



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 10, Issue, 06, pp. 36625-36639, June, 2020

<https://doi.org/10.37118/ijdr.19060.06.2020>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

TRATAMENTO CONVENCIONAL DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO: POLUIÇÃO E CRISE HÍDRICA NO FORNECIMENTO

¹Eduardo Amim Mota Lopes, ²Fatima Maria Monteiro Fernandes and
^{*3}Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

^{1,2}Mestrando em Engenharia Urbana e Ambiental pela PUC-Rio / Technische Universität

³Pós-Doutor em Engenharia Civil pela UERJ, Doutor em Engenharia pela PUC-Rio, Mestre em Tecnologia pelo CEFET-RJ, Especialista em Engenharia Ambiental pela UNIG, Especialista em Saneamento pela FAVENI, Especialista em Gestão Ambiental pela UCAM, Especialista em Auditoria e Perícia Ambiental pela Faculdade Única, Professor na UNIGAMA, no CEFET-RJ na Universidade Santa Úrsula, Rio de Janeiro, Brasil

ARTICLE INFO

Article History:

Received 17th March, 2020

Received in revised form

26th April, 2020

Accepted 03rd May, 2020

Published online 25th June, 2020

Key words:

Abastecimento De Água; Potabilidade Da Água; Tecnologias De Tratamento

*Corresponding author:

Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

ABSTRACT

A poluição das águas é um problema grave principalmente nos grandes centros urbanos. No Brasil o caso é agravado pela falta de saneamento básico na maior parte das cidades o que influencia diretamente no tipo de tratamento de água para abastecimento que deve ser executado. Dessa forma, o monitoramento da qualidade da água que é fornecida para as populações é de extrema importância considerando os riscos que uma água contaminada por patógenos ou por outros poluentes de natureza química ou física podem trazer. No Brasil, a Portaria de Consolidação 05/2017 – Anexo XX do Ministério da Saúde (MS) é a principal lei que regula os índices de potabilidade da água para consumo humano. Neste artigo buscou-se na revisão de literatura os principais indicadores relacionados a importância da água para a sociedade, além de descrever os principais processos que envolvem o tratamento da água realizado na Estação de Tratamento de Água do Guandu (Sistema Guandu) que abastece quase 80% da população do município do Rio de Janeiro. Na sequência, foram descritas algumas técnicas alternativas ao que é utilizado atualmente no município do RJ, e, por fim, através de um estudo de caso, buscou-se comparar a qualidade da água produzida no Sistema Guandu com os parâmetros de potabilidade do MS e da Organização Mundial da Saúde (OMS). Os dados analisados foram obtidos no site da CEDAE, prestadora de serviços de abastecimento de água no RJ e correspondem ao período de 2017 a 2020.

Copyright © 2020, Roberto Remígio Florêncio. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Eduardo Amim Mota Lopes, Fatima Maria Monteiro Fernandes and Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega. "Tratamento convencional de águas para abastecimento público da cidade do rio de janeiro: poluição e crise hídrica no fornecimento", *International Journal of Development Research*, 10, (06), 36625-36639.

INTRODUÇÃO

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações do Saneamento (SNIS, 2019), divulgado em fevereiro de 2019, mas com base no ano de 2018, foram consumidos na cidade do Rio de Janeiro, em média, 328,22 litros de água potável por habitante por dia (l/hab.dia), que para uma população estimada, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), de 6.718.903 milhões de habitantes, totalizam um consumo diário de mais de 2,19 bilhões de litros de água tratada, por dia, só na cidade do Rio de Janeiro. Até chegar à torneira de cada cidadão carioca a água passa por um longo processo que pode durar dias e abrange as etapas de captação, tratamento, adução, elevação, reservação e

distribuição, sendo todo o conjunto denominado sistema de abastecimento de água. De suma importância, as Estações de Tratamento de Água (ETA's) são as responsáveis por transformarem a água denominada bruta (sem tratamento e imprópria ao consumo humano) em água denominada potável (tratada e adequada ao consumo). Essa transformação pode ocorrer por inúmeros processos, sendo empregado na cidade do Rio de Janeiro, predominantemente, o método convencional, que utiliza processos físicos e químicos (coagulação, floculação, sedimentação, filtração, desinfecção e correção de pH) até que a água adquira as propriedades desejadas que a tornem própria para o consumo humano. Ocorre, porém que a falta de saneamento básico dos municípios cortados pelo Rio Guandu e seus afluentes, faz

com que uma grande quantidade de matéria orgânica proveniente dos esgotos seja despejada todos os dias. Como consequência, chegou-se a um cenário crítico na qual a água fornecida pela ETA Guandu apresentou alteração de gosto, cheiro e cor nas casas dos consumidores fazendo com que emergencialmente, a Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), responsável pela prestação do serviço na cidade instalasse nova etapa de tratamento com o uso do carvão ativado. Nesse contexto, o presente artigo, respaldado na bibliografia existente, tais como livros técnicos, teses, dissertações, artigos e reportagens em mídia especializada, busca evidenciar a importância da Estação de Tratamento de Água (ETA) Guandu principal responsável por abastecer a população do município do Rio de Janeiro com água de qualidade, descrevendo as características da água captada nos mananciais, as diversas etapas envolvidas no tratamento e as impurezas geradas ao final do processo. Pela importância no cenário atual, buscou-se também apresentar uma discussão sobre a crise instalada no fornecimento de água no Município do Rio de Janeiro frente aos indicadores de referência que precisam ser respeitados para fornecer água em quantidade e qualidade a população.

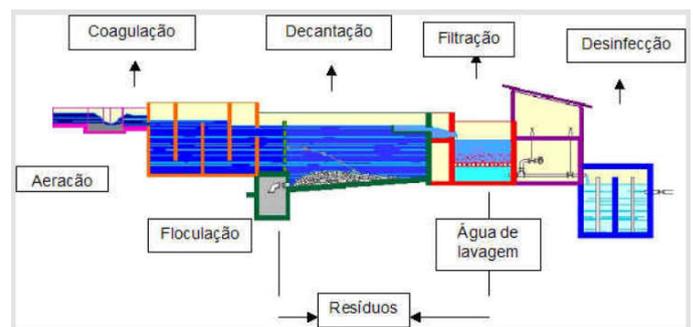
DESENVOLVIMENTO

Revisão de Literatura

A importância da água na manutenção da vida humana: A água é sem dúvida um dos bens mais valiosos da Terra, sem ela a vida não seria possível. A sobrevivência humana, o desenvolvimento econômico, social e político de um país sempre esteve condicionado à sua disponibilidade. Apesar de cerca de 70% da superfície da Terra estar coberta de água, o que justificaria denominá-lo de Planeta Água, apenas 5% é água doce e, portando, passível de utilização para consumo humano. O agravante é o fato de que, desses 5% de água doce, aproximadamente 99,7% estão armazenados nas geleiras e calotas polares e somente 0,3% estão contidos no subsolo, lagos, rios e passíveis de exploração. (Di Bernardo et. Al., 2017). Apesar do Brasil conter mais água doce que qualquer país no mundo, cerca de 8% do volume total do planeta, a variedade de riscos a que se está suscetível, bem como sua má gestão e o descaso no trato dos assuntos a ela relacionados, durante décadas, gerou a ideia equivocada de que se tratava de um recurso inesgotável. Em 2010, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou que o acesso à água limpa e segura e ao saneamento básico são direitos humanos fundamentais. Em 2015, a Organização Mundial da Saúde (OMS) destacou que mais de 600 milhões de pessoas ainda não possuíam acesso a uma fonte de água potável. A nível nacional, segundo informações do Sistema Nacional de Informações ao Saneamento (SNIS), divulgadas em 2019, mas com base no ano de 2017, cerca de 16,5% da população brasileiro ainda não contava com acesso à água tratada, o que representa mais de 34 milhões de habitantes sem acesso a água de qualidade (SNIS, 2019).

Tecnologia no tratamento da água na cidade do Rio de Janeiro: Diariamente, mais de 2,19 bilhões de litros de água precisam ser tratados para abastecer os mais de 6 milhões de cidadãos da cidade do rio de janeiro. Esse volume é suficiente para encher 876 piscinas olímpicas por dia. Até sair pela torneira de cada residência, a água passa por um longo processo que pode ser resumido nas etapas de captação, tratamento, adução, elevação, reservação e distribuição, sendo todo o conjunto denominado sistema de abastecimento de

água. Para promover o abastecimento de água, é necessário remover as partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, micro-organismos e outras substâncias possivelmente deletérias à saúde humana presentes na água bruta, de forma a atender aos padrões de potabilidade estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017. Este processo acontece nas Estações de Tratamento de Água (ETA's) e pode variar, a depender de diversos fatores (qualidade e localização do manancial, possibilidade de alteração de suas características, topografia do terreno, entre outros). Sendo assim, o método apropriado pode contemplar tecnologias simples (apenas desinfecção) ou complexas (ultra filtração/osmose, tratamento reator biológico, entre outros), bem como requerer investimentos baixos ou altíssimos. De acordo com Heller (2010), "a melhor solução para um problema de abastecimento de água não é necessariamente a mais econômica, a mais segura ou a mais moderna, mas sim aquela mais apropriada a realidade social em que será aplicada. Na cidade do Rio de Janeiro, predominantemente, utiliza-se do método convencional, também conhecido como de ciclo completo, para abastecer a maior parte da população. Através de operações e processos físicos e químicos (coagulação, floculação, sedimentação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção de pH). A figura 1 apresenta um esquema de estação de tratamento:



(Fonte: ABE, Yulia Tiaki)

Figura 1. Corte Longitudinal de uma ETA Convencional

As etapas principais são

Coagulação: Uma das partes mais importantes das etapas de tratamento. Nessa parte são tratadas as impurezas cujas partículas são pequenas e não se sedimentam sob a ação da gravidade. Por isso, é necessário acrescentar à água coagulantes químicos como o sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$). Esse produto favorece a união das partículas e impurezas da água, facilitando a remoção na decantação. Esses coagulantes são insolúveis na água e geram íons positivos (cátions) que atraem as impurezas carregadas negativamente nas águas.

