



Capítulo 6

Processo de Captação Subsuperficial com
Pré-filtração de Água

Processo de Captação Subsuperficial com Pré-filtração de Água

*Cleverson V. Andreoli
Wandir Nogueira Rocha
Wagner Schuchardt*

1. Introdução

Os modernos sistemas de gestão de resíduos devem priorizar alternativas de redução da produção, reúso e reciclagem e finalmente buscar formas de disposição final como aterros ou incineração. O volume e composição do lodo de água são influenciados pelas características da água bruta captada, pelos produtos químicos e o processo de tratamento adotado.

As águas subterrâneas por apresentarem padrões de qualidade superior às captações superficiais, geralmente não geram lodo e quando isso acontece a quantidade é muito restrita. As características químicas, físicas e biológicas água captadas na superfície são influenciadas pelo uso e manejo do solo a montante das bacias hidrográficas de captação e ao regime hídrico; ambientes lóticos contem uma maior quantidade de sedimentos enquanto nos ambientes lênticos, uma fração deste material é depositada no fundo dos reservatórios, formando

ANDREOLI, C. V.; ROCHA, W. N.; SCHUCHARDT, W. Processo de Captação Subsuperficial com Pré-filtração de Água. In: CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V. (Coord.). Lodo de Estações de Tratamento de Água – Gestão e Perspectivas Tecnológicas. Curitiba: Sanepar, 2013. p. 273-300.

o lodo de fundo e conseqüentemente reduzindo sua concentração na água captada.

Dentre as características da água bruta, a concentração dos sólidos sedimentáveis apresenta grande correlação como a quantidade de lodo de água, enquanto que as demais características tem pouca influência no volume, contudo são muito importantes na composição química do lodo produzido. Em condições normais a fração mineral é predominante nos sólidos sedimentáveis, embora intimamente relacionada a matéria orgânica e a compostos adsorvidos. A origem principal destes sólidos é o processo erosivo natural e antrópica, portanto as condições de uso e manejo dos solos a montante das captações são determinantes na produção de lodo.

Atualmente, com o acelerado crescimento populacional, os centros urbanos vêm se expandindo, inclusive avançando nos mananciais de abastecimento de água. A intensificação das atividades agropecuárias também acelerou o processo de degradação ambiental, contribuindo com o aumento de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica, além de resíduos de agrotóxicos utilizados no processo produtivo.

O processo erosivo é determinado pela erodibilidade do solo e erosividade da chuva. Segundo Bertoni & Lombardi Netto (1999) a erosão no Brasil é responsável anualmente pela perda de pelo menos quinhentos milhões de toneladas de terra. A erodibilidade é entendida como a susceptibilidade do solo a erosão, que é influenciada pela declividade, textura, comprimento da rampa, infiltração de água e cobertura do solo. A erosividade é um atributo da chuva, diretamente proporcional a sua energia, portanto mais relacionada a intensidade do que ao volume de precipitação. As matas ciliares também apresentam grande importância na qualidade de água, especialmente em ambientes de menor declividade, pois em ambientes de topografia mais acidentada, a água proveniente do escoamento superficial alcança os cursos hídricos em fluxos mais intensos, que transpassam as faixas ciliares, transportando os sedimentos diretamente no curso hídrico.

A qualidade da água bruta, além de influenciar as características e quantidade de lodo, é determinante na qualidade da água produzida. Estudos desenvolvidos por Andreoli et al (1997) demonstraram grande correlação entre a qualidade da água bruta com a tratada. O estudo também demonstrou que a redução paulatina da qualidade da água bruta determina o aumento do consumo dos produtos químicos utilizados no tratamento, que conseqüentemente se reflete na produção do lodo de água.

Para manter e melhorar a qualidade da água bruta são adotados sistemas de gestão de mananciais de abastecimento, compostos por um conjunto de medidas de medidas, que tem por objetivo influenciar o uso e manejo a forma de uso e manejo dos solos da bacia, de forma que tragam menores impactos na água. Estas práticas são imprescindíveis e devem cada vez ocupar um espaço mais importante nas agências de gestão de águas, órgãos ambientais, concessionárias de serviços de saneamento e da sociedade civil. Vários estudos foram conduzidos no Estado do Paraná para orientar formas mais eficientes de gestão de mananciais, que gerou importantes publicações como os livros: Mananciais de Abastecimento – Planejamento e Gestão (ANDREOLI, 2003) e gestão de mananciais eutrofizados (ANDREOLI & CARNEIRO, 2005) e gestão preventiva de mananciais (CUNHA et al, 2011).

As pesquisas mostraram que os custos da degradação ambiental superam a necessidade de investimentos para a manutenção e melhoria da qualidade de água das bacias. O estudo conclui que “o caro não é a conservação, mas sim a degradação da qualidade da água”. Desta forma embora os procedimentos de gestão de mananciais apresentem grande complexidade, devem ser desenvolvidos de forma sistemática e contínua em todos os mananciais. Segundo Andreoli (2003), os procedimentos para ordenar o uso dos mananciais se embasam em dois princípios: o estímulo aos usos e atividades adequadas respeitando as potencialidades da bacia e a observação as suas fragilidades ambientais, proibindo atividades impróprias.

No estudo elaborado por Cunha et al (2011) foi apresentado o estudo interdisciplinar ao longo de 30 meses da Bacia do Rio Verde, estabelecendo as principais causas que levam a perda da qualidade de água decorrente ao processo de eutrofização artificial nos reservatórios. É proposto um método de gestão de bacias hidrográficas, que diferentemente dos métodos tradicionais, baseados geralmente em medidas corretivas, enfatiza a implementação de ações preventivas.

Para promover a potabilização da água são adotados sistemas de tratamento, que através de diferentes processos retiram as impurezas e promovem a higienização, geralmente após sua captação.

