



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE - CCTS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

YURI TOMAZ NEVES

**TRATAMENTO ALTERNATIVO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM
COMUNIDADES RURAIS**

**ARARUNA - PB
2016**

YURI TOMAZ NEVES

**TRATAMENTO ALTERNATIVO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM
COMUNIDADES RURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos.

**ARARUNA - PB
2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

N511t Neves, Yuri Tomaz
Tratamento alternativo de águas subterrâneas em comunidades rurais [manuscrito] / Yuri Tomaz Neves. - 2016.
23 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA CIVIL) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnologia e Saúde, 2016.
"Orientação: Prof. Doutor. Laércio Leal dos Santos, Departamento de Engenharia Civil".

1. Água de Poço. 2. Desinfecção. 3. Radiação Solar. I.
Título.

21. ed. CDD 628.16

YURI TOMAZ NEVES

**TRATAMENTO ALTERNATIVO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM
COMUNIDADES RURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

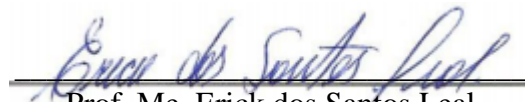
Área de concentração: Recursos Hídricos.

Aprovada em: 01/11/2016.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Erick dos Santos Leal
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof^a. Ma. Loredanna Melyssa Costa de Souza
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Ao Deus triúno por me sustentar com sua doce providência; a minha mãe e a minha esposa, por toda luta, perseverança e compreensão durante esses cinco anos, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida de paz e harmonia. Pela oportunidade de evolução espiritual e pelo amparo nos momentos de dificuldade.

À minha mãe, à minha sogra e à minha esposa, por todo o carinho e amor. Por todo o esforço que fizeram por mim, pelo incentivo e por acreditarem em meu potencial.

À minha irmã Jessica, pelo carinho fraterno que sempre me concedeu ao longo dessa jornada.

Aos meus irmãos de vida Anderson, André, Eduardo e Demóstenes, pelas conversas motivacionais as quais me alegraram e me mantiveram forte.

Ao professor, orientador e amigo Laércio Leal dos Santos por ter despertado o meu interesse pela pesquisa. Agradeço por toda orientação e conhecimento transmitido.

À professora Maria José de Sousa Cordão, por me apresentar à Hidráulica, área da Engenharia Civil que mais me identifico.

Ao professor Erick dos Santos Leal pelas correções de artigos e por toda experiência adquirida no estágio.

Ao professor Raimundo Leidimar Bezerra por ter me ensinado o verdadeiro significado das palavras: ética, moral e caráter.

À professora Loredanna Melyssa Costa de Souza por ter aceitado participar da banca.

Aos meus amigos de graduação, em especial Alex, Bruno, Caio, Jacilândio, Italo, Pedro, Phillipy, Rômulo, Breno, Robson, Raul, Jhones, Giselle, Gennefy e Ruana, os quais dividi muitos momentos durante o curso.

Aos funcionários da UEPB, pela presteza e atendimento quando necessário.

Enfim, a todos que me ajudaram direta ou indiretamente para a realização dessa conquista. Esta vitória é nossa!

“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba.”

Guimarães Rosa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 ÁREA DE ESTUDO.....	9
3 GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE ARARUNA - PB.....	9
4 PROTÓTIPO DESENVOLVIDO.....	10
5 FAZENDA D'ÁGUA.....	14
6 CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS	19

TRATAMENTO ALTERNATIVO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM COMUNIDADES RURAIS

Yuri Tomaz Neves*

RESUMO

No Brasil, principalmente no semiárido, as águas subterrâneas representam uma importante alternativa para minimizar os problemas de escassez hídrica. Porém, a ausência de saneamento em parte das cidades, compromete sua qualidade, exigindo tratamento adequado para viabilizar seu consumo. Com ênfase na realidade social, cultural e econômica da população da zona rural, este artigo propõe um sistema de tratamento e captação de água subterrânea para residências unifamiliares, tendo como base os resultados obtidos por meio de um protótipo que utiliza a radiação solar para melhorar os parâmetros de qualidade de águas subterrâneas. O protótipo desenvolvido é constituído por um garrafão de água de 20L, uma placa de zinco e uma mangueira flexível cristal. A água a ser tratada foi armazenada no garrafão e utilizando a mangueira sobre a placa de zinco foi exposta, por um período de 6 horas, à radiação solar. Como resultado foi possível verificar que o protótipo é bastante eficaz na eliminação de poluentes bacteriológicos e que, com exceção do pH, todos os parâmetros ficaram dentro dos padrões exigidos pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde. Os resultados positivos motivaram a criação de um novo sistema de captação e tratamento de água subterrânea para residências unifamiliares, com características semelhantes às do protótipo, sendo a correção do pH realizada por meio da utilização da cal virgem. Dos dados obtidos, faz-se necessário estimular o uso desse sistema para as diversas comunidades rurais, contribuindo com isso, para o desenvolvimento sustentável e melhoria da saúde de diversas famílias.