Floculação: Processo físico no qual as partículas coloidais são colocadas em contato umas com as outras, de modo a permitir o aumento do seu tamanho físico, alterando, desta forma, a sua distribuição granulométrica. Normalmente a floculação ocorre através de agitadores que utilizam paletas ou agitadores de fluxo axial (turbinas e hélices) com dimensionamento que leva em consideração as dimensões dos agitadores bem como dos tanques (altura, largura, comprimento). Os tanques de floculação mecanizados devem possuir no mínimo três gradientes de velocidade em série.

Decantação: Segundo SILVEIRA, 2017 (apud LIBÂNIO, 2010), é um fenômeno físico que consiste na remoção das

partículas em suspensão de maneira natural utilizando-se das forças gravitacionais, onde as partículas se separam por possuírem uma densidade superior à da água. A decantação juntamente com a flotação, é uma operação unitária que traduz a eficiência das etapas anteriores (coagulação e floculação), nesta etapa do processo os flocos formados anteriormente recebem condições que os permitam depositar utilizando a ação da gravidade.

Filtração: A filtração constitui o processo que tem como função principal a remoção das partículas responsáveis pela cor e turbidez, cuja presença tem a capacidade de reduzir a eficácia da desinfecção na inativação de microrganismos patogênicos. Nas estações de tratamento comuns, cabe a filtração provavelmente a função mais relevante do processo, pois é na qual as falhas dos processos anteriores – coagulação, floculação e sedimentação – podem ser corrigidos, assegurando a qualidade da água que está sendo tratada (SILVEIRA, 2017 apud LIBÂNIO, 2010). Na filtração a água passa uma camada de material poroso podendo ser areia ou antracito que removerá o material em suspensão.

Desinfecção: Tem como objetivo a eliminação dos microrganismos patogênicos presentes na água, como as bactérias, protozoários, vírus e vermes.

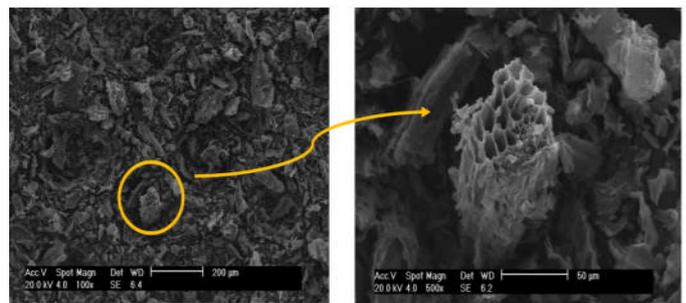
Fluoretação: Tem como finalidade garantir uma concentração mínima e máxima de íon fluoreto em águas de abastecimento a fim de que seja possível a manutenção da saúde dental da população.

Correção de pH: Tem como objetivo o combate a corrosão e incrustação nos encanamentos, pela adição de cal hidratada ou carbonato de sódio na água.

Este método é o empregado na Estação de Tratamento do Guandu, maior estação de tratamento de água do mundo em produção contínua segundo o livro dos records (*Guinnessbook*), localizada em Nova Iguaçu, com vazão de 43.000 litros por segundo (L/s) e suficiente para abastecer uma população de mais de 9 milhões de habitantes, distribuídos na cidade do Rio de Janeiro e Baixada Fluminense (Nilópolis, Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Belford Roxo, São João de Meriti, Itaguaí e Queimados) (CEDAE, 2020). Nas últimas décadas, os problemas relacionados à poluição dos mananciais têm se agravado, principalmente por consequência da urbanização desordenada, crescimento populacional, desenvolvimento industrial e agrícola, aliado a falta de saneamento básico. Dessa forma, a busca pelo domínio de novos processos e tecnologias para o tratamento da água têm se mostrado necessário para garantir a qualidade da água produzida para abastecimento público.

Estes problemas citados estão entre as causas da recente crise hídrica no fornecimento de água ocorrida nos primeiros meses desse ano na Cidade do Rio de Janeiro que tiveram como consequência o fornecimento de água com qualidade duvidosa, a mais de 80% da população, proveniente da Estação de Tratamento do Guandu. Essa situação obrigou a CEDAE, em caráter emergencial, implantar sistemas alternativos para melhorar a eficiência no tratamento da água. A solução encontrada foi a instalação de filtro de carvão ativado e argila ionicamente modificada logo na entrada da captação da água. As principais características destes processos são:

Filtro de Carvão Ativado: A adsorção utilizando carvão ativado em pó (CAP) tem sido a alternativa adotada mais amplamente pelas ETAs MULLER (2009, APUD SNOEYINK, 1990), incluindo as brasileiras. O CAP pode ser utilizado em eventos sazonais, sendo aplicado em ETAs já existentes, sem a necessidade de adaptação e construção de novas instalações MULLER (2009 APUD DONATI et al, 1994; BRASIL, 2004; BRASIL; BRANDÃO, 2005). A característica mais significativa do carvão ativado é o seu alto poder de adsorção, separações obtidas pela habilidade de moléculas, contidas no fluido, aderidas sobre a superfície de um sólido. Essa adsorção pode ser química ou física. A porosidade dos carvões ativados é um dos aspectos mais importantes para a avaliação de seu desempenho. As diferenças nas características de adsorção estão relacionadas com a estrutura dos poros do material, que podem variar de tamanho, e são classificados como microporos, mesoporos ou macroporos. Os CAPs podem ser produzidos a partir de diferentes matérias-primas. No Brasil, utilizam-se madeira, osso, casca de coco, antracito e carvão betuminoso e sub-betuminoso. Dependendo da matéria prima, as características do CAP são distintas (MULLER et al, 2009). Na Foto 01 é mostrado um grão de carvão ativado com seu poro aumentado.



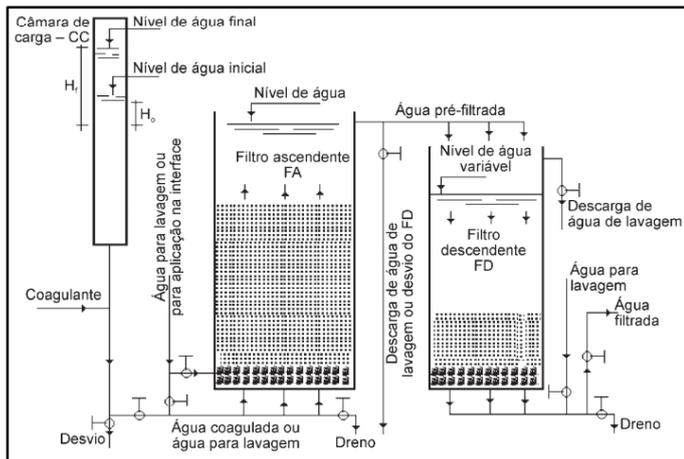
Fonte: MORAIS, 2014

Foto 1. Foto esquerda mostra a visão geral da amostra de carvão ativado com ácido fosfórico no microscópio eletrônico; foto direita mostra detalhe do grão do carvão ativado (Fonte: MORAIS, 2014)

Argila Ionicamente Modificada: A argila modificada é resultado de uma modificação iônica da argila bentonita. Argilas organofílicas também podem ser utilizadas como materiais adsorventes pois exibem alta capacidade de remover contaminantes hidrofóbicos de soluções aquosas e por isso são agentes promissores no controle ambiental e na redução de lixiviação, fotodegradação e volatilização de herbicidas (PAIVA, 2008). Também são utilizadas para remover fosfatos. A remoção de fósforo tem sido o principal foco de estudos de restauração ambiental de ecossistemas aquáticos como lagos, estuários, rios e reservatórios. O fósforo, juntamente com o nitrogênio, é um dos nutrientes mais importantes e responsáveis pela eutrofização de águas naturais. Uma das principais consequências da eutrofização é o crescimento acelerado de algas potencialmente produtoras de toxinas, como cianobactérias FERREIRA (2009 APUD Moss, 1990; Jones, 1994). Estes organismos podem apresentar uma série de vantagens competitivas que possibilita a formação de populações dominantes em diversos sistemas aquáticos. Os efeitos de sua proliferação geram problemas de transparência, em função da alta densidade, provocando também odores e sabores alterados na água em função da produção de cianotoxinas. Isto inviabiliza a potabilidade da água para animais e seres humanos FERREIRA (2009 APUD Carmichael, 1994). Em consulta a outras bibliografias existentes, apresentam-se como

alternativas ao tratamento convencional (ciclo completo) as seguintes técnicas:

Dupla filtração (DF): A dupla filtração foi concebida como alternativa para diminuir as limitações das tecnologias de filtração direta ascendente e filtração direta descendente. Dentre as principais vantagens estão a tratabilidade de água com pior qualidade e operacionalmente permitir maior segurança em relação a variações bruscas de qualidade, devido a água passar mais tempo no sistema (DI BERNANDO & SABOGAL PAZ, 2008). A Figura 2 apresenta um esquema de instalação de dupla filtração.