Dois processos são classicamente adotados para a melhoria da qualidade de água antes da captação: o sistema de filtração de margem e a filtração natural, ambos bastante utilizados na Alemanha. O sistema de filtração de margem consiste em promover o fluxo da água dos rios ou reservatórios através dos solos existentes nas margens das fontes de captação, para a posterior captação em poços. A adoção deste sistema depende da existência de formações geológicas compatíveis, com rochas permeáveis e da construção de poços específicos para este fim, que geralmente apresentam custos bastante elevados.

A filtração natural é um processo de utilização da água freática pela construção de extensos drenos enterrados a baixas profundidades, que deságuam em uma caixa para posterior bombeamento. Na parte superior dos drenos é implantado um sistema de isolamento, geralmente com lonas impermeáveis, das águas pluviais para evitar que a água da chuva, que pode ser contaminada com elementos existentes, se infiltrem diretamente da superfície do solo. Este sistema também depende de uma condição geológica favorável e apresenta custos elevados, contudo geralmente são menores quando comparados com a filtração de margens.

O sistema desenvolvido pela Sanepar é denominado de Captação Subsuperficial com Pré-filtração e tem como princípio promover

a melhoria da qualidade da água captada de rios, através de drenos subsuperficiais, construídos abaixo do leito do rio, com um sistema de filtração que reduz a entrada de impurezas, especialmente sólidos sedimentáveis, antes da captação. Embora o objetivo original da pesquisa tenha sido a redução da produção de lodo de água, o sistema apresenta uma série de vantagens decorrentes da melhoria da água captada. Entre estas vantagens destacam-se: a melhoria da qualidade da água bruta facilitando o processo de tratamento, a redução do consumo de produtos químicos, a redução da produção de lodo de água, a redução do consumo de energia elétrica e o aumento da disponibilidade de água em épocas críticas. Como sua construção depende de um desvio temporário no leito do rio, é mais apropriado para sistemas de abastecimento de pequeno e médio porte, geralmente em rios de até 10 metros de largura.

2. O abastecimento da água no Brasil e Paraná

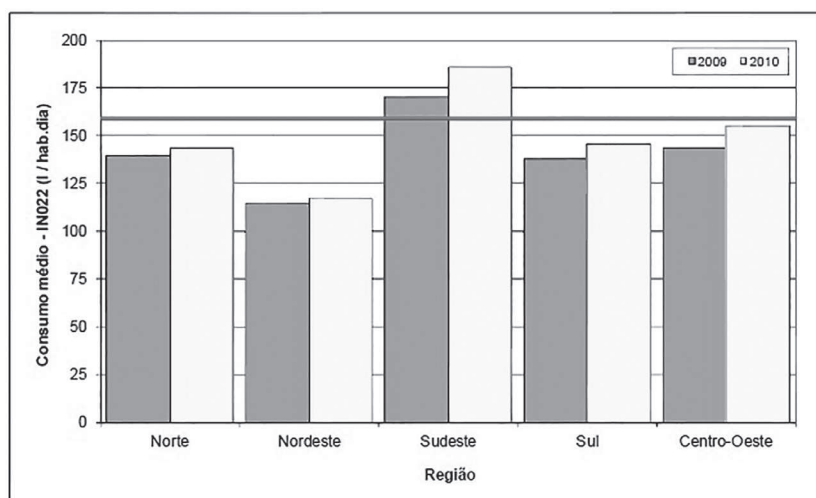
A água constitui-se em elemento essencial à vida. O acesso à água de boa qualidade e em quantidade adequada influencia diretamente a saúde da população de forma preventiva, contribuindo para reduzir a ocorrência de diversas doenças. O serviço de abastecimento de água é constituído pelas seguintes etapas: captação da água bruta, tratamento para adequação de sua qualidade, transporte e distribuição à população através de rede de (PNSB, 2008).

Segundo o Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento – SNIS (SNIS, 2012) aumentou o índice de atendimento por redes de água nas áreas urbanas das cidades brasileiras, com uma média nacional de 92,5%. Nas regiões Sudeste e Sul os índices médios foram ainda maiores, com 96,6% e 96,0% de atendimento, respectivamente.

Foram analisados 4.952 municípios brasileiros, que no seu conjunto apresentaram um total de 510 quilômetros de rede de água. Observou-

-se um aumento de consumo médio de água de 148,7 para 159,0 litro/hab em 2010, o que representa um aumento de 7,1% em relação a 2009.

Na Figura 6.1 está exposto os índices de consumo per capita de cada região.



Fonte: SNIS, 2012.

Figura 1 - Consumo médio per capita (indicador IN_{022}), em 2009 e 2010, segundo região geográfica e média do país

A Figura 6.2 demonstra que a Região Sudeste apresenta o maior consumo médio per capita do país, igual a 185,9 L/hab.dia, sendo a única acima da média nacional – 16,9 vezes maior. Por outro lado a Região Nordeste apresenta o menor consumo regional, 26,2% abaixo do consumo nacional. No gráfico abaixo se observa o aumento do consumo em cada estado e região geográfica nos anos de 2009 e 2010, e sua respectiva variação.

Com foco na região Sul, a variação entre 2009 e 2010 foi de 5,3%, liderado pelo Estado do Paraná com um aumento de 6,1%, enquanto que no Rio Grande do Sul foi de 4,7% e em Santa Catarina de 5,0%.