Palavras-Chave: Água de Poço. Desinfecção. Radiação Solar.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida e ao desenvolvimento das comunidades humanas, é direito de todos, independente do estágio de desenvolvimento ou condição sócio-econômica, devendo atender às necessidades humanas em seus diversos aspectos: fisiológicos, econômicos e domésticos (ONU, 1992).

Desde o segundo semestre de 2012, observa-se uma gradativa e intensa redução nas taxas pluviométricas em algumas regiões do país, que tem prejudicado a oferta de água para o abastecimento público, especialmente no semiárido brasileiro e nas regiões metropolitanas mais populosas e com maior demanda hídrica (ANA, 2015).

* Aluno de Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII.
E-mail: yuutomaz@gmail.com

No semiárido, de um total de 452 reservatórios analisados, dos quais se tem informações disponíveis, 58% já entraram em colapso ou se encontram em estado crítico. Os dados ainda apontam que a região semiárida cearense (36%), paraibana (29%), pernambucana (19%) e potiguar (14%) são as mais afetadas pelo fenômeno. Apenas 14% dos reservatórios do Semiárido têm seu volume acima de 50%. Da capacidade total de acumulação de água nos reservatórios, apenas 22% encontram-se disponíveis (MEDEIROS et al., 2016).

Para com a microrregião do Curimataú Oriental Paraibano, a seca chegou a seu ponto mais extremo, onde o açude Canafístula II que abastece diversos municípios, dentre eles o município de Araruna – PB, chegou a secar, estando atualmente com 15,6% de sua capacidade total (AESAs, 2016).

Frente a esse cenário, a população rural e urbana desses locais tem cada vez mais recorrido à utilização de águas subterrâneas. Segundo Zaporozec e Miller (2000), o uso do solo, em zonas urbana, industrial e agrícola, pode resultar na poluição dessa fonte com substâncias químicas, metais pesados, nitratos, bactérias e vírus, ocasionando riscos à saúde das pessoas.

Para evitar esse problema, faz-se necessário buscar um sistema de tratamento de água alternativo que possa atender as necessidades e que reduza os custos de implantação e operação, oferecendo condições de saneamento satisfatórias para a população.

A escolha do tipo de tratamento dependerá de fatores econômicos, sociais, geográficos e da qualidade físico – química e microbiológica da água a ser tratada.

Para atender a essa diversidade, tem-se a técnica da desinfecção por meio da radiação solar que, de maneira oposta à grande parte dos agentes desinfetantes utilizados nas águas, não inativa os microrganismos por meio de reações químicas. A inativação ocorre através da absorção, pelos microrganismos, dessa luz que contém alta energia, estimulando as reações fotoquímicas com os componentes fundamentais das células, interrompendo o mecanismo de duplicação ou provocando a sua morte (DANIEL et al., 2001).

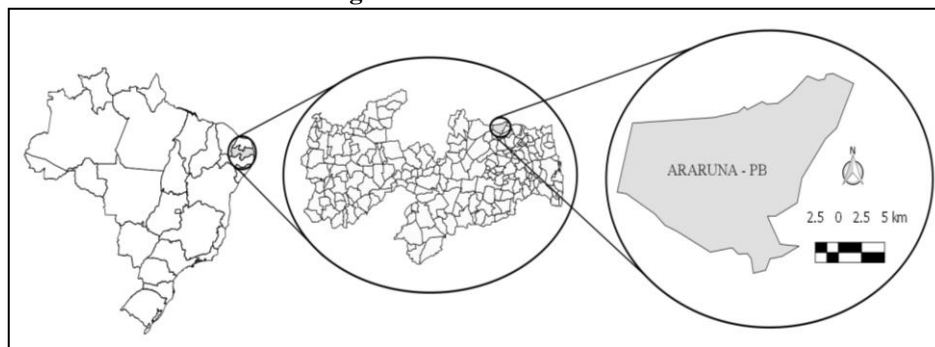
De acordo com Witt e Reiff (1996), o comprimento de onda em que pode realizar-se o tratamento de água com radiação UV é na faixa de 240 a 280 nanômetros (nm). Eles também afirmam que utilizando esse método, a água pode ser desinfetada independente de seu grau de contaminação.

Com ênfase na realidade social, cultural e econômica da população da zona rural e das pequenas comunidades, este trabalho propõe um sistema de tratamento de água unifamiliar, tendo como base os resultados obtidos por meio de um protótipo de baixo custo que utiliza a radiação solar para melhorar os parâmetros de qualidade das águas subterrâneas.