(Fonte: DI BERNANDO, 2003)

Figura 2. Esquema de uma instalação de dupla filtração

Os processos e operações envolvidos no tratamento podem ser de 02 (dois) tipos:

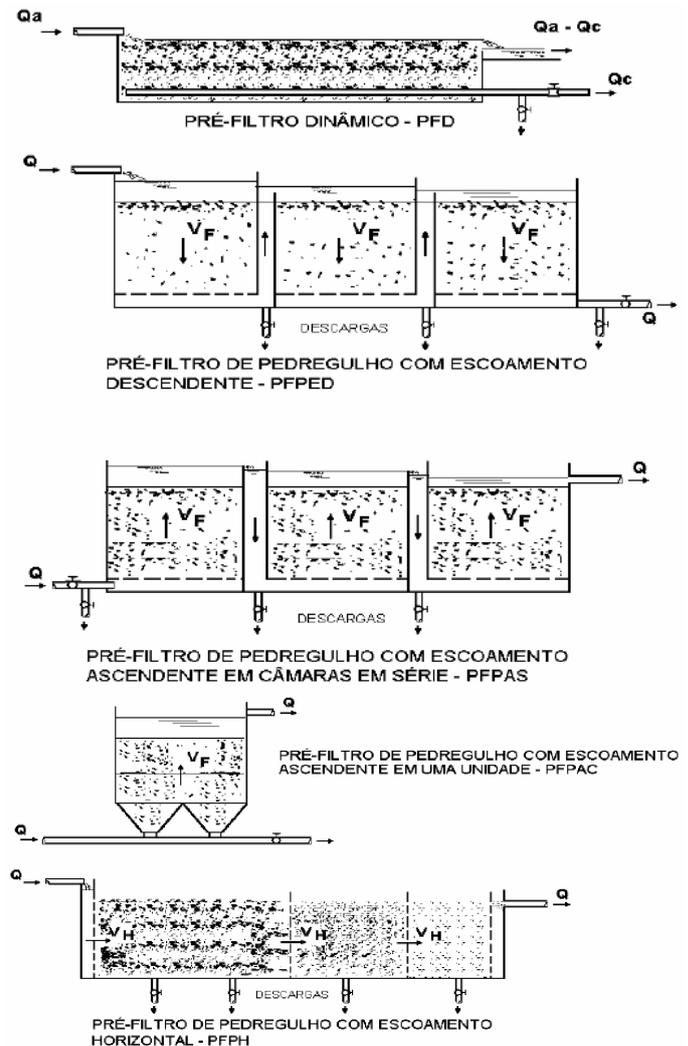
- Mistura rápida hidráulica com injetor e malha de fios (MRHIM), Filtração ascendente em areia grossa (FAAG), filtração rápida descendente em areia, a taxa constante (FRDC), desinfecção (DES), floração (FLU) e estabilização (EST).
- MRHIM, Filtração ascendente em pedregulho (FAP), FRDC, DES, FLU, EST.

Dos poucos estudos sobre a adoção dessa tecnologia, todos os que foram consultados, tais como Di Bernardo e Dantas (2005), Di Bernardo e Sabogal Paz (2008) e Reali, Sabogal Paz e Daniel (2012) APUD SABOGAL-PAZ, Lyda Patricia *et al.* 2015 destacam que é pré-requisito para adoção dessa tecnologia a elaboração de anteprojeto dos dois tipos de tratamento e posteriormente realizar um estudo técnico-econômico para determinar qual a melhor alternativa. No artigo realizado por Sabogal Paz, Marques, Abichabki e Sakamoto, em 2015, foram analisados 50 sistemas de dupla filtração com vazões entre 10 e 100 L.s⁻¹ e os resultados indicaram que o gerenciamento dos resíduos, a escavação e o consumo de energia elétrica na dupla filtração com FAAG chegam a aumentar o valor presente em até 33% quando comparado à FAP. Ressaltam ainda que os custos precisam ser avaliados e confrontados com o risco microbiológico existente no manancial devido ao FAP ser mais sensível às mudanças de parâmetros de qualidade na água bruta.

Filtração em múltiplas etapas (FiME): A filtração em múltiplas etapas (FiME) é proveniente do aperfeiçoamento da tecnologia de tratamento por filtração lenta, já utilizada há

quase dois séculos (PROSAB, 1999). Trata-se de um sistema de simples construção que simula mecanismos naturais de depuração das águas, composto de instalações de baixo custo, nas quais a instrumentação pode ser praticamente eliminada. Além disso, é uma tecnologia adequada às zonas rurais e pequenos e médios municípios. Em suas etapas de tratamento são removidos primeiro os materiais maiores e mais pesados, e gradualmente são separadas e inativadas as impurezas menores, como material coloidal e microrganismos. O número de etapas guarda relação com a variabilidade do tamanho das impurezas, sendo composto de no mínimo 02 (duas) etapas (pré-tratamento e filtro lento) quando se trata de águas superficiais. (VERAS E DI BERNARDO, 2008).

Este tipo de tecnologia de tratamento não utiliza a coagulação química, sendo assim, a filtração lenta e a desinfecção são os principais processos de tratamento para assegurar a produção de água dentro dos padrões de potabilidade. A figura 3 apresenta as diferentes etapas que podem ser utilizadas no pré-tratamento, são elas: pré-filtro dinâmico, pré-filtro de pedregulho com escoamento ascendente ou descendente, pré-filtro com escoamento horizontal. Após essa etapa a vazão afluente é encaminhada aos filtros lentos.



(Fonte: PROSAB, 1999)

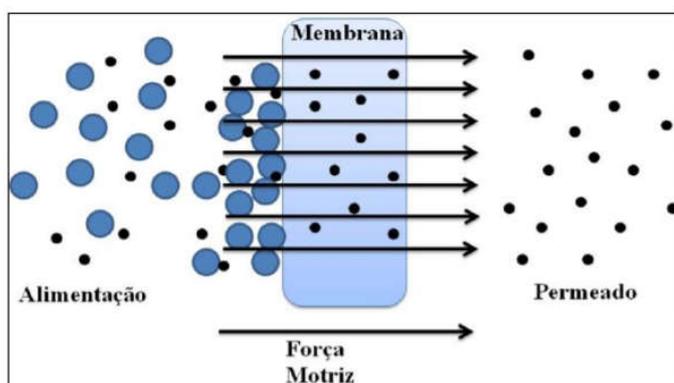
Figura 3. Esquema das diferentes unidades de pré tratamento

Para a correta operação do sistema é necessário que exista pelo menos duas unidades de pré-filtros, em paralelo, para evitar a paralisação do sistema ao realizar limpeza e manutenção

(VERAS E DI BERNARDO, 2008). De forma a ter um sistema mais eficiente, em que a filtração lenta produza água filtrada com turbidez relativamente baixa e que não diminua a eficiência da desinfecção final, muitos pesquisadores limitam a turbidez da água que chega nos filtros lentos em 10uT, pois tal parâmetro de qualidade é o principal limitador da filtração lenta e indicador da quantidade de partículas pequenas presentes na água, às quais muitos microrganismos encontram-se aderidos (PROSAB, 1999).