Estados / Regiões	IN ₀₂₂ (l/hab.dia) Ano 2009	IN ₀₂₂ (l/hab.dia) Ano 2010	Varição 2009 / 2010
Acre	187,0	148,3	-20,7%
Amazonas	127,1	144,7	13,8%
Amapá	171,9	146,8	-14,6%
Pará	147,1	141,9	-3,5%
Rorônia	123,7	141,5	14,4%
Roraima	145,4	159,1	9,4%
Tocantins	132,3	139,1	5,2%
Norte	139,5	143,5	2,9%
Alagoas	86,8	91,6	5,5%
Bahia	120,0	120,3	0,2%
Ceará	130,3	139,4	7,0%
Maranhão	147,2	128,8	-12,5%
Paraíba	103,2	111,3	7,9%
Pernambuco	90,9	96,6	6,3%
Piauí	114,2	115,9	1,5%
Rio Grande do Norte	113,9	124,7	9,5%
Sergipe	117,3	118,7	1,2%
Nordeste	114,4	117,3	2,5%
Espírito Santo	182,6	193,3	5,9%
Minas Gerais	137,4	147,0	7,0%
Rio de Janeiro	189,1	236,3	25,0%
São Paulo	177,8	184,7	3,9%
Sudeste	170,4	185,9	9,1%
Paraná	128,7	136,5	6,1%
Rio Grande do Sul	148,4	155,4	4,7%
Santa Catarina	138,1	145,0	5,0%
Sul	138,1	145,4	5,3%
Distrito Federal	172,0	183,3	6,6%
Goiás	127,4	137,9	8,2%
Mato Grosso do Sul	122,5	139,0	13,5%
Mato Grosso	168,2	175,1	4,1%
Centro-Oeste	143,7	154,9	7,8%
Brasil	148,5	159,0	7,1%

IN₀₂₂ - Consumo médio per capita de água (l/hab.dia)

Fonte: SNIS, 2012.

Figura 2 - Valores do Consumo médio per capita de água, em 2009 e 2010, segundo estado, região geográfica e Brasil

3. O tratamento de água

O crescimento da população exige maiores áreas para o crescimento das cidades e o aumento da produção agropecuária para suprir as necessidades humanas. A expansão urbana e a intensificação do uso agrícola nas áreas de mananciais geram impactos na qualidade da água, exigindo maiores gastos no sistema de tratamento. Além disso, em algumas situações a deterioração da qualidade da água inviabiliza a possibilidade de tratamento para o abastecimento público através de sistemas convencionais. Nessa condição o sistema requer adoção de padrões tecnológicos mais avançados que podem inviabilizar economicamente a alternativa de captação. Verifica-se em alguns casos o abandono de determinados mananciais, buscando-se pontos mais distantes para a captação de água bruta de melhor qualidade o que também determina aumento de custo pelo investimento em adutoras e custo operacional decorrente do consumo energético para o bombeamento da água para distâncias maiores.

Para fornecer água potável à população (Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde) utilizam-se os Sistemas de Abastecimento de Água, os quais são compostos, basicamente, pelos seguintes sub-sistemas: captação; estação de tratamento de Água (ETA) e rede de distribuição. A ETA constitui parte fundamental entre os subsistemas, que transforma a água bruta, geralmente imprópria para consumo humano, em água tratada. Quando a captação faz o aproveitamento de água subterrânea, geralmente não é necessário o tratamento da água, mas somente a sua cloração para garantir sua qualidade sanitária. As estações de tratamento de ciclo completo são as que têm o uso mais difundido no Brasil.

O sistema de tratamento completo realiza a remoção de partículas finas em suspensão presentes na água bruta, é composto, basicamente, pelas seguintes unidades: coagulação ou mistura rápida; floculação ou mistura lenta; decantação e filtração. Na unidade de coagulação são aplicados produtos químicos, os coagulantes, para a destabilização das partículas coloidais, formando flocos com ta-

manho suficiente que permitam a sua posterior remoção pela decantação. Nesta unidade é necessária a aplicação de elevados gradientes de velocidades, de forma a possibilitar a dispersão completa do coagulante na água. Na unidade de floculação há um baixo gradiente de velocidade, de forma a propiciar o choque entre partículas, e a consequente formação de flocos com tamanho suficiente para sua decantação. Na unidade de decantação os flocos formados precipitam pela ação da gravidade ficando separados da água decantada. Finalmente, a água decantada, com parte dos flocos e partículas que não sedimentaram, é encaminhada à unidade de filtração para a clarificação final.

Di Bernardo et al (2012) afirma que o processo de coagulação diferencia as tecnologias de ciclo completo e as de filtração direta. Na primeira, a coagulação é predominantemente realizada no mecanismo de varredura, produzindo excesso de precipitados do metal do coagulante. Nas estações de filtração direta a coagulação ocorre pelo mecanismo de neutralização de cargas das impurezas presentes na água bruta. Tanto a massa seca quanto o volume de resíduos gerados nas estações de ciclo completo são maiores comparativamente a filtração direta.

Em situações onde a qualidade da água encontra-se degradada geralmente apresenta elevação do consumo de coagulantes químicos e, conseqüentemente, do custo de tratamento. Verifica-se também um aumento na produção de lodo, tanto nos decantadores, quanto nos filtros, acarretando no aumento de custo para a sua disposição final ou geração de passivo ambiental decorrente da disposição inadequada. O aumento da produção de lodo representa também elevação do gasto de energia.

A medição dos parâmetros da água bruta é fator chave para o tratamento tais como: cor, turbidez; condutividade; Sólidos totais e Suspensos; temperatura; pH; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Demanda Química de Oxigênio (DQO); Nitrogênio; Fósforo; Coliformes Totais; Coliformes Fecais; *Escherichia coli*.

Sperling (2005) relaciona os parâmetros avaliados com a origem dos fatores contaminantes:

- Cor (UC), geralmente associada com a presença de sólidos dissolvidos e partículas coloidais, oriundos da decomposição de matéria orgânica, ferro e manganês, bem como de resíduos industriais e esgotos domésticos. Sua importância está associada a caracterização de águas brutas e tratadas para abastecimento.
- Turbidez (UNT), que pode estar relacionada a presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila), detritos orgânicos, algas, bactérias, plâncton em geral. Sua utilização está voltada para o controle operacional de Estações de Tratamento de Água.
- Temperatura (°C), medida por meio da intensidade do calor que influencia todos os processos físico-químicos e biológicos da água. Sua origem pode ser natural proveniente da irradiação solar ou por meio de ações antrópicas, como despejos industriais e torres de resfriamento.
- Oxigênio Dissolvido – OD (mg/L), consiste num indicativo do grau de poluição da água que está associado à quantidade consumida para a decomposição de compostos orgânicos. Permite a caracterização de corpos hídricos eutrofizados ou contaminados por despejos orgânicos.
- Potencial Hidrogeniônico – pH; fornece a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água e permite o controle adequado das ETAs de acordo com a faixa de pH. Bastante utilizado como parâmetro analítico na coagulação, desinfecção, bem como para o controle da corrosividade e remoção da dureza. No tratamento de água e abastecimento público, a faixa de pH está associada a eficiência na etapa de coagulação, uma vez que os valores de pH influenciam os compostos químicos na água.
- Condutividade (mS/cm), originada da presença de íons dissociados eletroliticamente, e que podem ter origem em esgotos in-