2 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, que está localizado no município de Araruna – PB (Figura 1). O município possui uma área de 241,302 km², com uma população estimada para o ano de 2016 de 20.237 habitantes (IBGE, 2016). O seu sistema aquífero é o Serra dos Martins (PARAÍBA, 2006). O seu regime climático é quente, com chuvas de inverno, sendo a sua precipitação e temperatura média mensal de 71mm e 22,2°C, respectivamente (SENTELHAS, 2016).

Figura 1 – Área de estudo.



Fonte: Próprio autor.

3 GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE ARARUNA - PB

No município de Araruna – PB as águas subterrâneas são consideradas a principal fonte de abastecimento da população. A importância do seu gerenciamento ficou mais evidenciada com a implementação do Campus VIII da UEPB no município, que trouxe consigo um aumento na demanda por água. Além disso, o município passou por uma considerável expansão urbana, afetando negativamente o regime de recarga do aquífero.

De acordo com Silva, P et al. (2015), na área central do município verifica-se a existência de 104 pontos de água, nas mais variadas localidades. Desses 104 pontos os autores verificaram que aproximadamente 1200 pessoas estão sendo beneficiadas.

Com relação a finalidade de abastecimento, Silva, P et al. (2015) classificaram em: comunitário, quando atende mais de uma família ou se encontra em estabelecimentos públicos; particular, quando atende apenas ao seu proprietário; indefinido, quando não foi possível identificar a finalidade de abastecimento. Na análise da atual situação dos poços eles classificaram: poço em operação, manutenção, abandonado e não instalado. Os poços em operação eram aqueles que se encontravam funcionando normalmente. Em manutenção eram aqueles que estavam com seu funcionamento temporariamente paralisado, geralmente

aguardando limpeza ou reparos no equipamento de bombeamento. Os abandonados representavam aqueles que se encontravam secos ou que por algum motivo os usuários fecharam e decidiram não utilizar mais. Os poços não instalados representavam os que acabaram de ser perfurados, tiveram um resultado positivo, mas não tinham sido equipados com sistemas de bombeamento e distribuição. Como resultado, os autores obtiveram os valores apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 - Situação dos poços quanto ao funcionamento e tipo de abastecimento.

Abastecimento	Em operação	Manutenção	Abandonado	Não instalado
Comunitário	18	1	1	-
Particular	64	8	8	1
Indefinido	3	-	-	-
Total	85	9	9	1

Fonte: Silva, P et al. (2015).

Nota: Sinal convencional utilizado:

- Dado numérico igual a zero.

Em relação ao uso da água, apenas um dos pontos analisados é destinado ao uso doméstico primário (água de consumo humano para beber); 66 são utilizados para o uso doméstico secundário (água para uso geral); e 18 para dessedentação de animais. Constatou-se também que alguns dos usuários do uso doméstico secundário já haviam ingerido a água em período de escassez extrema e hoje não fazem mais isso, mas deixaram claro que se preciso, tornariam a ingerir (SILVA, P et al., 2015).

No que tange a análise qualitativa, Silva, P et al. (2015) verificaram a existência de:

- 15 pontos de água subterrânea com pH = 4;
- 57 pontos de água subterrânea com pH = 5;
- 13 pontos de água subterrânea com pH = 6.

Nesse sentido, verifica-se que, de uma maneira geral, a água subterrânea do município possui um pH ácido.

4 PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

O protótipo é constituído por um garrafão de água de 20L conectado, através de uma torneira, a uma mangueira flexível cristal com comprimento de dez metros e diâmetro de uma polegada. A mangueira foi fixada por presilhas sobre uma placa de zinco de formato quadrangular com comprimento de lado igual a um metro. Após todo o processo de montagem,

o sistema foi instalado em local de maior aproveitamento de incidência solar, colocando o garrafão de água, com a água não tratada, em nível elevado ao da placa, de maneira que o líquido fluísse por gravidade passando pelo conduto até chegar à outra extremidade (Figura 2):

Figura 2 - Protótipo montado e instalado.



Fonte: Próprio autor.

Foi analisada a água de dois poços do município, um com coordenadas UTM na zona 25 N197284 e E9276799 (Poço 1) e outro com coordenadas UTM na zona 25 N197101 e E9277467 (Poço 2), ambos com profundidade de aproximadamente 20m.

Para obter os dados referentes à radiação solar e temperatura ambiente, foi utilizada a estação hidroclimatológica (Figura 3) que está situada no Campus, onde com os dados fornecidos foi calculada uma média para o período de exposição, visto que o equipamento estava configurado para armazenar dados para tais parâmetros de cinco em cinco minutos.

Figura 3 - Estação Hidroclimatológica instalada no Campus VIII da UEPB.



Fonte: Próprio autor.

