Q (m^3/s) H_{man} (mca)}{75 \eta_b \eta_m}$$

γ = peso específico da água (kgf/m³);

Q = vazão (m³/s);

$H_{man.}$ = Altura manométrica total (m);

η_m = rendimento requerido para o motor;

η_b = rendimento requerido para a bomba;

P_{calc} = potência calculada do conjunto moto-bomba (CV).

γ (kg/m)	1.000
Q (m3/s)	0,00178
H_{man} (m)	74,30
η ($\eta_b \eta_m$)	0,42
P. calculada (CV)	4,20

P. instalada (CV)	5,46
--------------------------	-------------

$$P_{inst.} = P_{calc.} * F_s$$

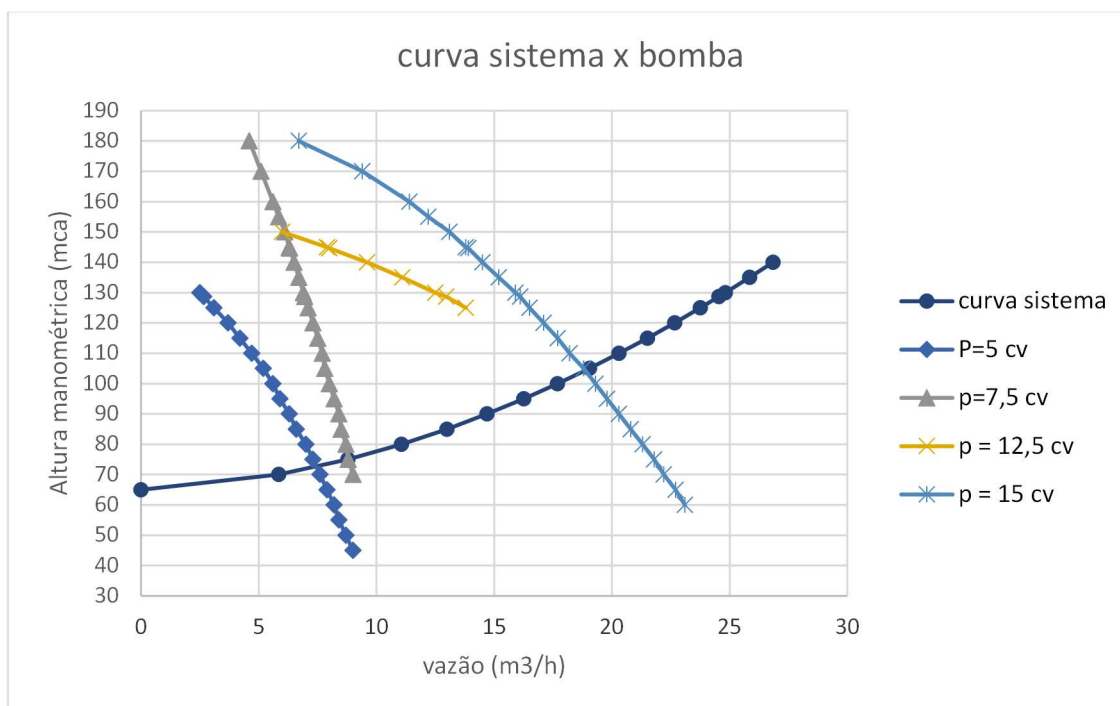
Onde:

$P_{inst.}$ = potência instalada do conjunto moto-bomba (CV); e

F_s = fator de folga.

Potência calculada	Fator de folga (Fs)
até 2 cv	50%
de 2 cv a 5 cv	30%
de 5 cv a 10 cv	20%
de 10 cv a 20 cv	15%
acima de 20 cv	10%

Logo, $P_{inst.} = 4,20 * 1,30 = 5,46 \text{ cv}$



Assim, adota-se um conjunto motobomba $P = 7,5 \text{ cv}$, $Q = 6,4 \text{ m}^3/\text{h}$ e $AMT = 74,3 \text{ mca}$.

Cavitação

O parâmetro NPSH (Net positive suction head) disponível é função da característica da instalação do sistema de bombeamento e pode ser calculado:

$$\text{NPSH}_d = P_{atm} \pm h_s - h_{fs} - P_{vapor}$$

NPSH_d = energia (carga) hidráulica disponível na sucção, medida em pressão absoluta disponível, mostrando a diferença entre a pressão atual de um líquido em uma tubulação e a pressão de vapor do líquido a uma dada temperatura;

P_{atm} = pressão atmosférica local;

