



Plano de Trabalho 173 – Apoio às Ações do Programa Água Doce.

Projeto de Cooperação Técnica PCT BRA/IICA/14/001 de “Implementação de Estratégias e Ações de Prevenção, Controle e Combate Desertificação Face aos Cenários de Mudanças Climáticas e à Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD)”.

Produto 2. Relatório Técnico contendo proposta de documento com informações dados geológicos e hidrogeológicos assim como dados sociais, geográficos, planilhas de teste de bombeamento e análises físico-químicas de água obtidos nos diagnósticos de comunidades selecionadas pela Coordenação Estadual do Programa Água Doce na Paraíba, devidamente analisados e interpretados para a determinação do potencial hidrodinâmico e hidroquímico da água captada pelo poço escolhido para o abastecimento local, objetivando a determinação de sua capacidade de produção – vazão máxima e vazão recomendada – e possíveis usos além do consumo humano, sendo executado por amostragem no mínimo **5 (cinco) sistemas**, inicialmente nos municípios de Barra de Santa Rosa, Pedra Lavrada e Seridó, referente ao componente Sistemas de Dessalinização, dando subsídios hidrogeológicos para o dimensionamento de sistemas de dessalinização a serem recuperados ou implantados.

**CARLOS ALBERTO MARTINS**

**NATAL, NOVEMBRO DE 2016**

<b>Identificação</b>			
Consultor (a) /Autor (a): Carlos Alberto Martins			
Número do Contrato: 116182			
Nome do Projeto			
Projeto de Cooperação Técnica PCT BRA/IICA/14/001 de “Implementação de Estratégias e Ações de Prevenção, Controle e Combate Desertificação Face aos Cenários de Mudanças Climáticas e à Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD)”.			
Oficial/Coordenadora Técnica Responsável: Romélia Moreira de Souza			
Data: 25/11/2016 Local: Brasília			
<b>Classificação</b>			
Temas Prioritários do IICA			
Agroenergia e Biocombustíveis		Sanidade Agropecuária	
Biotecnologia e Biossegurança		Tecnologia e Inovação	
Comércio e Agronegócio		Agroindústria Rural	
Desenvolvimento Rural		Recursos Naturais	X
Políticas e Comércio		Comunicação e Gestão do Conhecimento	
Agricultura Orgânica		Outros:	
Modernização Institucional			
<b>Palavras-Chave:</b>			
Hidrogeologia, poços, sistemas de dessalinização			

## Resumo

### **Título do Produto:**

Relatório Técnico contendo proposta de documento com informações, dados geológicos e hidrogeológicos assim como dados sociais, geográficos, planilhas de teste de bombeamento e análises físico-químicas de água obtidos nos diagnósticos de comunidades selecionadas pela coordenação estadual do Programa Água Doce na Paraíba, devidamente analisados e interpretados para a determinação do potencial hidrodinâmico e hidroquímico da água captada pelo poço escolhido para o abastecimento local, objetivando a determinação de sua capacidade de produção – vazão máxima e vazão recomendada – e possíveis usos além do consumo humano, sendo executado por amostragem no mínimo **5 (cinco) sistemas**, inicialmente nos municípios de Barra de Santa Rosa, Pedra Lavrada e Seridó, referente ao componente Sistemas de Dessalinização, dando subsídios hidrogeológicos para o dimensionamento de sistemas de dessalinização a serem recuperados ou implantados..

### **Subtítulo do Produto:**

Análise da documentação hidrogeológica disponível em escala municipal e local nas áreas rurais selecionadas pelo Programa Água Doce / PB, relacionadas ao componente Sistema de Dessalinização, para o melhor aproveitamento da água subterrânea na instalação do sistema de dessalinização.

### **Resumo do Produto:**

Conhecimento da hidrogeologia e hidroquímico da fonte hídrica em comunidades selecionadas pelo Programa Água Doce / PB, adequando-a, pelos cálculos da sua capacidade quantitativa e qualitativa, aos objetivos da satisfação das necessidades ditadas pelos usos múltiplos adotados pela população local.

**Qual Objetivo Primário do Produto?**

Apoiar as ações do Programa Água Doce referente ao desenvolvimento e aplicação prática dos conhecimentos hidrogeológicos na implantação/recuperação de sistemas de dessalinização.

**Que Problemas o Produto deve Resolver?**

A correta aplicação do conhecimento geológico, hidrogeológico e hidroquímico, em escala municipal e local, da água subterrânea captada por poço tubular para o seu adequado aproveitamento na aplicação dos usos múltiplos, incluído processo de dessalinização, fornecendo aos usuários, técnicos e consultores a base técnica requerida para tal fim.

**Como se Logrou Resolver os Problemas e Atingir os Objetivos?**

Através da consulta bibliográfica especializada e experiência profissional do consultor, sobretudo na aplicação hidrogeológica prática de campo para o abastecimento por água subterrânea na área rural.

**Quais Resultados mais Relevantes?**

Aplicação prática dos conhecimentos técnicos da área da hidrogeologia em relação ao aproveitamento adequado da água subterrânea no dimensionamento dos sistemas de dessalinização a serem implantados, considerados os usos múltiplos historicamente adquiridos pela população carente.

**O Que se Deve Fazer com o Produto para Potencializar o seu Uso?**

Disponibilizar o produto através da divulgação via internet, análise e a discussão no ambiente técnico do Programa Água Doce com consultores, técnicos e usuários.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 5.1 -	Mapa Geológico de Barra de Santa Rosa – Poços Tubulares .....	17
FIGURA 5.2 -	Mapa da Área da Comunidade Quandú .....	19
FIGURA 5.3 -	Quandú - Diagrama Circular - Balanço Iônico, (Custódio & Llamas, 1983) .....	30
FIGURA 5.4 -	Quandú - Diagrama Circular - Balanço Iônico (Logan, 1965)	30
FIGURA 5.5 -	Quandú - Diagrama Triangular de Piper .....	31
FIGURA 5.6 -	Quandú - Diagrama USSL (United States Salinity Laboratory) .....	31
FIGURA 6.1 -	Mapa Geológico de Pedra Lavrada – Poços Tubulares .....	34
FIGURA 6.2 -	Mapa da Área da Comunidade Tanquinhos .....	36
FIGURA 6.3 -	Tanquinhos - Diagrama Circular - Balanço Iônico, (Custódio & Llamas, 1983) .....	46
FIGURA 6.4 -	Tanquinhos - Diagrama Circular - Balanço Iônico (Logan, 1965) .....	46
FIGURA 6.5 -	Tanquinhos - Diagrama Triangular de Piper .....	47
FIGURA 6.6 -	Tanquinhos - Diagrama USSL (United States Salinity Laboratory) .....	47
FIGURA 6.7 -	Mapa da Área da Comunidade Serrote .....	48
FIGURA 6.8 -	Serrote – Diagrama Circular – Balanço Iônico, (Custódio & Llamas) .....	57
FIGURA 6.9 -	Serrote – Diagnóstico Circular – Balanço Iônico (Logan) .....	57
FIGURA 6.10 -	Serrote – Serrote – Diagrama Triangular de Piper .....	58
FIGURA 6.11 -	Serrote – Diagrama USSL (United States Salinity Laboratory) .....	58
FIGURA 7.1 -	o de Seridó – Poços Tubulares .....	60
FIGURA 7.2 -	da Comunidade Alagamar dos Lourenços .....	62
FIGURA 7.3 -	Alagamar dos Lourenços - Diagrama Circular - Balanço Iônico, (Custódio & Llamas,1983) .....	69
FIGURA 7.4 -	Alagamar dos Lourenços - Diagrama Circular - Balanço Iônico (Logan, 1965) .....	69

FIGURA 7.5 -	Alagamar dos Lourenços - Diagrama Triangular de Piper ....	70
FIGURA 7.6 -	Alagamar dos Lourenços - Diagrama USSL (United States Salinity Laboratory) .....	70
FIGURA 7.7 -	Mapa da Área da Comunidade Queixada .....	71
FIGURA 7.8 -	Queixada – Diagrama Circular – Balanço Iônico, (Custódio & Llamas) .....	78
FIGURA 7.9 -	Queixada – Diagrama Circular – Balanço Iônico (Logan) ....	78
FIGURA 7.10 -	Queixada – Diagrama Triangular de Piper .....	79
FIGURA 7.11 -	Queixada – Diagrama USSL (United States Salinity Laboratory) .....	79

## LISTA DE TABELAS

TABELA 5.1 –	Quandú - Teste de Bombeamento .....	23
TABELA 5.2 –	Quandú - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos – SIMULAÇÃO 1 .....	26
TABELA 5.3 -	Quandú - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos - SIMULAÇÃO 2 .....	26
TABELA 5.4 –	Quandú – Análise físico-química da água do poço .....	29
TABELA 6.1 –	Tanquinhos - Teste de Bombeamento .....	38
TABELA 6.2 –	Tanquinhos - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos - SIMULAÇÃO 1 .....	42
TABELA 6.3 –	Tanquinhos - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos – SIMULAÇÃO 2 .....	42
TABELA 6.4 –	Tanquinhos - Análise físico-química da água do poço .....	45
TABELA 6.5 –	Serrote - Teste de Bombeamento .....	51
TABELA 6.6 –	Serrote - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos .....	53
TABELA 6.7 –	Serrote - Análise físico-química da água do poço .....	56
TABELA 7.1 –	Alagamar dos Lourenços - Teste de Bombeamento .....	64
TABELA 7.2 –	Alagamar dos Lourenços - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos .....	66
TABELA 7.3 –	Alagamar dos Lourenços - Análise Físico-química da água do poço .....	68
TABELA 7.4 –	Queixada - Teste de Bombeamento .....	73
TABELA 7.5 –	Queixada - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos .....	75
TABELA 7.6 –	Queixada - Análise físico-química da água do poço .....	77



## LISTAS DE GRÁFICOS

GRÁFICO 5.1 –	Quandú - Curva Rebaixamento $\Delta S$ (m) x Tempo t (min)	24
GRÁFICO 5.2 –	Quandú - Curva Vazão Específica $q$ ( $m^3/h/m$ ) x Tempo t (min) .....	25
GRÁFICO 6.1 –	Tanquinhos - Curva Rebaixamento $\Delta S$ (m) x Tempo t (min) .....	39
GRÁFICO 6.2 –	Tanquinhos - Curva Vazão Específica $q$ ( $m^3/h/m$ ) x Tempo t (min) .....	40
GRÁFICO 6.3 –	Serrote - Curva Vazão $Q$ ( $m^3/h$ ) x Tempo t (min) .....	52
GRÁFICO 6.4 –	Serrote - Curva Vazão Específica $q$ ( $m^3/h/m$ ) x Tempo t (min) .....	53
GRÁFICO 7.1 –	Alagamar dos Lourenços - Curva Vazão Específica $q$ ( $m^3/h/m$ ) x Tempo t (min) .....	65
GRÁFICO 7.2 –	Queixada - Curva Vazão Específica $q$ ( $m^3/h/m$ ) x Tempo t (min) .....	74

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>3.</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>13</b>
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>14</b>
<b>5.</b>	<b>MUNICÍPIO DE BARRA DE SANTA ROSA</b>	<b>15</b>
5.1	Caracterização Geográfica	15
5.2	Fisiografia	15
5.3	Geologia	16
5.4	Hidrogeologia	17
5.4.1	Cadastro de Poço	18
5.4.2	Comunidade Quandú	19
5.4.2.1	O Poço Tubular	20
5.4.2.2	Interpretação do Teste de Bombeamento	20
5.4.2.3	Cálculo da Vazão Máxima de Exploração (Qme)	21
5.4.2.4	Cálculo da Vazão Recomendada (Qr)	25
5.4.2.5	Dimensionamento da Bomba do Poço	26
5.4.2.6	Hidroquímica	28
<b>6.</b>	<b>MUNICÍPIO DE PEDRA LAVRADA</b>	<b>32</b>
6.1	Caracterização Geográfica	31
6.2	Fisiografia	32
6.3	Geologia	32
6.4	Hidrogeologia	34
6.4.1	Cadastro de Poços	35
6.4.2	Comunidade Tanquinhos	35
6.4.2.1	O Poço Tubular	36
6.4.2.2	Interpretação do Teste de Bombeamento	37
6.4.2.3	Cálculo da Vazão Máxima de exploração (Qme)	40
6.4.2.4	Cálculo da Vazão Recomendada (Qr)	41
6.4.2.5	Dimensionamento da Bomba do Poço	43
6.4.2.6	Hidroquímica	44

6.4.3	Comunidade Serrote .....	48
6.4.3.1	O Poço Tubular .....	49
6.4.3.2	Interpretação do Teste de Bombeamento .....	49
6.4.3.3	Cálculo da Vazão Máxima de exploração (Qme) .....	50
6.4.3.4	Cálculo da Vazão Recomendada (Qr) .....	52
6.4.3.5	Dimensionamento da Bomba do Poço .....	54
6.4.3.6	Hidroquímica .....	54
<b>7.</b>	<b>MUNICÍPIO DE SERIDÓ .....</b>	<b>59</b>
7.1	Caracterização Geográfica .....	59
7.2	Fisiografia .....	59
7.3	Geologia .....	59
7.4	Hidrogeologia .....	60
7.4.1	Cadastro de Poços .....	61
7.4.2	Comunidade Alagamar dos Lourenços .....	61
7.4.2.1	O Poço Tubular .....	62
7.4.2.2	Interpretação do Teste de Bombeamento .....	63
7.4.2.3	Cálculo da Vazão Máxima de exploração (Qme) .....	63
7.4.2.4	Cálculo da Vazão Recomendada (Qr) .....	65
7.4.2.5	Dimensionamento da Bomba do Poço .....	66
7.4.2.6	Hidroquímica .....	67
7.4.3	Comunidade Sítio Queixada (Assentamento Olho D'Água) .....	71
7.4.3.1	O Poço Tubular .....	72
7.4.3.2	Interpretação do Teste de Bombeamento .....	72
7.4.3.3	Cálculo da Vazão Máxima de exploração (Qme) .....	72
7.4.3.4	Cálculo da Vazão Recomendada (Qr) .....	75
7.4.3.5	Dimensionamento da Bomba do Poço .....	75
7.4.3.6	Hidroquímica Cálculo da Vazão Máxima de exploração (Qme) ....	76
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>80</b>
<b>9.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>82</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O abastecimento de água às populações carentes, principalmente no Nordeste do País, historicamente tem sido assunto prioritário de pauta para todos os dirigentes governamentais seja na escala municipal, estadual ou federal. As condições climáticas adversas, com cíclicos períodos de escassez pluviométrica tem levado o poder público a realização de inúmeras obras sejam elas de armazenamento, como os açudes ou a perfuração e instalação de poços no intuito de fornecer água, tanto às sedes municipais como à população difusa representada por uma quantidade grande de comunidades rurais espalhadas por todo o território do semiárido brasileiro.

De uma forma caracterizadamente obreira, tiveram prioridade a construção dos grandes açudes, à exemplo do Armando Ribeiro Gonçalves no Rio Grande do Norte, e os programas de construção de poços sob a regência da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) que acelerava a atividade de exploração da água subterrânea, desenvolvida desde o final do século 19 pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), mais recentemente a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e economias mista estaduais como a Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Rio Grande do Norte (CDM/RN), a Companhia Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba (CDRM/PB) e a Companhia de Engenharia Rural da Bahia (CERB), que, com o desenvolvimento do mercado de poços fora perdendo terreno para as atuais empresas particulares.

O século 20 para o Nordeste pode ser caracterizado pelo agravamento das condições de qualidade de vida resultante do intenso desmatamento combinado com a posterior lixiviação dos sais do solo através de chuvas, resultando na gradual salinização dos rios e riachos com consequências danosas ao meio ambiente, contribuindo substancialmente para o processo de desertificação antrópica de grandes áreas do semiárido. É fato incontestável a salinização das aluviões de rios que anteriormente armazenavam águas pluviais e serviam de fonte fornecimento de água de boa qualidade às populações, através da construção e captação por cacimbas e poços amazonas.

## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

A partir do final da última década do século passado, com a evolução dos questionamentos técnicos e gerenciais para o enfrentamento da seca, agora não mais com a visão da construção pura e simples de obras hídricas, passa-se a considerar que as obras estão subordinadas à gestão dos recursos hídricos e que atualmente são resultantes de um conhecimento da realidade regional envolvendo os aspectos técnicos e sociais locais assim como o estabelecimento da aplicação de políticas públicas que viabilizam o acesso das populações historicamente desassistidas, à água de boa qualidade.

O Programa Água Doce, formulado em 2003, posto em ação em 2004, é uma das consequências benéficas, em termos gerenciais, dessa visão de aplicação de políticas públicas, cujos passos se iniciam em diagnósticos técnicos e sociais das comunidades carentes, passando pela recuperação ou implantação e chegando à manutenção e monitoramento de sistemas de dessalinização, como forma, em termos regionais, de diminuir os impactos da desertificação, respeitando o meio ambiente e respeitando sobretudo o direito a que esta população tem de se desenvolver com qualidade de vida a partir do insumo básico da vida que é a água de boa qualidade físico-química e bacteriológica.

## 3. OBJETIVO

Dentre os produtos referidos no Termo de Referência, parte integrante do Contrato de Prestação de Serviços de Consultoria n.º 116182, o Produto 2 tem como objetivo a elaboração de Relatório Técnico contendo proposta de documento com informações, dados geológicos e hidrogeológicos assim como dados sociais, geográficos, planilhas de teste de bombeamento e análises físico-químicas de água obtidos nos diagnósticos de comunidades selecionadas pela coordenação estadual do Programa Água Doce na Paraíba, devidamente analisados e interpretados para a determinação do potencial hidrodinâmico e hidroquímico da água captada pelo poço escolhido para o abastecimento local, objetivando a determinação de sua capacidade de produção – vazão máxima e vazão recomendada – e possíveis usos além do consumo humano, sendo executado por amostragem no mínimo **5 (cinco) sistemas**, inicialmente nos municípios de Barra de Santa Rosa, Pedra Lavrada e

Seridó, referente ao componente Sistemas de Dessalinização, dando subsídios hidrogeológicos para o dimensionamento de sistemas de dessalinização a serem recuperados ou implantados.

#### **4. METODOLOGIA**

A metodologia adotada para a elaboração do presente produto teve como premissa a ideia básica o levantamento bibliográfico geológico e hidrogeológico em escala municipal, considerando que esta é a escala institucional do poder público, na prática, responsável pelo gerenciamento e administração da infraestrutura de fornecimento de água às comunidades rurais.

Desta forma, para os municípios escolhidos pela Coordenação Estadual do Programa Água Doce na Paraíba, ou seja, Barra de Santa Rosa, Pedra Lavrada e Seridó, foram levantados dados geográficos, fisiográficos, geológicos e hidrogeológicos.

Os dados geográficos foram obtidos a partir das imagens atualizada do Google Earth pelos seus pontos mais extremos Norte, Sul, Leste e Oeste. Os dados da fisiografia e da geologia foram obtidos basicamente dos diagnósticos municipais elaborados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Os dados de hidrogeologia foram obtidos tanto nos diagnósticos da CPRM como do Cadastro de Poços da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba.

Com relação aos poços das comunidades selecionadas para a composição deste produto, foram levantados os dados sociais de população e usos da água, dos diagnósticos contratados pelo PAD/PB e averiguados pessoalmente pelo autor em viagens técnicas de campo, principalmente no que se refere aos dados de posicionamento geográfico dos poços e respectivos dados hidráulicos de níveis e qualidade da água pela condutividade elétrica apresentada pela água subterrânea.

De posse desse levantamento, para cada ponto selecionado foi analisada a qualidade da água por laudos laboratoriais (Programa Qualigraf) e realizado cálculos referentes a capacidade de cada poço através da interpretação dos testes de bombeamento realizado por empresa contratada pelo PAD/PB.

Os cálculos da vazão recomendada levaram em conta os usos múltiplos considerados o consumo de água de beber e de gasto da população, água para escola, posto de saúde e água para o consumo animal.

## **5. MUNICÍPIO DE BARRA DE SANTA ROSA**

### **5.1- Caracterização Geográfica**

O Município de Barra de Santa Rosa, com uma área de 775,658 km<sup>2</sup>, está localizado no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, mais precisamente na Microrregião Barra de Santa Rosa, Mesorregião Agreste Paraibano, entre as coordenadas geográficas:

Ponto Extremo Norte - 6° 35' 21,96" S / 35° 56' 10,22" W

Ponto Extremo Sul - 6° 56' 38,32" S / 36° 08' 50,54" W

Ponto Extremo Leste - 6° 44' 56,73" S / 35° 53' 46,65" W

Ponto Extremo Oeste - 6° 50' 44,95" S / 36° 15' 41,70" W

que limitam a área geográfica do município pelos seus pontos extremos.

Do ponto de vista do mapeamento geográfico, encontra-se inserido nas Folhas de 1:100.000 da SUDENE de Picuí e Solânea e está codificado no IBGE sob o número 251609.

### **5.2 - Fisiografia**

Barra de Santa Rosa tem um clima Bsh-semiárido sendo clima 3ath-Mediterrâneo (nordestino quente de seca acentuada) na porção ocidental e 3bth-Mediterrâneo (nordestino de seca média com 5 a 6 meses secos) na sua porção oriental com pluviometria situada entre 400 a 600 mm/ano e uma temperatura média de 24°C. Está inserido no Polígono das Secas. Topograficamente o município apresenta relevo com altitudes que variam de 530 a 650 metros.

### 5.3 - Geologia

Do ponto de vista geológico o Município de Barra de Santa Rosa se caracteriza pela predominância das rochas do Paleoproterozóico do Complexo Serrinha-Pedro Velho datado de 2189 milhões de anos em 80% da sua área geográfica, composta de Biotita augen gnaisse granítico (Pmsd) e metagranitóides (My2a) compostos de biotita e biotita muscovita ortognaisse de textura augen e composição granodiorítica monzogranítica, ocasionalmente sienítica.

Em menores proporções, situadas no extremo sul e leste do município, ocorrem as rochas (Ns, Nsi) da Formação Seridó e Grupo Seridó Indiscriminado: Granada biotita xisto, cordierita granada biotita xisto, quartzito (qt), biotitaclorita xisto, clorita sericita xisto, filito, localmente com paragnaisse, calcário cristalino (ca), rocha calcissilicáticas de 628 milhões de anos.

Recobrando minimamente as rochas cristalinas do Complexo Serrinha-Pedro Velho, vêm as rochas sedimentares areníticas médias a conglomeráticas da Formação Serra dos Martins (Esm) datadas de 23 milhões de anos.

Finalmente, repousando diretamente sobre as rochas cristalinas do Complexo Serrinha-Pedro Velho estão as rochas sedimentares (argilito e arenitos) - ENcn - e extrusivas (basalto) – ENB - mais recentes da Formação Campos Novos, situadas na porção sudoeste do município de Barra de Santa Rosa.