dustriais ou domésticos, bem como da decomposição de rochas.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L), indicativo da contaminação por esgotos domésticos e retrata o grau de contaminação do corpo hídrico. Sua importância está associada à caracterização de águas residuárias brutas e tratadas.
- Demanda Química de Oxigênio – DQO (mg/L); caracteriza-se também por indicar o potencial consumido de oxigênio e retratar as condições do corpo d'água.
- Série do Nitrogênio, representada por: Nitrogênio Amônia, composto pela soma da Amônia Livre (NH_3) e do cátion Amônio (NH_4^+); Nitrito (NO_2^-); Nitrato (NO_3^-); Nitrogênio Total Kjeldhal – NTK. É constituinte de diversas proteínas, compostos orgânicos e da composição celular de microorganismos. Possui origem de despejos domésticos e industriais, fertilizantes e excrementos de animais. Sua importância está relacionada ao controle da eutrofização e pode caracterizar águas de abastecimento público e seu grau de poluição.
- Fósforo total, que, assim como o nitrogênio, se constitui em um dos principais nutrientes para os processos biológicos (macro-nutrientes). Mesmo não representando um elemento agravante sanitariamente, o fósforo é indispensável para o crescimento de algas que podem levar à eutrofização do ambiente.
- Sólidos suspensos e dissolvidos totais; pode indicar, além da contaminação orgânica recente por efluentes domésticos ou industriais, um excesso de matéria sólida levada aos rios por erosão, movimentação de terra na bacia e perda de mata ciliar. Estes sólidos podem comprometer a eficiência dos sistemas de tratamento, através da colmatação precoce dos filtros, e maior adição de produtos químicos para a clarificação da água;
- Oxigênio Dissolvido; considerado um dos principais parâmetros que caracterizam os efeitos da poluição em águas contaminadas por despejos orgânicos, está relacionado à estabilização

da matéria orgânica por processos respiratórios das bactérias. Sua total solubilidade varia de acordo com a altitude e temperatura e quando saturado no meio, torna o ambiente anaeróbio (ausência total de oxigênio), ocasionando maus odores.

4. Gestão de Mananciais de Abastecimento

Os centros urbanos vêm se expandindo em decorrência do elevado crescimento populacional. Nem sempre a ocupação dos espaços é realizada de forma adequada, podendo resultar em formas de ocupação desordenada e irregular que pressionam os mananciais de abastecimento, determinando a degradação da qualidade da água. Por este motivo, novas tecnologias de tratamento, alternativas às tecnologias tradicionais, vêm sendo desenvolvidas, avaliadas e implementadas.

Desta forma os sistemas de pré-tratamento de água bruta, tais como os sistemas de filtração natural e o em margens, vem ganhando espaço.

O Sistema de filtração natural foi desenvolvido na Alemanha e se tornou prática disseminada nas regiões andinas da América Latina, a exemplo da Venezuela, Argentina e Bolívia. Essas regiões convivem com a escassez de água no inverno e chuvas intensas no verão, o piora a qualidade das águas superficiais, especialmente em relação a turbidez, que dificulta o tratamento. O sistema de filtração natural representa uma alternativa tecnológica para estas áreas, que compreendem extensas áreas montanhosas e planícies de aluvião com particularidades geológicas limitantes (ANDREOLI et al., 2000).

O sistema é composto de drenos subsuperficiais, horizontais e longitudinais, enterrados a baixas profundidades e de câmaras sequenciais de acumulação de água. Os drenos são recobertos com materiais de isolamento e lonas impermeáveis para evitar a entrada de água superficial, que pode apresentar um padrão de qualidade inferior ao das fontes subterrâneas. A velocidade de filtração pode ser regulada

evitando a sobrecarga do sistema. A água drenada da última câmara de carga deságua em uma canaleta superficial, onde ocorre cloração, para posterior distribuição no sistema.

O sistema de filtração de margem começa a ser adotado em alguns locais da região sul do país. Rabelo (2006) avaliou o método de pré-tratamento da água captada na lagoa do Peri, Florianópolis/SC para a remoção de algas presentes nesta lagoa. Esse método utilizou poços localizados próximos à margem do lago, que flui através vazios do solo, promovendo a sua filtração. O estudo prevê que o fluxo hídrico, através da passagem subterrânea, pode melhorar consideravelmente a qualidade da água, particularmente sua turbidez. Essa melhora da qualidade da água ocorre devido a fatores físicos, químicos e biológicos na passagem da água pelo subsolo, removendo eventuais impurezas presentes na água. Após a realização de ensaios experimentais, tanto de campo quanto de laboratório, os dados demonstraram que a infiltração em margem se mostrou viável como alternativa de pré-tratamento. Mondardo et. al. (2007) avaliou o desempenho da filtração em margem como pré-tratamento na redução dos custos de tratamento, da remoção de células de cianobactérias e de saxitoxinas. Os resultados demonstraram que a filtração em margem foi uma tecnologia promissora no que tange à remoção de cianobactérias e saxitoxinas. Também foi observada a redução de 50% no consumo de sulfato de alumínio, comparativamente aos valores dos ensaios realizados sem o pré-tratamento.

5. Descrição do sistema de captação subsuperficial com pré-filtração

Uma das alternativas ao processo de pré-tratamento consiste na captação da água ainda dentro do manancial superficial, através de uma pré-filtração da água no próprio leito do rio, a qual será posteriormente captada e aduzida para a ETA, para então passar pelas etapas subsequentes do tratamento.