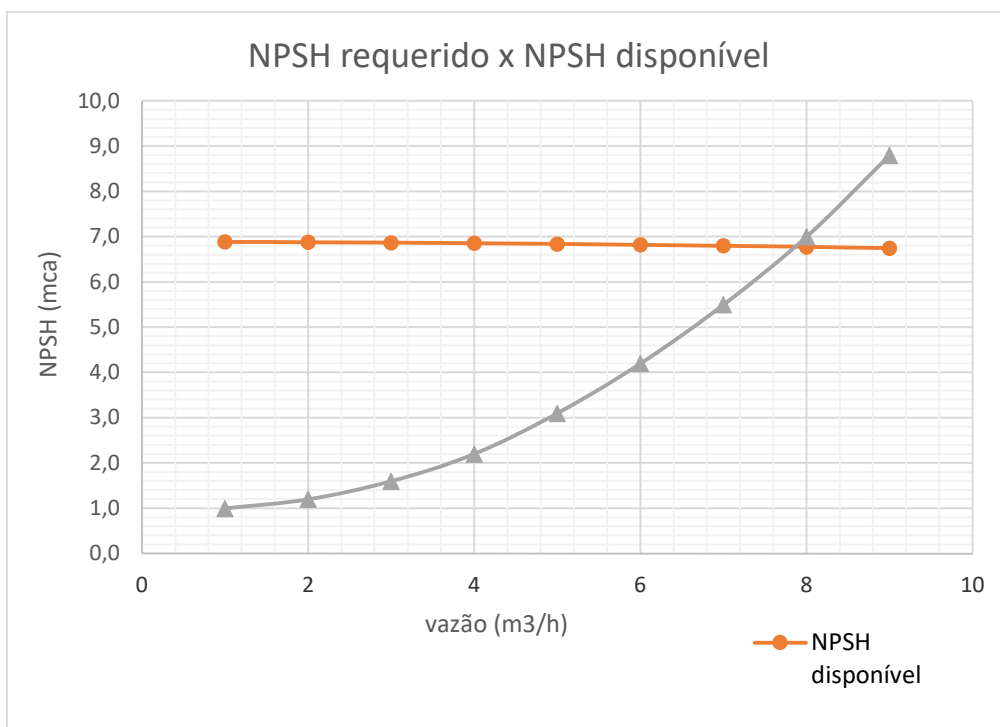
h_s = altura geométrica de sucção;

h_{fs} = perda de carga na tubulação de sucção;

P_{vapor} = pressão de vapor da água a temperatura local; e

NPSH_r = energia (carga) hidráulica requerida pela bomba, sendo a pressão mínima exigida na entrada da bomba para evitar a cavitação. O NPSH_r é característica desse equipamento e é fornecido pelo fabricante.

Quando a pressão do líquido na entrada da bomba é menor que a pressão de vapor da água ocorre o efeito final da cavitação, fenômeno este que bolhas de vapor podem reduzir ou parar o fluxo de líquido e também produzir ondas de choque que golpeiam as paredes da bomba e do rotor. Assim, para o bom funcionamento do sistema de bombeamento, é necessário que $\text{NPSH}_d \geq \text{NPSH}_r$, caso contrário ocorrerá a cavitação.



IV.4.4. DIMENSIONAMENTO EST. ELEVATÓRIA REGULARIZAÇÃO PRESSÃO 02:

b) Cálculo da potência do conjunto moto-bomba instalado

$$P_{calc}(cv) = \frac{\gamma (kgf/m^3) Q (m^3/s) H_{man} (mca)}{75 \eta_b \eta_m}$$

γ = peso específico da água (kgf/m^3);

Q = vazão (m^3/s);

$H_{man.}$ = Altura manométrica total (m);

η_m = rendimento requerido para o motor;

η_b = rendimento requerido para a bomba;

P_{calc} = potência calculada do conjunto moto-bomba (CV).

γ (kg/m)	1.000
Q (m3/s)	0,00178
H_{man} (m)	140,00
η ($\eta_b \eta_m$)	0,43
P. calculada (CV)	7,73
P. instalada (CV)	9,27

$$P_{inst.} = P_{calc.} * F_s$$

Onde:

$P_{inst.}$ = potência instalada do conjunto moto-bomba (CV); e

F_s = fator de folga.

Potência calculada	Fator de folga (Fs)
até 2 cv	50%
de 2 cv a 5 cv	30%
de 5 cv a 10 cv	20%
de 10 cv a 20 cv	15%
acima de 20 cv	10%

Logo, $P_{inst.} = 7,73 * 1,20 = 9,27 \text{ cv}$

Assim, adota-se um conjunto motobomba $P = 10,0$ cv $Q = 6,4$ m³/h e AMT = 140,0 mca.

Cavitação

O parâmetro NPSH (Net positive suction head) disponível é função da característica da instalação do sistema de bombeamento e pode ser calculado:

$$NPSH_d = P_{atm} \pm h_s - h_{fs} - P_{vapor}$$

$NPSH_d$ = energia (carga) hidráulica disponível na sucção, medida em pressão absoluta disponível, mostrando a diferença entre a pressão atual de um líquido em uma tubulação e a pressão de vapor do líquido a uma dada temperatura;