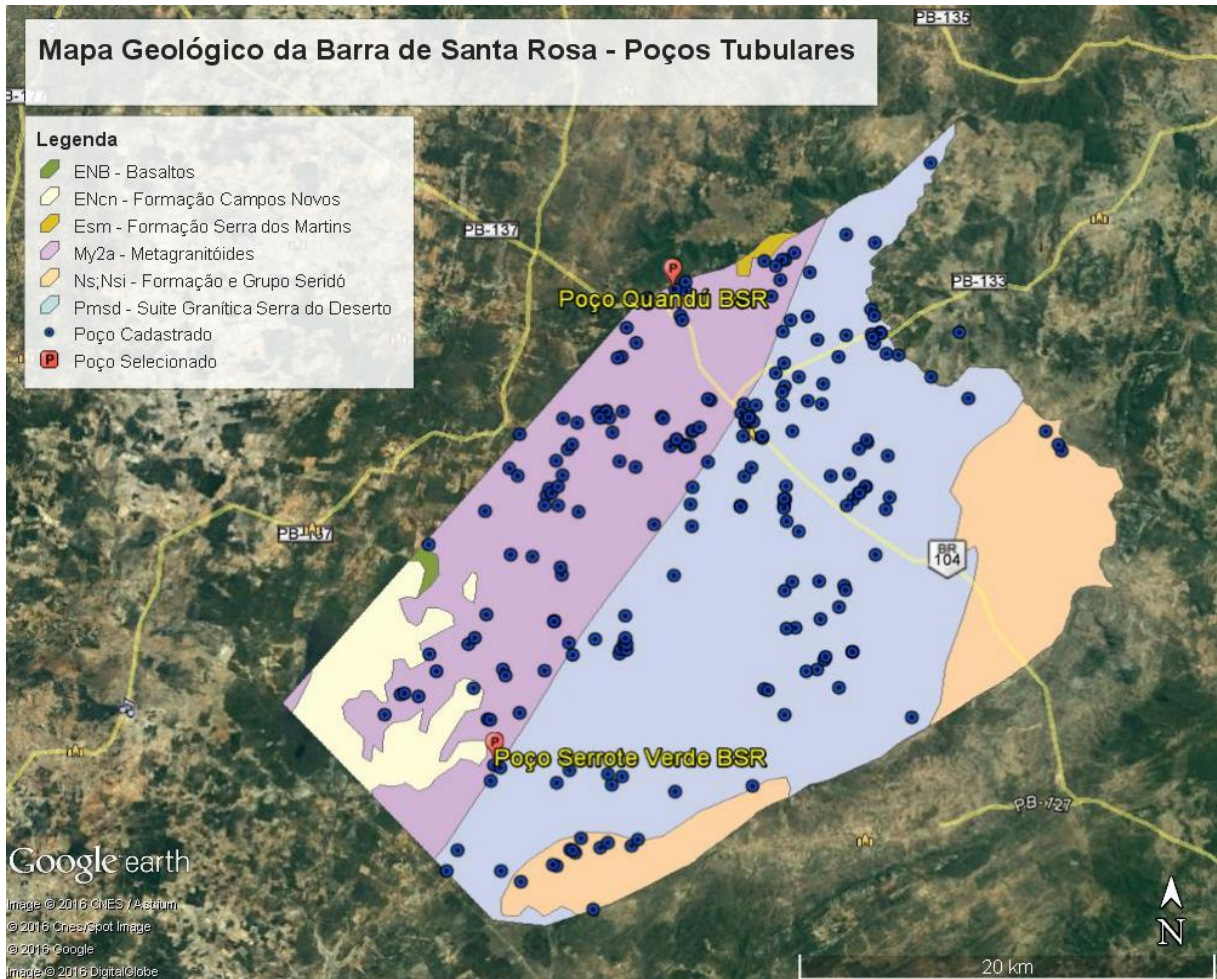


FIGURA 5.1 – Mapa Geológico de Barra de Santa Rosa com Poços Tubulares

#### 5.4 - Hidrogeologia

Do ponto de vista hidrogeológico, o Município de Barra de Santa Rosa está localizado predominantemente sobre rochas do embasamento cristalino do Complexo Serrinha-Pedro Velho e Grupo Seridó, pertencentes ao meio fissural, ou seja, o armazenamento da água subterrânea se dá nas fraturas ou fissuras oriundas de movimentos tectônicos e que produzem vazões médias de 1,5 m<sup>3</sup>/h em poços com profundidades máximas de 60 metros.

Com relação à salinidade, a água subterrânea oriundas de rochas metagranitóides (My2a) na presença de elementos de ferro e magnésio, se apresenta com teores altos de TDS (total de sólidos dissolvidos), geralmente acima de 500 mg/L e não se prestam ao consumo humano, devendo ser aproveitada para o processo de dessalinização, livrando-a tanto da alta salinidade como das possíveis

contaminações de ordem bacteriológicas, oferecendo a qualidade físico-química e bacteriológica adequada ao consumo humano.

Este universo onde predominam salinidades inadequadas ao consumo humano, todavia se presta ao consumo animal até o limite de 10.000 mg/L e à irrigação de conformidade com o tipo de solo e cultivo que se quer explorar.

Menos representativas geograficamente os sedimentos arenosos da Formação Serra do Martins fazem parte do meio poroso que produzem água de boa qualidade físico-química para o consumo humano e para outras finalidades (consumo animal, indústria, irrigação). A restrição ficaria dirigida mais para irrigação por conta das vazões médias que podem ser obtidas localmente neste aquífero em Barra de Santa Rosa.

Da mesma forma, mesmo que, geograficamente mais representativa, a Formação Campos Novos, nos perfis mais arenosos podem apresentar água subterrânea de boa qualidade que se prestam ao uso para qualquer finalidade dependendo, no entanto, da capacidade do poço com relação à demanda local.

#### 5.4.1 Cadastro de Poços

O município de Barra de Santa Rosa, segundo o Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) do ano de 2005 tem 105 poços e o Banco de Dados da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba (CDRM/PB) tem 70 poços, Desses poços, após 2005, 29 poços foram construídos. Dessa forma, o número de poços existentes é de 134 poços tubulares.

Dos poços que têm coordenadas, a totalidade encontra-se sobre terrenos cristalinos das rochas do Complexo Serrinha-Pedro Velho e Formação Seridó com profundidade que atingem 60 metros e qualidade de água francamente salobra.

Da análise dos poços cadastrados pela CPRM e CDRM nas comunidades do Município de Barra de Santa Rosa pela CPRM e CDRM foi escolhida a comunidade de Quandú para o detalhamento da hidrogeologia e o dimensionamento do equipamento de captação dos respectivos poços que fornecem água subterrânea.

Essa seleção teve como parâmetros a análise físico-química da água bruta coletada no poço e do teste de bombeamento para o cálculo da produção

diária de água de beber, para o consumo animal e outros usos utilizados na comunidade.

#### 5.4.2 - Comunidade Quandú

A Comunidade de Quandú, com aproximadamente 40 famílias, não possui rede coletora de esgotos e suas casas não dispõem de fossas sépticas, sendo o lixo queimado e enterrado. Com relação à saúde a comunidade não dispõe de posto de saúde e, no tocante à educação, tem uma escola denominada Escola José Arnaldo Freitas Souto. A energia é trifásica.



FIGURA 5.2 – Mapa da Área da Comunidade Quandú

A água de abastecimento vem por caminhões-pipa, distribuídas pelo Exército Brasileiro que faz a distribuição nas cisternas das residências. Esta água é



utilizada no consumo humano (água de beber) e para fins secundários a população faz uso do poço tubular.

A Comunidade já dispôs de um sistema de dessalinização atualmente em desuso, necessitando de recuperação. O consumo de água da população para os diversos fins estão contidos nas tabelas 5.2 e 5.3.

#### 5.4.2.1 - O Poço tubular

Poço tubular que abastece a comunidade de Quandú faz a captação da água subterrânea proveniente de rochas cristalinas predominantes na região e tem como características;

- a) geográficas – Coordenadas geográficas de latitude  $6^{\circ}39'51,735''S$  e longitude  $36^{\circ}05'15,232''W$ .
- b) Construtivas – Perfurado em 03/08/1998, o poço tem 20,20 metros de profundidade, revestido com tubulação de ferro galvanizado com diâmetro de 6 polegadas na sua porção de solo e rocha intemperizada.
- c) Hidrogeológicas/hidrodinâmicas – captação em rocha fissural, no aquífero cristalino livre. O nível estático é de 11,30 m, nível dinâmico de 12,00 m e rebaixamento de 0,70 m para uma vazão de 2,250 m<sup>3</sup>/h obtido no tempo de 12 horas de bombeamento.
- d) Hidrogeológicas/hidroquímicas – Sólidos Totais Dissolvidos (STD) da ordem de 6.100,80 mg/L. (Tabela 5.4)

#### 5.4.2.2 - Interpretação do teste de bombeamento

O teste de bombeamento realizado em 03/07/2014 – Tabela 5.1 - no poço da comunidade de Quandú, teve a duração de 12 horas e foi utilizado o sistema de compressor com o crivo a uma profundidade de 19,00 metros.

Como era de se esperar, o rebaixamento do poço, provocado pelas perdas de cargas no poço e no aquífero, fizeram a vazão (Q) ter uma queda de 8,0 m<sup>3</sup>/h para 2,25 m<sup>3</sup>/h e a vazão específica (q) de 12,50 (m<sup>3</sup>/h/m) para 3,21 (m<sup>3</sup>/h/m). O Gráfico 5.1 – que representa a curva da relação rebaixamento ( $\Delta s$ ) em função do tempo de bombeamento (t) – mostra níveis de estabilidade hidráulica entre os

tempos de 3 a 10 minutos (0,550 m), 15 a 30 minutos (0,600 m), 50 a 150 minutos (0,680 m) e de 180 a 720 minutos (0,700 m).

Quanto se observa, a variação da vazão (Q) com o tempo, no quadro do teste de bombeamento, se constata que houve uma queda de vazão entre os minutos 6 e 8 sem haver nenhuma redução de nível (0,55 e 0,550 m) o que é impossível de acontecer. Este fato se repete entre os minutos 80 e 100 (queda de vazão sem aumento de rebaixamento). A mesma observação no teste se pode constatar que nos minutos 10 e 15, 30 a 40 e 150 a 189 minutos há uma variação de níveis mantidas as mesmas vazões respectivamente de 2,571, 2,571 e 2,250 m<sup>3</sup>/h, o que se configura como fisicamente impossível.

Na realidade esta estabilidade hidráulica temporal é falsa. As medidas de níveis e vazões foram feitas considerando dois dígitos após a vírgula e não três dígitos após a vírgula, ou seja, tanto nos intervalos de tempo que indicam variação de nível ou de vazão houve variações respectivas de vazões e níveis, sendo mais confiável usar a vazão específica.

Dessa forma foi construído o Gráfico 5.2 com dados da vazão específica versus tempo de bombeamento, pelos seis (7) pontos iniciais de variação da vazão específica que representam o comportamento mais próximo da realidade do referido teste, que resultou na curva cuja fórmula é:

$$Y = -0,472 * \ln(X) + 5,5885 \text{ e } R^2 \text{ (índice de correlação)} = 1$$

Desta forma, para 12 horas (720 minutos) de bombeamento chega a vazão específica q

$$q = 2,483 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

#### 5.4.2.3 - Cálculo da Vazão Máxima de Exploração – Qme

Para o cálculo da vazão máxima de exploração a vazão produzida por um rebaixamento máximo disponível (RMD) da ordem de 40% da espessura da lâmina de água (ELA) que por sua vez é a diferença entre a profundidade (P) e o nível estático (NE) do poço, ou seja:

$$ELA = P - NE \text{ em que}$$

$$P = 20,20 \text{ m}$$

$$NE = 11,30 \text{ m}$$

$$ELA = 8,90 \text{ m}$$

$$\text{RMD} = \text{ELA} \times 0,40 = 8,90 \times 0,40 = 3,56 \text{ m}$$

Pelo Gráfico 02 obtêm-se a vazão específica após 12 horas de teste, ou seja,

$$q = 2,483 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

A vazão máxima de exploração será

$$Q_{me} = \text{RMD} \times q = 3,56 \text{ m} \times 2,483 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} = 8,84 \text{ m}^3/\text{h}$$

Neste caso a bomba deverá está a uma profundidade (PB) de:

$$\text{Profundidade da Bomba (PB)} = \text{NE} + \text{RMD} + \Delta S = 11,30 \text{ m} + 3,56 \text{ m} + 3,00 \text{ m} = 17,86 \text{ m}$$

PB = 17,86 m<sup>3</sup>/h, considerando  $\Delta S$  = variação de nível por sazonalidade = 3,00 m.

Tabela 5.1 – Quandú - Teste de Bombeamento

MUNICÍPIO : Barra de Santa Rosa			COORD UTM: LONG 821.515 m / LAT 9.262.406 m							
LOCAL : QUANDÚ			ZONA: 24							
CÓDIGO PAD:			COORD GEOG. 36°5'32,367"LONG W / 06°39'51,739 LAT S							
AQÜÍFERO: Fissural										
PROF.	20,20	m		DATA: 03 DE JULHO 2014					TB (min)=	720
NE (m)	11,300	ND (m)		12,000	Q (m³/h)		2,250			
Hora	Tempo t	nd	sw	Q	q	tempo t	nd'	sw		
	(min)	(m)	(m)	(m³/h)	(m³/h)/m	(min)	(m)	(m)		
07:01	1	11,940	0,640	8,000	12,500	1	11,850	0,550	721	
07:02	2	11,700	0,400	5,142	12,855	2	11,790	0,490	361	
07:03	3	11,850	0,550	2,769	5,035	3	11,700	0,400	241	
07:04	4	11,850	0,550	2,769	5,035	4	11,590	0,290	181	
07:05	5	11,850	0,550	2,769	5,035	5	11,520	0,220	145	
07:06	6	11,850	0,550	2,769	5,035	6	11,400	0,100	121	
07:08	8	11,850	0,550	2,571	4,675	8	11,300	-	91	
07:10	10	11,850	0,550	2,571	4,675					
07:15	15	11,900	0,600	2,571	4,285					
07:20	20	11,900	0,600	2,571	4,285					
07:25	25	11,900	0,600	2,571	4,285					
07:30	30	11,900	0,600	2,571	4,285					
07:40	40	11,930	0,630	2,571	4,081					
07:50	50	11,980	0,680	2,571	3,781					
08:00	60	11,980	0,680	2,571	3,781					
08:20	80	11,980	0,680	2,571	3,781					
08:40	100	11,980	0,680	2,250	3,309					
09:00	120	11,980	0,680	2,250	3,309					
09:30	150	11,980	0,680	2,250	3,309					
10:00	180	12,000	0,700	2,250	3,214					
11:00	240	12,000	0,700	2,250	3,214					
12:00	300	12,000	0,700	2,250	3,214					
11:00	360	12,000	0,700	2,250	3,214					
12:00	420	12,000	0,700	2,250	3,214					
13:00	480	12,000	0,700	2,250	3,214					
17:00	540	12,000	0,700	2,250	3,214					
15:00	600	12,000	0,700	2,250	3,214					
17:00	720	12,000	0,700	2,250	3,214					

Gráfico 5.1 – Quandú - Curva Rebaixamento  $\Delta S$  (m) x Tempo t (min)

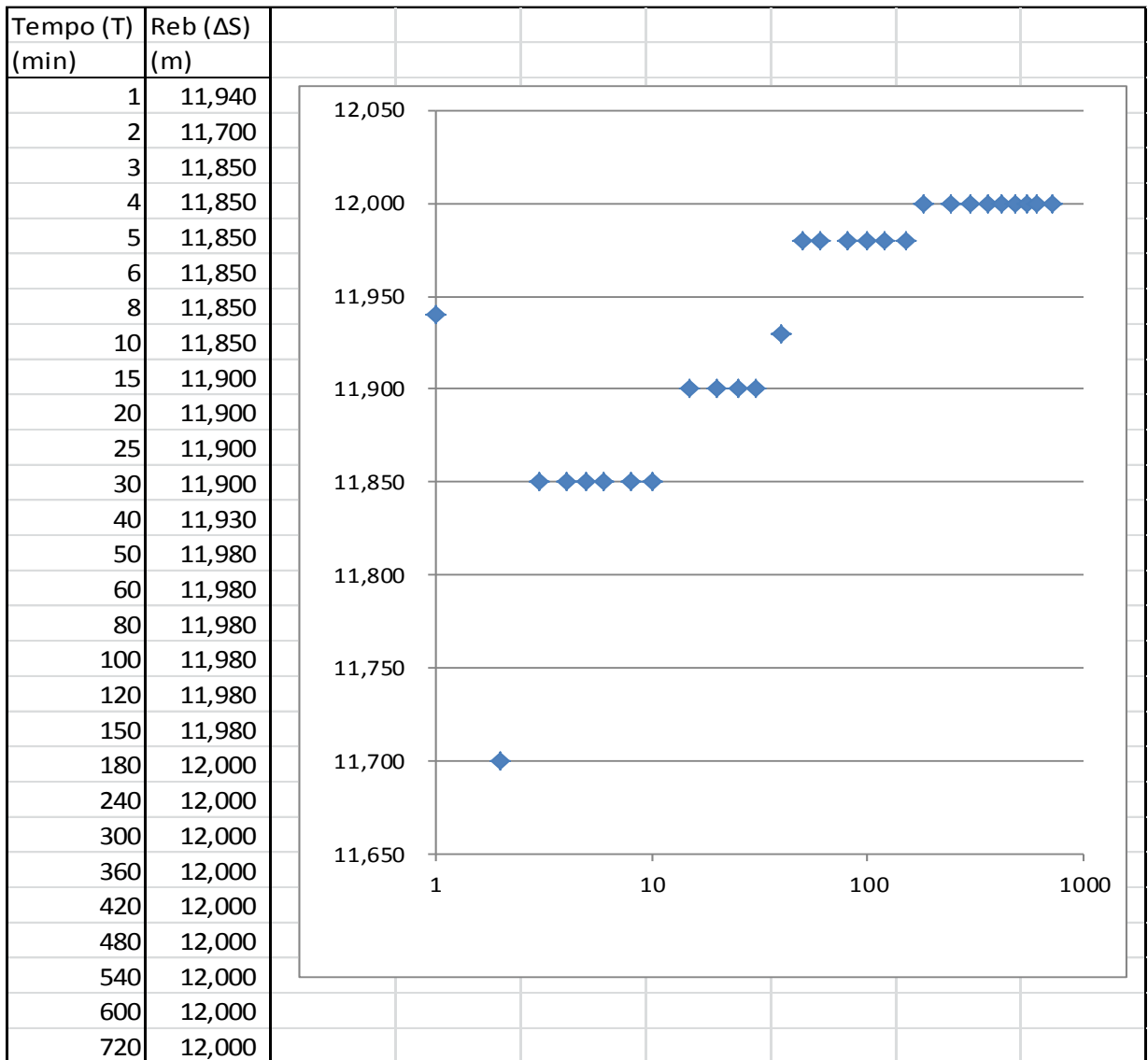
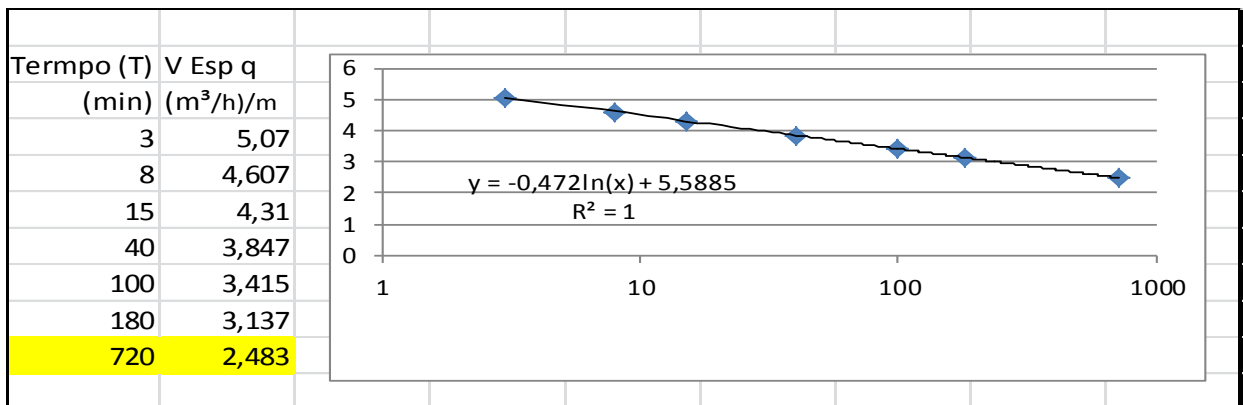




GRÁFICO 5.2 – Quandú - Curva Vazão Específica q (m³/h/m) x Tempo t (min)



#### 5.4.2.4 - Cálculo da Vazão Recomendada do Poço (Qr)

Para o dimensionamento vazão recomendada do poço, além dos parâmetros hidrodinâmicos é necessário que se saiba o consumo total diário de água pela comunidade, distância e desnível entre o poço e o ponto onde deve se instalar a caixa d'água do sistema.

Na Simulação 1 – TABELA 5.1, executada a partir dos dados, obtidos no Diagnóstico da Comunidade, de população humana e animal respectivamente de 47 famílias, 50 cabeças de gado e 100 caprinos e ovinos, chega-se a um tempo (T) de funcionamento da bomba do poço de 6,92 horas por dia para a vazão de teste QS1 = 2.250 L/h e considerando uma recuperação de 54% - relação entre a quantidade de água permeado e a quantidade de água de alimentação – calculado pelo Programa Reverse Osmosis System Analysis (ROSA).

Na Simulação 2 – TABELA 5.3 - executada a partir da informação, obtida na visita técnica do autor, da população humana de 100 famílias com as famílias e animais que poderia beneficiar a vizinhança, chega-se a um tempo (T) de funcionamento da bomba do poço de 7,10 horas por dia para uma vazão QS2 = 5.000 L/h, considerando o índice de recuperação de 54%.

Tanto uma simulação como a outra estão dentro da possibilidade de fornecimento do poço, pois se referem à vazões menores que a máxima calculada para o poço que é de Qme = 8.840 L/h.

Tabela 5.2 Quandú - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos – SIMULAÇÃO 1

DISCRIMINAÇÃO	quant (fam)	gasto p unid (L/dia)	água de beber (L/dia)	recup sist (%)	total L/dia)	conc (L/dia)	vazão poço (L/h)	tempo funcion poço
população	47	40	1.880	0,54	3.481	1.601	2.250	1,55
pop (gado)	50	50				2.500		
pop (cap/ov)	100	18				1.800		
TOTAL						4.300		
SALDO PARA TANQUE						- 2.699		1,20
água de gasto	47	200			9.400		2.250	4,18
VOLUME TOTAL DE PRODUÇÃO DIÁRIA DO POÇO					12.881			
<b>VAZÃO REC E HORAS DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA DO POÇO</b>							<b>2.250</b>	<b>6,92</b>
Q (VAZÃO) (m <sup>3</sup> /h)	tempo funcion poço	q (v Esp) (m <sup>3</sup> /h/m)	sw Rebaix (m)	NE Nív Est (m)	ND Nív Din (m)	ΔS Variação Sazonal	PROF BOMBA (m)	
<b>2.250</b>	<b>6,92</b>	<b>2.483</b>	<b>0,9062</b>	<b>11,30</b>	<b>12,21</b>	<b>3,00</b>	<b>15,21</b>	

Tabela 5.3 – Quandú - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos - SIMULAÇÃO 2

DISCRIMINAÇÃO	quant (fam)	gasto p unid (L/dia)	água d beber (L/dia)	recup sist (%)	conc (L/dia)	vazão poço (L/h)	tempo funcion poço	
população	100	40	4.000	0,54	3.407	5.000	1,48	
pop (gado)	50	50			2.500			
pop (cap/ov)	500	18			9.000			
TOTAL					11.500			
SALDO PARA TANQUE						-8.093	1,62	
água de gasto	100	200				5.000	4,00	
VOLUME TOTAL DE PRODUÇÃO DIÁRIA DO POÇO								
<b>VAZÃO REC E HORAS DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA DO POÇO</b>							<b>5.000</b>	<b>7,10</b>
Q (VAZÃO) (m <sup>3</sup> /h)	tempo funcion poço	q (v Esp) (m <sup>3</sup> /h/m)	sw Rebaix (m)	ne Nív Est (m)	ΔS Variação Sazonal	PROF BOMBA (m)		
<b>5.000</b>	<b>7,10</b>	<b>2.483</b>	<b>2,01</b>	<b>11,30</b>	<b>3</b>	<b>16,31</b>		

#### 5.4.2.5 - Dimensionamento da Bomba do Poço

Para o dimensionamento da bomba do poço é necessário o cálculo da Altura Manométrica Total que é a soma das perdas de carga por elevação e distancia entre o poço e a caixa d'água e perdas na respectiva tubulação de transporte da água.

### Cálculo de Altura Manométrica Total

Sejam os dados:

ND (nível dinâmico) = 12,21 m

PB (profundidade da bomba) = 15,21 m

DA (diferença de altura poço/caixa d'água) = 22,21 m

CR (comprimento reto - metragem de tubulação) = 641,41 m

Tubulação em PVC

DI (diâmetro interno da tubulação) = 1 ½ " = 40,89 mm

Curvas de 90° = 3

Tê de 90° = 1

AMT = 27,00 m (calculado com Programa AiOFlo v1,07)

SIMULAÇÃO 1 VAZÃO Q = 2,250 m<sup>3</sup>/h

AMT (ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL) = 27,00 m

D (diâmetro do poço) de 4 polegadas = 100,16 mm

Introduzidos os dados acima para os manuais de bomba submersível se pode obter:

Bomba para poço de 4", 0,7 CV, 3 estágios, AMT 27 m, VAZÃO 2,8 m<sup>2</sup>/h e para AMT 17 m, VAZÃO 5,195 m<sup>2</sup>/h modelo 4RS IB 03 360 – BOMBAS LEÃO;

SIMULAÇÃO 2 VAZÃO Q = 5,000 m<sup>3</sup>/h

AMT (ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL) = 27,00 m

D (diâmetro do poço) = 4" = 100,16 mm

Introduzidos os dados acima para os manuais de bomba submersível se pode obter:

Bomba para poço de 4", 0,7 CV, 4 estágios, AMT 27 m, VAZÃO 5,96 m<sup>2</sup>/h e para AMT 17 m, VAZÃO 8,60 m<sup>2</sup>/h modelo 4RS IB 03 360 – BOMBAS LEÃO;

**Outros manuais de bombas submersíveis podem ser utilizados para cálculo das características de cada bomba seja SCHNEIDER, EBARA, DANCOR, KING, GIULLI E SIMILARES.**

#### 5.4.2.6 Hidroquímica

A água do poço de Quandú tem um STD (sólidos totais dissolvidos) da ordem de 6.100,8 mg/L, ou seja, é uma água salgada - Resolução 357/2005 do CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, que não se presta ao consumo humano e que pode ser consumida por gado, caprinos e ovinos. Mesmo considerando que a salinidade possa dobrar em termos de valores, (12.000 mg/L) após ser processada pelas membranas do dessalinizador, esta água ainda serviria para abastecer caprinos e ovinos.