A água dos poços foi exposta das 09:00h às 15:00h, pois, segundo os dados da estação hidroclimatológica, é o horário que apresenta maior incidência solar.

Para avaliar a qualidade da água, foram analisadas duas amostras, uma da água *in natura* e outra após o tratamento. A coleta e preservação das amostras foram feitas seguindo os padrões estabelecidos pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB e ANA, 2011). A Tabela 2, a seguir, apresenta os parâmetros analisados e os respectivos métodos utilizados para sua obtenção:

Tabela 2 - Métodos utilizados para determinação dos parâmetros.

Parâmetro	Método Utilizado
Cloreto	Método Argentométrico - (ABNT, 1975)
Dureza total	Método Titulométrico do EDTA - Na - (ABNT, 1992)
pH	Método Eletrométrico - (ABNT, 1999)
Coliformes termotolerantes	Método dos Tubos Múltiplos - (CETESB, 1993)
Coliformes totais	Método dos Tubos Múltiplos - (CETESB, 1993)

Fonte: Próprio autor.

Após a aplicação da técnica, foi possível obter os resultados apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - Variação de parâmetros físico-químicos e microbiológico.

Parâmetros	Padrão de Potabilidade (Brasil, 2011)	Poços (6h de Exposição)			
		Poço 1		Poço 2	
		In natura	Após o processo	In natura	Após o processo
pH	6,0 a 9,5	5,12	5,24	5,44	5,53
Cloreto (mgCl/L)	(1) 250	120	117	136	135
Dureza Total (mgCaCO ₃ /L)	(1) 500	115	110	132	120
Coliformes totais (NMP org./100 ml)	Ausente	510	<1,8	540	<1,8
Coliformes termotolerantes (NMP org./100 ml)	Ausente	200	<1,8	240	<1,8
Radiação Solar (W/m ²)		366,7			
Temperatura Ambiente (°C)		(2) 29,4			

Fonte: Próprio autor.

(1) Valor máximo permitido. (2) Valor numérico arredondado de um número com três casas decimais.

Analisando a Tabela 3 é possível verificar que apenas o pH apresenta-se fora do padrão exigido pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). A eficácia do sistema para com esse parâmetro foi semelhante a obtida por Costa, Ferreira e Rodrigues (2007). Utilizando garrafas PET transparentes expostas a radiação solar nas condições, com e sem reflexão da energia solar por chapa laminada, para o tratamento da água da Lagoa do Jiqui, localizada em Natal – RN, os autores obtiveram os resultados apresentados na Tabela 4:

Tabela 4 – Variação do pH e da Turbidez com 7h de exposição.

Parâmetro	Controle	Sem chapa	Com chapa
pH	6,37	6,42	6,41

Fonte: Adaptada de Costa, Ferreira e Rodrigues (2007).

Os resultados obtidos para o pH (Tabela 3) validam a aplicação da técnica, pois de acordo com Silva, Marcelo (2004), o pH da água não apresenta variação considerada relevante, após a desinfecção.

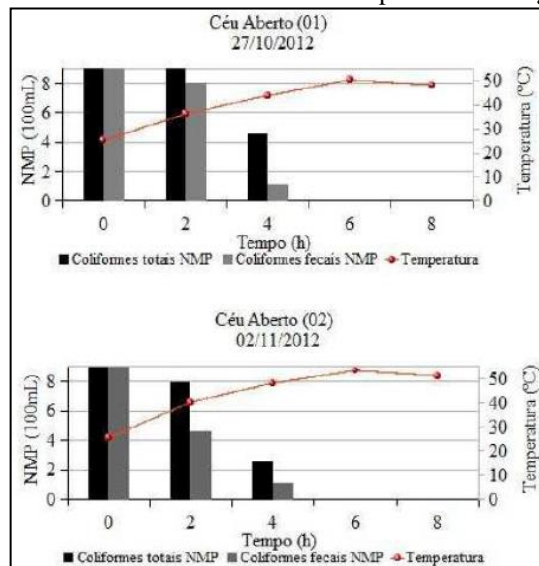
No que diz respeito as análises dos Coliformes Totais e Termotolerantes verifica-se que os resultados obtidos comprovam a eficácia do sistema tendo em vista que na metodologia dos tubos múltiplos o resultado <1,8 significa ausência de coliformes na amostra ensaiada. Costa, Ferreira e Rodrigues (2007), para com a eficiência do processo, obtiveram os resultados apresentados na Tabela 5:

Tabela 5 – Eficiência do sistema com 7h de exposição.