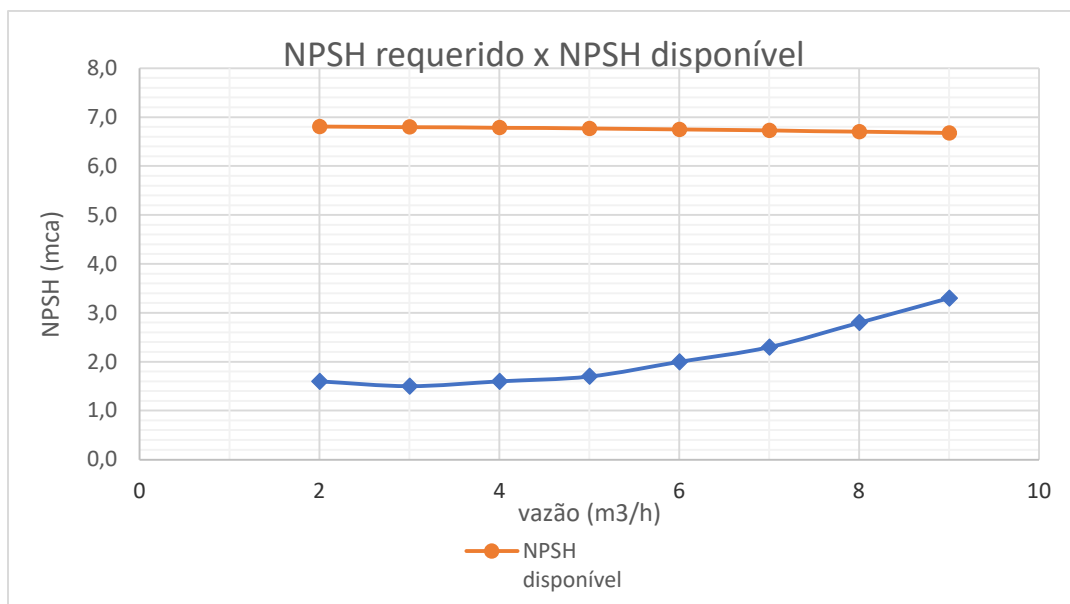
P_{atm} = pressão atmosférica local;

h_s = altura geométrica de sucção;

h_{fs} = perda de carga na tubulação de sucção;

P_{vapor} = pressão de vapor da água a temperatura local; e

$NPSH_r$ = energia (carga) hidráulica requerida pela bomba, sendo a pressão mínima exigida na entrada da bomba para evitar a cavitação. O $NPSH_r$ é característica desse equipamento e é fornecido pelo fabricante.



Quando a pressão do líquido na entrada da bomba é menor que a pressão de vapor da água ocorre o efeito final da cavitação, fenômeno este que bolhas de vapor podem reduzir ou parar o fluxo de líquido e também produzir ondas de choque que golpeiam as paredes da bomba e do rotor. Assim, para o bom funcionamento do sistema de bombeamento, é necessário que $NPSH_d \geq NPSH_r$, caso contrário ocorrerá a cavitação.

IV.5. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE SUPORTE AO RESERVATÓRIO APOIADO:

Para assentar o reservatório no solo é necessário a implantação de uma estrutura de suporte, que no caso o mais apropriado, é a solução de fundação do tipo laje radier, que são geralmente utilizadas quando o solo tem baixa capacidade de suporte de carga e quando se quer uniformizar os recalques (o uso do radier gera uma redução tanto nos recalques totais quanto nos diferenciais).

IV.5.1. Cargas atuantes

- **Informações gerais:**

- Peso (permanente) do reservatório pré-fabricado (vazio) = 111 kg;
- Peso (permanente) da água contida no reservatório (cheio) = 5.000 kg;
- Peso (permanente) da laje radier maciça = $2.500 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{altura da laje}$;
- Dimensões da laje radier = 4,50 x 4,50 m;
- Diâmetro de fundo do reservatório = 3,17 m; e
- Área de fundo do reservatório = $7,89 \text{ m}^2$.

- **Carregamentos:**

- Carga permanente reservatório cheio (q_k): $(111 \text{ kg} + 5.000 \text{ kg}) / (7,89 \text{ m}^2) = 647,78 \text{ kg/m}^2$
- Carga permanente laje radier (q_k): $2.500 \text{ kg/m}^3 \times 0,20 \text{ m} = 500,00 \text{ kg/m}^2$
- Carga acidental (g_k): $2 \text{ KN/m}^2 = 203,94 \text{ kg/m}^2$
- Carga total ($q_k + g_k$): $1.351,72 \text{ kg/m}^2 = 13.260,37 \text{ N/m}^2 = 13,26 \text{ KN/m}^2$

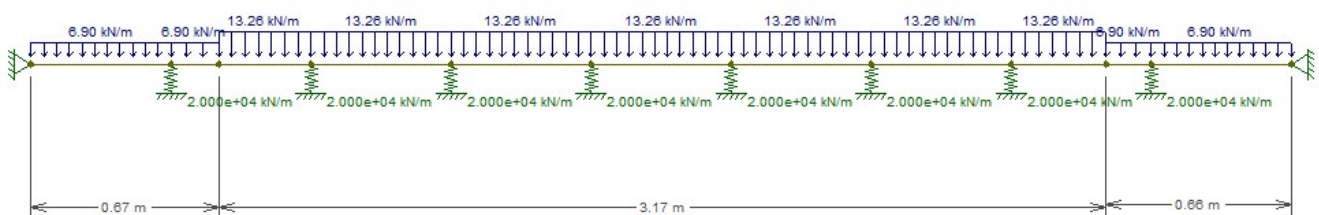
Assim, segue o sistema estrutural:

- Na área central, com a carregamento da laje e reservatório: $1.351,72 \text{ kg/m}^2 \approx 13,26 \text{ KN/m}^2$.