O Balanço Iônico (Figuras 5.3 e 5.4), calculado pelo Programa Qualigraf, resultou nos erros permitidos de 1,89% pelo método de Custódio y Llamas (1983) e 0,94% pelo método de Logan (1965), atestando que a análise da amostra de água foi executada corretamente, ou seja, os erros permitidos estão dentro da margem considerada pela condutividade da água analisada e pela relação quantitativa entre cátions e ânions respectivamente.

Pelo Gráfico de Piper (Figura 5.5) a água é considerada mista cloretada.

Com relação à utilização da água para irrigação o RAS (Figura 5.6) apresentou uma água do tipo C5S4, isto é, um excepcional risco de salinização e um forte risco de adsorção de sódio.

Tabela 5.4 – Quandú - Análise físico-química da água do poço

Laboratório: LABDES - UFCG					
Endereço: Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, Campina Grande, PB					
Amostra n.º	357/2015	Data da coleta	12/05/2015	Poço	x
		Data da entrega	12/05/2015		
		Data da análise	12/05/2015		
Solicitante: PAD/PB					
Procedência: Quandú - Barra de Santa Rosa - PB			COORD GEOG: 36° 05' 32,367" W / 06°51,739" S		
Materia : Água					
Coletor: Laboratório			Cliente	X	
Terminação*			Valor Máximo		Valor
			Permitido**		Encontrado
Temperatura ° C					
Cor uH			15,00		10,00
Odor não objetável					
Sabor não objetável					
Turbidez, UT			5,00		2,30
pH			6 a 9,5		7,00
Condutividade elétrica, µS/cm					
Sólidos totais a 105 ° C, mg/L					
Sólidos dissolvidos totais, mg/L			1.000,00		6.100,80
Sólidos em suspensão, mg/L					
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>					
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>					
Alcalinidade de carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>					
Alcalinidade de bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>					
Dureza, mg/L CaCO <sub>3</sub>					
Nitrogenio amoniacal, mg/L NH <sub>3</sub>			1,50		6,40
Nitrito. mg/L N			1,00		0,00
Nitrato. mg/L N			10,00		0,04
Cálcio, mg/L Ca <sup>+2</sup>					
Magnésio, mg/L Mg <sup>+2</sup>					
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>			200,00		1.083,00
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>					11,40
Ferro, mg/L Fe			0,30		0,03
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>					
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>					
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>			250,00		803,00
Cloreto, mg/L Cl <sup>-</sup>			250,00		2.907,50
Sílica, mg/l SiO <sub>2</sub>					
Fósforo Reativo Total, mg/L P					
** Padrão de aceitação para o consumo humano (port. 2914 MS - 12/12/2011)					
*Metodologia de Análise Standard Methods for Examination of Water and Wastewater					

Figura 5.3 – Quandú - Diagrama Circular - Balanço Iônico, (Custódio & Llamas, 1983)

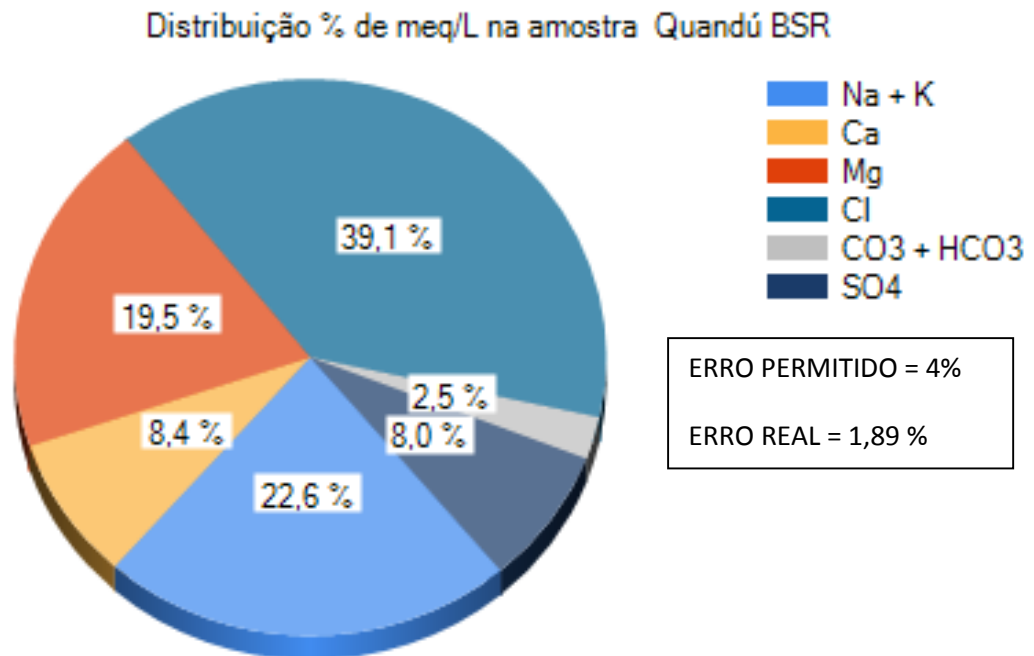


Figura 5.4 - Quandú - Diagrama Circular - Balanço Iônico (Logan, 1965)

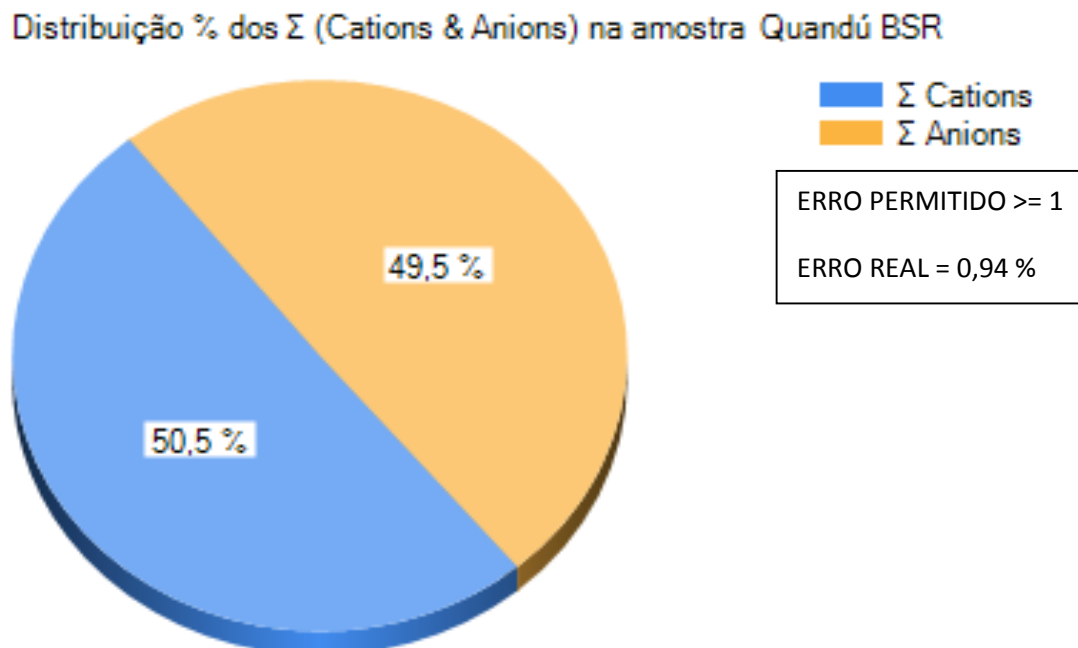


Figura 5.5 - Quandú - Diagrama Triangular de Piper

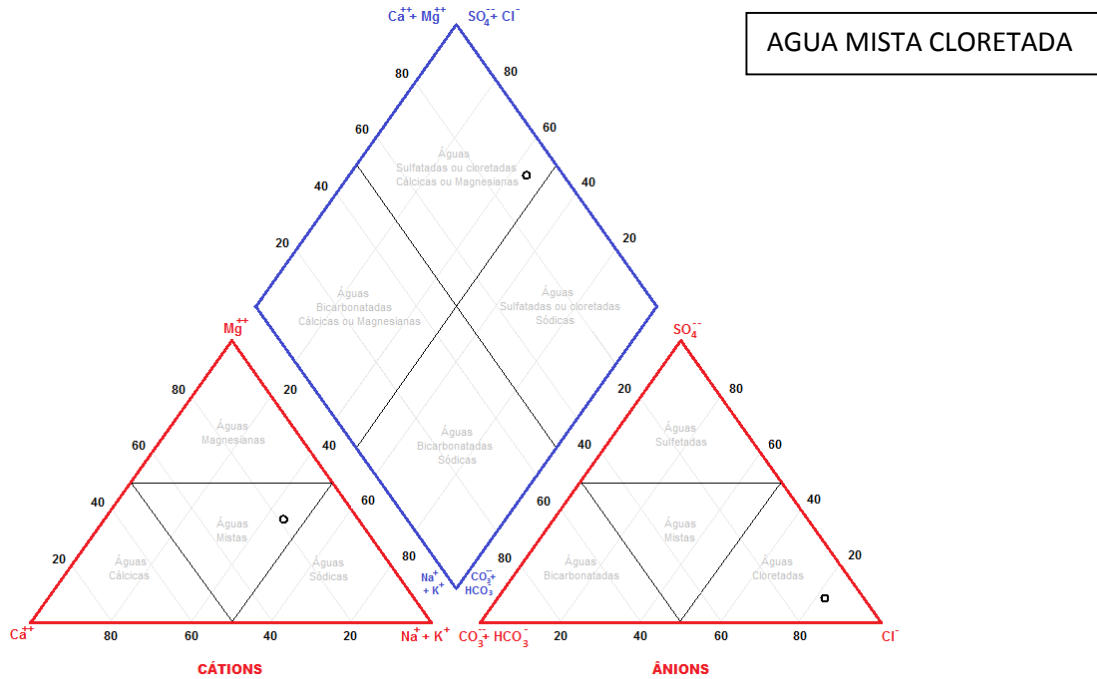
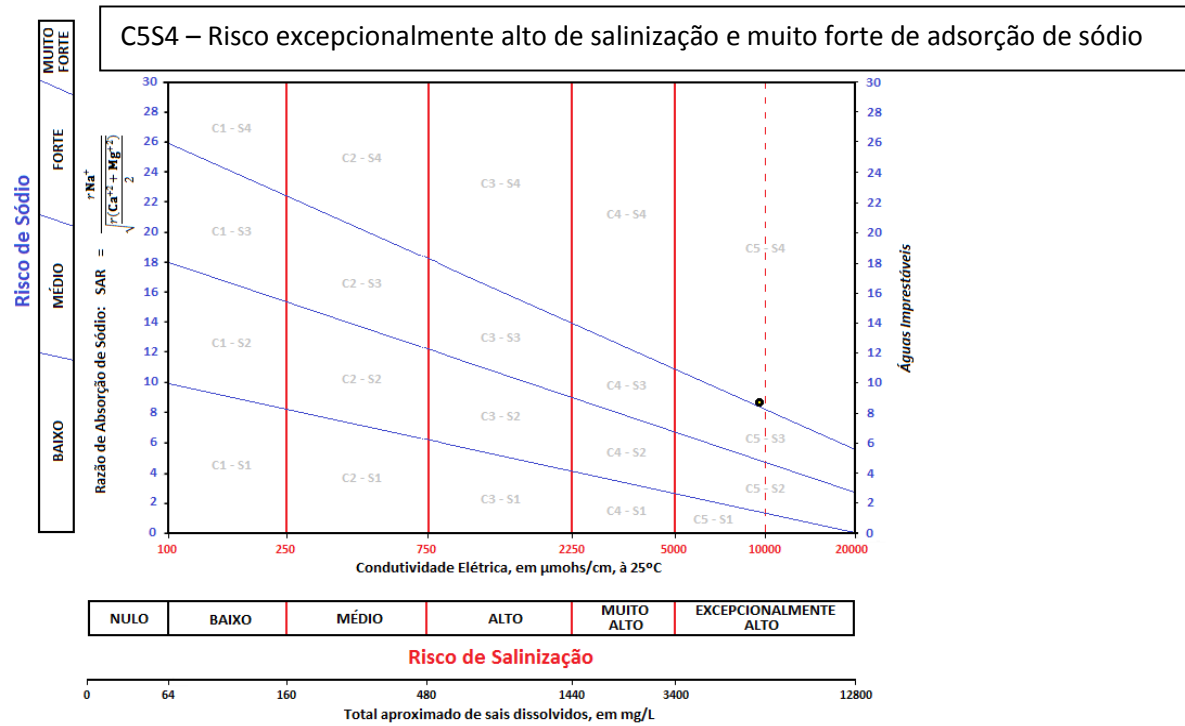


Figura 5.6 - Quandú - Diagrama USSL (United States Salinity Laboratory)



## 6. MUNICÍPIO DE PEDRA LAVRADA – PB

### 6.1 Caracterização Geográfica

Codificado pelo IBGE sob o n.º 2511103, o município de Pedra Lavrada está situado no centro-norte do Estado da Paraíba, Meso-Região Borborema e Micro-Região do Seridó Oriental Paraibano. Está ligada a capital João Pessoa pelas rodovias PB-177 (40 Km) e Br-130 (185 Km) numa distância de aproximadamente 225 Km.

O município tem como coordenadas de seus pontos extremos

Ponto Extremo Norte - 6° 40' 41,38" S / 36° 16' 54,13" W

Ponto Extremo Sul - 6° 51' 19,48" S / 36° 22' 13,46" W

Ponto Extremo Leste - 6° 41' 05,92" S / 36° 15' 04,85" W

Ponto Extremo Oeste - 6° 50' 31,26" S / 36° 32' 33,10" W

Com uma altitude média de 516 m e área de 351,68 Km<sup>2</sup>, tem uma população estimada para 2016 pelo IBGE de 8.053 habitantes e uma densidade demográfica de 21,26 habitantes por Km<sup>2</sup>.

### 6.2 Fisiografia

O clima em Pedra Lavrada é Bsh-Semi-Árido quente com chuvas de verão e uma temperatura média anual de 27° C. A pluviometria média anual é da ordem de 359,4 mm, observados em um período de 50 anos, entre os anos de 1935 e 1985, com distribuição irregular das chuvas que se concentram nos meses de fevereiro, março abril e maio em percentuais de aproximadamente 80%. A vegetação é do tipo Caatinga-Seridó.

### 6.3 Geologia

Geologicamente o município de Pedra Lavrada se caracteriza por estar assentado sobre as rochas do embasamento cristalino e na quase totalidade da sua área:



- a) Formação Campos Novos: Argila, arenito e basalto, incluindo argila montmorilonítica (23 milhões de anos)
- b) Ny1a - Suíte granítica calcialcalina de médio a alto potássio: Granito e granodiorito grossos a porfiríticos associados à diorito e à fases intermediárias de mistura (571 milhões de anos)
- c) Ny1d - Suíte leucogranítica peraluminosa: Ilmenita granito e granada muscovita biotita leucogranito.
- d) Ns; Nsi - Formação Seridó e Grupo Seridó Indiscriminado: Granada biotita xisto, cordierita granada biotita xisto, quartzito (qt), biotitaclorita xisto, clorita sericita xisto, filito, localmente com paragnaisse, calcário cristalino (ca), rocha calcissilicática (640 milhões de anos).
- e) My2a - Metagranitóide tipo Recanto: Biotita e biotita muscovita ortognaisse de textura augen e composição granodiorítica monzogranítica, ocasionalmente sienítica (2098 milhões de anos)..
- f) Nyi - Granitóide de quimismo indiscriminado: Biotita granito, monzogranito, sienito, quartzo monzonito, metagranito, granito porfiróide e microporfirítico.

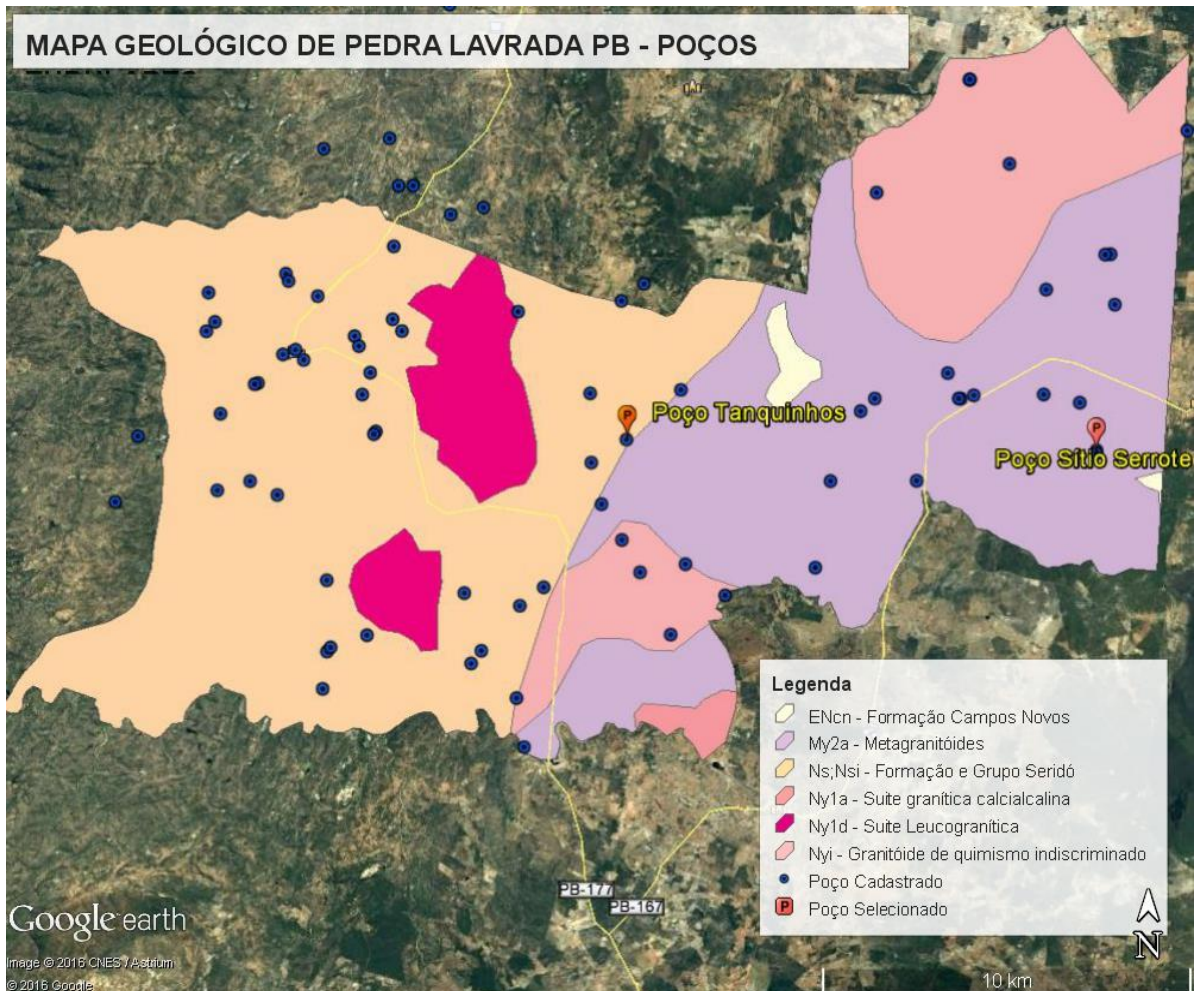


Figura 6.1 – Mapa Geológico de Pedra Lavrada com Poços Tubulares

#### 6.4 Hidrogeologia

Geologicamente o município de Pedra Lavrada está situado sobre as rochas do embasamento cristalino cujo armazenamento da água se dá nas fraturas e fissuras que as rochas apresentam, como resultado dos esforços tectônicos terrestres e que produzem baixas vazões com média de 1,5 m<sup>3</sup>/h em poços cujas profundidades raramente ultrapassam 60 metros.

Com relação à salinidade, a água subterrânea apresenta teores de TDS (total de sólidos dissolvidos), na quase totalidade acima de 500 mg/L, por essa razão não aproveitável para consumo humano, devendo ser processada pelo sistema de osmose reversa no processo de dessalinização. Tanto a alta salinidade como

possíveis contaminações de ordem bacteriológica são eliminadas, oferecendo a qualidade físico-química e bacteriológica adequada ao consumo humano.

Este universo onde predomina salinidades inadequadas ao consumo humano, todavia se presta ao consumo animal até o limite de 10.000 mg/L e à irrigação de conformidade com o tipo de solo e cultivo que se quer explorar.

Menos representativas, a geologia sedimentar dos sedimentos arenosos da Formação Campos Novos, estão presentes em apenas 2,15 Km<sup>2</sup> da área geográfica do município, que fazem parte do meio poroso e produzem água de boa qualidade físico-química para o consumo humano e para outras finalidades a exemplo do consumo animal, da indústria e da irrigação.

#### 6.4.1 Cadastro de Poços

O município de Pedra Lavrada, segundo o Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e o Banco de Dados da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba (CDRM/PB) tem 88 poços perfurados entre 1982 e 2014.

A profundidade dos poços varia entre 30 e 60 metros, com dois pontos de 70 e 90 metros fora desse universo, As vazões variam de 200 L/h até 3.000 L/h com salinidade variando entre 1100 e 14.000 mg/L de sais totais, três poços com água de salinidade abaixo de 1.000 mg/L e três outros poços com salinidade acima de 17.000 mg/L.

#### 6.4.2 Comunidade de Tanquinhos

A Comunidade de TANQUINHOS, com aproximadamente 30 famílias, não possui rede coletora de esgotos e suas casas não dispõem de fossas sépticas, sendo o lixo queimado e enterrado.

Com relação à saúde a comunidade não dispõe de posto de saúde e, no tocante à educação, tem uma escola denominada Escola José Arnaldo Freitas Souto. A energia é trifásica.

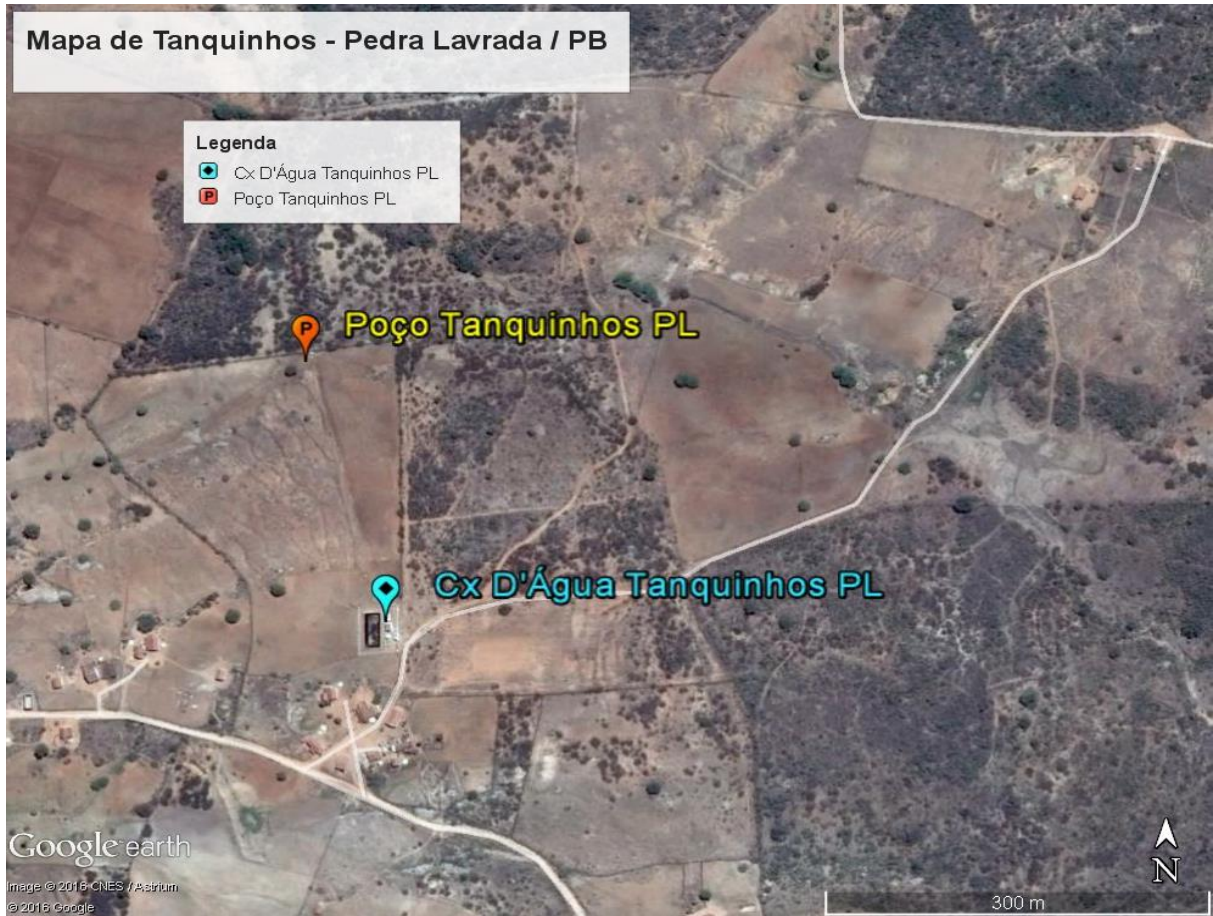


Figura 6.2 Mapa da Área da Comunidade de Tanquinhos

A água de abastecimento é transportada por caminhões-pipa, (Programa do Exército Brasileiro) e faz a distribuição nas cisternas das residências. Esta água é utilizada no consumo humano (água de beber) e para fins secundários a população faz uso do poço tubular.