O sistema é composto de um conjunto de captação subsuperficial com uma camada filtrante, cisterna de armazenamento de água para bombeamento, um sistema de retrolavagem e sistema de remoção de lodo de fundo. Estão sendo conduzidos estudos hidrodinâmicos que permitam fazer a modelagem do curso hídrico para orientar a escolha do local para implantação do sistema, considerando as zonas de deposição e de arraste naturais do curso hídrico.

5.1. Sistema de captação subsuperficial com pré-filtração

A escolha da ETA Cercadinho se deu principalmente devido a grande variação da qualidade da água bruta em decorrência de chuvas ou usos de montante, que em muitas situações determinavam a necessidade da interrupção da captação, o porte do sistema. Além disso, a barragem de nível da ETA necessitava de reparos e melhorias. A execução destas obras dependia de um desvio do leito original do rio que foi executado com sucesso. Então, implantou-se o Sistema Piloto de Captação Subssuperficial com Pré-filtração - CSPF.

Com o rio desviado foi escavada uma área de três metros de largura por seis de comprimento, perpendicular ao eixo do rio onde foram construídos três gabiões paralelos de seis metros de comprimento, um de altura e um de largura, com tela e rachão. No meio destes gabiões foram assentados os tubos de filtro, fechados em uma das extremidades e na outra, com uma tubulação com ponta e bolsa ou flange, para transportar a água drenada pelo filtro até a cisterna construída na margem esquerda, por baixo do leito do rio. O trecho de filtros é instalado somente nas áreas de captação dentro do gabião e o trecho condutor até o poço de sucção em tubulação normal, para evitar a coleta de água do lado de fora da área filtrante (Figura 6.3).

Nesta concepção de captação, são dimensionados tubos de filtro espiralado construídos por eletrofusão de perfil trapezoidal em V de 100 a 400 mm, comumente utilizados para captação de água subterrânea, com aberturas de 0,75 mm (0,5 a 1,00 mm), que permitam a produção da vazão necessária ao sistema.



Figura 6.3 – Fase intermediária de montagem do filtro

Recomenda-se não utilizar taxas maiores que os de filtração convencionais e adotar mínimo de três dutos de forma que a retrolavagem proposta, aplicada em duto único permita a produção de vazões bem maiores que as de filtração possibilitando o atrito e a soltura de partículas capturadas pelo sistema filtrante.

No caso específico foram instalados três tubos de 6 metros, totalizando 18 metros de filtros. Este dimensionamento permite a produção da vazão proposta no sistema taxa de filtração de $288 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ e taxa de lavagem superior a $1.000 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$. Durante a construção dos gabiões (Figura 6.4), intercalado com os rachões foi adicionado areia torpedo, de 1,2 a 3,0 mm, com objetivo de compor um sistema de filtração subsuperficial.

Como o leito do rio apresenta várias surgências de água subterrânea, foi necessário instalar uma bomba submersível em uma caixa de 2 metros de profundidade, para fazer a drenagem do subleito, permitindo a construção dos gabiões. A vazão destas surgências era cerca de 5 L/s, pois a construção se deu em períodos de pouca precipitação atmosférica. Nas laterais do gabião foram implantadas lâminas de po-



Figura 6.4 - Gabião preenchido por areia e rachão

lipopileno de 6mm de espessura de forma a proteger o sistema da entrada de sólidos pelas laterais além de direcionar o fluxo da água da retrolavagem para a parte superior do sistema, evitando sua dispersão pelos lados. No fundo e nas laterais do sistema foi colocada uma manta de tecido geotêxtil de drenagem, para evitar o arraste de finos para dentro do sistema no fluxo das surgências de água subterrânea. Como a água subterrânea apresenta melhor qualidade verifica-se um aumento da disponibilidade de água em períodos de seca.

Na parte superior foi colocado um filtro de proteção do sistema, que também evita entrada de finos protegendo o sistema da colmatção prematura, que pode ser substituído. É composto de duas telas dobradas horizontalmente, de 3m x 3m (cada tela tem 6m x 3m que foi dobrada ao meio). No interior de cada uma das telas foi colocada uma manta de geotêxtil de drenagem, também dobrada. As extremidades das telas foram amarradas com arame e nos vértices foram adaptadas argolas, que foram encaixadas em tubos verticais assentados com concreto das extremidades do sistema de filtragem, permitindo sua substituição pela parte superior, em caso de entupimento (Figura 6.5).



Figura 6.5 – Fase final do filtro recoberto por manta

O sistema de substituição deste filtro de proteção superior pode ser melhorado, com a adaptação de um sistema de catracas, que permitam erguer o filtro de proteção, para facilitar a sua substituição sem a necessidade do operador entrar no rio. Os cortes do projeto do Sistema de Captação Subsuperficial com pré-filtração estão dispostos nas Figuras 6.6 e 6.7, relacionadas a seguir.

5.2. Cisterna para armazenamento de água e bombeamento

Na margem do rio foi construída uma cisterna de 1,50 m x 4,00 m x 3,30 m com objetivo de armazenar a água drenada pelos filtros, permitindo o seu bombeamento. O tamanho do poço de sucção pode ser maior atendendo a outras necessidades, como aumentar o volume para retrolavagem dos drenos.