Assim, para uma faixa de 1 metro de laje de radier $\Rightarrow 13,26 \text{ KN/m}$

- Na área lateral da laje radier: $500,00 + 203,94 = 703,94 \text{ kg/m}^2 \approx 6,90 \text{ KN/m}^2$

Assim, para uma faixa de 1 metro de laje de radier $\Rightarrow 6,90 \text{ KN/m}$



- **Características do solo:**

Considerando que na área de intervenção ocorre solo de 1ª e 2ª categoria, tem-se a seguinte tabela:

Categoria	Resistência do Solo	Capacidade de Suporte (kPa)
Primeira	Baixa resistência. Solos fáceis de escavar e compactar.	50 - 150
Segunda	Resistência moderada. Solos que exigem mais esforço para escavação e compactação.	100 - 300

Desta forma, consideraremos o solo de menor resistência (1ª categoria) com a menor capacidade de suporte dentro do intervalo (50 KPa).

- Capacidade de carga do solo: 50 KPa

IV.5.2. Verificação da Capacidade de Carga do Solo

- Comparar a pressão aplicada pela laje radier com a capacidade de carga do solo.
- Pressão aplicada ($\sigma_{aplicada}$):

$$\sigma_{aplicada} = \frac{N}{A} = 1.351,72 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \leq \sigma_{solo} = 50 \text{ KPa} = 5.098,58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Onde:

σ : Pressão aplicada;

σ_{solo} : Capacidade de carga do solo;

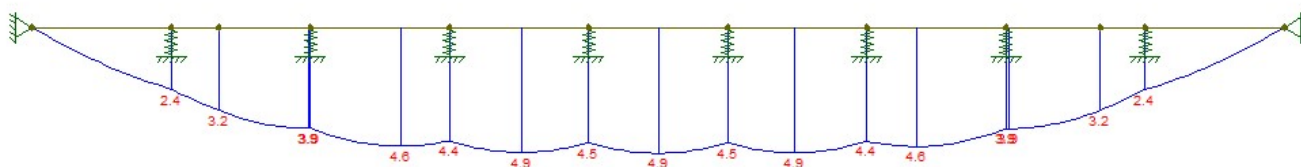
N: Carga total; e

A: Área da laje radier.

- A pressão aplicada $\sigma_{aplicada}$ (1.351,72 kg/m²) é menor à capacidade de carga do solo (5.098,6 kg/m²), ou seja, $\sigma \leq \sigma_{solo}$.

IV.5.3. Cálculo dos Esforços Solicitantes

- **Momentos fletores (M):**
 - Carga (área reservatório): 1.351,72 kg/m² $\approx$ 13,26 KN/m².
Assim, para uma faixa de 1 metro de laje de radier $\Rightarrow$ 13,26 KN/m
 - Carga (área lateral da laje radier): 703,94 kg/m² $\approx$ 6,90 KN/m²
Assim, para uma faixa de 1 metro de laje de radier $\Rightarrow$ 6,90 KN/m



$$M_{max} = 4,90 \text{ KN.m} = 499,66 \text{ kg.m}$$

$$M_{d,max} = 1,4 * 499,66 \text{ kg.m} = 699,52 \text{ kg.m} = 6,86 \text{ KN.m}$$

Modelo Estrutural Simplificado (Hipótese de Winkler):

A reação do solo é proporcional ao recalque:

$$p(x,y) = k \cdot w(x,y)$$

Onde:

- p : pressão do solo em $[\text{kN/m}^2]$
- w : recalque em $[\text{m}]$
- k : coeficiente de mola em $[\text{kN/m}^3]$

Malha de Análise (Simplificada)

Para simplificar, vamos considerar a laje como dividida em uma malha discreta de pontos, com intervalos regulares de 1,5 m nas direções x e y. Isso resulta em uma malha 3x3 pontos dentro da área de $4,5 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}$. Cada ponto representa um "apoio elástico" com rigidez k , e a carga é distribuída igualmente entre os pontos.