A Comunidade já dispôs de um sistema de dessalinização atualmente em desuso, necessitando de recuperação.

#### 6.4.2.1 O Poço tubular

Poço tubular que abastece a comunidade de Tanquinhos faz a captação da água subterrânea proveniente de rochas cristalinas predominantes na região e tem como características;

- e) geográficas – coordenadas geográficas latitude  $6^{\circ}46'39''$  e longitude  $36^{\circ}23'20''$ .

- f) Construtivas – testado em 10/02/2014, o poço tem 37,80 metros de profundidade, revestido com tubulação de ferro galvanizado com diâmetro de 6 polegadas na sua porção de solo e rocha intemperizada.
- g) Hidrogeológicas/hidrodinâmicas – captação em rocha fissural, no aquífero cristalino livre. O nível estático é de 6,250 m, nível dinâmico de 25,260 m e rebaixamento de 19,010 m para uma vazão de 0,720 m<sup>3</sup>/h obtido no tempo de 12 horas de bombeamento.
- h) Hidrogeológicas/hidroquímicas – Sólidos Totais Dissolvidos (STD) da ordem de 4,373,60 mg/L.

#### 6.4.2.2 Interpretação do teste de bombeamento

O teste de bombeamento realizado em 10/02/2014 (Tabela 6.1) no poço da comunidade de Tanquinhos teve a duração de 12 horas e foi utilizado o sistema de compressor com o crivo a uma profundidade de 34,00 metros.

O rebaixamento do poço, provocado pelas perdas de cargas no poço e no aquífero, fizeram a vazão (Q) ter uma queda de 12,0 m<sup>3</sup>/h para 0,720 m<sup>3</sup>/h e a vazão específica (q) de 4,412 (m<sup>3</sup>/h/m) para 0,038 (m<sup>3</sup>/h/m).

O Gráfico 6.1 - curva representativa da relação rebaixamento ( $\Delta s$ ) em função do tempo de bombeamento (t) – após 10 minutos de bombeamento, com forte inclinação, mostra níveis de pequenos rebaixamentos sucessivos até os 720 minutos, com uma vazão específica de pouca variação entre  $q=0,052$  m<sup>3</sup>/h/m até  $q=0,038$  m<sup>3</sup>/h/m numa aproximada estabilidade hidráulica entre os tempos de 15 a 720 minutos.

O teste de bombeamento feito com compressor mostra claramente que as medidas de níveis dinâmicos foram feitas considerando duas casas decimais, não reproduzindo com fidelidade a curva rebaixamento x tempo. Apesar de não se constituir em empecilho ao cálculo da capacidade do poço, o método fica restrito ao referido cálculo se utilizando a vazão específica q e sua variação no tempo (Gráfico 6.2). A queda brusca da vazão Q de teste do poço também é característica da utilização do compressor em que a submersão tem grande variação.



Tabela 6.1 – Tanquinhos - Teste de Bombeamento

MUNICÍPIO : Pedra Lavrada			COORD UTM: LONG 788.624 m / LAT 9.250.039 m							
LOCAL : Tanquinhos			ZONA: 24							
CÓDIGO PAD:			COORD GEOG. 36°23'20,259"LONG W / 06°46'40,044 LAT S							
AQÜÍFERO: Fissural										
PROF. (	37,80	m	DATA: 10 DE FEVEREIRO 2014				TB (min)=		720	
NE (m)	6,250		ND (m)	25,260		Q (m³/h)	0,720			
BOMBEAMENTO						RECUPERAÇÃO				
Hora	Tempo	ND	S	Q	q = Q/S	Tempo	ND'	S'	(TB/t')+1	
(h)	(min)	(m)	(m)	(m³/h)	(m³/h)/m	(min)	(m)	(m)	(min)	
	1	8,970	6,970	12,000	1,7217	1	23,550	21,550	721,00	
	2	11,750	9,750	9,000	0,9231	2	22,560	20,560	361,00	
	3	14,500	8,250	7,200	0,8727	3	21,420	19,420	241,00	
	4	17,300	15,300	7,200	0,4706	4	20,330	18,330	181,00	
	5	19,800	17,800	7,200	0,4045	5	19,200	17,200	145,00	
	6	21,790	19,790	7,200	0,3638	6	18,460	16,460	121,00	
	8	23,200	21,200	6,000	0,2830	8	16,380	14,380	91,00	
	10	24,360	22,360	6,000	0,2683	10	14,400	12,400	73,00	
	15	24,550	22,550	6,000	0,2661	15	13,180	11,180	49,00	
	20	24,610	22,610	4,235	0,1873	20	12,540	10,540	37,00	
	25	24,820	22,820	3,272	0,1434	25	11,920	9,920	29,80	
	30	24,820	22,820	1,674	0,0734	30	11,450	9,450	25,00	
	40	24,820	22,820	1,309	0,0574	40	11,020	9,020	19,00	
	50	24,820	22,820	1,309	0,0574	50	10,540	8,540	15,40	
1	60	24,820	22,820	1,074	0,0471	60	10,080	8,080	13,00	
	70	24,820	22,820	0,972	0,0426	70	9,650	7,650	11,29	
	80	24,820	22,820	0,947	0,0415	80	9,200	7,200	10,00	
	100	24,860	22,860	0,911	0,0399	100	8,550	6,550	8,20	
2	120	24,860	22,860	0,857	0,0375	120	7,920	5,920	7,00	
	150	24,940	22,940	0,794	0,0346					
3	180	25,060	23,060	0,742	0,0322					
4	240	25,060	23,060	0,720	0,0312					
5	300	25,060	23,060	0,720	0,0312					
6	360	25,100	23,100	0,720	0,0312					
7	420	25,160	23,160	0,720	0,0311					
8	480	25,260	23,260	0,720	0,0310					
9	540	25,260	23,260	0,720	0,0310					
10	600	25,260	23,260	0,720	0,0310					
12	720	25,260	23,260	0,720	0,0310					

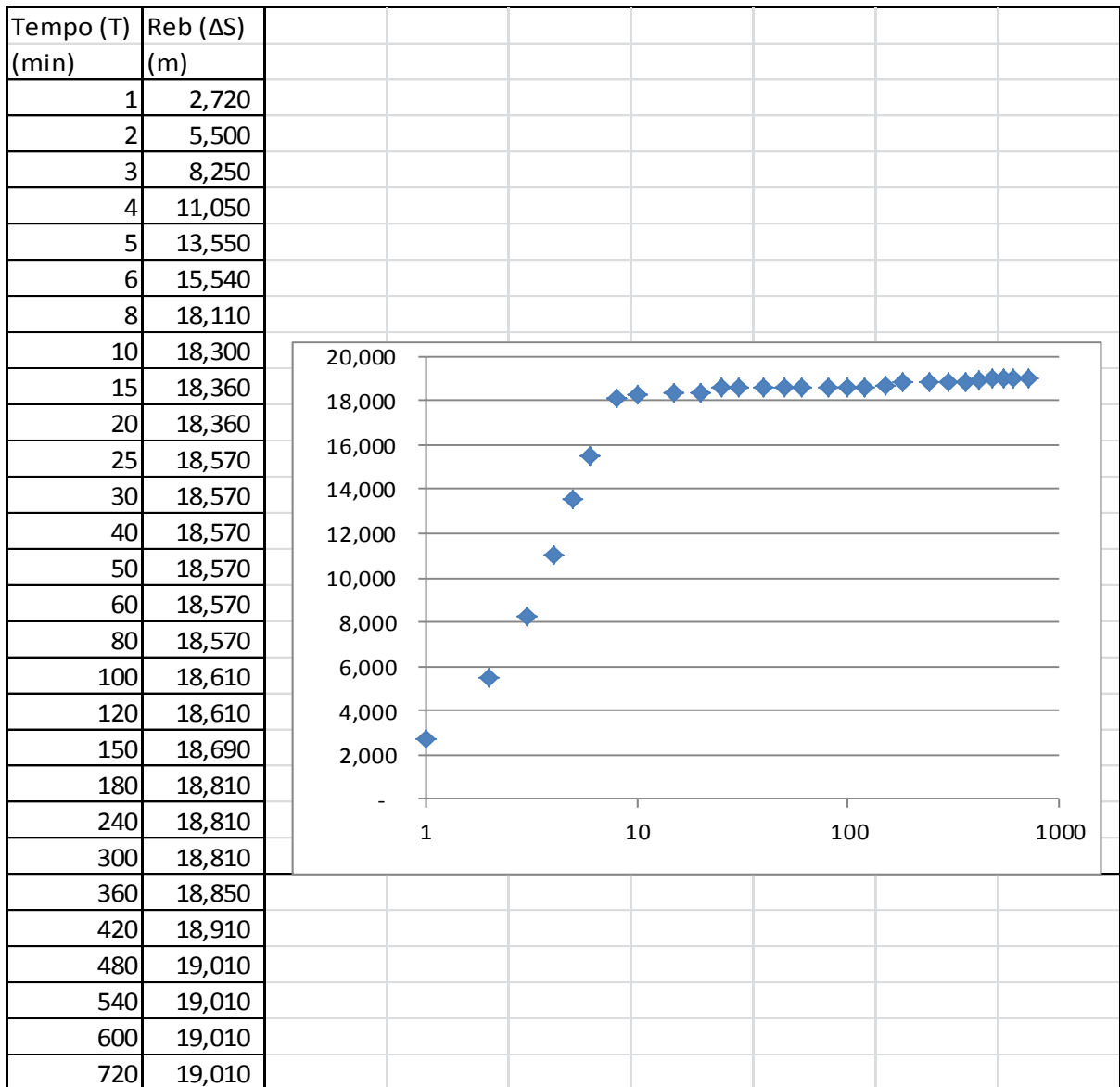
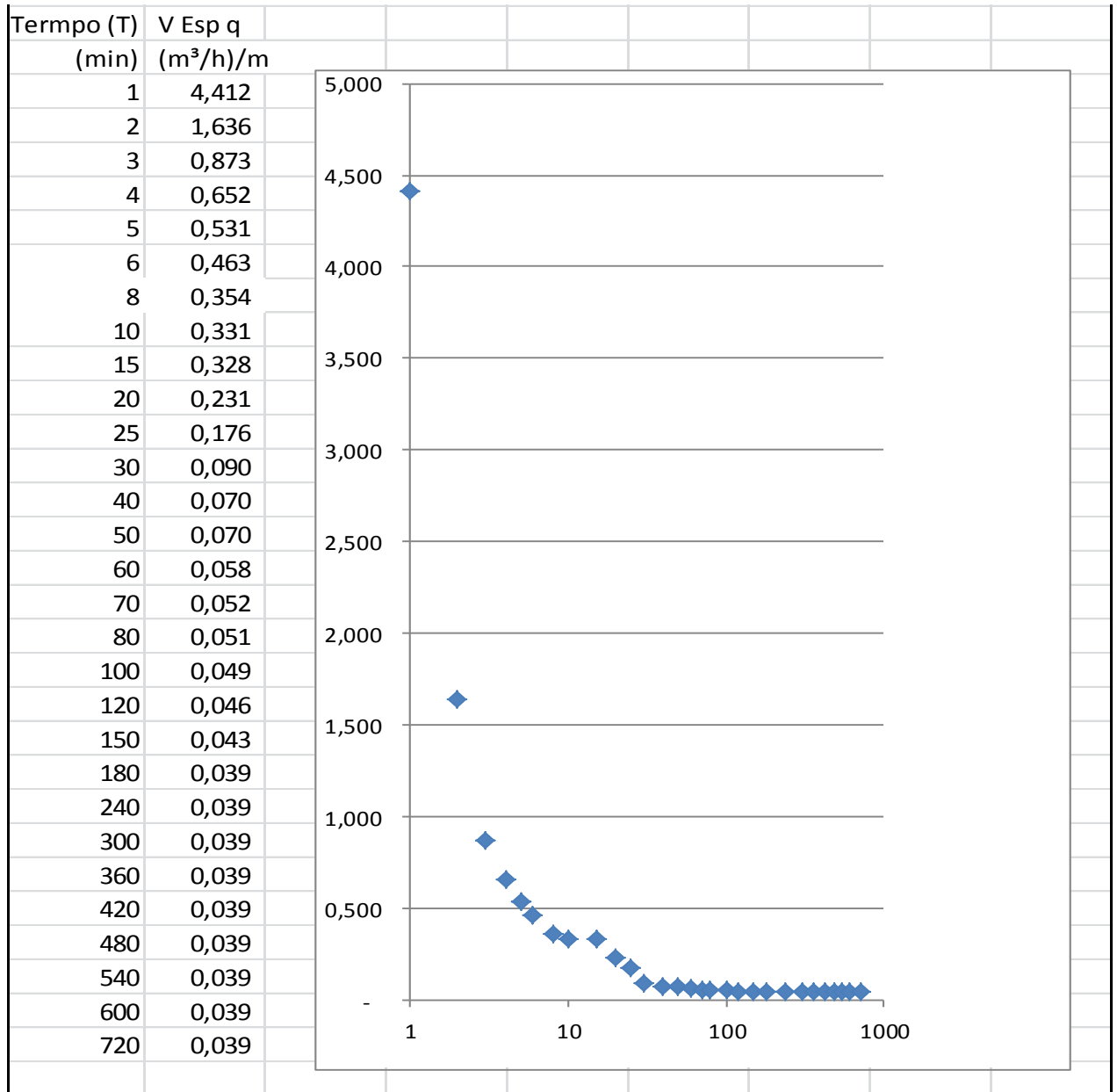
Gráfico 6.1 – Tanquinhos - Curva Rebaixamento  $\Delta S$  (m) x Tempo t (min)

Gráfico 6.2 – Tanquinhos - Curva Vazão Específica  $q$  ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ ) x Tempo  $t$  (min)

#### 6.4.2.3 Cálculo da Vazão Máxima de Exploração – $Q_{me}$

A vazão máxima de exploração é a vazão produzida por um rebaixamento máximo disponível (RMD) da ordem de 40% da espessura da lâmina de água (ELA), que por sua vez é a diferença entre a profundidade (P) e o nível estático (NE) do poço, ou seja:



ELA = P-NE em que

$$P = 37,80 \text{ m}$$

$$NE = 6,25 \text{ m}$$

$$ELA = 31,55 \text{ m}$$

$$RMD = ELA \times 0,40 = 31,55 \times 0,40 = 12,62 \text{ m}$$

Pelo Gráfico 6.2 obtêm-se a vazão específica após 12 horas de teste, ou seja,

$$q = 0,039 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

A vazão máxima de exploração será

$$Q_{me} = RMD \times q = 12,62 \text{ m} \times 0,039 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} = 0,492 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Vazão Máxima de Exploração} = Q_{me} = 0,492 \text{ m}^3/\text{h}$$

Neste caso a bomba deverá está a uma profundidade (PB) de:

$$\text{Profundidade da Bomba (PB)} = NE + RMD = 6,25 \text{ m} + 12,62 \text{ m} = 18,87 \text{ m}$$

#### 6.4.2.4 Cálculo da Vazão Recomendada do Poço (Qr)

Para o dimensionamento vazão recomendada do poço, além dos parâmetros hidrodinâmicos é necessário que se saiba o consumo total diário de água pela comunidade pelos diversos usos.

A Simulação 1 – TABELA 6.2, foi executada a partir dos dados de população humana e animal respectivamente de 30 famílias, 50 cabeças de gado e 100 caprinos e ovinos, obtidos no Diagnóstico Socioambiental e Técnico das Comunidades do Semiárido Paraibano – 2014. Foi considerado ademais, que a escola existente tivesse pelo menos dois filhos em cada família que estariam estudando e para o posto de saúde o número referente à de 5% da população da comunidade, gastando 20 litros por cada atendimento.

Neste caso chega-se a um tempo (T) de funcionamento da bomba do poço de 9,78 horas por dia para a vazão de teste  $Q_t = 720 \text{ L}/\text{h}$ . Esta vazão de teste, acima da vazão máxima de exploração (com base na redução da espessura lâmina de água do poço =  $480 \text{ l}/\text{h}$ ), foi escolhida levando-se em consideração que o teste de 12 horas permite a retirada da vazão de  $720 \text{ l}/\text{h}$ , mesmo que a uma taxa maior de redução desta espessura da citada lâmina de água (de 40% para 60%).

A Simulação 2 obedece as informações obtidas pelo autor, em setembro de 2016, que davam conta de uma população de 70 famílias e foram considerados

os mesmos critérios de gasto para escola e posto de saúde. Neste caso deverá haver uma redução para 20 litros por dia para cada família e o tempo de funcionamento da bomba passará a ser de 10,94 horas como apresentada na Tabela 6.3.

Tabela 6.2 Tanquinhos - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos – SIMULAÇÃO 1

DISCRIMINAÇÃO	qt	gasto p unid (L/dia)	água de beber (L/dia)	recup sist (%)	total L/dia)	conc (L/dia)	vazão poço (L/h)	tempo funcion poço
população (fam)	30	40	1.200					
Escola (alunos)	60	3	180					
Posto de Saúde (atend)	8	20	160					
<b>TOTAL ÁGUA BOA</b>			<b>1.540</b>	<b>0,34</b>	<b>4.529</b>	<b>2.989</b>	<b>720</b>	<b>6,29</b>
pop (gado)	50	50				2.500		
pop (cap/ov)	100	18				1.800		
TOTAL						4.300		
SALDO PARA TANQUE						-1.311		1,82
água de gasto	30	40			1.200		720	1,67
VOLUME TOTAL DE PRODUÇÃO DIÁRIA DO POÇO					5.729			
VAZÃO REC E HORAS DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA DO POÇO							-	9,78
Q (VAZÃO) (m <sup>3</sup> /h)	temp func poço	q (v Esp) (m <sup>3</sup> /h/m)	sw Rebaix	ne Nív Est	nd Niv Din	ΔS Variação Sazonal	PROF BOMBA	
<b>0,720</b>	<b>9,78</b>	<b>0,038</b>	<b>19,00</b>	<b>6,25</b>	<b>25,25</b>	<b>3,00</b>	<b>28,25</b>	

Tabela 6.3 Tanquinhos - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos – SIMULAÇÃO 2

DISCRIMINAÇÃO	qt	gasto p unid (L/dia)	água de beber (L/dia)	recup sist (%)	total L/dia)	conc (L/dia)	vazão poço (L/h)	temp func poço
população (fam)	70	20	1.400					
Escola (alunos)	140	3	420					
Posto de Saúde (atend)	18	20	360					
<b>TOTAL ÁGUA BOA</b>			<b>2.180</b>	<b>0,34</b>	<b>6.412</b>	<b>4.232</b>	<b>720</b>	<b>8,91</b>
pop (gado)	50	50				2.500		
pop (cap/ov)	100	18				1.800		
TOTAL						4.300		
SALDO PARA TANQUE						-68		0,09
água de gasto	70	20			1.400		720	1,94
VOLUME TOTAL DE PRODUÇÃO DIÁRIA DO POÇO					7.812			
VAZÃO REC E HORAS DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA DO POÇO							-	10,94

#### 6.4.2.5 Dimensionamento da Bomba do Poço

Para o dimensionamento da bomba do poço é necessário o cálculo da Altura Manométrica Total que é a soma das perdas de carga por elevação e distancia entre o poço e a caixa d'água e perdas na respectiva tubulação de transporte da água.

Cálculo de Altura Manométrica Total

Sejam os dados:

ND (nível dinâmico) = 25,26 m

PB (profundidade da bomba) = 28,25 m

DA (diferença de altura poço/caixa d'água) = 42,26 m

CR (comprimento reto - metragem de tubulação) = 277,44 m

Tubulação em PVC

DI (diâmetro interno da tubulação) = 1 ½ " = 40,89 mm

Curvas de 90° = 3

Tê de 90° = 1

AMT = 44,43 m (calculado com Programa AiOFlo v1,07)

Dimensionamento da Bomba

VAZÃO Q = 0,720 m<sup>3</sup>/h

D (diâmetro do poço) = 4" = 100,16 mm

Introduzidos os dados acima para os manuais de bomba submersível se pode obter:

Bomba para poço de 4", 0,5 CV, 6 estágios, AMT 38,41 m, VAZÃO 0,610 m<sup>2</sup>/h e para AMT 29,41 m, VAZÃO 1,090 m<sup>2</sup>/h modelo 4RI PA-06 230 – BOMBAS LEÃO;

**Outros manuais de bombas submersíveis podem ser utilizados para cálculo das características de cada bomba seja SCHNEIDER, EBARA, DANCOR, KING, GIULLI E SIMILARES.**

#### 6.4.2.6 Hidroquímica

A água do poço de Tanquinhos tem um STD (sólidos totais dissolvidos) da ordem de 4.373,60 mg/L, ou seja, é uma água salgada - Resolução 357/2005 do CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, que não se presta ao consumo humano e que pode ser consumida por gado, caprinos e ovinos. Mesmo considerando que a salinidade possa dobrar em termos de valores, (10.000 mg/L) após ser processada pelas membranas do dessalinizador, esta água ainda serviria para abastecer caprinos e ovinos.

O Balanço Iônico (Figuras 6.3 e 6.4), calculado pelo Programa Qualigraf, resultou nos erros permitidos de 3,24% pelo método de Custódio y Llamas (1983) e 1,62% pelo método de Logan (1965), conferindo que a análise da amostra de água foi executada corretamente, ou seja, os erros permitidos estão dentro da margem considerada pela condutividade da água analisada e pela relação quantitativa entre cátions e ânions respectivamente.

Pelo Gráfico de Piper (Figura 6.6) a água é considerada cloretada sódica.

Com relação à utilização da água para irrigação o RAS (Figura 6.5) apresentou uma água do tipo C5S3, isto é, de risco excepcionalmente forte de salinização e um forte risco de adsorção de sódio.

Tabela 6.4 – Tanquinhos - Análise físico-química da água do poço

Laboratório: LABDES - UFCG					
Endereço: Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, Campina Grande, PB					
Amostra n.º	659/2015	Data da coleta	23/09/2015	Poço	<input checked="" type="checkbox"/>
		Data da entrega	24/09/2015		
		Data da análise	24/09/2015		
Solicitante:					
Comunidade Tanquinhos PEDRA LAVRADA PB			COORD GEOG: 36° 23' 20,259" W / 06°46'40,004"		
Materia : Água					
Coletor: Laboratório			Cliente	<input checked="" type="checkbox"/>	
terminação*			Valor Máximo		Valor
			Permitido**		Encontrado
Temperatura °C					
Cor uH					
			15,00		10,00
Odor					
			não objetável		não objetável
Sabor					
			não objetável		salôbra
Turbidez, UT					
			5,00		7,00
pH					
			6 a 9,5		7,50
Condutividade elétrica, µS/cm					
					5.720,00
Sólidos totais a 105 ° C, mg/L					
			1.000,00		4.373,60
Sólidos dissolvidos totais, mg/L					
					0,00
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>					
					498,00
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>					
					0,00
Alcalinidade de carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>					
					4,97
Alcalinidade de bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>					
					498,00
Dureza, mg/L CaCO <sub>3</sub>					
					1.747,50
Nitrogenio amoniacal, mg/L NH <sub>3</sub>					
			1,50		3,46
Nitrito. mg/L N					
			1,00		0,00
Nitrato. mg/L N					
			10,00		0,10
Cálcio, mg/L Ca <sup>+2</sup>					
					166,00
Magnésio, mg/L Mg <sup>+2</sup>					
					319,80
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>					
			200,00		946,20
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>					
					8,30
Ferro, mg/L Fe					
			0,30		0,03
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>					
					2,98
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>					
					607,61
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>					
			250,00		201,90
Cloreto, mg/L Cl <sup>-</sup>					
			250,00		2.101,60
Sílica, mg/l SiO <sub>2</sub>					
					18,80
Fósforo Reativo Total, mg/L P					
					0,00
** Padrão de aceitação para o consumo humano (port. 2914 MS - 12/12/2011)					
*Metodologia de Análise Standard Methods for Examination of Water and Wastewater					

Figura 6.3 – Tanquinhos – Diagrama Circular - Balanço Iônico, (Custódio & Llamas, 1983).