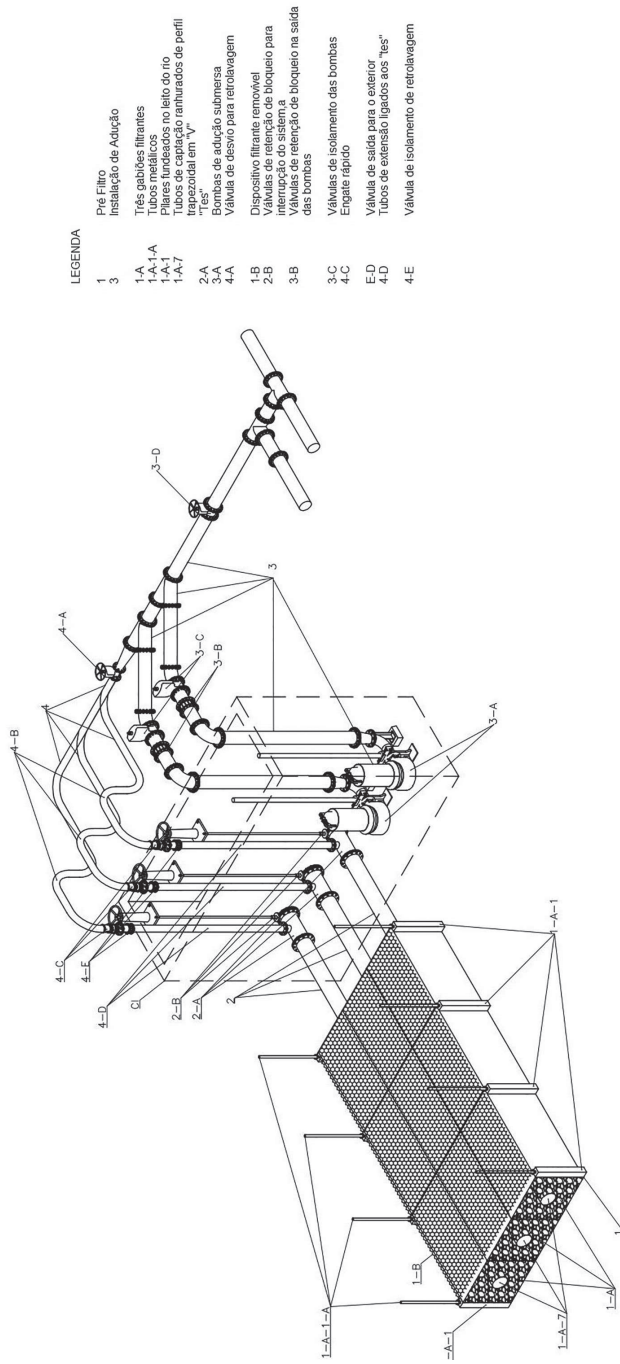
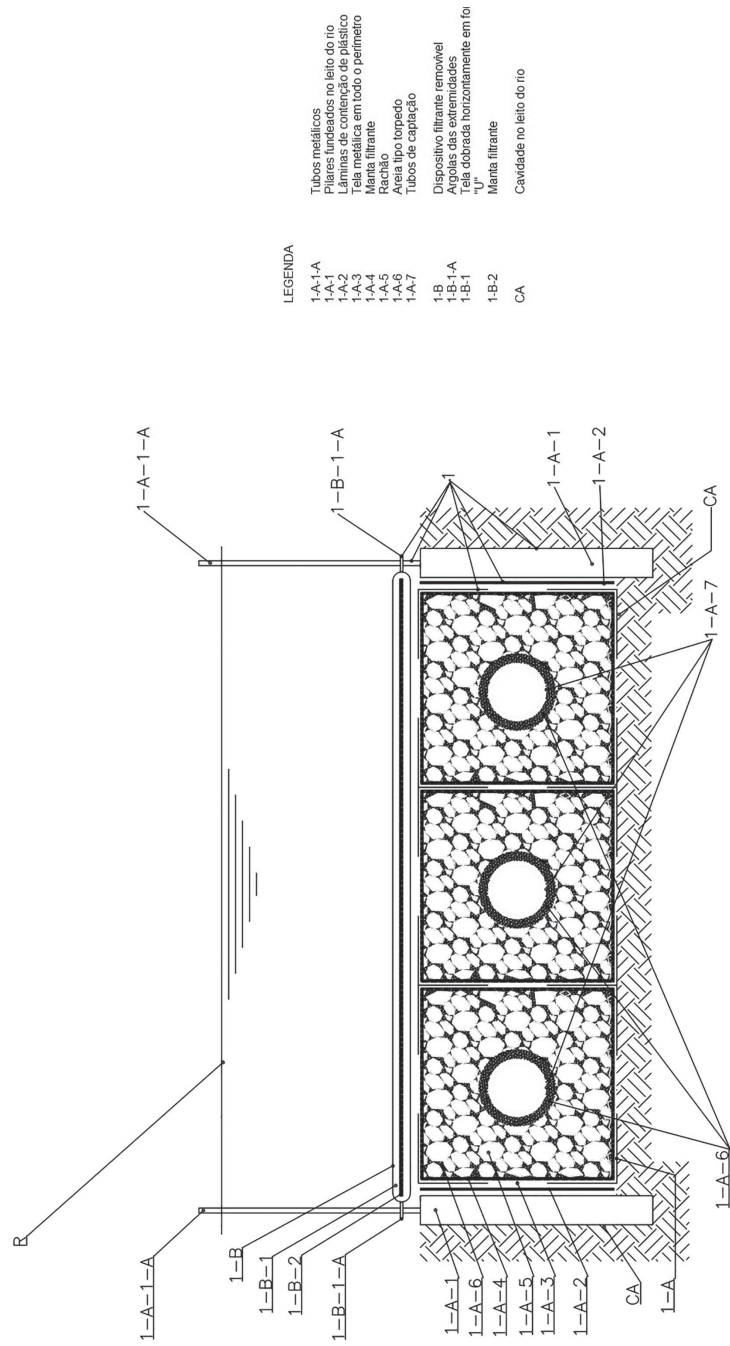


Figura 6.6 - Vista em perspectiva do Sistema de Pré-filtração



LEGENDA

- 1-A-1-A
- 1-A-1
- 1-A-2
- 1-A-3
- 1-A-4
- 1-A-5
- 1-A-6
- 1-A-7
- 1-B
- 1-B-1-A
- 1-B-1
- 1-B-2
- CA

- Tubos metálicos
- Pilares fundados no leito do rio
- Lâminas de contenção de plástico
- Tela metálica em todo o perímetro
- Manta filtrante
- Rachão
- Areia tipo torpedão
- Tubos de captação
- Dispositivo filtrante removível
- Argolas das extremidades
- Tela dobrada horizontalmente em fio
- Manta filtrante
- Cavidade no leito do rio

Figura 6.7 - Vista frontal em corte da estrutura dos gabiões

Como a base da cisterna fica abaixo do nível do leito do rio, a altura manométrica da coluna d'água permite a entrada de água no sistema pelos drenos, envoltos em uma camada filtrante, que foram construídos enterrados no leito do manancial superficial. A água do rio passa pelo leito filtrante e chega até o dreno, de onde é coletada e conduzida, por gravidade, até um poço coletor. Deste poço, a água pré-filtrada é bombeada até a estação de tratamento de água, onde passará por todos os processos do tratamento convencional: coagulação, floculação, decantação e filtração.