Cálculo do Deslocamento (Recalque) em cada ponto

Inicialmente, estima-se uma carga uniformemente distribuída do valor de $13,26 \text{ kN/m}^2$, ou seja, cada ponto recebendo a mesma carga:

Área por ponto:

$$\Delta A = 0,5 * 0,5 = 0,25 \text{ m}^2$$

Carga em cada ponto:

$$F = q_{total} * \Delta A = 13,26 * 0,25 = 3,315 \text{ kN}$$

Deslocamento (recalque) em cada ponto:

Considerando o valor de coeficiente de mola típico conservador para solos areno-argiloso igual a 10.000 KN/m^3 .

$$w = \frac{F}{k * \Delta A} = \frac{3,315 \text{ KN}}{10.000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 0,25 \text{ m}^2} = 0,001326 \text{ m} = 1,33 \text{ mm}$$

Assim, o recalque para o sistema estrutural é de aproximadamente 1,33 mm

Dimensionamento da Armadura (Armada nas duas direções)

Dados:

- $b = 100 \text{ cm}$ (faixa de 1 metro de largura) = 1,00 m
- $h = 20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}$

- $d = 17\text{cm}$ (altura útil) = 0,17 m
- $f_{cd} = 30 / 1,4 = 21,43 \text{ MPa} = 21.430 \text{ KN/m}^2$
- $f_{yd} = 600 / 1,15 = 521,74 \text{ MPa} = 521.740 \text{ KN/m}^2$
- $M_{d,max} = 1,4 * 499,66 \text{ kg.m} = 699,52 \text{ kg.m} = 6,86 \text{ KN.m}$

$$\omega = \frac{M_d}{0,67 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6,86 \text{ KN.m}}{0,68 * 1,00 \text{ m} * (0,17\text{m})^2 * 21.430 \text{ KN/m}^2} = 0,016 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Calculando a armadura mínima para armação nas duas direções tem-se:

$$A_{s,min} = 0,15\% * b \text{ (cm)} * d \text{ (cm)} = 2,55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s2,min} = 0,67 * b \text{ (cm)} * A_{s,min} = 1,71 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Logo, a área de ferro necessária corresponde ao valor de 1,71 cm² por 1 metro. Desta forma, considerando que a dimensão de 4,5 metros, faz-se necessário a área de seção de ferragem igual a 7,70 cm², logo a estrutura será armada nas duas direções, com 45 barras de ϕ 5.0mm com espaçamento de 10 cm, para cada lado.

PLANILHA DE CÁLCULO - ADUTORA de ÁGUA

Cidade:	Riachuelo/RN
Local:	Serra da Formiga

L (m)	7.568,81	C	140	P _{disp.(t)} (mca)	74,3	Σleq. (m)	37,84	q (l/hab.dia)	150	k1	1,2	k2	1,5	Q (l/s)	1,78	qd (l/s.m) =	0,0000950
-------	----------	---	-----	-----------------------------	------	-----------	-------	---------------	-----	----	-----	----	-----	---------	------	--------------	-----------