Separação por membrana

Membranas são barreiras seletivas que separam duas fases, restringindo, parcial ou totalmente, a passagem de um ou mais componentes de uma fase para outra (GHIGGI, 2011). Segundo ALVES (2015 APUD WANKAT, 2006), o processo de separação por membranas pode ser definido como a separação de um ou mais compostos por intermédio de uma barreira semipermeável, a membrana, sendo denominado, normalmente, permeado a fração que transpassa a membrana e retentado a fração retida. A figura 4 mostra esse processo:



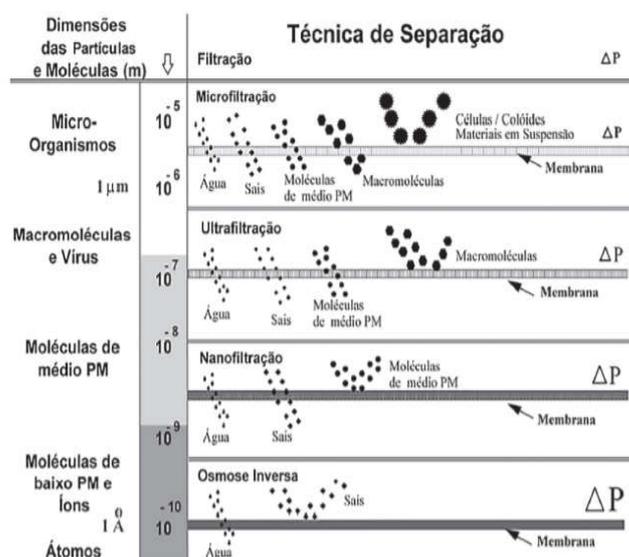
(Fonte: ALVES, 2015)

Figura 4. Separação por membranas

Conforme citado por GALVÃO & GOMES (2016 APUD Schneider e Tsutyia, 2001) inicialmente, o tratamento de membranas tinha por finalidade a dessalinização de água do mar, utilizando-se o sistema com membranas de osmose reversa. Somente a partir dos anos 90 a tecnologia passou a ser utilizada para o tratamento de água e esgoto. Ainda conforme GALVÃO & GOMES (2016, APUD MIERZWA; HESPANHOL, 2005) esses processos apresentam inúmeras vantagens, tendo em vista que as membranas têm eficiência para reter partículas sólidas de dimensões pequenas e compostos orgânicos e inorgânicos dissolvidos. Além disso, a pressão do sistema de separação por membranas é maior que nos processos de filtração convencional. Os processos utilizando membranas são basicamente cinco: microfiltração (MF), ultrafiltração (UF), nanofiltração (NF), osmose reversa (RO) e eletrodialise (ED) GALVÃO & GOMES (2016, APUD SCHNEIDER; TSUTYIA, 2001). A diferença de cada um é a dimensão das partículas e das moléculas que são retidas e com qual intensidade a força motriz promove a separação conforme pode ser visto na Figura 5.

Normativas: Em relação a marcos regulatórios tem-se a Lei Federal nº 9433/97, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos. Este instrumento específico tem o propósito de assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os

custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.



(Fonte: GALVÃO & GOMES, 2015)

Figura 5. Partículas e moléculas retidas de acordo com o tipo de processo de separação por membranas

O enquadramento expressa o nível de classe da água a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo (SILVA, Sheila et al., 2015). Outra legislação que cita o enquadramento é a Resolução CONAMA 357 de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Por essa resolução as águas doces são divididas em 5 classes conforme demonstrado no Quadro 1.

Assim, a utilização de água para abastecimento é permitida em praticamente todas as classes alterando-se a forma de tratamento quanto pior for sua qualidade. No Brasil, as normas de potabilidade existentes seguem basicamente os padrões recomendados pela OMS, contidas no 'Guidelines for Drinking Water Quality'. O Decreto Federal nº 79.367, de 09 de março de 1977, atribuiu competência ao Ministério da Saúde para elaborar normas e o padrão de potabilidade de água para consumo humano. No mesmo ano, a primeira norma de potabilidade, a Portaria do Ministério da Saúde nº 5623, foi instituída. Esta, definia os limites máximos para as diversas características físicas, químicas e biológicas inerentes às águas para consumo. Até então, as recomendações do Serviço Norte Americano de Saúde Pública (United States Public Health Service), juntamente com as diretrizes da OMS, norteavam a qualidade de água (FORTES, Ana Carolina Chaves et al., 2019). Várias portarias relativas a potabilidade de água foram estabelecidas pelo governo federal até a última que é o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017, do Ministério da Saúde. Esta Portaria "estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências". Adicionalmente, tem-se o Decreto nº 5440, de 04 de maio de 2005, da Presidência da República. Este decreto "estabelece as definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor

Quadro 1. Uso das águas doces conforme classe de enquadramento

CLASSE	USOS PERMITIDOS
Classe Especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N° 274/2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N° 274/2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) à aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 3	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e) à dessedentação de animais.
Classe 4	a) à navegação; b) à harmonia paisagística

(Fonte: Adaptado Resolução CONAMA 357 de 2005)

Quadro 2. Cronologia de fatos relacionados à crise hídrica da Cidade do Rio de Janeiro

08/01/2020	A pedido do Governador do RJ, Wilson Witzel, o órgão estadual, Procom-RJ, instaurou um Ato de Investigação Preliminar contra a CEDAE para saber sobre possíveis problemas na qualidade da água fornecida. (GLOBO, 2020) ¹
10/01/2020	O Professor e Sanitarista Adacto Ottoni, engenheiro da UERJ, sobrevoou o Rio Guandu, manancial que aduz água até a ETA Guandu e presenciou um cenário aterrador devido a poluição extrema existente no Rio Guandu. Ele alertou que certamente o Rio Guandu recebe esgoto sem tratamento de afluentes como os Rios Queimados, Poços e Ipiranga, o que dificultam o tratamento e o fornecimento de água de qualidade a capital fluminense. Ressaltou ainda que a água bruta está ficando cada vez mais poluída, e se assim permanecer, é provável que perca a capacidade de ser tratada. (GLOBO, 2020) ¹
14/01/2020	Técnicos do Ministério Público Estadual (MPRJ), pertencentes ao Grupo de Atuação Especializada em Meio Ambiente (Gaema) realizaram junto com técnicos da AGENERSA, INEA, FIOCRUZ e Professores da UERJ uma fiscalização na Estação de Tratamento de Água do Guandu em Nova Iguaçu para coletarem amostras em diferentes pontos, da captação ao pós tratamento, no intuito de avaliar a qualidade da água distribuída à população do RJ. (OECA, 2020) ¹
23/01/2020	A CEDAE implanta o filtro de carvão ativado na etapa da captação da ETA Guandu. O equipamento é capaz de eliminar a geosmina, substância proveniente de algas, que apesar de alterar o cheiro e a cor da água não apresentam risco a saúde humana. (AGÊNCIA BRASIL, 2020) ¹
29/01/2020	A CEDAE anuncia obras de melhoria na captação de água da ETA Guandu, que não passava por reformas desde 1982. Na ordem de R\$ 90 milhões, o objetivo é impedir que os rios Ipiranga, Queimados e Poços misturem suas águas ao Rio Guandu. (AGENCIA BRASIL, 2020) ¹ . Em 13/03/2020 o Gate, Grupo de Apoio Técnico Especializado do MPRJ questiona a falta de dados no projeto, a exemplo do Estudo de Impacto Ambiental, que seria responsável por apontar os benefícios da obra. (GLOBO, 2020) ¹
04/02/2020	A ETA Guandu ficou paralisada por 14 horas, após técnicos da CEDAE detectarem, em análise laboratorial, a presença de surfactantes (detergente) acima do normal na água bruta captada. Para garantir a segurança hídrica das regiões atendidas pelo Guandu, a substância, que oferece risco ao consumo humano foi descartada até os testes indicarem sua ausência. (CEDAE, 2020) ¹
20/02/2020	Alerj aprova projeto de lei que obriga Concessionárias de água a publicarem, quinzenalmente, relatórios mais detalhados sobre a qualidade da água. Em 17/03/2020 a Lei 8.754/2020 foi publicada no Diário Oficial do Executivo. (DIÁRIO DO RIO, 2020) ¹
29/02/2020	A CEDAE começa a aplicar argila ionicamente modificada próxima a captação do Rio Guandu. A intenção é mitigar a proliferação excessiva de algas que possam interferir no tratamento da água captada no manancial mediante a indisponibilização do fósforo, por ser nutriente indispensável para o crescimento de algas.

(Fonte: Os próprios autores)

sobre a qualidade da água para consumo humano”. Por meio deste Decreto, os dados relativos à qualidade da água tratada e distribuída são disponibilizados à população sob a forma de um relatório anual denominado “Relatório Anual da Qualidade da Água”.

Estudo de Caso: Nos primeiros dias de 2020 inúmeros moradores da cidade do Rio de Janeiro (RJ) relataram que a água fornecida pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) apresentava cheiro forte, cor turva e gosto de terra. Segundo a CEDAE, a origem do problema estava na água tratada pela ETA Guandu, que é responsável por abastecer mais de 9 milhões de pessoas na região metropolitana.

Ao todo, foram atingidos mais de 86 bairros da cidade, além de outras seis cidades na baixada fluminense e de acordo com as análises realizadas, a causa de todo esse transtorno foi devido à presença na água de grandes quantidades da substância geosmina, que prolifera na presença de algas e guarda relação direta com a concentração de esgoto presente na água captada. Os principais fatos que melhor narram esta crise hídrica no abastecimento que se estabeleceu na cidade do RJ podem ser descritos, na seguinte ordem cronológica demonstrada no Quadro 02. A partir do cenário apresentado, o presente estudo de caso se propõe a comparar a qualidade da água produzida no Sistema Guandu, principal fonte de abastecimento da cidade do Rio de Janeiro, que abastece mais de 9 milhões de pessoas, com os parâmetros de potabilidade da

água para consumo humano exigidos nos termos do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05 de 2017 do Ministério da Saúde (MS) e recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS). As análises do Sistema Guandu foram obtidas no site da CEDAE¹ e referem-se ao período de 2017 a 2020. Os pontos analisados se encontram na saída da estação de tratamento do Guandu e na rede de distribuição, que abrange mais de 80 bairros no município do Rio de Janeiro, além de 6 Municípios da Baixada (Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu e São João de Meriti). Conforme a diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância da qualidade da água para consumo humano, publicado pelo Ministério da Saúde em 2016, foram escolhidos para análise os parâmetros de rotina fundamentais (turbidez, cloro residual livre, coliformes totais / *Escherichia coli* e fluoreto) por serem suficientes para monitorar e averiguar a qualidade da água distribuída para consumo humano, certificando-se de que a água distribuída é de confiança e isenta de microrganismos ou substâncias químicas que podem ser prejudiciais à saúde das pessoas. Cabe ressaltar que os laudos disponibilizados no site não possuem todos os parâmetros citados durante todo o período de 2017 a 2020². Como a recente crise hídrica na cidade do Rio de Janeiro teve como principais causas as alterações de gosto, odor e sabor da água, achou-se prudente também tentar comparar os parâmetros cor aparente, gosto e odor.