5.3. Sistema de retrolavagem

Em cada um dos tubos foi acoplado um registro permitindo que a captação possa ser fechada individualmente e também uma tubulação de retorno, para permitir a retrolavagem.

A retrolavagem é executada através da tubulação de adução. Para tanto foi acoplado um registro que permite o uso da pressão da mesma bomba utilizada para a adução da água da cisterna a ETA (as dimensões da bomba 216 m³/h e 12,00 mca) em contra corrente, por um sistema de mangote com engate rápido. Desta forma pode ser retrolavado cada um dos filtros, utilizando a água pré-filtrada dos outros dois mais o volume do poço de sucção, evitando a colmatação interna dos filtros, que poderia ocorrer com o uso de água bruta.

A diferença da altura do nível de água do rio e o nível de água da cisterna em condições de bombeamento definem a perda de carga do sistema. Espera-se que com o passar do tempo, em condições normais de operação, que aumente a colmatação do sistema com as partículas e impurezas da água bruta, determinando um aumento paulatino da perda de carga, sugerindo-se a retrolavagem quando esta perda de carga aumentar 30% da original, ou quando chegar no nível mínimo operacional da bomba.

Não foi encontrado na literatura, artigos que apresentem a concepção, implementação e avaliação deste sistema adaptado de pré-filtragem. Assim, a presente pesquisa ganha ainda mais importância, uma vez que consiste num trabalho pioneiro, onde um novo método de pré-filtragem da água é proposto.

5.4. Sistema de limpeza do lodo acumulado

Com a operação do sistema, em função da hidrodinâmica do rio, houve o acúmulo de lodo de fundo sobre a superfície do sistema.

A retirada deste lodo permite um aumento da vida útil do filtro superior de proteção do sistema (composto de bidim® entre telas de arame). Em condições normais o fluxo do rio tende a levar os sedimentos que depositam sobre a área de captação. Como existe uma barragem a jusante, abriu-se a válvulas de fundo para promover um aumento de velocidade pela diminuição do nível de água e estimular o arraste dos depósitos para fora da captação.

O sistema para a retirada do lodo de fundo foi constituído de uma mangueira de bombeiro, acoplada com sistema de engate rápido em um T instalado entre o registro e a bomba, aproveitando-se assim o mesmo sistema utilizado para a retrolavagem. O uso deste tipo de mangueira permite um aumento da velocidade da água, que facilita o arraste do lodo acumulado sobre o sistema.

Esta operação também pode ser otimizada com a instalação de uma ou mais barras de aço que atravessem o leito do rio, onde a ponta da mangueira pode ser acoplada com um sistema que permita que o jato de água sobre a camada filtrante de proteção, sem que o operador tenha que entrar no rio.

5.5 Metodologia do projeto

A Estação de Tratamento de Água (ETA) Cercadinho (Figura 6.8), localizada em Campo Largo, Região Metropolitana de Curitiba, capta

água do rio Verde no ponto de coordenadas UTM 65521m N e 7186497m S. Esta ETA abastece uma parte do município de Campo Largo, funcionando de 12 a 16 horas por dia, com uma vazão aproximada de 60 L/s (216 L/h). A área da Bacia de contribuição no ponto de captação da ETA (área do manancial superficial) é de 36,5 km². Esta bacia possui características rurais, com pequenas manchas urbanas na cabeceira, a qual é cortada por uma Rodovia Estadual, a PR-090. O sistema trabalha com auxílio de 2 bombas submersas com 20 CV de potência cada uma, adutora com diâmetro nominal (DN) de 250 mm, e comprimento de 190 m. Os resultados preliminares do monitoramento revelaram eficácia na remoção de sólidos, turbidez e cor. Foram realizadas 6 coletas de água antes e após o filtro para comparação. Essas foram submetidas à análise de 25 parâmetros físico-químicos e biológicos.

Os resultados demonstraram a remoção de sólidos dissolvidos totais em quatro das seis amostras coletadas, alcançando uma eficiência de 25%, quando a água do pré-filtro apresentou 123 mg/L de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) e a pós filtragem 93 mg/L. Os Sólidos Suspensos Totais (SST) apresentaram decréscimo nos valores, no sistema piloto, em cinco das seis amostras resultando em 29 % de remoção.

Para a análise dos resultados foram utilizadas ferramentas estatísticas, em especial o teste t, que estuda o efeito de dois tratamentos observados para um par de amostras, antes e após filtro. Os resultados observados mostraram redução significativa em um intervalo de 95% de confiança para os parâmetros pH e oxigênio dissolvido, e quanto a condutividade elétrica foi observado aumento em todas amostras. Os resultados de DQO, DBO e Coliformes revelaram pouca ou nenhuma diferenciação da água filtrada em relação à água bruta. Da mesma forma outros indicadores físico-químicos como o alumínio total, cloreto, dureza total, fluoreto, fósforo total antes e pós-filtro apresentaram pequenas variações nas análises. Os valores obtidos para a alcalinidade e o carbono orgânico total (COT) mostraram redução nas amostra avaliadas, contudo sem diferença estatística.

Os resultados parciais da pesquisa revelam a necessidade de um estudo maior e mais aprofundado, visto que o número de amostras realizada na fase de pré-operação, embora apresentem melhoria da qualidade da água, não revelam resultados conclusivos em relação a eficiência do filtro. Os dados preliminares apresentam a tendência de uma maior eficiência para água bruta de menor qualidade, contudo é necessária a confirmação estatística que permita a mensuração destas variações de eficiência.