ADUTORA 01																			
Nó (trecho)		Ti (trecho)	D interno (mm)	L (m)	N contrib. (jusante)	Vazões				Vel. (m/s)	P.carga unit. (m/m)	comprim. equivalente (m)	P.carga total (m)	Cota do Terreno		carga Piezométrico		Pressão disponível (mca)	
Montante	Jusante					Qm (l/s)	Qj (l/s)	Q _{lct.} (l/s)	Q (m³/s)					Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
EERP01	PT	1	100	20,00	0,00190	1,78	1,78	1,78	0,00178	0,23	0,00069	0,10	0,014	121,90	119,30	196,20	196,19	74,30	76,89
PT	1	1	100	189,29	0,01798	1,78	1,76	1,77	0,00177	0,23	0,00068	0,95	0,130	121,90	119,30	196,20	196,07	74,30	76,77
1	2	2	100	189,29	0,01798	1,78	1,76	1,77	0,00177	0,23	0,00068	0,95	0,130	119,30	115,00	196,19	196,06	76,89	81,06
2	3	3	100	65,13	0,00619	1,76	1,75	1,76	0,00176	0,22	0,00068	0,33	0,044	115,00	114,10	196,06	196,01	81,06	81,91
3	4	4	100	199,40	0,01894	1,75	1,73	1,74	0,00174	0,22	0,00067	1,00	0,134	114,10	114,20	196,01	195,88	81,91	81,68
4	5	5	100	98,74	0,00938	1,73	1,73	1,73	0,00173	0,22	0,00066	0,49	0,065	114,20	114,38	195,88	195,81	81,68	81,43
5	6	6	100	211,92	0,02013	1,73	1,71	1,72	0,00172	0,22	0,00065	1,06	0,138	114,38	114,76	195,81	195,68	81,43	80,92
6	7	7	100	235,88	0,02241	1,71	1,68	1,69	0,00169	0,22	0,00063	1,18	0,150	114,76	115,42	195,68	195,53	80,92	80,11
7	8	8	100	204,94	0,01947	1,68	1,66	1,67	0,00167	0,21	0,00062	1,02	0,127	115,42	116,45	195,53	195,40	80,11	78,95
8	9	9	100	117,69	0,01118	1,66	1,65	1,66	0,00166	0,21	0,00061	0,59	0,072	116,45	118,90	195,40	195,33	78,95	76,43
9	10	10	100	78,85	0,00749	1,65	1,64	1,65	0,00165	0,21	0,00060	0,39	0,048	118,90	121,85	195,33	195,28	76,43	73,43
10	11	11	100	122,34	0,01162	1,64	1,63	1,64	0,00164	0,21	0,00059	0,61	0,073	121,85	120,80	195,28	195,21	73,43	74,41
11	12	12	100	138,35	0,01314	1,63	1,62	1,63	0,00163	0,21	0,00059	0,69	0,081	120,80	124,20	195,21	195,13	74,41	70,93
12	13	13	100	203,37	0,01932	1,62	1,60	1,61	0,00161	0,21	0,00057	1,02	0,117	124,20	126,30	195,13	195,01	70,93	68,71
13	14	14	100	187,07	0,01777	1,60	1,58	1,59	0,00159	0,20	0,00056	0,94	0,106	126,30	122,10	195,01	194,90	68,71	72,80
14	15	15	100	276,54	0,02627	1,58	1,56	1,57	0,00157	0,20	0,00055	1,38	0,152	122,10	121,00	194,90	194,75	72,80	73,75
15	16	16	100	181,32	0,01723	1,56	1,54	1,55	0,00155	0,20	0,00053	0,91	0,097	121,00	121,32	194,75	194,65	73,75	73,33
16	17	17	100	291,88	0,02773	1,54	1,51	1,53	0,00153	0,19	0,00052	1,46	0,153	121,32	127,82	194,65	194,50	73,33	66,68
17	18	18	100	114,36	0,01086	1,51	1,50	1,51	0,00151	0,19	0,00051	0,57	0,058	127,82	129,45	194,50	194,44	66,68	64,99
18	19	19	100	115,99	0,01102	1,50	1,49	1,50	0,00150	0,19	0,00050	0,58	0,058	129,45	131,44	194,44	194,38	64,99	62,94
19	20	20	100	78,32	0,00744	1,49	1,48	1,49	0,00149	0,19	0,00050	0,39	0,039	131,44	133,54	194,38	194,34	62,94	60,80
20	21	21	100	89,09	0,00846	1,48	1,47	1,48	0,00148	0,19	0,00049	0,45	0,044	133,54	134,92	194,34	194,30	60,80	59,38
21	22	22	100	30,22	0,00287	1,47	1,47	1,47	0,00147	0,19	0,00049	0,15	0,015	134,92	134,61	194,30	194,28	59,38	59,67
22	23	23	100	28,54	0,00271	1,47	1,47	1,47	0,00147	0,19	0,00049	0,14	0,014	134,61	134,24	194,28	194,27	59,67	60,03
23	24	24	100	28,49	0,00271	1,47	1,47	1,47	0,00147	0,19	0,00048	0,14	0,014	134,24	133,50	194,27	194,26	60,03	60,76
24	25	25	100	148,86	0,01414	1,47	1,45	1,46	0,00146	0,19	0,00048	0,74	0,072	133,50	127,33	194,26	194,19	60,76	66,86
25	26	26	100	81,83	0,00777	1,45	1,44	1,45	0,00145	0,18	0,00047	0,41	0,039	127,33	125,03	194,19	194,15	66,86	69,12
26	27	27	100	115,20	0,01094	1,44	1,43	1,44	0,00144	0,18	0,00047	0,58	0,054	125,03	125,68	194,15	194,09	69,12	68,41
27	28	28	100	182,05	0,01729	1,43	1,42	1,42	0,00142	0,18	0,00046	0,91	0,084	125,68	127,10	194,09	194,01	68,41	66,91
28	29	29	100	150,79	0,01433	1,42	1,40	1,41	0,00141	0,18	0,00045	0,75	0,068	127,10	129,37	194,01	193,94	66,91	64,57
29	30	30	100	71,68	0,00681	1,40	1,39	1,40	0,00140	0,18	0,00044	0,36	0,032	129,37	131,07	193,94	193,91	64,57	62,84
30	31	31	100	121,04	0,01150	1,39	1,38	1,39	0,00139	0,18	0,00044	0,61	0,053	131,07	130,49	193,91	193,86	62,84	63,37
31	32	32	100	88,88	0,00844	1,38	1,37	1,38	0,00138	0,18	0,00043	0,44	0,039	130,49	131,13	193,86	193,82	63,37	62,69
32	33	33	100	94,29	0,00896	1,37	1,37	1,37	0,00137	0,17	0,00043	0,47	0,040	131,13	130,28	193,82	193,78	62,69	63,50
33	34	34	100	178,36	0,01694	1,37	1,35	1,36	0,00136	0,17	0,00042	0,89	0,075	130,28	134,53	193,78	193,70	63,50	59,17
34	35	35	100	431,54	0,04100	1,35	1,31	1,33	0,00133	0,17	0,00040	2,16	0,175	134,53	147,10	193,70	193,53	59,17	46,43
35	36	36	100	104,72	0,00995	1,31	1,30	1,30	0,00130	0,17	0,00039	0,52	0,041	147,10	143,78	193,53	193,49	46,43	49,71
36	37	37	100	37,51	0,00356	1,30	1,29	1,30	0,00130	0,17	0,00038	0,19	0,014	143,78	141,71	193,49	193,47	49,71	51,76