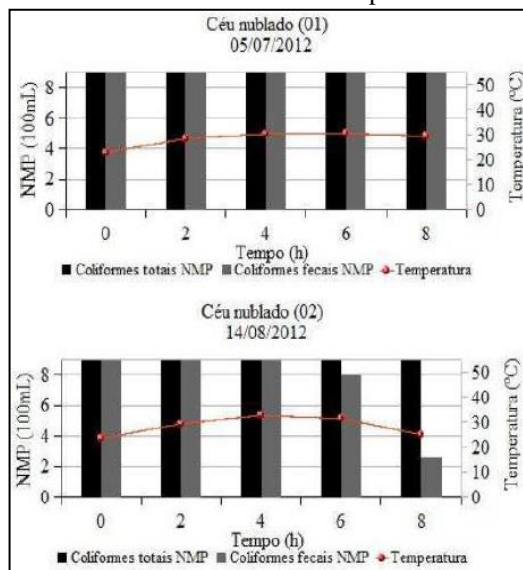
Parâmetro	Sem chapa	Com chapa
Coliformes totais (NMP org./100 ml)	78,33 %	79,95 %
Coliformes termotolerantes (NMP org./100 ml)	81,46 %	85,72 %
Temperatura máxima da água (°C)	40,00	40,00

Fonte: Adaptada de Costa, Ferreira e Rodrigues (2007).

Silva, Marcos et al. (2013) utilizando garrafas PET pintadas em sua metade inferior de preto, expostas a radiação solar e a uma temperatura ambiente média de aproximadamente 32,3°C para o tratamento de águas de cisternas, obtiveram os seguintes resultados (Figuras 4 e 5):

Figura 4 - Ação da técnica SODIS em coliformes presentes em águas de cisternas.

Fonte: Silva, Marcos et al. (2013).

Figura 5 - Ação da técnica SODIS em coliformes presentes em águas de cisternas.

Fonte: Silva, Marcos et al. (2013).

Comparando os resultados das análises microbiológicas obtidas neste trabalho com os obtidos por Costa, Ferreira e Rodrigues (2007) e Silva, Marcos et al. (2013) verifica-se que a aplicação da técnica utilizando mangueira flexível cristal apresenta resultados semelhantes aos de quando se utiliza garrafas PET pintadas em sua metade inferior de preto, em dias de sol.

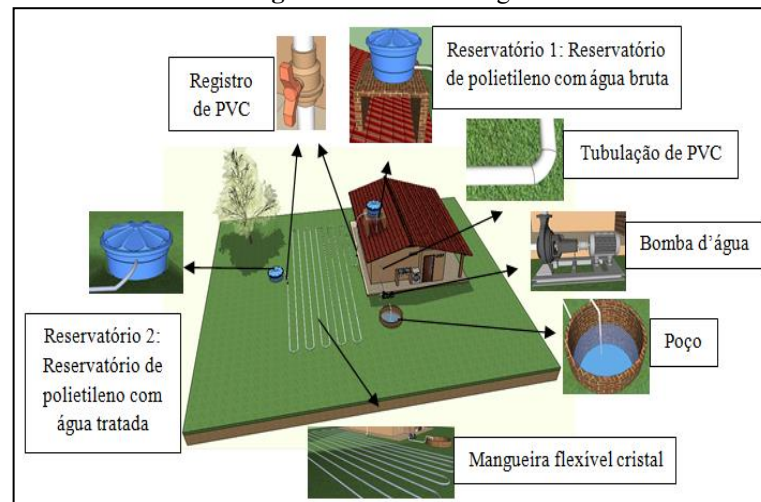
Monteiro, Brandão e Souza (1998), afirmam que o efeito sinérgico da radiação com temperaturas superiores a 50°C aumentam significativamente a taxa de inativação de microrganismos. Nesse sentido, Costa, Ferreira e Rodrigues (2007) podem não ter obtido resultados mais eficientes, pois a temperatura máxima da água chegou a 40°C. A mesma explicação serve para os resultados obtidos por Silva, Marcos et al. (2013) para os dias com céu nublado (Figura 5). No presente estudo não foi aferida a temperatura da água com o passar das horas, porém, com base nos resultados obtidos, estima-se que a água presente na mangueira apresentou temperatura acima de 50°C, fato que pode ter sido ocasionado devido a utilização da placa de zinco.

A eliminação dos Coliformes Totais e Termotolerantes é de suma importância, pois são indicadores de eventuais presenças de organismos patogênicos na água, que podem acarretar doenças como febre tifoide, febre paratifoide, desintéria bacilar, amebíase e cólera (KONEMAN et al., 2001). Constitui ainda a causa mais comum de infecção das vias urinárias, sendo responsável por cerca de 90% das primeiras infecções urinárias em mulheres jovens, além de provocar um alto índice de diarreia na população (SILVA, Marcelo, 2004).

Na análise dos Cloretos e da Dureza, verifica-se que mesmo o sistema não apresentando resultados significativos, os dois parâmetros, antes do processo, já estavam dentro dos padrões de potabilidade (BRASIL, 2011).