Cor aparente: A cor é responsável pela coloração da água e pode ser separada em cor aparente e cor verdadeira. Na cor aparente pode estar considerado uma parcela devido à turbidez da água que ao ser retirada pelo processo de centrifugação obtém-se a cor verdadeira. Trata-se de parâmetro físico cuja forma de constituinte responsável são sólidos dissolvidos. Sua origem pode ser natural (decomposição da matéria orgânica (principalmente vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos), ferro e manganês) ou antropogênica (resíduos industriais (tinturarias, tecelagem, produção de papel), esgotos domésticos). Quando sua origem é natural, apesar de não representar riscos direto à saúde, podem gerar questionamentos quanto a sua confiabilidade ocasionados por estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano e por consequência podem levar os consumidores a adquirirem águas de qualidade duvidosa. Ressalta-se que a cloração da água com matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar subprodutos potencialmente cancerígenos (trihalometanos (ex: clorofórmio)). Quando sua origem é industrial pode ou não representar toxicidade (VON SPERLING, 1995). O Padrão de potabilidade em vigor (anexo 10 do anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05 de 2017) estabelece para cor aparente um valor máximo de 15 uH (unidade Hazen (mgPt-co/L)). Para manancial superficial, deve ser analisada 1 amostra na saída do tratamento a cada 2 horas e no sistema de distribuição, para população abastecida maior que 250.000 habitantes, são necessárias 40 + (1 para cada 25 mil habitantes) amostras com periodicidade mensal. A OMS recomenda investigar sempre que existe mudança de cor substancial Acima do limite de 15 mgPt-Co/L (unidade Hazen) a maioria das pessoas já detectam cores. A OMS indica que níveis de cor abaixo de 15 TCU³

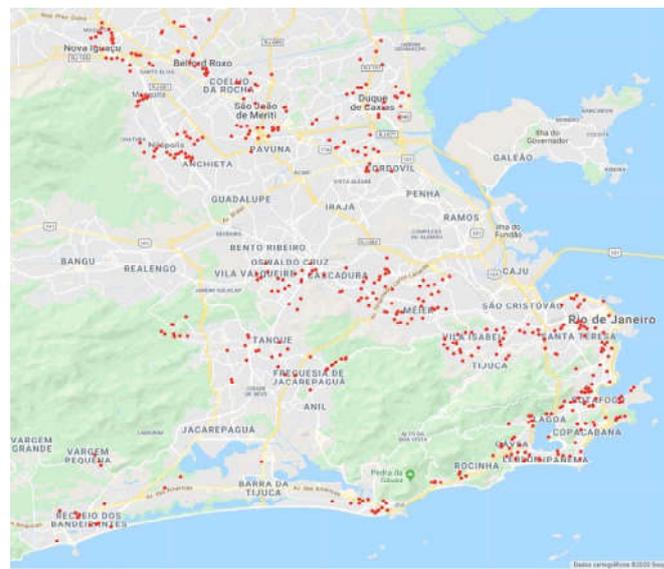
geralmente são aceitáveis para os consumidores, mas não há valor de orientação com base na saúde é proposto para a cor na água potável. Um dos problemas relatados pelos consumidores do Rio de Janeiro foi alteração na cor da água recebida nas residências, no gráfico da Figura 6 verifica-se que até o início de janeiro de 2020, data do último dado disponível, todas as amostras na saída do tratamento da ETA Guandu mostram-se bem abaixo do VMP do Ministério da Saúde.



(Fonte: Adaptado de CEDAE)

Figura 6. Gráfico das análises de cor aparente na saída do ETA Guandu – Período de 2017 a 2020

A Figura 7 apresenta o mapa dos pontos de coleta residenciais da CEDAE, ou seja, se referem às análises efetuadas nas redes de distribuição que fazem parte da área de influência do Sistema Guandu. A Tabela 1 apresenta 861 análises realizadas para o mês de janeiro e 242 para o mês de fevereiro. Após análise dos dados, em janeiro, foram constatadas 45 amostras acima do limite de tolerância (15 uH), com faixa de valores entre 20 e 120, em fevereiro 6, com faixa de valores entre 20 e 40, o que representa, respectivamente 5,2% e 2,5% das amostras fora dos padrões recomendados. O mês de março deste ano, não estava disponibilizado no site, logo os dados não puderam ser analisados.



Fonte: CEDAE

Figura 7. Mapa de pontos de coleta residenciais que sofrem influência do sistema Guandu

Gosto e odor: O sabor é proveniente da combinação entre o gosto (salgado, doce, azedo e amargo) e o odor (sensação olfativa).

platina-cobalto, refere-se à quantidade de cor revelada sob condições de amostragem especificadas, por uma solução de controle contendo 1 mg de platina por litro.

¹ Disponível em <https://www.cedae.com.br/relatoriosguandu> Acesso em 22 de Abril de 2020.

² Um dos autores trabalha na CEDAE e solicitou mais análises ao órgão responsável, porém o que foi informado é que todas as análises disponíveis são as que se encontram no site.

³ TCU – Abreviação para True Colour Unit trata-se da mesma unidade utilizada pelo Ministério da Saúde que é a unidade Hazen ou unidade de

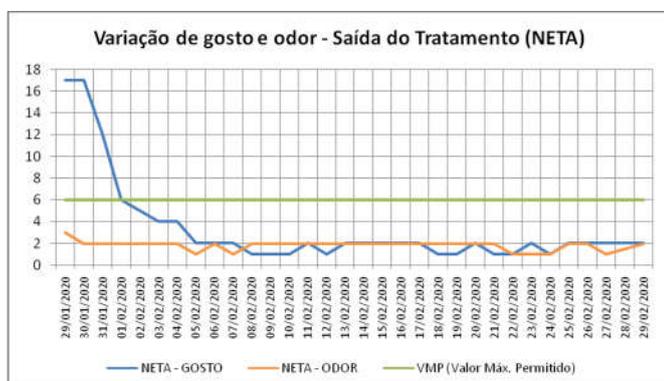
Tabela 1. VMP para cor aparente na Saída da ETA Guandu

Cor aparente (uH)	jan-20		jan-20 Total	fev-20		fev-20 Total	Total Geral
	≤ 20	> 20		≤ 20	> 20		
Município							
BELFORD ROXO	47	2	49	24		24	73
DUQUE DE CAXIAS	58	3	61	12		12	73
MESQUITA	22	2	24	2		2	26
NILÓPOLIS	24	1	25	13		13	38
NOVA IGUAÇU	67	3	70	32		32	102
RIO DE JANEIRO	544	33	577	126	3	129	706
SAO JOÃO DE MERITI	54	1	55	27	3	30	85
Total Geral	816	45	861	236	6	242	1.103

Fonte: Relatórios CEDAE

Tratam-se de parâmetros físicos cujas formas do constituinte responsável podem ser sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos ou gases dissolvidos. Sua origem pode ser natural (matéria orgânica em decomposição, microrganismos (ex: algas) ou gases dissolvidos (ex: Gás Sulfídrico – H₂S)) ou antropogênica (despejos domésticos, industriais, gases dissolvidos). Apesar de não necessariamente representar riscos à saúde, podem gerar questionamentos quanto a sua confiabilidade ocasionados por estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano e por consequência podem levar os consumidores a adquirirem águas de qualidade duvidosa. Tais parâmetros, conhecidos como organolépticos, constituem o principal motivo de reclamação dos consumidores (VON SPERLING, 1995).

O Padrão de potabilidade em vigor (anexo 10 do anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05 de 2017) estabelece uma intensidade máxima de percepção igual a 6 para qualquer percepção de gosto e odor, exceção apenas para o cloro livre que dependendo da situação pode ser uma característica desejável em água tratada. Ainda segundo a legislação, em manancial superficial, deve ser analisada 1 amostra na saída do tratamento trimestralmente e no sistema de distribuição sua análise pode ser dispensada. Os gráficos das figuras 8, 9, 10 e 11 revelam que para o parâmetro organoléptico gosto houveram resultados superiores ao VMP (Valor Máximo Permitido) de 6 na saída do tratamento da ETA Guandu, tanto na VETA quanto na NETA no final do mês de janeiro. Já no início de fevereiro os valores apresentados se mostraram dentro do permitido na legislação e assim permaneceram até o final de março.