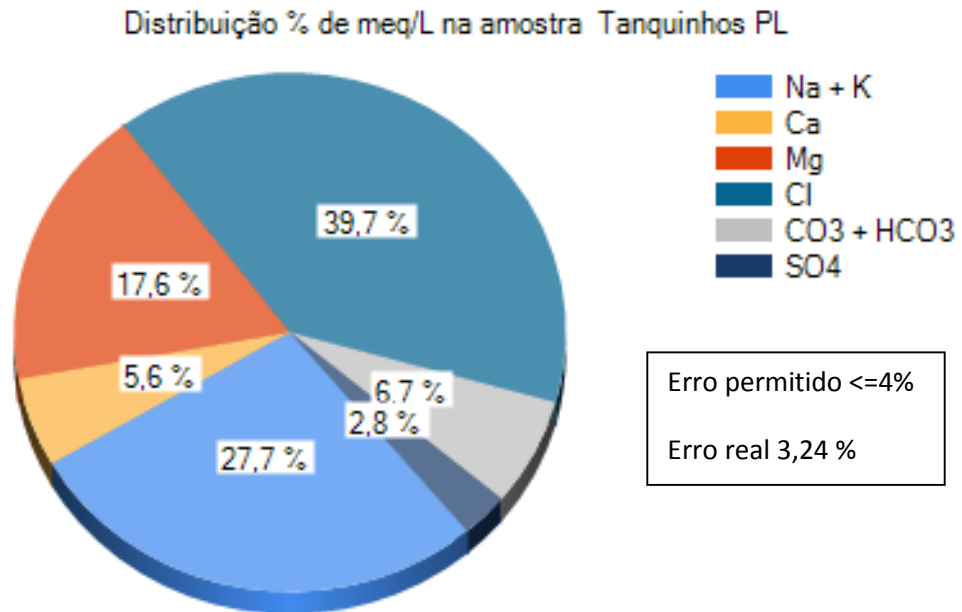


Figura 6.4 – Tanquinhos - Diagrama Circular - Balanço Iônico (Logan, 1965)

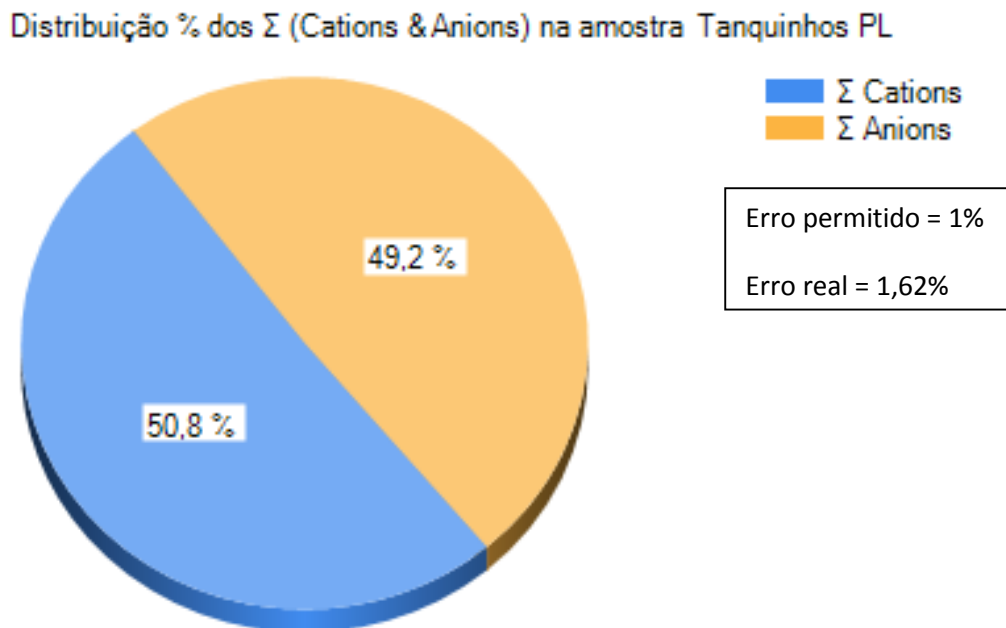


Figura 6.5 – Tanquinhos - Diagrama de Piper

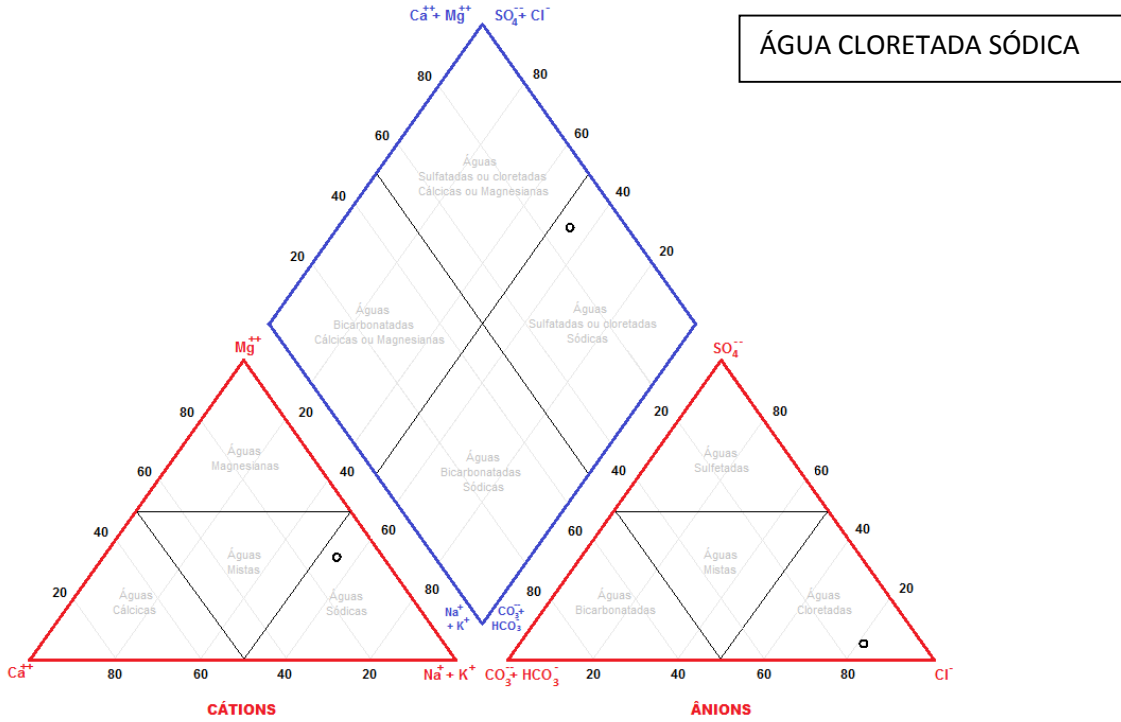
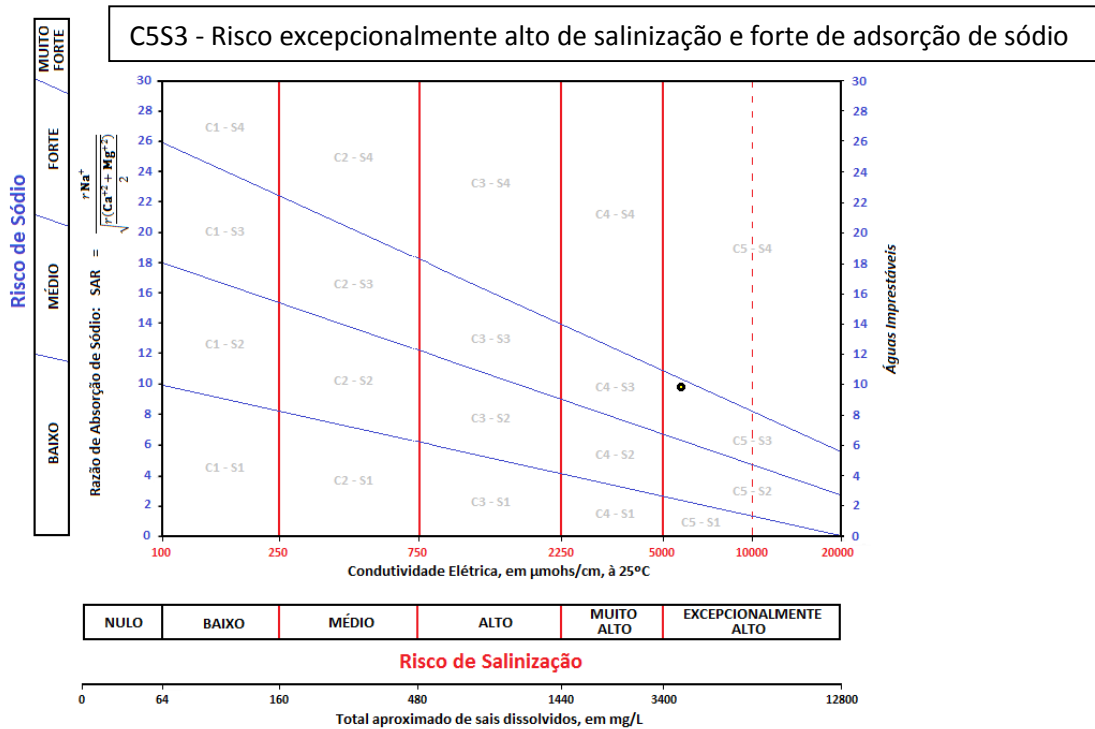


Figura 6.6 – Tanquinhos - Diagrama USSL (United States Salinity Laboratory)



### 6.4.3 COMUNIDADE SERROTE

A Comunidade Serrote, com aproximadamente 47 famílias, não possui rede coletora de esgotos e suas casas não dispõem de fossas sépticas, sendo o lixo queimado.



Figura 6.7 – Mapa da Área da Comunidade de Serrote

Com relação à saúde a comunidade não dispõe de posto de saúde, sendo atendida em Cumarú e, no tocante à educação, tem uma escola denominada Escola Municipal do Ensino Fundamental Mário Vasconcelos que é abastecida por cisterna.

A água de abastecimento é transportada por caminhões-pipa, (Programa do Exército Brasileiro) que faz a distribuição nas cisternas das residências. Esta água é utilizada no consumo humano (água de beber) e para fins secundários a população faz uso do poço tubular.



A Comunidade possui um poço cuja captação da água é realizada por cata-vento.

#### 6.4.3.1 O Poço tubular

Poço tubular que abastece a comunidade Serrote faz a captação da água subterrânea proveniente de rochas cristalinas predominantes na região e tem como características;

- i) geográficas – coordenadas geográficas latitude  $6^{\circ}46'50,813''$  e longitude  $36^{\circ}16'26,306''$ .
- j) Construtivas – testado em 30/11/2015, o poço tem 36,80 metros de profundidade, revestido com tubulação de ferro galvanizado com diâmetro de 6 polegadas na sua porção de solo e rocha intemperizada.
- k) Hidrogeológicas/hidrodinâmicas – captação em rocha fissural, no aquífero cristalino livre. O nível estático é de 16,50 m, nível dinâmico de 17,83 m e rebaixamento de 1,33 m para uma vazão de 4,50 m<sup>3</sup>/h obtido no tempo de 12 horas de bombeamento.
- l) Hidrogeológicas/hidroquímicas – Sólidos Totais Dissolvidos (STD) da ordem de 4.951,20 mg/L.

#### 6.4.3.2 Interpretação do teste de bombeamento

O teste de bombeamento (Tabela 7.1) realizado no poço da comunidade de Sítio Serrote, pela empresa Cata-ventos Yvel, teve a duração de 5 horas e foi utilizado o sistema de compressor com o crivo a uma profundidade de 35,00 metros. O rebaixamento do poço, provocado pelas perdas de cargas no poço e no aquífero, fizeram a vazão (Q) ter uma queda de 9,0 m<sup>3</sup>/h para 4,5 m<sup>3</sup>/h e a vazão específica (q) de 15,00 (m<sup>3</sup>/h/m) para 3,383 (m<sup>3</sup>/h/m).

O Gráfico 6.3 - curva representativa da relação vazão em função do tempo de bombeamento (t) – mostra claramente quatro etapas de vazão situadas entre 1 e 10 minutos (9,000 m<sup>3</sup>/h), 15 a 30 minutos (6,545 m<sup>3</sup>/h), 40 a 80 minutos (4,800 m<sup>3</sup>/h) e 100 a 300 minutos (4,500 m<sup>3</sup>/h).

Esses patamares sem queda de vazão não correspondem a exatas medições provavelmente por conta do erro contido na medição do tempo para encher o tambor devido o fluxo de água não constante provocado pelo sistema de descarga do compressor, não reproduzindo com fidelidade a curva vazão tempo x tempo. Apesar de não se constituir em empecilho ao cálculo da capacidade do poço, o método fica restrito ao referido cálculo se utilizando a vazão específica  $q$  e sua variação no tempo.

O Gráfico 6.4 – mostra a curva da vazão específica ( $q$ ) X tempo ( $t$ ), na qual foi lançada a linha de tendência mais adequada e se chegou a uma vazão específica para 12 horas (720 minutos) de  $q=2,313 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  que será utilizada para o cálculo da vazão máxima de exploração do poço.

#### 6.4.3.3 Cálculo da Vazão Máxima de Exploração – $Q_{me}$

A vazão máxima de exploração é a vazão produzida por um rebaixamento máximo disponível (RMD) da ordem de 40% da espessura da lâmina de água (ELA), que por sua vez é a diferença entre a profundidade (P) e o nível estático (NE) do poço, ou seja:

$$ELA = P - NE \text{ em que}$$

$$P = 36,80 \text{ m}$$

$$NE = 16,50 \text{ m}$$

$$ELA = 20,30 \text{ m}$$

$$RMD = ELA \times 0,40 = 20,30 \times 0,40 = 8,12 \text{ m}$$

$$q = 2,313 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

A vazão máxima de exploração será

$$Q_{me} = RMD \times q = 8,12 \text{ m} \times 2,313 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} = 18,79 \text{ m}^3/\text{h}$$

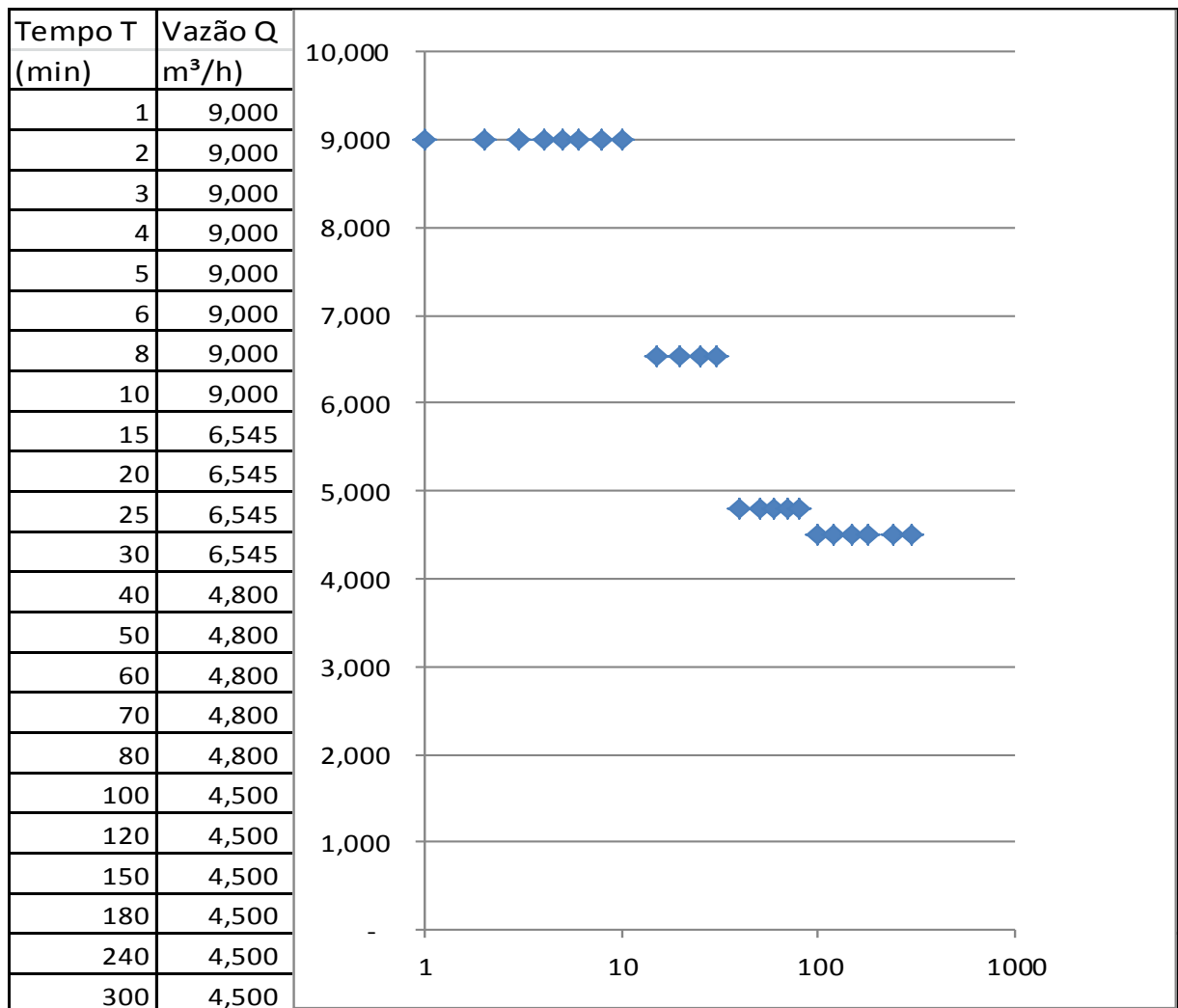
Tabela 6.5 – Serrote - Teste de Bombeamento

MUNICÍPIO : Pedra Lavrada		COORD UTM: LONG 801.342 m / LAT 9.249.638 m								
LOCAL : Serrote		ZONA: 24								
CÓDIGO PAD:		COORD GEOG. 36°16'26,306"LONG W / 06°46'50,813 LAT S								
AQÚÍFERO: Fissural										
PROF. (m)	36,80	m	DATA: 30 DE NOVEMBRO 2015					TB (min)=		300
NE (m)	16,500		ND (m)	17,830		Q (m³/h)	4,500			
BOMBEAMENTO						RECUPERAÇÃO				
Hora (h)	Tempo (min)	ND (m)	S (m)	Q (m³/h)	q = Q/S (m³/h)/m	Tempo (min)	ND' (m)	S' (m)	(TB/t')+1 (min)	
	1	17,100	0,600	9,000	15,000	1	17,200	0,700	301,00	
	2	17,120	0,620	9,000	14,516	2	17,030	0,530	151,00	
	3	17,150	0,650	9,000	13,846	3	16,950	0,450	101,00	
	4	17,190	0,690	9,000	13,043	4	16,900	0,400	76,00	
	5	17,220	0,720	9,000	12,500	5	16,840	0,340	61,00	
	6	17,270	0,770	9,000	11,688	6	16,780	0,280	51,00	
	8	17,290	0,790	9,000	11,392	8	16,650	0,150	38,50	
	10	17,320	0,820	9,000	10,976	10	16,570	0,070	31,00	
	15	17,380	0,880	6,545	7,438	15	16,500	-	21,00	
	20	17,380	0,880	6,545	7,438					
	25	17,380	0,880	6,545	7,438					
	30	17,380	0,880	6,545	7,438					
	40	17,430	0,930	4,800	5,161					
	50	17,480	0,980	4,800	4,898					
1	60	17,530	1,030	4,800	4,660					
	70	17,570	1,070	4,800	4,486					
	80	17,600	1,100	4,800	4,364					
	100	17,670	1,170	4,500	3,846					
2	120	17,670	1,170	4,500	3,846					
	150	17,670	1,170	4,500	3,846					
3	180	17,670	1,170	4,500	3,846					
4	240	17,800	1,300	4,500	3,462					
5	300	17,830	1,330	4,500	3,383					

Neste caso a bomba deverá está a uma profundidade (PB) de:

$$\text{Profundidade da Bomba (PB)} = \text{NE} + \text{RMD} + \Delta\text{S (variação sazonal de nível)} = 16,5 \text{ m} + 8,12 \text{ m} + 6,00 = 30,37 \text{ m}$$

Gráfico 6.3 – Serrote - Curva vazão Q (m³/h) x Tempo t (min)



#### 6.4.3.4 Cálculo da Vazão Recomendada do Poço (Qr)

Para o dimensionamento vazão recomendada do poço, além dos parâmetros hidrodinâmicos é necessário que se saiba o consumo total diário de água pela comunidade pelos diversos usos.

Na Simulação TABELA 6.6, executada a partir dos dados de população, humana e animal respectivamente de 60 famílias, 100 cabeças de gado e 50 caprinos e ovinos, chega-se ao tempo (T) de funcionamento da bomba do poço de 5,81 horas por dia para a vazão de teste  $Q_r = 3,564$  L/h.

Gráfico 6.4 – Serrote - Curva Vazão específica q (m³/h/m) x Tempo t (min)

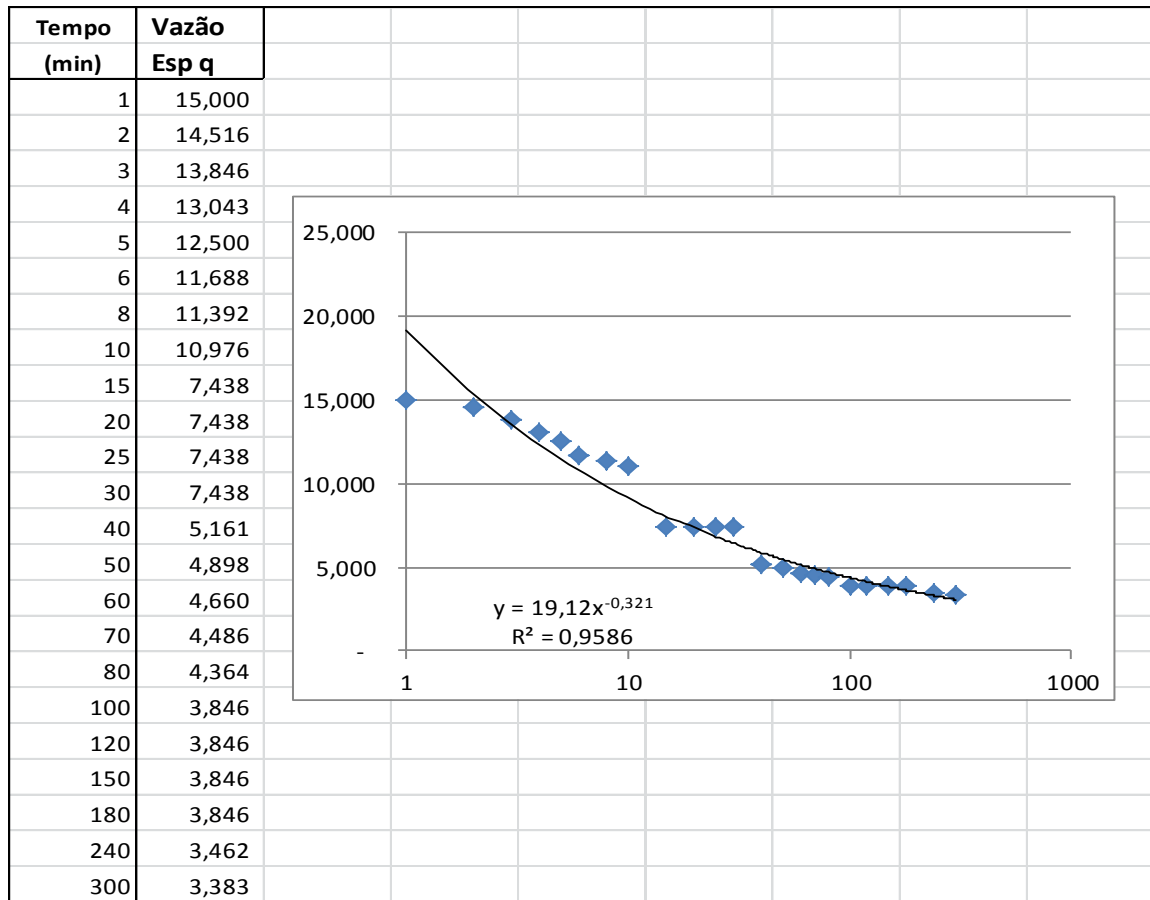


Tabela 6.6 Serrote - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos

DISCRIMINAÇÃO	qt	gasto p unid (L/dia)	água de beber (L/dia)	recup sist (%)	total L/dia	conc (L/dia)	vazão poço (L/h)	tempo funcion poço
população (fam)	60	40	2.400					
Escola (alunos)	120	3	360					
P Saúde (atend)		10	0					
<b>TOTAL ÁGUA BOA</b>			<b>2.760</b>	<b>0,33</b>	<b>8.364</b>	<b>5.604</b>	<b>3.554</b>	<b>2,35</b>
pop (gado)	100	50				5.000		
pop (cap/ov)	50	18				900		
TOTAL						5.900		
SALDO PARA TANQUE						-296		0,08
água de gasto	60	200			12.000		3.554	3,38
VOLUME TOTAL DE PRODUÇÃO DIÁRIA DO POÇO					20.364			
VAZÃO REC E HORAS DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA DO POÇO								5,81
Q (VAZÃO) (m³/h)	temp func poço	q (v Esp) (m³/h/m)	sw Rebaix	ne Nív Est	nd Niv Din	ΔS Variação Sazonal	PROF BOMBA	
<b>3,554</b>	<b>5,81</b>	<b>2,313</b>	<b>1,54</b>	<b>16,50</b>	<b>18,04</b>	<b>6,00</b>	<b>24,04</b>	

#### 6.4.3.5 Dimensionamento da Bomba do Poço

Para o dimensionamento da bomba do poço é necessário o cálculo da Altura Manométrica Total que é a soma das perdas de carga por elevação e distancia entre o poço e a caixa d'água e perdas na respectiva tubulação de transporte da água.