5 FAZENDA D'ÁGUA

Na região de estudo, a grande maioria da população utiliza as águas subterrâneas como fonte de abastecimento. Tendo em vista que o protótipo estudado até o momento apresentou um forte indicativo de viabilidade para tratamento de água, funcionando como um tratamento prévio ou até mesmo como uma simples desinfecção para a potabilidade, foi proposto um novo sistema para tratamento de maiores volumes de água, no qual denomina-se Fazenda d'água (Figura 6):

Figura 6 - Fazenda d'água.

Fonte: Próprio autor.

O sistema formado por dois reservatórios de polietileno, situados em cotas diferentes e conectados por uma mangueira flexível cristal, tem como objetivo expor a água da mangueira à radiação solar. A água a ser tratada será retirada do poço e elevada até o Reservatório 1 através da energia fornecida pela bomba. Em seguida, os registros serão abertos permitindo que a água percorra toda a mangueira por gravidade. Por fim, a água será exposta a radiação solar para o tratamento e logo após, armazenada no reservatório 2.

Para realizar o dimensionamento, foi desenvolvido uma ferramenta computacional visando automatizar o processo. A ferramenta foi desenvolvida no ambiente Visual Studio, utilizando a linguagem de programação Visual Basic e os seus resultados foram validados por meio de cálculos manuais. A Figura 7 apresenta a tela inicial do *software*:

Figura 7 - Ferramenta computacional desenvolvida para realizar o dimensionamento da Fazenda d'água.

A interface do software, intitulada "Dimensionamento - Fazenda d'água", apresenta os seguintes elementos:

- Campos de entrada para: Diâmetro da Mangueira (m), Volume de Água a ser Tratada (m³), Vazão de Chegada no Reservatório Inferior (m³/s), Comprimento Equivalente das Singularidades (m), Comprimento da Tubulação (m) e Altura Mínima do Reservatório (m).
- Botão "CALCULAR" em um botão azul.
- Botões "Comprimento equivalente das singularidades" e "Sistema Elevatório" na base da interface.
- Um diagrama de referência da fazenda d'água, idêntico ao da Figura 6, exibido no lado direito da tela.

Fonte: Próprio autor.

A ferramenta de fácil utilização consiste em basicamente preencher os espaços em branco com as características do projeto e, em seguida, clicar em calcular, para que o usuário obtenha como resposta o comprimento total da tubulação e a altura mínima que o reservatório 1 deverá ficar em relação ao solo. A ferramenta possui também a opção “Comprimento equivalente das singularidades” que ao ser acionada apresentará uma tabela fornecida por Porto (2006, p.87 apud ABNT, 1982), com os comprimentos equivalentes de diversas singularidades, de acordo com o diâmetro (Figura 8):

Figura 8 – Tabela com os comprimentos equivalentes das singularidades.

Tabela com os comprimentos equivalentes das singularidades

Comprimentos equivalentes (m), peças de P.V.C rígido ou cobre.

Diâmetro Externo (mm)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° direto	Tê 90° lateral	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de canalização	Válvula de pé e crivo	Válvula retenção leve	Registro globo aberto	Registro gaveta aberto
(25) - (3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	11,4	0,2
(32) - (1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	15,0	0,3
(40) - (1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	22,0	0,4
(50) - (1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	35,8	0,7
(60) - (2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	37,9	0,8
(75) - (2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	38,0	0,9
(85) - (3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	40,0	0,9
(110) - (4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	42,3	1,0
(140) - (5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	50,9	1,1
(160) - (6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	56,7	1,2

Fonte - Porto (2006, p.87 apud ABNT, 1982)

PORTO, R. M. HIDRÁULICA BÁSICA. São Carlos: EESC-USP, 2006. 519p.
 ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalações Prediais de Água Fria. Rio de Janeiro, 1982.

Fonte: Próprio autor.

Além do dimensionamento supracitado, a ferramenta permite ainda uma análise do sistema elevatório de captação da água do poço, conforme a Figura 9:

Figura 9 – Análise do sistema elevatório.

Sistema Elevatório

Comprimento da Tubulação de Sucção (m)

Comprimento Equivalente das Singularidades na Sucção (m)

Comprimento da Tubulação de Recalque (m)

Comprimento Equivalente das Singularidades no Recalque (m)

Diferença de Nível entre o Poço e o Reservatório Superior (m)

Vazão (m³/s)

Coefficiente de Rendimento Global da Bomba

Energia a ser cedida ao escoamento (m)

Potência (kW)

Consumo Mensal (kWh)

CALCULAR

Fonte: Próprio autor.