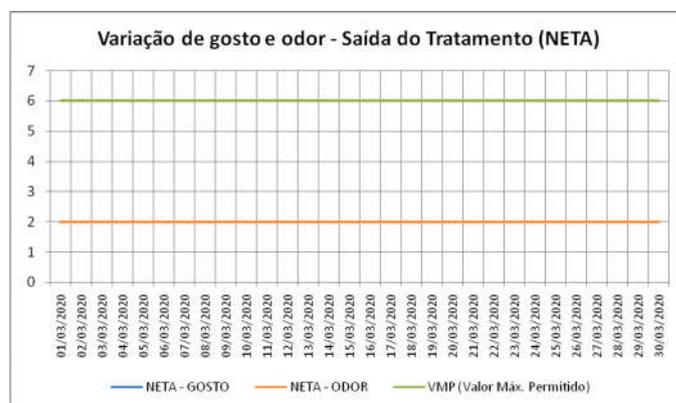


Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Figura 8. Gráfico do monitoramento de gosto e odor na saída do tratamento do sistema guandu (NETA) no período de 29/01/2020 à 29/02/2020

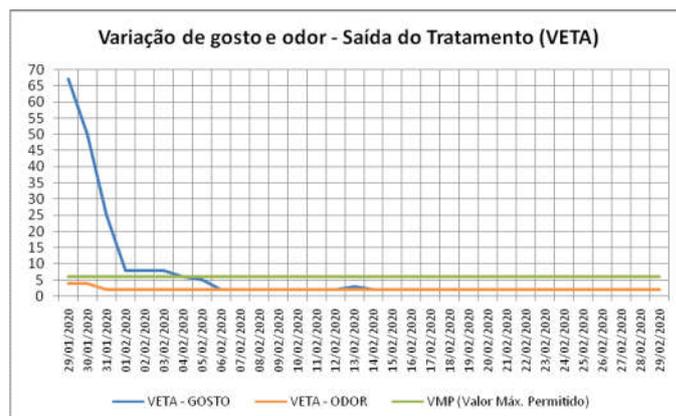
Especificamente no caso da água do Rio de Janeiro, tudo indica que o cheiro e gosto a água foi a geosmina (trans-1,10-dimetil-trans-9-decalol) e o MIB (2-metilisborneol).

Esses dois compostos odoríferos conferem gosto e odor de terra e mofo à água, sendo detectados a concentrações bastante baixas, da ordem de 10 ng.L⁻¹ (ZAT, 2011 apud YOUNG *et al.*, 1996) e são produzidos por algas e cianobactérias que por sua vez crescem em ambientes altamente eutrofizados devido à grande aportes de nitrogênio e fósforo (ZAT& BENETTI, 2011).



Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

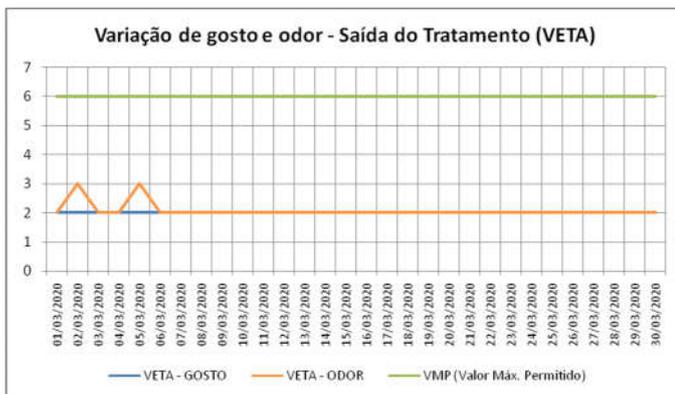
Figura 9. Gráfico do monitoramento de gosto e odor na saída do tratamento do sistema guandu (NETA) no período de 01/03/2020 à 30/03/2020



Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

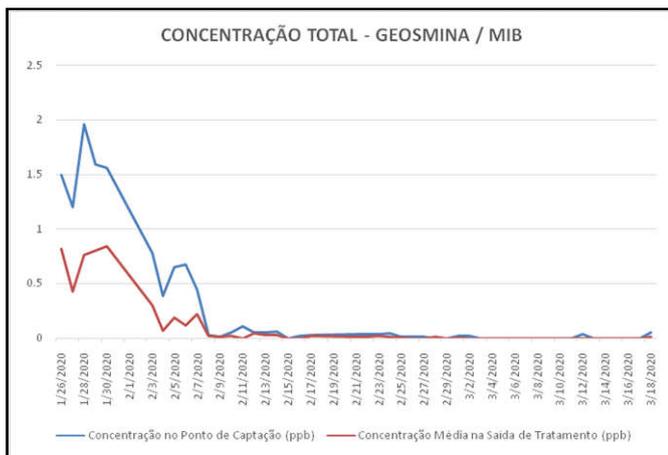
Figura 10. Gráfico do monitoramento de gosto e odor na saída do tratamento do sistema guandu (VETA) no período de 29/01/2020 à 29/02/2020

O Rio Guandu recebe uma alta descarga de esgoto em natura de seus afluentes que passam por cidades com saneamento precário, isso faz com que o crescimento dessas algas seja muito favorecido. A presença de geosmina e MIB começou a ser monitorada pela CEDAE no final de janeiro de 2020 assim logo após a implantação do filtro de carvão ativado e da argila modificada.



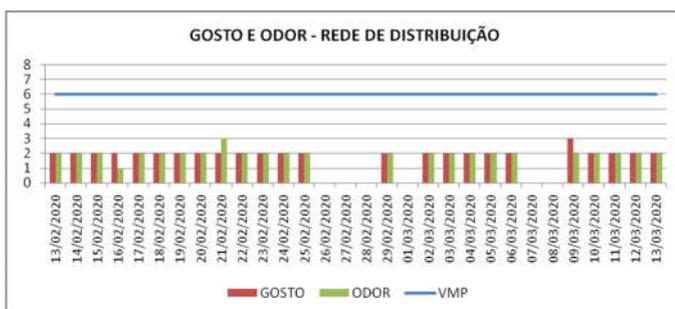
Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Figura 11. Gráfico do monitoramento de gosto e odor na saída de tratamento do sistema guandu (VETA) no período de 01/03/2020 à 30/03/2020



Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Figura 12. Gráfico do monitoramento de Gesomina e MIB no período de 26/01/2020 à 18/03/2020



Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Figura 13: Gráfico do monitoramento de gosto e odor na rede de sob

Na Figura 12 é possível verificar que houve efetividade na implantação com a diminuição significativa dos compostos o que é reforçado com os dados das Figuras 8 e 10 que mostra a diminuição do gosto/odor também a partir da segunda semana de fevereiro. Os pontos analisados nas redes de distribuição estão, em sua maioria, nos bairros do Rio de Janeiro, mas contemplam também análises em 6 municípios da baixada (Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu e São João de Meriti) conforme apresentado na Tabela 2. Utilizando a mesma base de dados, o gráfico da figura 13 evidencia que das 173 análises realizadas para o mês de fevereiro e 116 para o mês de março, nenhuma das amostras possuem valor acima do máximo permitido pela legislação em

vigor. O mês de março deste ano, não estava disponibilizado no site, logo os dados não puderam ser analisados.



Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Figura 14. Gráfico das análises de turbidez sob área de influência do sistema Guandu - Período de 2017 a 2020

Turbidez: A turbidez é um parâmetro físico que representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. É causada por sólidos suspensos de tamanho muito reduzido e microrganismos. Sua origem pode ser natural (partículas de rocha, argila e silte) ou antropogênica (despejos domésticos, industriais, microrganismos e erosão). Apesar de não trazer inconvenientes sanitários diretos, é esteticamente desagradável na água potável e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos (diminuindo a eficiência da desinfecção) (VON SPERLING, 1995). O Padrão de potabilidade em vigor (anexo 10 do anexo XX da Portaria de consolidação nº 05 de 2017) estabelece para turbidez um valor máximo de 5 uT (unidade de turbidez). Ainda segundo a legislação, em manancial superficial, deve ser analisada 1 amostra na saída do tratamento a cada 2 horas e no sistema de distribuição sempre que for feita análise microbiológica. A Organização Mundial da Saúde – OMS indica que idealmente o parâmetro Turbidez deve ser menor que 1uT, o que significa “água cristalina” e que água com parâmetro acima de 4 uT que já tem aparência “turva” é inaceitável. Embora a turbidez possa ser causada por partículas com pouco significado para a saúde, reclamações sobre turbidez inesperada sempre deve ser investigado porque pode refletir falhas ou violações significativas sistemas de distribuição ou pode resultar em consumidores buscando alternativas, potencialmente menos seguras fontes de água (World Health Organization, 2017). O gráfico da Figura 14 evidencia que não houve resultado superior ao VMP (Valor Máximo Permitido) de 5 uT na saída do tratamento da ETA Guandu durante o período analisado e também em nenhuma das amostras chegou a 4 uT. Os pontos analisados nas redes de distribuição são os mesmos dos apresentados na Figura 7, ou seja, 861 análises realizadas para o mês de janeiro e 242 para o mês de fevereiro. Conforme Tabela 3, em janeiro, foram constatadas 68 amostras acima do limite de tolerância (5 uT), faixa de valores entre 5,1 e 57,7 e em fevereiro 7, faixa de valores entre 5,5 e 11, o que representa respectivamente 7,8% e 2,9% das amostras fora dos padrões recomendados. O mês de março deste ano, não estava disponibilizado no site, logo os dados não puderam ser analisados.