37	38	38	100	76,34	0,00725	1,29	1,29	1,29	0,00129	0,16	0,00038	0,38	0,029	141,71	139,09	193,47	193,44	51,76	54,35
38	39	39	100	42,36	0,00402	1,29	1,28	1,28	0,00128	0,16	0,00038	0,21	0,016	139,09	139,11	193,44	193,43	54,35	54,32
39	40	40	100	80,97	0,00769	1,28	1,28	1,28	0,00128	0,16	0,00038	0,40	0,031	139,11	140,73	193,43	193,40	54,32	52,67
40	41	41	100	104,37	0,00992	1,28	1,27	1,27	0,00127	0,16	0,00037	0,52	0,039	140,73	141,07	193,40	193,36	52,67	52,29
41	42	42	100	81,10	0,00770	1,27	1,26	1,26	0,00126	0,16	0,00037	0,41	0,030	141,07	142,53	193,36	193,33	52,29	50,80
42	43	43	100	158,54	0,01506	1,26	1,24	1,25	0,00125	0,16	0,00036	0,79	0,057	142,53	146,55	193,33	193,27	50,80	46,72
43	44	44	100	63,53	0,00604	1,24	1,24	1,24	0,00124	0,16	0,00035	0,32	0,023	146,55	145,31	193,27	193,25	46,72	47,94
44	45	45	100	69,86	0,00664	1,24	1,23	1,23	0,00123	0,16	0,00035	0,35	0,025	145,31	146,22	193,25	193,22	47,94	47,00
45	46	46	100	83,18	0,00790	1,23	1,22	1,23	0,00123	0,16	0,00035	0,42	0,029	146,22	147,00	193,22	193,19	47,00	46,19
46	47	47	100	102,34	0,00972	1,22	1,21	1,22	0,00122	0,15	0,00034	0,51	0,035	147,00	149,30	193,19	193,16	46,19	43,86
47	48	48	100	230,18	0,02187	1,21	1,19	1,20	0,00120	0,15	0,00033	1,15	0,077	149,30	151,86	193,16	193,08	43,86	41,22
48	49	49	100	92,96	0,00883	1,19	1,18	1,19	0,00119	0,15	0,00033	0,46	0,030	151,86	153,82	193,08	193,05	41,22	39,23
49	50	50	100	71,87	0,00683	1,18	1,17	1,18	0,00118	0,15	0,00032	0,36	0,023	153,82	154,87	193,05	193,03	39,23	38,16
50	51	51	100	93,46	0,00888	1,17	1,17	1,17	0,00117	0,15	0,00032	0,47	0,030	154,87	156,11	193,03	193,00	38,16	36,89
51	52	52	100	67,70	0,00643	1,17	1,16	1,16	0,00116	0,15	0,00031	0,34	0,021	156,11	156,82	193,00	192,98	36,89	36,16
52	53	53	100	211,42	0,02008	1,16	1,14	1,15	0,00115	0,15	0,00031	1,06	0,065	156,82	160,91	192,98	192,91	36,16	32,00
53	54	54	100	182,56	0,01734	1,14	1,12	1,13	0,00113	0,14	0,00030	0,91	0,055	160,91	167,92	192,91	192,86	32,00	24,94
54	55	55	100	97,39	0,00925	1,12	1,11	1,12	0,00112	0,14	0,00029	0,49	0,029	167,92	171,44	192,86	192,83	24,94	21,39
55	56	56	100	177,95	0,01691	1,11	1,10	1,10	0,00110	0,14	0,00029	0,89	0,051	171,44	170,67	192,83	192,78	21,39	22,11
56	57	57	100	149,24	0,01418	1,10	1,08	1,09	0,00109	0,14	0,00028	0,75	0,042	170,67	176,54	192,78	192,73	22,11	16,19
57	58	58	100	27,73	0,00263	1,08	1,08	1,08	0,00108	0,14	0,00027	0,14	0,008	176,54	177,45	192,73	192,73	16,19	15,28

PLANILHA DE CÁLCULO - ADUTORA de ÁGUA

Cidade:	Riachuelo/RN
Local:	Serra da Formiga

L (m)	1.301,37	C	140	P _{disp.(i)} (mca)	140	Σleq. (m)	6,51	q (l/hab.dia)	150	k1	1,2	k2	1,5	Q (l/s)	1,78	qd (l/s.m) =	0,000095
-------	----------	---	-----	-----------------------------	-----	-----------	------	---------------	-----	----	-----	----	-----	---------	------	--------------	----------