A análise do sistema elevatório é semelhante a análise realizada na tela inicial, basta preencher os espaços em branco e acionar a opção “CALCULAR” para se obter como resposta a energia a ser cedida ao escoamento, a potência e o consumo mensal. Se o projetista desejar testar diversas vazões e coeficiente de rendimento da bomba, basta substituir os seus respectivos valores e clicar novamente em “CALCULAR”, que a ferramenta recalculará os valores.

Os cálculos realizados na ferramenta adotaram as seguintes equações e coeficientes:

- Perda de Carga - Equação de Darcy – Weisbach fornecida por Porto (2006, p. 14);
- Fator de Atrito – Equação de Swamee fornecida por Porto (2006, p. 46);
- Potência – Equação da potência recebida pela bomba (PORTO, 2006, p. 125);
- Viscosidade Cinemática da Água a 20° C - $1,01 \times 10^{-6}$ m²/s (CIRILO, 2014, p. 26);
- Aceleração da Gravidade – 9,81 m/s²;
- Rugosidade Absoluta do Tubo Flexível Cristal (Mangueira) – 0,0247mm, valor obtido experimentalmente por Viana et al. (2008);
- Rugosidade Absoluta da Tubulação do Sistema Elevatório – 0,06mm. De acordo com Cirilo et al. (2014, p. 88 apud LENCASTRE, 1996) esse é o valor usualmente utilizado em tubos plásticos de PVC.

No que tange aos parâmetros referentes à qualidade da água, verificou-se que o município possui águas subterrâneas com pH baixo. Além disso, constatou-se que o protótipo não é muito eficaz na estabilização desse parâmetro. Nesse sentido, recomenda-se como alternativa adicionar no reservatório inferior, cal virgem, pois é um produto de baixo custo e fácil aquisição, sendo bastante eficaz no aumento e conseqüentemente correção do pH.

6 CONCLUSÃO

A partir do apresentado é possível verificar que o protótipo demonstrou um forte indicativo de viabilidade para com a região, tendo em vista a sua eficácia na eliminação de poluentes bacteriológicos, e que, com exceção da variável pH, todos os parâmetros ficaram dentro dos padrões exigidos pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Os resultados positivos motivaram a criação de um sistema de tratamento e captação de água subterrânea para residências unifamiliares com características semelhantes as do protótipo, sendo a correção da variável pH realizada por meio da utilização da cal virgem.

Além disso, também foi possível desenvolver uma ferramenta computacional visando a praticidade do profissional que for projetar esse sistema. A ferramenta possui fácil manuseio e interface autoexplicativa, com soluções, validadas com êxito, por cálculos manuais. Ferramentas como essa nos dias de hoje é de suma importância, principalmente quando se trata de um novo sistema em fase de implementação.

Dos dados obtidos, faz-se necessário estimular o uso desse equipamento, que, por ser uma tecnologia de baixo custo, pode ser ampliada para as demais comunidades rurais, contribuindo com isso, para o desenvolvimento sustentável e melhoria da saúde de diversas famílias.

TREATMENT ALTERNATIVE OF GROUNDWATER IN RURAL COMMUNITIES

ABSTRACT

In Brazil, especially in the semiarid region, groundwaters represent an important alternative to minimize the problems of water scarcity. However, the lack of sanitation in most cities, compromises groundwater's quality, which require appropriate treatment to facilitate their consumption. With emphasis on social, cultural and economic of the rural population, this article proposes a treatment system and underground water catchment for single-family homes, based on the results obtained from a prototype that uses solar radiation to improve quality parameters of groundwater. The prototype consists of a water jug 20L, a zinc plate and a flexible hose crystal. The water to be treated was stored in the paint and using the hose on the zinc plate was exposed for a period of 6 hours to solar radiation. As a result it was verified that the prototype is quite effective in eliminating bacteriological pollutants and, with the exception of pH, all parameters were within the standards required by Decree 2,914/11 of the Ministério da Saúde. The positive results led to the creation of a new harvesting system and groundwater treatment for single-family homes, with characteristics similar to the prototype, and the pH correction performed by use of quicklime. From the data obtained, it is necessary to encourage the use of this system for the various rural communities, a contributing factor to sustainable development and improving the health of many families.

Keywords: Well Water. Disinfection. Solar Radiation.

REFERÊNCIAS

AESA. AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **ÚLTIMAS INFORMAÇÕES RECEBIDAS SOBRE OS VOLUMES DOS 126 RESERVATÓRIOS D'ÁGUA DA PARAÍBA MONITORADOS PELA AESA**. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br>>. Acesso em: 26 out. 2016.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **CONJUNTURA dos Recursos Hídricos no Brasil Informe 2014**, Brasília, 2015. Encarte Especial sobre a Crise Hídrica, p. 5.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalações Prediais de Água Fria. Rio de Janeiro, 1982.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5759**: Determinação de cloreto em água - Método Argentométrico. Rio de Janeiro, 1975.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12621**: Águas - Determinação da dureza total - Método titulométrico do EDTA - Na- Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14339**: Water - pH determination - Electrometric method. Rio de Janeiro, 1999.