Cloro residual livre: O uso de cloro no tratamento da água pode ter como objetivos a desinfecção (destruição dos microrganismos patogênicos), a oxidação (alteração das características da água pela oxidação dos compostos nela existentes) ou ambas as ações ao mesmo tempo (MEYER, 1994).

Tabela 2. Análises, por município, de gosto e odor na rede de distribuição atendida pela ETA Guandu – Período de fevereiro e março de 2020

Gosto e Odor (Intensidade máxima de percepção)							
Município	fev-20		fev-20 Total	mar-20		mar-20 Total	Total Geral
	≤ 6	> 6		≤ 6	> 6		
BELFORD ROXO	2	0	2	24	0	24	2
DUQUE DE CAXIAS	2	0	2	12	0	12	4
MESQUITA	2	0	2	2	0	2	4
NILÓPOLIS	2	0	2	13	0	13	4
NOVA IGUAÇU	2	0	2	32	0	32	6
RIO DE JANEIRO	161	0	161	125	0	125	263
SAO JOÃO DE MERITI	2	0	2	27	0	27	6
Total Geral	173	0	173	116	0	116	289

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Tabela 3. Amostras, por município, que foram analisadas a turbidez na Rede de Distribuição atendida pela ETA Guandu

Turbidez (uT)							
Município	jan-20		jan-20 Total	fev-20		fev-20 Total	Total Geral
	≤ 5 uT	> 5 uT		≤ 5 uT	> 5 uT		
BELFORD ROXO	47	2	49	24		24	73
DUQUE DE CAXIAS	55	6	61	12		12	73
MESQUITA	21	3	24	2		2	26
NILÓPOLIS	23	2	25	13		13	38
NOVA IGUAÇU	68	2	70	32		32	102
RIO DE JANEIRO	525	52	577	125	4	129	706
SAO JOÃO DE MERITI	54	1	55	27	3	30	85
Total Geral	793	68	861	235	7	242	1.103

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Tabela 4. Desinfetantes e produtos secundários da desinfecção na Saída da ETA Guandu

Parâmetro	Valor Máximo Permitido (VMP) (mg/L)	Data da Análise	RESULTADOS (mg/L)
Bromato	0,01	14/01/2020	<0,005
Clorito	1	14/01/2020	<0,02
Monocloramina	4	-	<0,1
2,4,6 Triclorofenol	0,2	22/01/2020	<0,100
Ácidos Haloacéticos Total	0,08	22/01/2020	0,037
Clorofórmio	Somatório <0,1	06/01/2020	0,009
Bromodichlorometano		06/01/2020	0,005
Dibromodichlorometano		06/01/2020	<0,002
Bromofórmio		06/01/2020	<0,002
Trihalometanos Total	0,1	06/01/2020	0,014

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

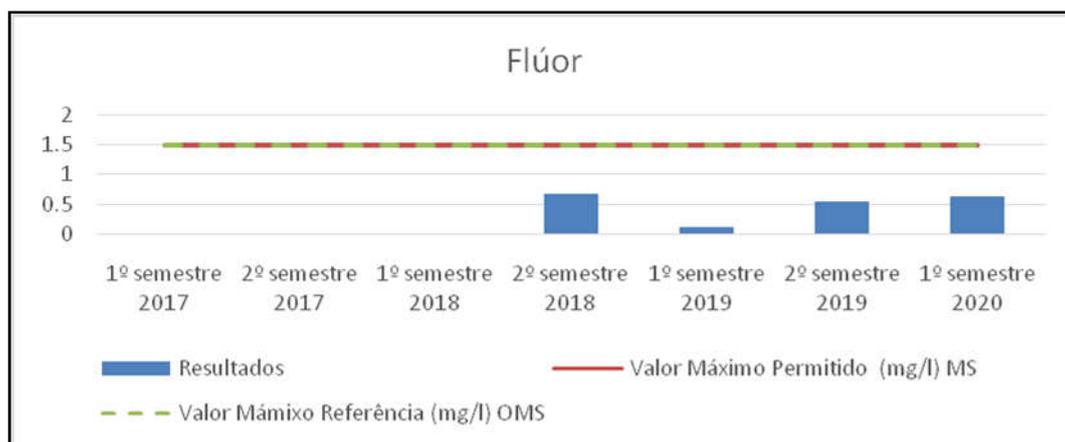
Tabela 5. Amostras, por município, que foram analisadas cloro residual livre na Rede de Distribuição atendida pela ETA Guandu

Cloro residual livre (mg/L)							
Município	jan-20		jan-20 Total	fev-20		fev-20 Total	Total Geral
	≤ 2 mg/L	> 2 mg/L		≤ 2 mg/L	> 2 mg/L		
BELFORD ROXO	26	23	49	24		24	73
DUQUE DE CAXIAS	55	6	61	7	5	12	73
MESQUITA	12	12	24	2		2	26
NILÓPOLIS	12	13	25	13		13	38
NOVA IGUAÇU	64	6	70	31	1	32	102
RIO DE JANEIRO	401	176	577	123	6	129	706
SAO JOÃO DE MERITI	55		55	30		30	85
Total Geral	625	236	861	230	12	242	1.103

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

A quantidade de cloro na água como Cl_2 (cloro elementar), HOCl (ácido hipocloroso) e OCl^- (ion hipoclorito) é denominada de cloro residual livre, o qual é responsável pela detecção da eficiência da desinfecção da água potável, ou seja, está diretamente associado ao potencial de destruição e/ou inativação de microrganismos patogênicos na água. O cloro presente na água, ao combinar-se com compostos nitrogenados (amônia e compostos amoniacais) formando as cloraminas (cloro combinado). Durante a distribuição da água tratada, as cloraminas funcionarão como uma fonte de cloro frente a qualquer substância oxidável que surgir na rede

(recontaminação). O pH da solução influencia as quantidades relativas das cloraminas presentes. As dicloraminas têm maior efeito bactericida do que as monocloraminas. As tricloraminas não apresentam efeito desinfetante (MEYER, 1994). Outro subproduto importante para averiguar são os trihalometanos (THM). Eles são formados com a reação do cloro com alguns compostos orgânicos. Entre os compostos relacionados, os que têm concentração mais significativa em água potável são os quatro primeiros: triclorometano, bromodichlorometano, dibromodichlorometano e tribromometano MEYER,1994 (APUD Santos, 1987).



Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Figura 15. Gráfico das análises de flúor – Período de 2017 a 2020

Conforme Quadro 3, a OMS trás seguintes valores de referência:

Quadro 3. Guia de valores para verificação de qualidade microbiológica da água potável

Organismos	Valor de Referência
Água destinada diretamente ao consumo	Não pode ser detectável em nenhuma amostra de 100 mL
E. Coli ou Coliformes Termotolerantes ¹	
Água tratada na entrada do sistema de distribuição	Não pode ser detectável em nenhuma amostra de 100 ml
E. Coli ou Coliformes Termotolerantes	
Água tratada no sistema de distribuição	Não pode ser detectável em nenhuma amostra de 100 ml
E. Coli ou Coliformes Termotolerantes	

Fonte: WHO, 2017

Tabela 1: Resultados bacteriológicos □ coliformes totais - saída do tratamento □ ETA Guandu – APBF

APBF Coliforme Totais	MESES – 2020				
Resultados	jan	fev	mar	abr	Total Geral
Ausência	31	27	31	21	110
Presença		1			1
Total Geral	31	28	31	21	111

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Tabela 7: Resultados bacteriológicos □ E. Coli - saída do tratamento □ ETA Guandu – APBF

APBF Escherichia Coli	MESES – 2020				
Resultados	jan	fev	mar	abr	Total Geral
Ausência	31	28	31	21	110
Presença	0	0	0	0	0
Total Geral	31	28	31	21	111

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Tabela 8: Resultados bacteriológicos □ coliformes totais - saída do tratamento □ ETA Guandu – Lameirão

Lameirão Coliforme Totais	MESES – 2020				
Resultados	jan	fev	mar	abr	Total Geral
Ausência	31	27	31	21	110
Presença		1			1
Total Geral	31	28	31	21	111

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Tabela 9: Resultados bacteriológicos □ E. Coli - saída do tratamento □ ETA Guandu – Lameirão

Lameirão Escherichia Coli	MESES – 2020				
Resultados	jan	fev	mar	abr	Total Geral
Ausência	31	28	31	21	110
Presença	0	0	0	0	0
Total Geral	31	28	31	21	111

Tabela 10: Resultados bacteriológicos □ coliformes totais - saída do tratamento □ ETA Guandu – Marapicu

Marapicu Coliforme Totais	MESES – 2020				
Resultados	jan	fev	mar	abr	Total Geral
Ausência	28	27	31	21	110
Presença	3	1			4
Total Geral	31	28	31	21	111

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Tabela 11: Resultados bacteriológicos □ E. Coli - saída do tratamento □ ETA Guandu – Marapicu