Cálculo de Altura Manométrica Total

Sejam os dados:

ND (nível dinâmico) = 18,04 m

PB (profundidade da bomba) = 24,04 m

DA (diferença de altura poço/caixa d'água) = ND + 10 m = 28,04 m

CR (comprimento reto - metragem de tubulação) = PB +10+ 402,65 = 436,69 m

Tubulação em PVC

DI (diâmetro interno da tubulação) = 2" = 60,71 mm

Curvas de 90° = 3

Tê de 90° = 1

AMT = 29,44m (calculado com Programa AiOFlo v1,07)

VAZÃO Q = 3,554 m<sup>3</sup>/h

D (diâmetro do poço) = 4" = 100,16 mm

Introduzidos os dados acima para os manuais de bomba submersível se pode obter:

Bomba para poço de 4", 0,5 CV, 6 estágios, AMT 29,44 m, VAZÃO 3,91 m<sup>2</sup>/h e para AMT 19,85 m, VAZÃO 4,56 m<sup>2</sup>/h modelo 4R4 PA-06 230 – BOMBAS LEÃO;

**Outros manuais de bombas submersíveis podem ser utilizados para cálculo das características de cada bomba seja SCHNEIDER, EBARA, DANCOR, KING, GIULLI E SIMILARES.**

#### 6.4.3.6 Hidroquímica

A água do poço de Serrote tem um STD (sólidos totais dissolvidos) da ordem de 4.951,20 mg/L, ou seja, é uma água salgada - Resolução 357/2005 do CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, que não se presta ao consumo

humano e que pode ser consumida por gado, caprinos e ovinos. Mesmo considerando que a salinidade possa dobrar em termos de valores, (10.000 mg/L) após ser processada pelas membranas do dessalinizador, esta água ainda serviria para abastecer caprinos e ovinos.

O Balanço Iônico (Figura 6.8 e 6.9), calculado pelo Programa Qualigraf, resultou no erro permitido de 2,41% pelo método de Custódio y Llamas (1983) e 1,21 % pelo método de Logan (1965), conferindo que a análise da amostra de água foi executada corretamente, ou seja, os erros permitidos estão dentro da margem considerada pela condutividade da água analisada e pela relação quantitativa entre cátions e ânions respectivamente.

Pelo Gráfico de Piper (Figura 6.10) a água é considerada cloretada sódica.

Com relação à utilização da água para irrigação o RAS (figura 6.11) apresentou uma água do tipo C5S4, isto é, risco excepcionalmente alto de salinização e risco muito forte de adsorção de sódio.

Tabela 6.7 – Serrote - Análise físico-química da água do poço

Laboratório: LABDES - UFCG					
Endereço: Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, Campina Grande, PB					
Amostra n.º	915/2015	Data da coleta	10/12/2015	Poço	<input checked="" type="checkbox"/>
		Data da entrega	10/12/2105		
		Data da análise	05/01/2016		
Solicitante:					
Comunidade Serrote PEDRA LAVRADA PB			COORD GEOG: 36° 16' 26,306" W / 06°46'50,813" S		
Materia : Água					
Coletor:	Laboratório	Cliente	<input checked="" type="checkbox"/>		
Determinação*		Valor Máximo Permitido**		Valor Encontrado	
Temperatura ° C					
Cor uH		15,00		70,00	
Odor		não objetável		não objetável	
Sabor		não objetável		salôbra	
Turbidez, UT		5,00		23,10	
pH		6 a 9,5		7,30	
Condutividade elétrica, µS/cm				7.900,00	
Sólidos totais a 105 ° C, mg/L					
Sólidos dissolvidos totais, mg/L		1.000,00		4.951,20	
Sólidos em suspensão, mg/L					
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>				468,00	
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>				0,00	
Alcalinidade de carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>				3,86	
Alcalinidade de bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>				468,00	
Dureza, mg/L CaCO <sub>3</sub>				1.380,00	
Nitrogenio amoniacal, mg/L NH <sub>3</sub>		1,50		9,62	
Nitrito. mg/L N		1,00		0,00	
Nitrato. mg/L N		10,00		0,00	
Cálcio, mg/L Ca <sup>+2</sup>				152,00	
Magnésio, mg/L Mg <sup>+2</sup>				240,00	
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>		200,00		1.162,60	
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>				126,40	
Ferro, mg/L Fe		0,30		0,11	
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>				2,32	
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				571,01	
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>		250,00		225,10	
Cloreto, mg/L Cl <sup>-</sup>		250,00		2.446,00	
Sílica, mg/l SiO <sub>2</sub>				18,50	
Fósforo Reativo Total, mg/L P				0,10	
** Padrão de aceitação para o consumo humano (port. 2914 MS - 12/12/2011)					
*Metodologia de Análise Standard Methods for Examination of Water and Wastewater					



Figura 6.8 - Serrote - Diagrama Circular - Balanço Iônico, (Custódio & Llamas, 1985)

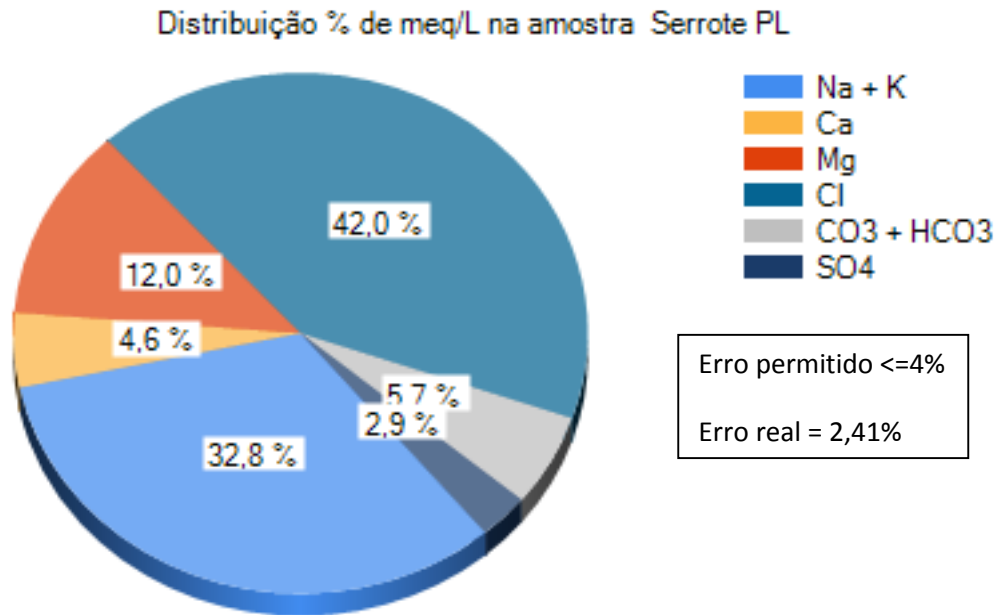


Figura 6.9 – Serrote - Diagrama Circular - Balanço Iônico (Logan, 1965)

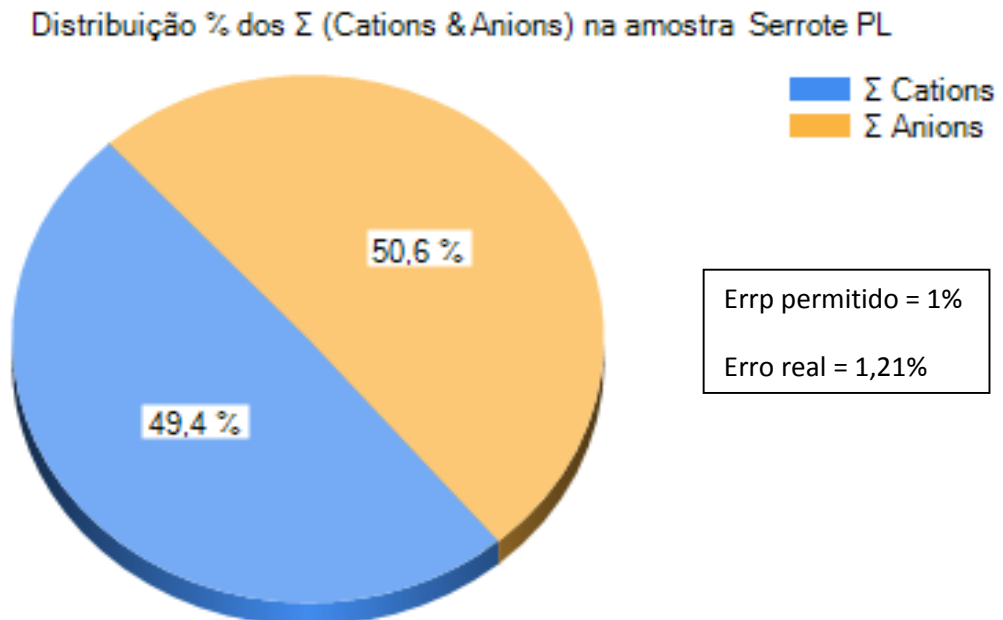


Figura 6.10 - Serrote - Diagrama Triangular de Piper

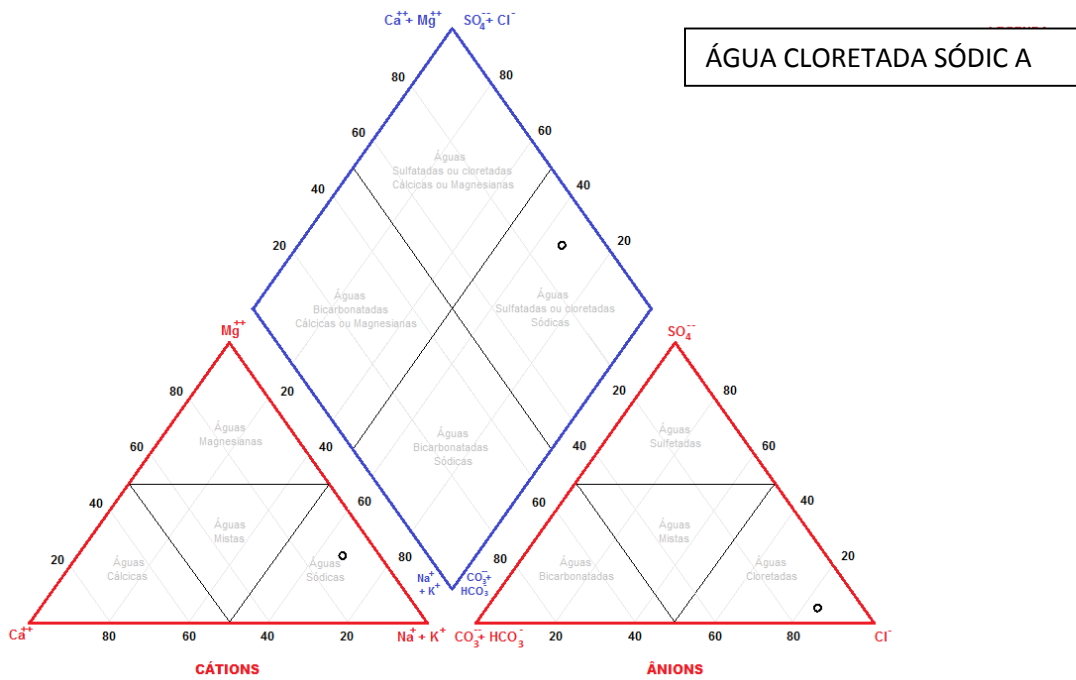
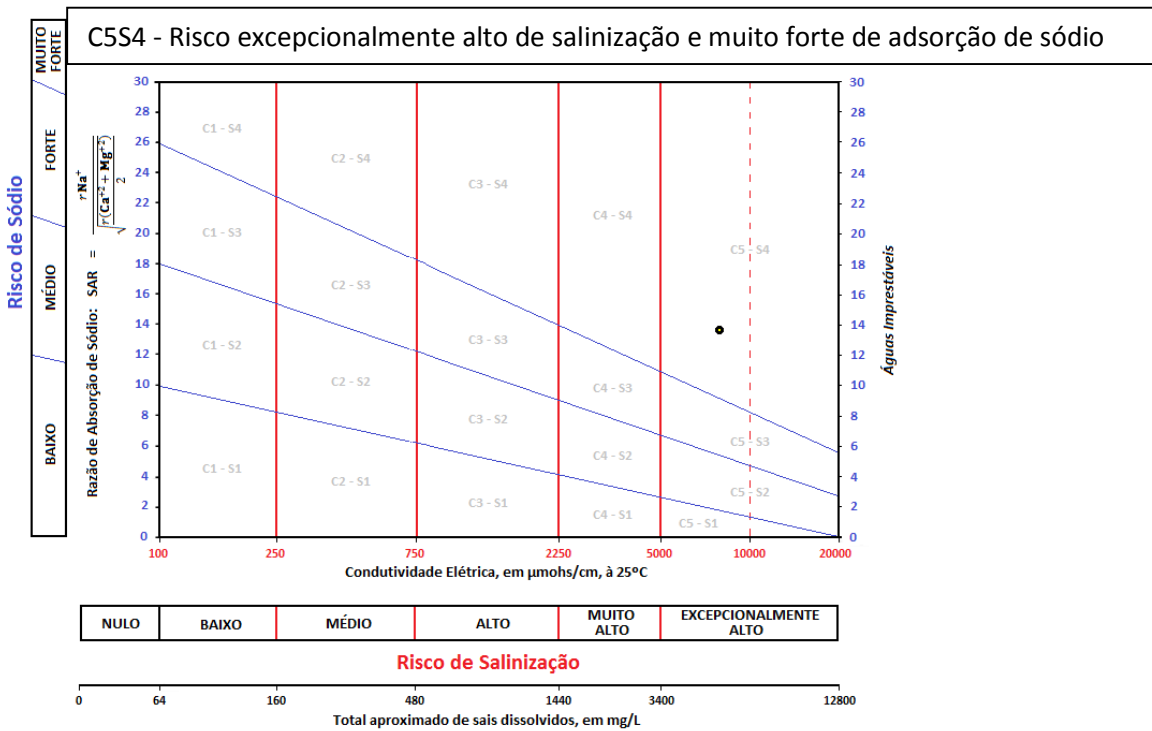


Figura 6.11 - Serrote - Diagrama USSL (United States Salinity Laboratory)



## 7. SERIDÓ – PB

### 7.1 Caracterização Geográfica

Com uma área de 276,471 Km, o município de Seridó, codificado no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) sob o n.º 2515401 está situado no centro-norte do Estado da Paraíba, Meso-Região Borborema e Micro-Região do Seridó Oriental Paraibano, inserido nas folhas Picuí (SB.24-Z-B-VI – 1970) e Jardim do Seridó (SB.24-Z-B-V – 1972) da SUDENE. Está ligada a capital João Pessoa pelas rodovias PB-13 (40,40 Km) e Br-130 (191 Km) numa distância de aproximadamente 230,40 Km.

O município tem como coordenadas de seus pontos extremos

Ponto Extremo Norte - 6° 50' 11,86" S / 36° 29' 21,45" W

Ponto Extremo Sul - 6° 59' 39,56" S / 36° 28' 36,34" W

Ponto Extremo Leste - 6° 56' 23,67" S / 36° 19' 36,67" W

Ponto Extremo Oeste - 6° 51' 26,86" S / 36° 34' 26,62" W

### 7.2 Fisiologia

Com uma altitude variando entre 650 e 1000 m, Seridó tem um clima Tropical Chuvoso com verão seco e uma temperatura média anual de 28° C. A pluviometria média anual é da ordem de 420 mm.

### 7.3 Geologia

Geologicamente o município de Seridó se caracteriza por estar assentado sobre as rochas do embasamento cristalino constituído da seguinte sequência, das rochas mais antigas para as mais recentes:

My2a - Metagranitóide tipo Recanto: Biotita e biotita muscovita ortognaisse de textura augen e composição granodiorítica monzogranítica, ocasionalmente sienítica, (2.189 milhões de anos);

Ns; Nsi - Formação Seridó e Grupo Seridó Indiscriminado: Granada biotita xisto, cordierita granada biotita xisto, quartzito (qt), biotita\_clorita xisto,

clorita sericita xisto, filito, localmente com paragneisse, calcário cristalino (ca), rocha calcissilicática e formação ferrífera, (640 milhões de anos); Ny1a - Suíte granítica calcialcalina de médio a alto potássio: Granito e granodiorito grossos a porfiríticos associados a diorito e a fases intermediárias de mistura, (588 milhões de anos) e Nyi - Granitóide de quimismo indiscriminado: Biotita granito, monzogranito, sienito, quartzo monzonito, metagranito, granito porfiróide e microporfirítico, (571 milhões de ano).

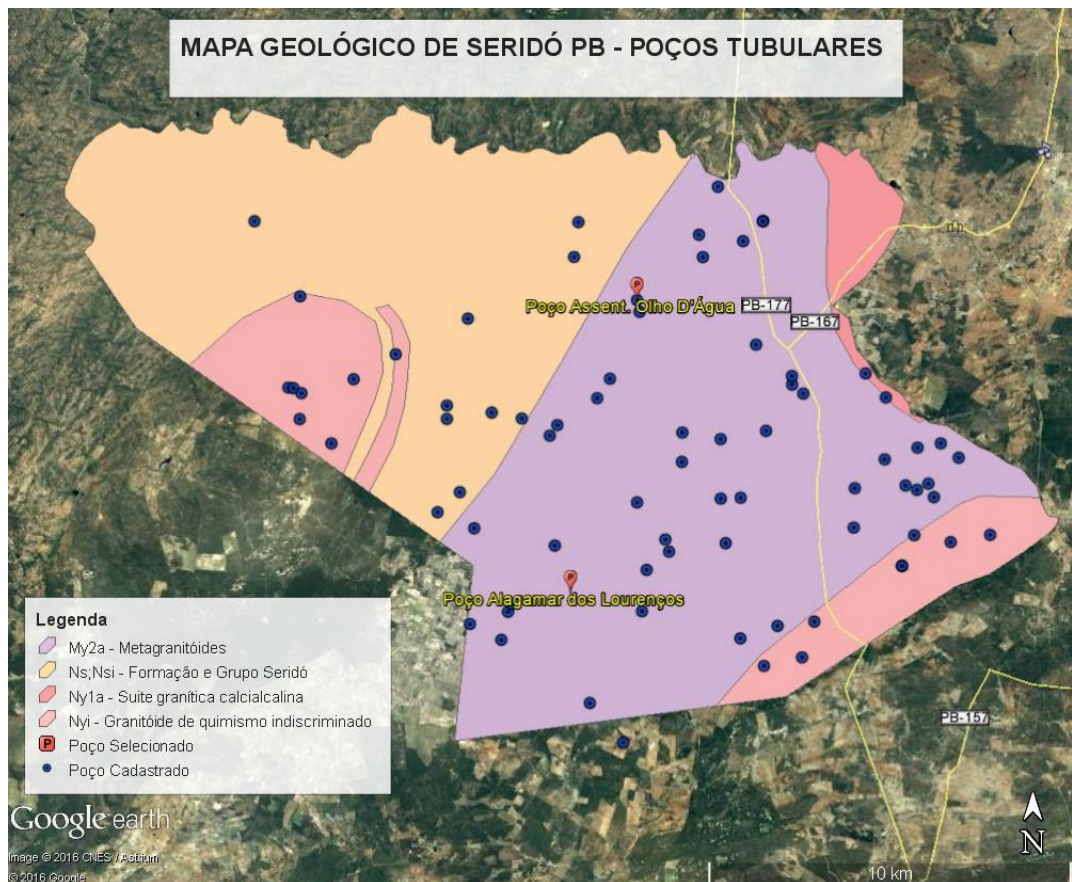


Figura 7.1 – Mapa Geológico de Seridó com Poços Tubulares

#### 7.4 Hidrogeologia

Geologicamente o município de Seridó está situado sobre as rochas do embasamento cristalino cujo armazenamento da água dá nas fraturas e fissuras que as rochas apresentam, como resultado dos esforços tectônicos terrestres e que produzem baixas vazões com média de 0,85 m<sup>3</sup>/h em poços cujas profundidades não ultrapassam 60 metros.

Com relação à salinidade, a água subterrânea apresenta teores de TDS (total de sólidos dissolvidos), na quase totalidade acima de 500 mg/L, (um poço apenas com água de qualidade superior a essa salinidade) por essa razão não aproveitável para consumo humano, devendo ser processada pelo sistema de osmose reversa no processo de dessalinização. Tanto a alta salinidade como possíveis contaminações de ordem bacteriológica são eliminadas, oferecendo a qualidade físico-química e bacteriológica adequada ao consumo humano.

Este universo onde predomina salinidades inadequadas ao consumo humano, todavia se presta ao consumo animal até o limite de 10.000 mg/L (quatro poços com a água com salinidade superior) e à irrigação de conformidade com o tipo de solo e cultivo que se quer explorar.

#### 7.4.1 Cadastro de Poços

O município de Seridó, segundo o Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e o Banco de Dados da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba (CDRM/PB) tem 87 poços perfurados entre 1981 e 2013.

A profundidade dos poços varia entre 16 e 60 metros, com predominância na faixa de 40 a 50 metros. As vazões variam de 200 L/h até 1.500 L/h com salinidade variando entre 300 e 23.000 mg/L de sais totais.

A definição de comunidades que possam dispor do sistema de dessalinização necessita das informações locais de população, situação legal do terreno em que se encontra o poço, uso que se possa fazer da água, assim como da análise interpretativa dos testes de bombeamento e análises físico-químicas que indicarão com exatidão as respectivas condições de abastecimento.

#### 7.4.2 Comunidade de Alagamar dos Lourenços

A Comunidade de Alagamar dos Lourenços tem uma população de aproximadamente 50 famílias. Na visita técnica realizada pelo autor em setembro de 2016 a informação obtida dava conta de uma população de 100 famílias que poderiam pegar água na comunidade, 300 reses e 50 caprinos. Possui escola abastecida por caminhão-pipa e não dispõe de posto da saúde. Não rede coletora

de esgotos e suas casas dispõem de fossas negras secas. O lixo é queimado e enterrado. Dispõe de energia elétrica.

A água de abastecimento vem por caminhões-pipa, que faz a distribuição nas cisternas das residências. Esta água é utilizada no consumo humano (água de beber) e para fins secundários.



Figura 7.2 – Mapa da Área da Comunidade de Alagamar dos Lourenços

#### 7.4.2.1 O Poço tubular

Poço tubular que abastece a comunidade de Alagamar dos Lourenços faz a captação da água subterrânea proveniente de rochas cristalinas predominantes na região e tem como características;

- m) geográficas – coordenadas geográficas latitude Sul 6°57'28,013" e longitude Oeste 36°26'51,999".
- n) Construtivas – o poço tem 37,00 metros de profundidade, revestido em PVC, com diâmetro de 6 polegadas na sua porção de solo e rocha intemperizada.

- o) Hidrogeológicas/hidrodinâmicas – captação em rocha fissural, no aquífero cristalino livre. O nível estático é de 4,72 m, nível dinâmico de 11,96 m e rebaixamento de 7,240 m para uma vazão de 1,756 m<sup>3</sup>/h obtido no tempo de 12 horas de bombeamento.
- p) Hidrogeológicas/hidroquímicas – Sólidos Totais Dissolvidos (STD) da ordem de 6,349,30 mg/L.

#### 7.4.2.2 Interpretação do teste de bombeamento

O teste de bombeamento realizado em 27/03/2014 no poço da comunidade de Alagamar dos Lourenços teve a duração de 12 horas e foi utilizado o sistema de compressor com o crivo a uma profundidade de 34,00 metros.