Outra variável que deve ser avaliada é o efeito colmatação do sistema. O preenchimento do meio filtrante com partículas e micro-organismos pode interferir na eficiência e qualidade da água filtrada tanto de forma positiva quanto de forma negativa. Quando esta ocorrer será possível acionar o sistema de retrolavagem a fim de “limpar” o filtro.

Salienta-se ainda que no período de avaliação o sistema operava de modo descontínuo, que era acionado poucas horas antes da coleta. A água pré-filtrada era armazenada na cisterna de onde eram coletadas as amostras para análise, o que pode apresentar diferenças em relação ao funcionamento contínuo. Somente o funcionamento contínuo por períodos maiores que seis meses vão permitir a análise sobre as eventuais adequações e melhorias necessárias.

5.6 Resultado da pesquisa da ETA Piloto Cercadinho

A ETA Cercadinho (Figura 6.8), localizada em Campo Largo, Região Metropolitana de Curitiba, capta água do rio Verde no ponto de coordenadas UTM 65521m N e 7186497m S. Esta ETA abastece uma parte do município de Campo Largo, funcionando de 12 a 16 horas por dia, com uma vazão aproximada de 60 L/s (216 L/h). A área da Bacia de contribuição no ponto de captação da ETA (área do manancial superficial) é de 36,5 km². Esta bacia é basicamente rural, com pequenas manchas urbanas na cabeceira da mesma, a qual é cortada por uma Rodovia Estadual, a PR-090. O sistema trabalha com auxílio de 2 bombas submersas com 20 CV de potência cada uma, adutora com diâmetro nominal (DN) de 250 mm, e comprimento de 190 m com.



Figura 6.8 – Barragem de nível a jusante do Ponto de Captação da ETA Cercadinho

Os resultados do monitoramento demonstraram eficácia na remoção significativa dos parâmetros de sólidos, turbidez e cor. Foram realizadas 6 coletas de água antes e pós filtro para comparação. As amostras coletadas foram submetidas à análise de 25 parâmetros físico-químicos e biológicos.

Os resultados demonstraram a remoção significativa de sólidos dissolvidos totais em todas as amostras coletadas, alcançando uma eficiência máxima de 25%, quando a água pré-filtro teve 123 mg/L de SDT e a pós filtragem teve 93 mg/L.

Os Sólidos Suspensos Totais também tiveram valores positivos de remoção no sistema piloto, atingindo 29 % de remoção de SST.

A redução de cor também foi efetiva no sistema. Na primeira coleta realizada no sistema piloto registrou-se 63,3 UC (unidades de cor) na água bruta e 35,5 UC na água pré-filtrada. Assim como a turbidez apresentou nesta mesma coleta a remoção de 19%. Os parâmetros de pH, DQO, DBO e Coliformes revelaram pouca ou nenhuma diferenciação em relação a água bruta. Da mesma forma outros indicadores

físico-químicos como o alumínio total, cloreto, dureza total, fluoreto, fósforo total antes e pós-filtro apresentaram pequenas variações para mais e para menos nas análises. O parâmetro de condutividade demonstrou aumento significativo na água pós-filtro.

6 Conclusões

O Sistema de captação subsuperficial com pré-filtração no próprio manancial apresenta benefícios palpáveis, como, por exemplo, a remoção de partículas em suspensão, orgânicas e inorgânicas, além de eventuais concentrações de algas, bactérias, vírus e parasitas. Através da pré-filtração, uma parcela da turbidez é removida antes de chegar a ETA, diminuindo, assim, a demanda por produtos químicos coagulantes e conseqüentemente, os custos de tratamento da água.

Um benefício adicional consiste na potencial redução da produção de lodo, devido à redução de carga sólida que entra na ETA, e à redução da quantidade de produtos químicos utilizados no tratamento. Além disso, haverá redução do consumo de água de lavagem de filtros e de lodo de água, que se reflete na redução de consumo de energia elétrica.

Referências bibliográficas

ANDREOLI, C.V., ANDREOLI, F.N., IHLENFELD, R.G.K e RODRIGUES, E.M. Influência da Deterioração da Água Bruta no Consumo de Produtos Químicos e na Qualidade da Água Tratada. Sanare, Curitiba - PR, v.7, n.7.p 28-32, 1997.

ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA, A.I.; ANDREOLI, F.N. Limites ao Desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba, Impostos pela Escassez de Água. 9º SILUBESA - Simpósio Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental. Anais... Porto Seguro, abr. p.185-195, 2000.

ANDREOLI, C. V. Mananciais de abastecimento: Planejamento e Gestão - Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba: Saneapar/Finep, v. 1. 494p., 2003.

ANDREOLI, C. V. (Org.); CARNEIRO, C. (Org.). Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. 1. ed. Curitiba: Gráfica Capital Ltda, 500p., 2005.

BERTONI, J.; LOMBARDI, N. F. Conservação do solo. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

CUNHA, C. L. N; CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V.; GOBBI, E. F. Eutrofização em reservatórios: Gestão Preventiva: Estudo Interdisciplinar na Bacia do Rio Verde. 1. ed. Curitiba: UFPR, v. 1. 515p., 2011.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos: Editora LDiBe, 2012.

MONDARDO, R.I.; SENS, M.L.; MELO FILHO, L.C. de; SILVA, R.L.; PROENÇA, L.A.O. Avaliação da filtração em margem como pré-tratamento à filtração direta na remoção de cianobactérias e saxitoxinas. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte. Saneamento Ambiental: compromisso e discurso?, 2007.

PNSB. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>

BRASIL. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2005.

RABELO, L. Estudos preliminares para implantação da filtração em margem na lagoa do Peri de pré-tratamento de água para remoção de fitoplâncton. 2006. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto - 2010. Brasília: MCI-DADES.SNSA, 2012.

SPERLING, V. M., Introdução à Qualidade das Águas e ao tratamento de esgotos. 3ª Ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte, 2005.