ADUTORA 02																			
Nó (trecho)		Ti (trecho)	D interno (mm)	L (m)	N contrib. (jusante)	Vazões				Vel. (m/s)	P.carga unit. (m/m)	comprim. equivalente (m)	P.carga total (m)	Cota do Terreno		carga Piezométrico		Pressão disponível (mca)	
Montante	Jusante					Qm (l/s)	Qj (l/s)	Q _{ñct.} (l/s)	Q (m³/s)					Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
EERP02	59	60	100	20,00	0,00190	1,78	1,78	1,78	0,00178	0,23	0,00069	0,10	0,014	179,28	180,88	319,28	319,27	140,00	138,39
59	60	60	100	24,75	0,00235	1,78	1,78	1,78	0,00178	0,23	0,00069	0,12	0,017	179,28	180,88	319,27	319,25	138,39	138,37
60	61	61	100	34,06	0,00324	1,78	1,77	1,78	0,00178	0,23	0,00069	0,17	0,024	180,88	182,70	319,27	319,24	138,39	136,54
61	62	62	100	76,87	0,00730	1,77	1,77	1,77	0,00177	0,23	0,00069	0,38	0,053	182,70	188,46	319,24	319,19	136,54	130,73
62	63	63	100	53,86	0,00512	1,77	1,76	1,77	0,00177	0,22	0,00068	0,27	0,037	188,46	193,79	319,19	319,15	130,73	125,36
63	64	64	100	26,27	0,00250	1,76	1,76	1,76	0,00176	0,22	0,00068	0,13	0,018	193,79	198,72	319,15	319,13	125,36	120,41
64	65	65	100	108,57	0,01031	1,76	1,75	1,75	0,00175	0,22	0,00067	0,54	0,074	199,25	199,92	319,13	319,06	120,41	119,14
65	66	66	100	53,66	0,00510	1,75	1,74	1,75	0,00175	0,22	0,00067	0,27	0,036	199,92	200,29	319,06	319,03	119,14	118,74
66	67	67	100	24,09	0,00229	1,74	1,74	1,74	0,00174	0,22	0,00067	0,12	0,016	200,29	202,05	319,03	319,01	118,74	116,96
67	68	68	100	14,03	0,00133	1,74	1,74	1,74	0,00174	0,22	0,00066	0,07	0,009	202,05	204,06	319,01	319,00	116,96	114,94
68	69	69	100	77,27	0,00734	1,74	1,73	1,74	0,00174	0,22	0,00066	0,39	0,051	204,06	211,93	319,00	318,95	114,94	107,02
69	70	70	100	24,56	0,00233	1,73	1,73	1,73	0,00173	0,22	0,00066	0,12	0,016	211,93	215,99	318,95	318,93	107,02	102,94
70	71	71	100	73,11	0,00695	1,73	1,72	1,73	0,00173	0,22	0,00065	0,37	0,048	215,99	231,18	318,93	318,88	102,94	87,70
71	72	72	100	51,84	0,00492	1,72	1,72	1,72	0,00172	0,22	0,00065	0,26	0,034	231,18	238,40	318,88	318,85	87,70	80,45
72	73	73	100	53,86	0,00512	1,72	1,71	1,72	0,00172	0,22	0,00065	0,27	0,035	238,40	247,17	318,85	318,82	80,45	71,65
73	74	74	100	25,85	0,00246	1,71	1,71	1,71	0,00171	0,22	0,00064	0,13	0,017	247,17	250,73	318,82	318,80	71,65	68,07
74	75	75	100	90,43	0,00859	1,71	1,70	1,71	0,00171	0,22	0,00064	0,45	0,058	250,73	255,22	318,80	318,74	68,07	63,52
75	76	76	100	62,99	0,00598	1,70	1,70	1,70	0,00170	0,22	0,00064	0,31	0,040	255,22	257,83	318,74	318,70	63,52	60,87
76	77	77	100	56,76	0,00539	1,70	1,69	1,69	0,00169	0,22	0,00063	0,28	0,036	257,83	265,91	318,70	318,66	60,87	52,75
77	78	78	100	96,16	0,00914	1,69	1,68	1,69	0,00169	0,21	0,00063	0,48	0,061	265,91	275,14	318,66	318,60	52,75	43,46
78	79	79	100	76,21	0,00724	1,68	1,68	1,68	0,00168	0,21	0,00062	0,38	0,048	275,14	288,42	318,60	318,56	43,46	30,14
79	80	80	100	33,10	0,00314	1,68	1,67	1,67	0,00167	0,21	0,00062	0,17	0,021	288,42	290,00	318,56	318,54	30,14	28,54
80	81	81	100	130,36	0,01238	1,67	1,66	1,67	0,00167	0,21	0,00061	0,65	0,080	290,00	304,00	318,54	318,46	28,54	14,46
81	82	82	100	37,46	0,00356	1,66	1,66	1,66	0,00166	0,21	0,00061	0,19	0,023	304,00	307,96	318,46	318,43	14,46	10,47

PLANILHA DE CÁLCULO - REDE de ÁGUA

Cidade: Riachuelo/RN					
Comunidade: Serra da formiga					
DN	50	75	100	150	TOTAL
L (m)	1.319,93				

POP.	111	Nº de pessoas por economia
C	140	Coef. Rugosidade (Manning)
Consumo	100	Litros por pessoa por dia
K1	1,2	Coef. Dia de maior consumo
K2	1,5	Coef. Hora de maior consumo
Pressão PT		Pressão no Ponto de Tomada (mca)

[illegible]