O rebaixamento do poço, provocado pelas perdas de cargas no poço e no aquífero, fizeram a vazão (Q) ter uma queda de 6,0 m<sup>3</sup>/h para 1,756 m<sup>3</sup>/h e a vazão específica (q) de 4,92 para 0,243 m<sup>3</sup>/h/m.

O teste de bombeamento – Tabela 7.1 mostra claramente que as medidas de níveis dinâmicos foram feitas não considerando a terceira casa decimal, não reproduzindo com fidelidade a curva rebaixamento x tempo. Apesar de não se constituir em empecilho ao cálculo da capacidade do poço, o método fica restrito ao referido cálculo se utilizando a vazão específica q e sua variação no tempo, como se pode observar no Gráfico 7.1.

No caso da Comunidade de Alagamar dos Lourenços, a vazão específica considerada é referente ao valor do tempo final de 720 minutos (12 horas) que é o tempo diário máximo recomendado para o funcionamento do poço, ou seja q = 0,243 m<sup>3</sup>/h/m.

#### 7.4.2.3 Cálculo da Vazão Máxima de Exploração – Q<sub>me</sub>

A vazão máxima de exploração é a vazão produzida por um rebaixamento máximo disponível (RMD) da ordem de 40% da espessura da lâmina de água (ELA), que por sua vez é a diferença entre a profundidade (P) e o nível estático (NE) do poço, ou seja:

$$ELA = P - NE \text{ em que}$$

$$P = 37,00 \text{ m}$$



$$NE = 4,72 \text{ m}$$

$$ELA = 32,28 \text{ m}$$

$$RMD = ELA \times 0,40 = 32,28 \times 0,40 = 12,91 \text{ m}$$

Pelo Gráfico 7.1 obtêm-se a vazão específica após 12 horas de teste, ou seja,

$$q = 0,243 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

A vazão máxima de exploração será

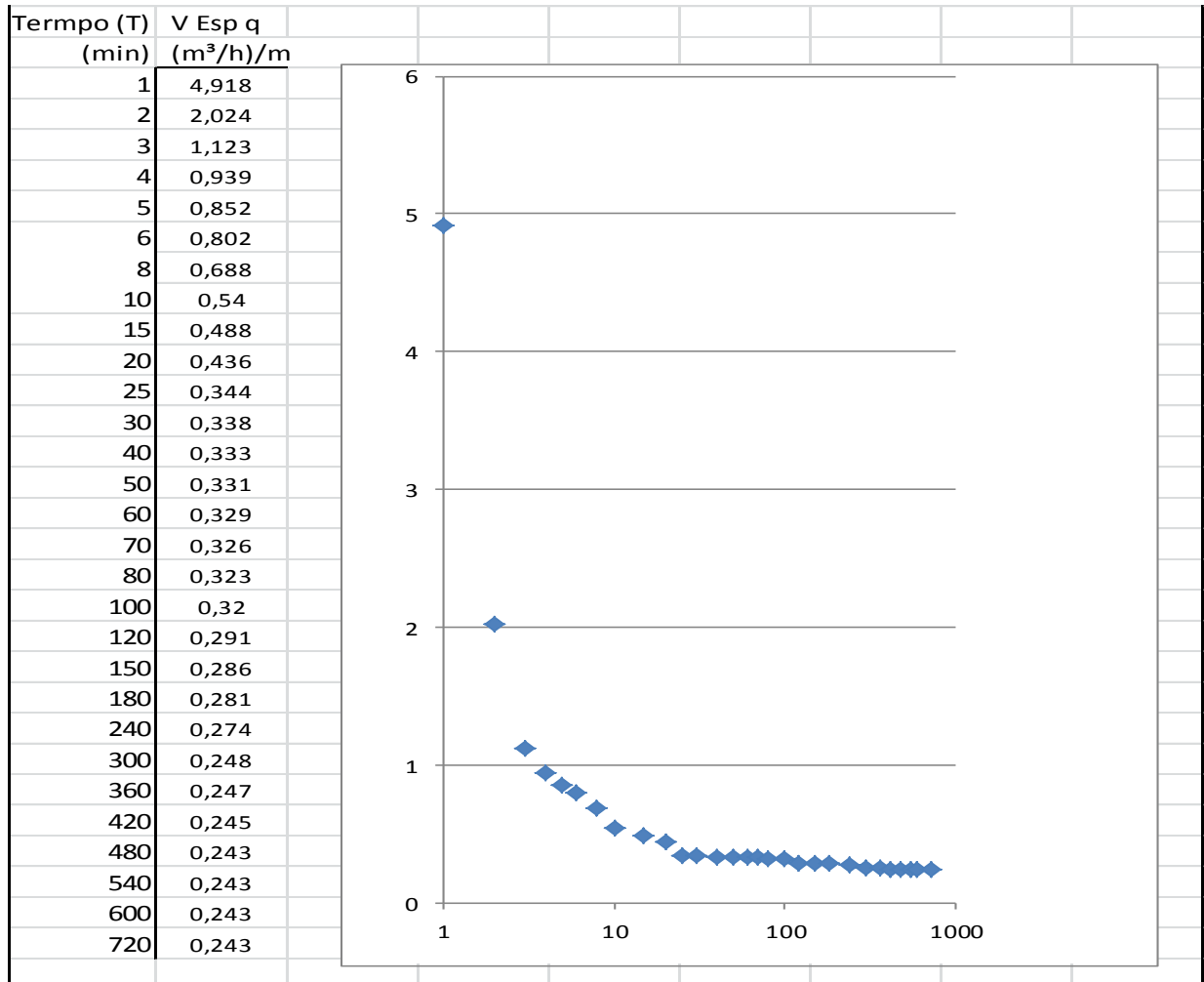
$$Q_{me} = RMD \times q = 12,91 \text{ m} \times 0,243 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} = 3,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tabela 7.1 – Alagamar dos Lourenços - Teste de Bombeamento

MUNICÍPIO : Seridó		COORD UTM: LONG 782.012 m / LAT 9.230.157 m								
LOCAL : Alagamar dos Lourenços		ZONA: 25								
CÓDIGO PAD:		COORD GEOG. 36°26'51,99" LONG W / 06°57'28,013 LAT S								
AQÚÍFERO: Fissural										
PROF. (m)	37,00	DATA: 25 DE MARÇO 2014						TB (min)	720	
NE (m)	4,720	ND (m)	11,960			Q (m³/h)	1,576			
BOMBEAMENTO						RECUPERAÇÃO				
Hora (h)	Tempo (min)	ND (m)	S (m)	Q (m³/h)	q = Q/S (m³/h)/m	Tempo (min)	ND' (m)	S' (m)	(TB/t')+1 (min)	
4,918	1	5,940	1,220	6,000	4,918	1	10,580	8,580	721,00	
2,024	2	7,260	2,540	5,142	2,024	2	9,890	7,890	361,00	
1,123	3	8,490	3,770	4,235	1,123	3	9,500	7,500	241,00	
0,939	4	9,230	4,510	4,235	0,939	4	9,150	7,150	181,00	
0,852	5	9,690	4,970	4,235	0,852	5	8,900	6,900	145,00	
0,802	6	10,000	5,280	4,235	0,802	6	8,200	6,200	121,00	
0,688	8	10,230	5,510	3,789	0,688	8	8,000	6,000	91,00	
0,54	10	10,280	5,560	3,000	0,540	10	7,780	5,780	73,00	
0,488	15	10,390	5,670	2,769	0,488	15	7,360	5,360	49,00	
0,436	20	10,500	5,780	2,522	0,436	20	6,920	4,920	37,00	
0,344	25	10,700	5,980	2,057	0,344	25	6,450	4,450	29,80	
0,338	30	10,800	6,080	2,057	0,338	30	5,940	3,940	25,00	
0,333	40	10,900	6,180	2,057	0,333	40	5,330	3,330	19,00	
0,331	50	10,940	6,220	2,057	0,331	50	4,720	2,720	15,40	
0,329	60	10,970	6,250	2,057	0,329					
0,326	70	11,030	6,310	2,057	0,326					
0,323	80	11,090	6,370	2,057	0,323					
0,32	100	11,150	6,430	2,057	0,320					
0,291	120	11,230	6,510	1,894	0,291					
0,286	150	11,340	6,620	1,894	0,286					
0,281	180	11,450	6,730	1,894	0,281					
0,274	240	11,620	6,900	1,894	0,274					
0,248	300	11,800	7,080	1,756	0,248					
0,247	360	11,840	7,120	1,756	0,247					
0,245	420	11,890	7,170	1,756	0,245					
0,243	480	11,960	7,240	1,756	0,243					
0,243	540	11,960	7,240	1,756	0,243					
0,243	600	11,960	7,240	1,756	0,243					
0,243	720	11,960	7,240	1,756	0,243					



Gráfico 7.1 – Alagamar dos Lourenços - Curva Vazão Específica  $q$  ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ ) x Tempo  $t$  (min)



#### 7.4.2.4 Cálculo da Vazão Recomendada do Poço ( $Q_r$ )

Para o dimensionamento vazão recomendada do poço, além dos parâmetros hidrodinâmicos é necessário que se saiba o consumo total diário de água pela comunidade pelos diversos usos.

Na Simulação – TABELA 7.2, executada a partir dos dados de população humana e animal respectivamente de 100 famílias, 300 cabeças de gado e 50 caprinos e ovinos, chega-se a um tempo (T) de funcionamento da bomba do poço de 8,48 horas por dia para a vazão de 3,14  $\text{m}^3/\text{h}$ . Neste caso, a vazão recomendada será a vazão máxima de exploração do poço  $Q_{me} = 3.14 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Tabela 7.2 – Alagamar dos Lourenços - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos

DISCRIMINAÇÃO	quant	gasto p	água de	recup	total	conc	vazão	tempo
	(fam)	unid	beber	sist	L/dia)	(L/dia)	poço	funcion
		(L/dia)	(L/dia)	(%)			(L/h)	poço
população	50	40	2.000	0,54	3.704	1.704	3.140	1,18
pop (gado)	300	50				15.000		
pop (cap/ov)	50	18				900		
TOTAL						15.900		
SALDO PARA TANQUE						-14.196		4,52
água de gasto	50	200			10.000		3.140	3,18
VOLUME TOTAL DE PRODUÇÃO DIÁRIA DO POÇO					13.704			
VAZÃO REC E HORAS DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA DO POÇO							3.140	<b>8,89</b>
Q (VAZÃO)	tempo	q (v Esp)	sw	ne	nd	ΔS (m)	PROF	
(m <sup>3</sup> /h)	func	(m <sup>3</sup> /h/m)	Rebaix	Nív Est	Niv Din	Varia	BOMBA	
	poço		(m)	(m)		Sazonal		
3,14	8,89	0,194	16,19	4,72	20,91	6,00	26,91	

Na Simulação – TABELA 7.2, executada a partir dos dados de população humana e animal respectivamente de 50 famílias, 300 cabeças de gado e 50 caprinos e ovinos, chega-se a um tempo (T) de funcionamento da bomba do poço de 8,89 horas por dia para a vazão de 3,14 m<sup>3</sup>/h. Neste caso, a vazão recomendada será a vazão máxima de exploração do poço  $Q_{me} = 3.14 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### 7.4.2.5 Dimensionamento da Bomba do Poço

Para o dimensionamento da bomba do poço é necessário o cálculo da Altura Manométrica Total que é a soma das perdas de carga por elevação e distancia entre o poço e a caixa d'água e perdas na respectiva tubulação de transporte da água.

Cálculo de Altura Manométrica Total

Sejam os dados:

ND (nível dinâmico) = 20,91 m

PB (profundidade da bomba) = 26,91 m

DA (diferença de altura ND/caixa d'água) = 24,91 m

CR (comprimento reto - metragem de tubulação) = 126,00 m

Tubulação em PVC

DI (diâmetro interno da tubulação) = 2" = 60,71 mm

Curvas de 90° = 3

Tê de 90° = 1

AMT = 25,44 m (calculado com Programa AiOFlo v1,07)

VAZÃO Q = 3,564 m<sup>3</sup>/h

AMT (ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL) = 25,44 m

D (diâmetro do poço) = 4" = 100,16 mm

Introduzidos os dados acima para os manuais de bomba submersível se pode obter:

Bomba para poço de 4", 0,5 CV, 4 estágios, AMT 27 m, VAZÃO 3,00 m<sup>2</sup>/h modelo 4R6 PB-04 230 – BOMBAS LEÃO;

**Outros manuais de bombas submersíveis podem ser utilizados para cálculo das características de cada bomba seja SCHNEIDER, EBARA, DANCOR, KING, GIULLI E SIMILARES.**

#### 7.4.2.6 Hidroquímica

A água do poço de Alagamar dos Lourenços tem um STD (sólidos totais dissolvidos) da ordem de 6.349,30 mg/L, ou seja, é uma água salgada - Resolução 357/2005 do CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, que não se presta ao consumo humano e que pode ser consumida por gado, caprinos e ovinos. Mesmo considerando que a salinidade possa dobrar em termos de valores, (10.000 mg/L) após ser processada pelas membranas do dessalinizador, esta água ainda serviria para abastecer caprinos e ovinos.

O Balanço Iônico (Figura 7.3 e 7.4), calculado pelo Programa Qualigraf, resultou no erro permitido de 1,89% pelo método de Custódio y Llamas (1983) e 0,94% pelo método de Logan (1965), conferindo que a análise da amostra de água foi executada corretamente, ou seja, os erros permitidos estão dentro da margem considerada pela condutividade da água analisada e pela relação quantitativa entre cátions e ânions respectivamente.

Pelo Gráfico de Piper (Figura 7.5) a água é considerada cloretada mista.

Com relação à utilização da água para irrigação o RAS (Figura 7,6) apresentou uma água do tipo C5S4, isto é, risco excepcionalmente alto de salinização e um risco muito forte de adsorção de sódio.

Tabela 7.3 – Alagamar dos Lourenços - Análise físico-química da água do poço

Laboratório: LABDES - UFCG					
Endereço: Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, Campina Grande, PB					
Amostra n.º	307/2014	Data coleta	27/03/2014	Poço	x
		Data - entrega	23/04/2014		
		Data - análise	24/04/2014		
Solicitante: PAD/PB					
Procedência: Alagamar dos Lourenços			COORD GEOG: 36° 26' 51" W / 06° 57' 28 S		
MUNICÍPIO: Seridó - PB					
Materia : Água					
Coletor:	Laboratório		Cliente	X	
Determinação*			Valor Máximo Permitido**	Valor Encontrado	
Temperatura ° C					
Cor uH			15,00	5,00	
Odor			não objetável	não objetável	
Sabor			não objetável	salôbra	
Turbidez, UT			5,00	2.1	
pH			6 a 9,5	7.7	
Condutividade elétrica, µS/cm				10,950.0	
Sólidos totais a 105 ° C, mg/L					
Sólidos dissolvidos totais, mg/L			1.000,00	6.349,30	
Sólidos em suspensão, mg/L					
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>				270,00	
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>				-	
Alcalinidade de carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>				4,59	
Alcalinidade de bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>				170,00	
Dureza, mg/L CaCO <sub>3</sub>				3.182,50	
Nitrogenio amoniacal, mg/L NH <sub>3</sub>			1,50	5,68	
Nitrito. mg/L N			1,00	-	
Nitrato. mg/L N			10,00	0,04	
Cálcio, mg/L Ca <sup>+2</sup>				642,00	
Magnésio, mg/L Mg <sup>+2</sup>				378,60	
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>			200,00	1.045,90	
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>				65,30	
Ferro, mg/L Fe			0,30	0,12	
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>				2,75	
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				207,40	
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>			250,00	305,50	
Cloreto, mg/L Cl <sup>-</sup>			250,00	3.638,80	
Sílica, mg/l SiO <sub>2</sub>				23,40	
Fósforo Reativo Total, mg/L P				-	
** Padrão de aceitação para o consumo humano (port. 2914 MS - 12/12/2011)					
*Metodologia de Análise Standard Methods for Examination of Water and Wastewater					

Figura 7.3 – Alagamar dos Lourenços - Diagrama Circular - Balanço Iônico, (Custódio & Llamas, 1983)

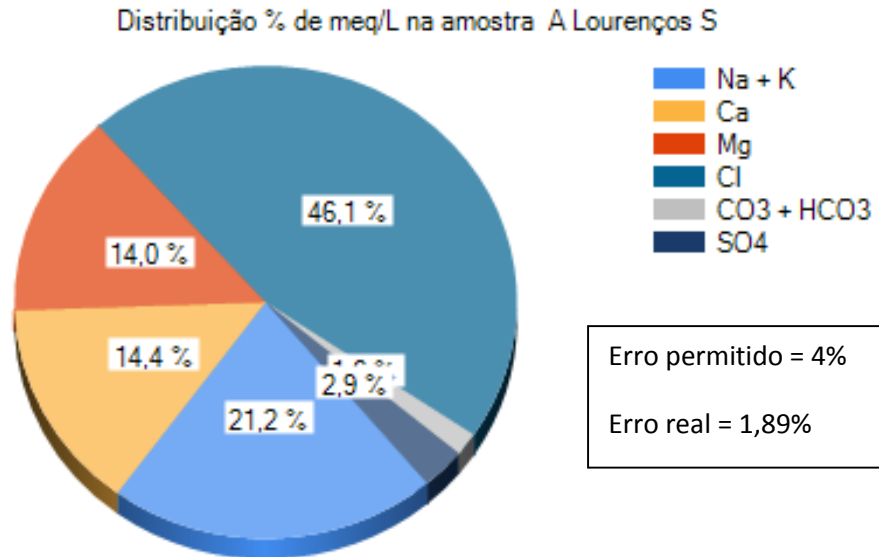


Figura 7.4 – Alagamar dos Lourenços - Diagrama Circular - Balanço Iônico (Logan, 1965)

Forte risco de adsorção de sódio

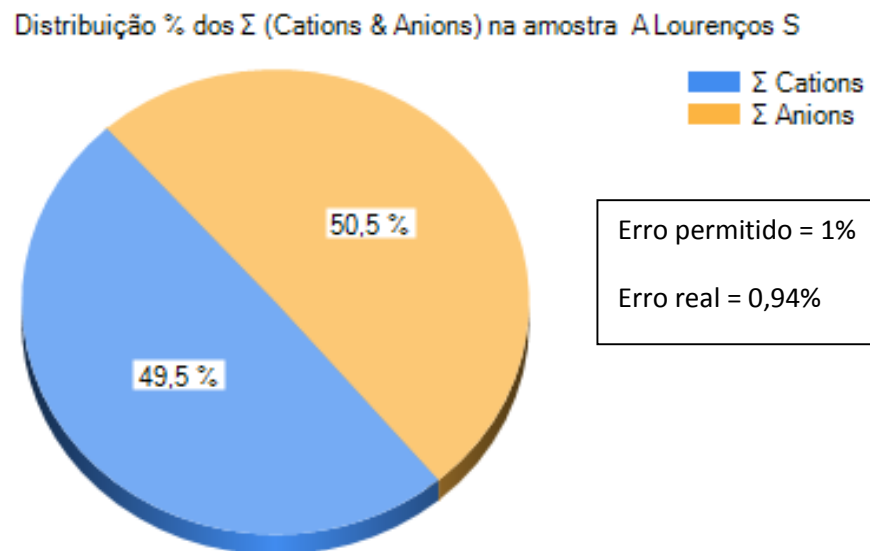


Figura 7.5 – Alagamar dos Lourenços - Diagrama Triangular de Piper

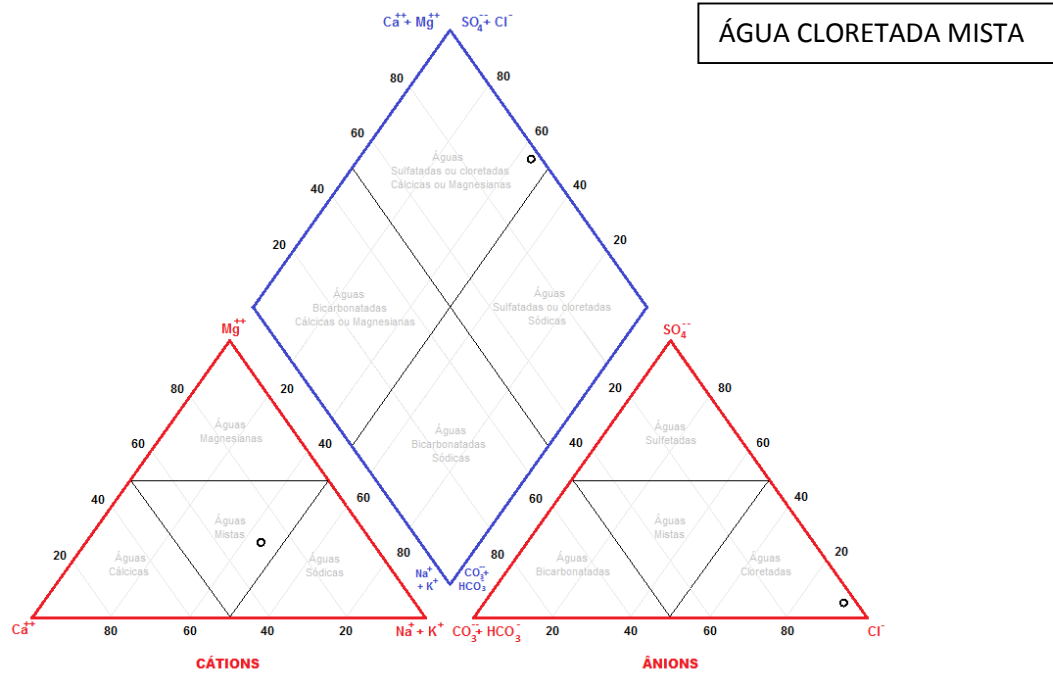
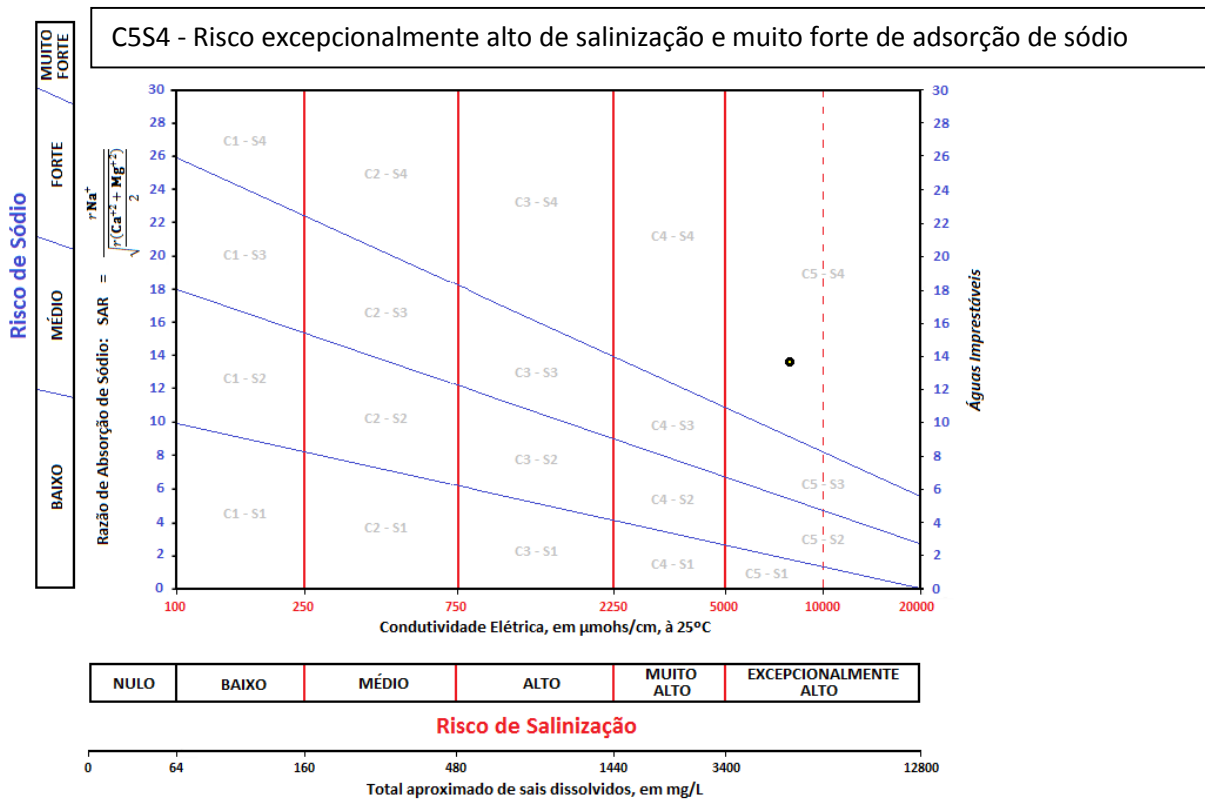


Figura 7.6 - Diagrama USSL (United States Salinity Laboratory)



### 7.4.3 Comunidade Queixada (Assentamento Olho D'Água)

A comunidade de Queixada de aproximadamente 35 famílias está situada a 6,3 Km da sede do município de Seridó. Possui uma Escola Municipal de Ensino Fundamental Natércia Pessoa. Não possui posto de saúde e não dispõe de rede coletora de esgotos, queimando todo lixo produzido,

A comunidade possui energia elétrica. Tem como atividade econômica a agricultura de subsistência (feijão e milho) e criação de bovinos.