BRASIL. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. **Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**, Ministério da Saúde, Brasília, DF, 26 out. 2016. Anexos.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **L5.202**: Coliformes totais e fecais - determinação pela técnica de tubos múltiplos: método de ensaio. São Paulo, 1993.

CETESB e ANA. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO E AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras**: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos. Brasília, 2011. 327p.

CIRILO, J. A.; BAPTISTA, M. B.; COELHO, M. M. L. P.; MASCARENHAS, F. C. B.; CANALI, G. V.; CABRAL, J. J. S. P.; AZEVEDO, J. R. G.; MONTENEGRO, S. M. G. L. **HIDRÁULICA APLICADA**. Porto Alegre: ABRH, 2014. 627p.

COSTA, V. H. G.; FERREIRA, J. H. S.; RODRIGUES, A. A. DESINFECÇÃO DE ÁGUA DOCE POR RADIAÇÃO SOLAR. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2007. p. 1-6.

DANIEL, L. A.; BRANDÃO, C. C. S.; GUIMARÃES, J. R.; LIBÂNIO, M.; LUCA, S. J. **Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável**. Rio de Janeiro, 2001. 149p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Paraíba-Araruama**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 26 out. 2016.

KONEMAN, E. W.; ALLEN, S. D.; JANDA, W. M.; SCHRECKENBERGER, P. C.; WINN Jr., W. C. **Diagnóstico Microbiológico**. Rio de Janeiro: MEDSI, 2001. 1465p.

LENCASTRE, A. **Hydraulique générale**. Paris: Éditions Eyrolles, 1996. 633p.

MEDEIROS, S. S.; LIMA, R. C. C.; LIMA, J. P.; NUNES, T. H. C. **MONITORAMENTO DOS RESERVATÓRIOS DA REGIÃO SEMIÁRIDA**, Campina Grande, v. 3, n. 09, p. 7-24, set. 2016.

MONTEIRO, P. C. G.; BRANDÃO, C. C. S.; SOUZA, M. A. A. VIABILIDADE DO USO DA RADIAÇÃO SOLAR NA DESINFECÇÃO DA ÁGUA. In: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 26., 1998, Lima/Perú. **Anais...** Lima/Perú, 1998. p. 1-20.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração Universal dos Direitos da Água**. Dia mundial da água. 22 de março de 1992.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba. **PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Relatório Final**. João Pessoa, PB, 2006. 255p.

PORTO, R. M. **HIDRÁULICA BÁSICA**. São Carlos: EESC-USP, 2006. 519p.

SENTELHAS, P. C.; MARIN, F. R.; FERREIRA, A. S.; SÁ, E. J. S. **BANCO DE DADOS CLIMÁTICOS DO BRASIL**. Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/>>. Acesso em: 26 out. 2016.

SILVA, M. J. M. **Desinfecção de Água Utilizando Energia Solar (SODIS): Inativação e Recrecimento Bacteriano**. 2004. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2004.

SILVA, M. B.; SANTOS, D. B.; SILVA, G. P.; BATISTA, R. O.; SILVA, S. C. TRATAMENTO DA ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNAS UTILIZANDO RADIAÇÃO SOLAR. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, v. 9, n.16, 2013.

SILVA, P. J. L.; SANTOS, L. L.; GOMES, B. M. C.; NEVES, Y. T. GERENCIAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO CURIMATAÚ ORIENTAL PARAIBANO: ANÁLISE DO MUNICÍPIO DE ARARUNA-PB. In: Workshop Internacional sobre Água no Semiárido, 2., 2015, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 2015. p. 1-6.

VIANA, P. M. R.; CASTRO, M. P.; VIEIRA, C. B.; NEIVA, R. S.; LINHARES, L. M.; COSTA, O. S. DETERMINAÇÃO DE RUGOSIDADE EM TUBULAÇÕES: UMA PROPOSTA DE PRÁTICA DE LABORATÓRIO PARA CURSOS DE FENÔMENOS DE TRANSPORTE. In: Congresso Brasileiro de Química, 48., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008. p. 1-2.

WITT, V. M.; REIFF, F. M. **Selección de los sistemas de desinfección desde la perspectiva de los subproductos de la desinfección**. In: La Calidad del Agua Potable en America Latina: Ponderación de los Riesgos Microbiológicos contra los Riesgos de los Subproductos de la Desinfección Química, editado por Craun, G.F. e Castro, R., 153-186. ILSI Press, Washigton, EUA, 1996.

ZAPOROZEC, A.; MILLER, J. C. **Ground-Water Pollution**. Paris, 2000.