Queixada se abastece de água para beber por caminhões-pipa no programa de distribuição da água pelo Exército Brasileiro, considerando que o poço existente tem salinidade não adequada ao consumo humano.



Figura – 7.7 - Mapa da Comunidade de Queixada

#### 7.4.3.1 O Poço Tubular

Poço tubular que abastece a comunidade de Queixada faz a captação da água subterrânea proveniente de rochas cristalinas predominantes na região e tem como características;

- a) Geográfica - coordenadas geográficas: 06° 53' 07,21" da latitude Sul e 36° 25' 52,32"
- b) Construtivas – construído em 1983, o poço tem 45,80 m, revestido com ferro galvanizado na porção do solo (rocha intemperizada)
- c) Hidrogeológicas/hidrodinâmicas – captação em rocha fissural, no aquífero cristalino livre. O nível estático é de 4,28 m, nível dinâmico de 24,06 m e rebaixamento de 19,78 m para uma vazão de 1,545 m<sup>3</sup>/h obtido no tempo de 12 horas de bombeamento.
- d) Hidrogeológicas/hidroquímicas – Sólidos Totais Dissolvidos (STD) da ordem de 2.926,8 mg/L.

#### 7.4.3.2 Interpretação do teste de bombeamento

O teste de bombeamento realizado em 23/03/2014 – Tabela 7.4 - no poço da comunidade de Queixada teve a duração de 12 horas e foi utilizado o sistema de compressor com o crivo a uma profundidade de 43,00 metros.

O rebaixamento do poço, provocado pelas perdas de cargas no poço e no aquífero, fizeram a vazão (Q) ter uma queda de 10,285 m<sup>3</sup>/h para 1,545 m<sup>3</sup>/h e a vazão específica (q) de 4,81 para 0,08 m<sup>3</sup>/h/m.

O teste de bombeamento feito com compressor mostra claramente que as medidas de níveis dinâmicos foram feitas considerando duas casas decimais, não reproduzindo com fidelidade a curva rebaixamento x tempo. Apesar de não se constituir em empecilho ao cálculo da capacidade do poço, o método fica restrito ao referido cálculo se utilizando a vazão específica q e sua variação no tempo.

#### 7.4.3.3 Cálculo da Vazão Máxima de Exploração – Qme

A vazão máxima de exploração é a vazão produzida por um rebaixamento máximo disponível (RMD) da ordem de 40% da espessura da lâmina de água (ELA),



que por sua vez é a diferença entre a profundidade (P) e o nível estático (NE) do poço, ou seja:

$$ELA = P - NE \text{ em que}$$

$$P = 45,80 \text{ m}$$

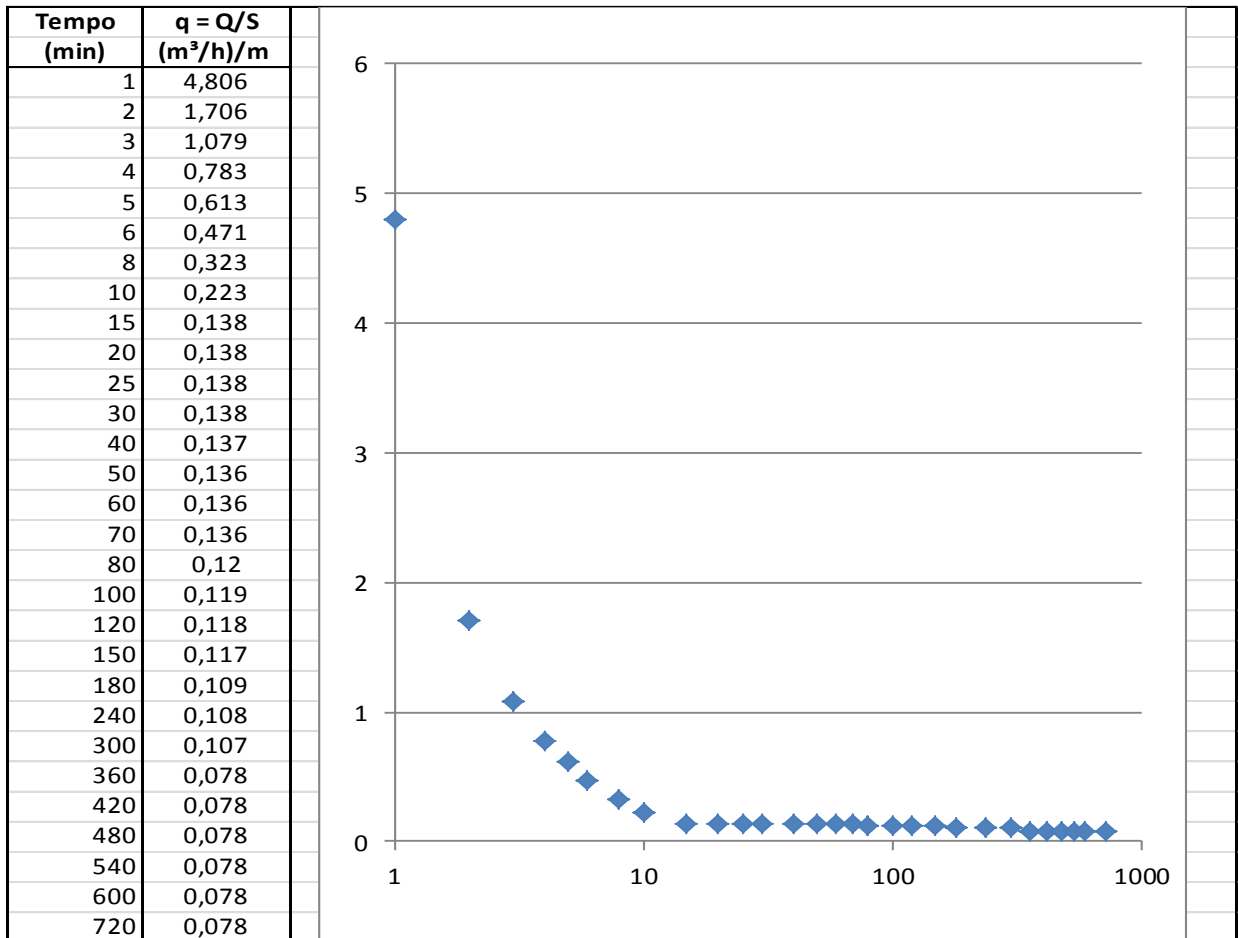
$$NE = 4,28 \text{ m}$$

$$ELA = 41,52 \text{ m}$$

$$RMD = ELA \times 0,40 = 41,52 \times 0,40 = 16,61 \text{ m}$$

Tabela 7.4 – Queixada – Teste de Bombeamento

MUNICÍPIO : Seridó		COORD UTM: LONG 783,888 m / LAT 9.238.167 m							
LOCAL : Sítio Queixada		ZONA: 24							
CÓDIGO PAD:		COORD GEOG. 36°25'52,33"LONG W / 06°53'7,096 LAT S							
AQÚÍFERO: Fissural									
PROF. (m)	45,80 m	DATA: 25 DE MARÇO 2014						TB (min)= 720	
NE (m)	4,280	ND (m)	24,060	Q (m³/h)		1,545			
BOMBEAMENTO						RECUPERAÇÃO			
Hora (h)	Tempo (min)	ND (m)	S (m)	Q (m³/h)	q = Q/S (m³/h)/m	Tempo (min)	ND' (m)	S' (m)	(TB/t')+1 (min)
	1	6,420	2,140	10,285	4,806	1	19,300	15,020	721,00
	2	8,500	4,220	7,200	1,706	2	16,350	14,350	361,00
	3	10,950	6,670	7,200	1,079	3	14,550	12,550	241,00
	4	13,480	9,200	7,200	0,783	4	12,300	10,300	181,00
	5	16,020	11,740	7,200	0,613	5	11,630	9,630	145,00
	6	19,580	15,300	7,200	0,471	6	11,000	9,000	121,00
	8	21,420	17,140	5,538	0,323	8	10,050	8,050	91,00
	10	22,220	17,940	4,000	0,223	10	9,150	7,150	73,00
	15	22,520	18,240	2,522	0,138	15	7,900	5,900	49,00
	20	22,560	18,280	2,522	0,138	20	7,000	5,000	37,00
	25	22,560	18,280	2,522	0,138	25	6,620	4,620	29,80
	30	22,560	18,280	2,522	0,138	30	6,200	4,200	25,00
	40	22,750	18,470	2,522	0,137	40	5,280	3,280	19,00
	50	22,810	18,530	2,522	0,136	50	4,280	2,280	15,40
1	60	22,860	18,580	2,522	0,136				
	70	22,870	18,590	2,522	0,136				
	80	23,070	18,790	2,250	0,120				
	100	23,200	18,920	2,250	0,119				
2	120	23,350	19,070	2,250	0,118				
	150	23,540	19,260	2,250	0,117				
3	180	23,680	19,400	2,117	0,109				
4	240	23,920	19,640	2,117	0,108				
5	300	24,060	19,780	2,117	0,107				
6	360	24,060	19,780	1,545	0,078				
7	420	24,060	19,780	1,545	0,078				
8	480	24,060	19,780	1,545	0,078				
9	540	24,060	19,780	1,545	0,078				
10	600	24,060	19,780	1,545	0,078				
12	720	24,060	19,780	1,545	0,078				

Gráfico 7.2 – Queixada - Curva Vazão Específica  $q$  ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ ) x Tempo  $t$  (min)

Pelo Gráfico 7.1 obtêm-se a vazão específica após 12 horas de teste, ou seja,

$$q = 0,078 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

A vazão máxima de exploração será

$$Q_{me} = RMD \times q = 12,91 \text{ m} \times 0,243 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} = 1,295 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Vazão Máxima de Exploração} = Q_{me} = 1,295 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 7.4.3.4 Cálculo da Vazão Recomendada do Poço (Qr)

Para o dimensionamento da vazão recomendada do poço, além dos parâmetros hidrodinâmicos é necessário que se saiba o consumo total diário de água pela comunidade pelos diversos usos.

Tabela 7.5 – Queixada - Planilha de Cálculo para o Dimensionamento da bomba do poço pelos usos

DISCRIMINAÇÃO	qt	gasto p unid (L/dia)	água de beber (L/dia)	recup sist (%)	total L/dia)	conc (L/dia)	vazão poço (L/h)	tempo funcion poço
população (fam)	35	40	1.400					
Escola (alunos)	70	3	210					
P Saúde (atend)	7	10	70					
<b>TOTAL ÁGUA BOA</b>			<b>1.680</b>	<b>0,33</b>	<b>5.091</b>	<b>3.411</b>	<b>1.295</b>	<b>3,93</b>
pop (gado)	50	50				2.500		
pop (cap/ov)		18				0		
TOTAL						2.500		
SALDO PARA TANQUE							911	
água de gasto	35	200			7.000		1.295	5,41
VOLUME TOTAL DE PRODUÇÃO DIÁRIA DO POÇO					12.091			
VAZÃO REC E HORAS DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA DO POÇO							-	9,34
Q (VAZÃO) (m <sup>3</sup> /h)	temp func poço	q (v Esp) (m <sup>3</sup> /h/m)	sw Rebaix	ne Nív Est	nd Niv Din	ΔS Variação Sazonal	PROF BOMBA	
1,295	9,34	0,078	16,60	4,28	20,88	6,00	26,88	

Na Simulação da TABELA 7.5, executada a partir dos dados de população humana e animal respectivamente de 35 famílias e 50 cabeças de gado, chega-se a um tempo (T) de funcionamento da bomba do poço de 9.34 horas por dia para a vazão de 1,295 m<sup>3</sup>/h.

#### 7.4.3.5 Dimensionamento da Bomba do Poço

Para o dimensionamento da bomba do poço é necessário o cálculo da Altura Manométrica Total que é a soma das perdas de carga por elevação e distancia entre o poço e a caixa d'água e perdas na respectiva tubulação de transporte da água.

### Cálculo de Altura Manométrica Total

Sejam os dados:

ND (nível dinâmico) = 20,88 m

PB (profundidade da bomba) = 26,88 m

DA (diferença de altura ND/caixa d'água) = 32,88 m

CR (comprimento reto - metragem de tubulação) = 101,54 00 m

Tubulação em PVC

DI (diâmetro interno da tubulação) = 1.1/2" = 40,89 m m

Curvas de 90° = 3

Tê de 90° = 1

AMT = 33,17 m (calculado com Programa AiOFlo v1,07)

VAZÃO Q = 1,295 m<sup>3</sup>/h

AMT (ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL) = 33,17 m

D (diâmetro do poço) = 4" = 100,16 mm

Introduzidos os dados acima para os manuais de bomba submersível se pode obter:

Bomba para poço de 4", 0,5 CV, 6 estágios, AMT 33,17 m, VAZÃO 0,966 m<sup>2</sup>/h e AMT 27,17 , VAZÃO de 1,610 m<sup>2</sup>/h - modelo 4RI PA-06 230 – BOMBAS LEÃO;

**Outros manuais de bombas submersíveis podem ser utilizados para cálculo das características de cada bomba seja SCHNEIDER, EBARA, DANCOR, KING, GIULLI E SIMILARES**

#### 7.4.3.6 Hidroquímica

A água do poço de Queixada tem um STD (sólidos totais dissolvidos) da ordem de 4.700,00 mg/L, ou seja, é uma água salgada - Resolução 357/2005 do CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, que não se presta ao consumo humano e que pode ser consumida por gado, caprinos e ovinos. Mesmo considerando que a salinidade possa dobrar em termos de valores, (10.000 mg/L) após ser processada pelas membranas do dessalinizador, esta água ainda serviria para abastecer caprinos e ovinos.

O Balanço Iônico (Figura 7.8 e 7.9), calculado pelo Programa Qualigraf, resultou no erro permitido de 0,87% pelo método de Custódio y Llamas (1983) e

0,44 % pelo método de Logan (1965), conferindo que a análise da amostra de água foi executada corretamente, ou seja, os erros permitidos estão dentro da margem considerada pela condutividade da água analisada e pela relação quantitativa entre cátions e ânions respectivamente.

Pelo Gráfico de Piper (Figura 7.10) a água é considerada cloretada mista.

Com relação à utilização da água para irrigação o RAS (Figura 7.11) apresentou uma água do tipo C4S2, isto é, risco muito alto de salinização e médio de adsorção de sódio.

Tabela 7.6 – Queixada – Análise Físico-química da água do poço

Laboratório: LABDES - UFCG					
Endereço:					
Amostra n.º	302/2014	Data da coleta	25/03/2014	Poço	x
		Data entrada	23/04/2014		
		Data - entrega	24/04/2014		
Solicitante: PAD/PB					
Procedência: Sítio Queixada			COORD GEOG: 36° 25' 52" W / 06° 53' 7,096 S		
MUNICÍPIO: Seridó - PB					
Materia: Água					
Coletor:	Laboratório	Cliente	X		
Determinação*			Valor Máximo Permitido**	Valor Encontrado	
Temperatura ° C					
Cor uH			15,00	5,00	
Odor			não objetável	não objetável	
Sabor			não objetável	salôbra	
Turbidez, UT			15,00	5,00	
pH			6 a 9,5	8,20	
Condutividade elétrica, µS/cm					
Sólidos totais a 105 ° C, mg/L					
Sólidos dissolvidos totais, mg/L			1.000,00	2926,,8	
Sólidos em suspensão, mg/L					
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>				491,00	
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>				-	
Alcalinidade de carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>				17,27	
Alcalinidade de bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>				413,00	
Dureza, mg/L CaCO <sub>3</sub>				1.273,80	
Nitrogenio amoniacal, mg/L NH <sub>3</sub>			1,50	4,53	
Nitrito. mg/L N			1,00	0,03	
Nitrato. mg/L N			10,00	0,09	
Cálcio, mg/L Ca <sup>+2</sup>				124,50	
Magnésio, mg/L Mg <sup>+2</sup>				231,00	
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>			200,00	518,50	
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>				28,30	
Ferro, mg/L Fe			0,30	0,11	
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>				10,37	
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				503,90	
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>			250,00	152,00	
Cloreto, mg/L Cl <sup>-</sup>			250,00	1.317,10	
Sílica, mg/l SiO <sub>2</sub>				3,90	
Fósforo Reativo Total, mg/L P				-	
** Padrão de aceitação para o consumo humano (port. 2914 MS - 12/12/2011)					
*Metodologia de Análise Standard Methods for Examination of Water and Wastewater					

Figura 7.8 – Queixada - Diagrama Circular - Balanço Iônico, (Custódio & Llamas, 1983)

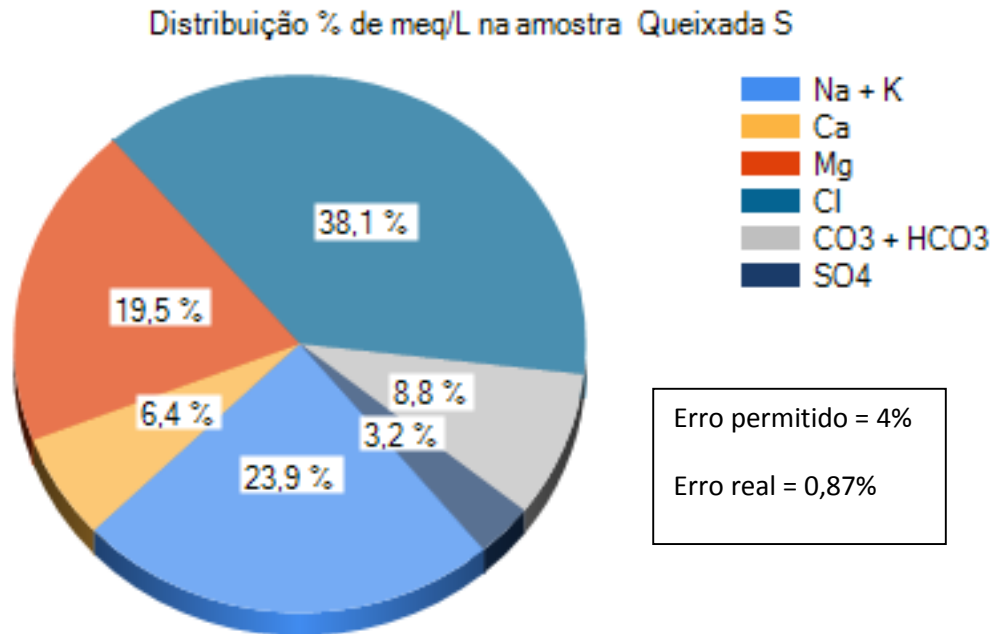
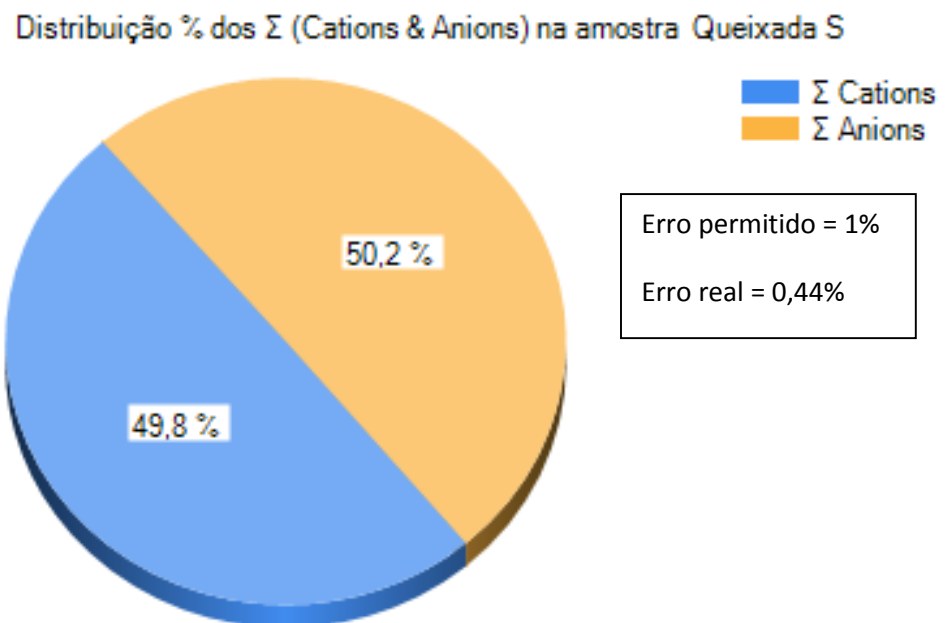


Figura 7.9 – Queixada - Circular - Balanço Iônico (Logan, 1965)





## 8. CONCLUSÕES

É fato comum, no gerenciamento da água subterrânea e na implantação de sistemas de dessalinização em um programa como o Programa Água Doce, a dificuldade na seleção de comunidades rurais que possam receber o benefício do recebimento de água de boa qualidade.

Esta dificuldade se assenta primordialmente na falta de informações cadastrais completa dos parâmetros hidráulicos (teste de bombeamento) e hidroquímicos da água dos poços (análise físico-química) da época em que esses foram construídos. No campo, pode-se observar que, mesmo nos poços em pleno funcionamento, a atividade relativa à manutenção é praticamente inexistente. Muitos poços têm profundidades que não correspondem às informações cadastrais e/ou a presença de excesso de ferro e sílica na água do poço revelam a necessidade da “assepsia” do poço através dos serviços de desobstrução, desenvolvimento, limpeza e desinfecção da água subterrânea.

A constatação é que, no geral, entre o escritório (onde estão os dados) e o campo (onde estão os poços), a realidade mostra o baixo nível de administração das fontes hídricas pelo poder municipal, onde em muitas ocasiões as informações não batem com a realidade.

De qualquer forma, uma análise global do trabalho ora apresentado, resultado tanto das observações dos dados obtidos, dos cálculos para o dimensionamento da capacidade das fontes hídricas, da análise da qualidade de água e visitas técnicas de campo, podem ser assim serem resumidas:

1. Geologicamente os poços estão situados em terrenos cristalinos caracterizados pela ocorrência preponderante de rochas ferro magnesianas. Estas rochas tem como sistema de armazenamento um meio fissural onde as águas são armazenadas em fraturas e micro fraturas como consequência de movimentos estruturais da crosta terrestre.
2. São poços rasos de no máximo 60 metros que fornecem baixas vazões – em média 1.500 litros por hora, em geral com água de má qualidade físico-química que podem superar os 10.000 mg/L de sais totais o que impede, em princípio, o desenvolvimento da atividade de irrigação.



3. Os demais usos detectados no campo foram de água de gasto e para a dessedentação de animais representados por gado, ovinos e caprinos. A água de beber ainda é transportada por caminhões pipas que abastecem as cisternas de casas, escolas e postos de saúde.
4. Os poços devem passar por processo de desobstrução (quando for o caso), desenvolvimento, limpeza com compressor, desinfecção da água e testados (por 12 horas) com bomba submersível, dando condições à melhoria do potencial hidrodinâmico e dimensionamento da capacidade quantitativa de fornecimento de água subterrânea.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Documento Base do Programa Água Doce. 2010. Disponível em <http://www.mma.gov.br/agua/agua-doce> Acesso 26/06/2016.
- CUSTÓDIO, E., Hidroquímica, Sección 10, Hidrologia Subterránea, Ediciones Omega, 2ª Edición, 1983
- Diagnóstico Socioambiental e Técnico das Comunidades do Semiárido Paraibano: Implantação ou Recuperação de Sistemas de Dessalinização, Município Barra de Santa Rosa, 2014.
- Diagnóstico Socioambiental e Técnico das Comunidades do Semiárido Paraibano: Implantação ou Recuperação de Sistemas de Dessalinização, Município Pedra Lavrada, 2014.
- Diagnóstico Socioambiental e Técnico das Comunidades do Semiárido Paraibano: Implantação ou Recuperação de Sistemas de Dessalinização, Município Seridó, 2014
- DNOCS, História. Disponível em <http://www.dnocs.gov.br/comunicacao/registros> Acesso 26/06/2016
- FEITOSA, F.A.C., Testes de Bombeamento em Poços Tubulares, DNPM/ABAS, 1996.
- FILHO, M.J., Evolução Histórica do Conhecimento, Hidrologia: Conceitos e Aplicações, CPRM, 3ª Edição, 2008.
- MENTE, A. A Água Subterránea no Brasil, Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações, CPRM, 3ª Edição, 2008.
- PORTARIA 2914, Ministério da Saúde, 2011.
- RESOLUÇÃO 257, Coordenação Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2005.
- RESOLUÇÃO 386, Coordenação Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2008.
- SANTOS, A.C., Noções de Hidroquímica, Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações, CPRM, 3ª Edição, 2008.