Marapicu Escherichia Coli		MESES – 2020				Total Geral
Resultados	jan	fev	mar	abr		
Ausência	31	28	31	21	110	
Presença	0	0	0	0	0	
Total Geral	31	28	31	21	111	

Tabela 12. Resultados bacteriológicos □ coliformes totais - saída do tratamento □ ETA Guandu – Zona Rural

Zona Rural Coliforme Totais		MESES – 2020				Total Geral
Resultados	jan	fev	mar	abr		
Ausência	31	27	31	21	110	
Presença	0	1			1	
Total Geral	31	28	31	21	111	

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Tabela 13: Resultados bacteriológicos □ E. Coli - saída do tratamento □ ETA Guandu – Zona Rural

Zona Rural Escherichia Coli		MESES – 2020				Total Geral
Resultados	jan	fev	mar	abr		
Ausência	31	28	31	21	110	
Presença	0	0	0	0	0	
Total Geral	31	28	31	21	111	

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Tabela 14: Resultados bacteriológicos □ coliformes totais - rede de distribuição – Municípios abrangidos pelo Sistema Guandu

Município	Coliformes Totais						Total Geral
	jan-20		jan-20 Total	fev-20		fev-20 Total	
	Ausência	Presença		Ausência	Presença		
BELFORD ROXO	45	4	49	24		24	73
DUQUE DE CAXIAS	61	0	61	11	1	12	73
MESQUITA	23	1	24	2		2	26
NILÓPOLIS	24	1	25	12	1	13	38
NOVA IGUAÇU	67	3	70	30	2	32	102
RIO DE JANEIRO	541	36	577	116	13	129	706
SAO JOÃO DE MERITI	52	3	55	29	1	30	85
Total Geral	813	48	861	224	18	242	1.103

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

Tabela 15: Resultados bacteriológicos □ E. Coli - rede de distribuição – Municípios abrangidos pelo Sistema Guandu

Município	Escherichia Coli						Total Geral
	jan-20		jan-20 Total	fev-20		fev-20 Total	
	Ausência	Presença		Ausência	Presença		
BELFORD ROXO	49		49	24		24	73
DUQUE DE CAXIAS	61		61	12		12	73
MESQUITA	24		24	2		2	26
NILÓPOLIS	25		25	13		13	38
NOVA IGUAÇU	70		70	32		32	102
RIO DE JANEIRO	571	6	577	128	1	129	706
SAO JOÃO DE MERITI	55		55	30		30	85
Total Geral	855	6	861	241	1	242	1.103

Fonte: Adaptado dos Relatórios da CEDAE

O THM mais facilmente detectável é o clorofórmio. O monitoramento dessas substâncias tem sua relevância porque já existem estudos relacionando a concentração dos THM com a morbidade e a mortalidade por câncer em alguns casos de carcinomas. Em relação ao monitoramento, o cloro residual deve ser analisado estrategicamente ao longo de todo o sistema de abastecimento conforme Portaria de Consolidação nº 05 de 2017 que estabelece um teor mínimo obrigatório é de 0,20 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e o teor máximo de 2,00 mg/L de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento. Ainda segundo a legislação, em manancial superficial, deve ser analisada 1 amostra na saída do tratamento a cada 2 horas e no sistema de distribuição sempre que for feita análise

microbiológica. Segundo a OMS (Guidline, 2017) a recomendação é o cloro livre residual recomendado é de 0,2 a 0,5 mg / L. A Tabela 4, na saída do tratamento da ETA Guandu, mostra os dados obtidos no site da CEDAE e referem-se tanto aos desinfetantes quanto aos seus produtos secundários e evidenciam que não houveram resultados superiores ao VMP (Valor Máximo Permitido) no mês de janeiro. Cabe ressaltar que o parâmetro monoclóroamina apesar de apresentar resultado, a data da análise não foi informada, além disso, os dados referentes aos meses de fevereiro e março deste ano, não estão disponibilizados no site, logo, não puderam ser analisados. Os pontos analisados nas redes de distribuição são os mesmos dos apresentados na figura 7, ou seja, 861 análises realizadas para o mês de janeiro e 242 para o mês de fevereiro. Segundo Tabela 5, em janeiro,

foram constatadas 236 amostras acima do limite de tolerância (2 mg/L), faixa de valores entre 2,2 e 3,7 e em fevereiro 12, faixa de valores entre 2,2 e 2,6, o que representa respectivamente 27,4% e 5,0% das amostras fora dos padrões recomendados. O mês de março deste ano, não estava disponibilizado no site, logo os dados não puderam ser analisados.

Fluoreto: A Portaria M.S 2914/11 estabelece a obrigatoriedade de fluoretação de água de abastecimento público como forma de prevenção de cárie dentária. Para que possa agir efetivamente, deverá ser adicionado dentro da concentração de 0,6 a 0,9 mg/L, com valor máximo de 1,5 mg/l, como medida de segurança na prevenção da fluorose. A fluoretação em sistemas de abastecimento de água é obrigatória no Brasil desde o ano de 1974. A OMS recomenda que as quantidades adicionadas à água potável são tais que as concentrações finais estão geralmente entre 0,5 e 1 mg/l. O fluoreto na água final está sempre presente como íons fluoreto, seja de fontes naturais ou de fluoretação artificial (Guideline WHO, 2017). O valor de referência máximo para OMS é também 1,5 mg/l. No gráfico da figura 15 é possível verificar que as amostras estão todas abaixo do valor de referência e apenas no 1º semestre de 2019 que ficou abaixo do recomendado pela OMS. Não houve medições em 2017 e no primeiro semestre de 2018.

Coliformes totais e Escherichia Coli: As bactérias do grupo coliforme (coliformes totais) habitam normalmente o intestino de humanos e animais (seres de sangue quente) e são os organismos mais comumente utilizados como indicadores de contaminação fecal, ou seja, indicam se uma água foi contaminada por fezes e, por conseguinte, se apresenta uma potencialidade para transmitir doenças. (FUNASA, 2014). Os Coliformes totais abrangem um grupo heterogêneo de bactérias e assim sendo, têm valor sanitário limitado. Sua aplicação restringe-se praticamente à avaliação da qualidade da água tratada, na qual sua presença pode indicar falhas no tratamento, uma possível contaminação após o tratamento ou ainda a presença de nutrientes em excesso, por exemplo, nos reservatórios ou nas redes de distribuição. Dessa forma, a Escherichia Coli, que pertence ao subgrupo dos coliformes termotolerantes e possui origem exclusivamente fecal é o principal parâmetro microbiológico para avaliação da patogenicidade da água. A tabela de padrão microbiológico da água para consumo humano (anexo 1 do anexo XX da Portaria de consolidação nº 05 de 2017) permite, quando se tratar de sistema de distribuição que abasteçam populações acima de 20.000 habitantes, que apenas 5% das amostras examinadas de coliformes totais testem positivo. Demais casos os resultados devem ser ausentes para coliformes totais e E. Coli em 100 mL. Ainda segundo a legislação, consoante anexo 13 do anexo XX, deve ser analisada 4 amostras na saída do tratamento (por unidade de tratamento) a cada semana e no sistema de distribuição 105 + (1 para cada 50mil habitantes) amostras, sendo no máximo 1.000 mensais. As tabelas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13 evidenciam que as amostras com presença de coliformes totais em 4 pontos estratégicos da saída do tratamento da ETA Guandu, nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril⁴ estão dentro do permitido, ou seja, abaixo de 5% das amostras analisadas. Quanto a Escherichia coli todas as amostras acusaram ausência, logo, em conformidade com a legislação vigente. Os pontos analisados nas redes de

distribuição para coliformes totais e E. coli são os mesmos dos apresentados na Figura 7, ou seja, 861 análises realizadas para o mês de janeiro e 242 para o mês de fevereiro. Conforme apresentado na Tabela 14, em janeiro, foram constatadas 48 amostras com presença de coliformes totais e em fevereiro 18, o que representa respectivamente 0,6% e 2,4% acima do permitido (5% das amostras), exigindo assim a comunicação das medidas corretivas tomadas à autoridade de saúde. O mês de março deste ano, não estava disponibilizado no site, logo os dados não puderam ser analisados. Quanto a E. Coli, conforme Tabela 15, em janeiro foram constatadas 6 amostras com presença de E. Coli e em fevereiro 1, o que viola o determinado na legislação e exige dos responsáveis pelo sistema a comunicação das medidas corretivas tomadas à autoridade de saúde. O mês de março deste ano, não estava disponibilizado no site, logo os dados não puderam ser analisados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até o dia 15 de março de 2020 quando ainda vigorava a Lei Estadual 4.930 de 2006 estava expresso na mesma que as concessionárias deveriam publicar relatórios semestrais sobre o monitoramento da água potável em jornais e/ou outros meios de comunicação, destacando mês a mês, bairro a bairro, e município a município, os locais cuja água esteve fora dos padrões de potabilidade estabelecidos. Com o artigo realizado, no período analisado, 2017 a 2020, a depender do indicador, foram identificados alguns parâmetros fora do padrão de potabilidade recomendado, sendo assim, entendemos que os relatórios semestrais disponíveis no site da CEDAE atendem parcialmente às exigências da Lei Estadual, uma vez que não há dados mais detalhados das áreas em que o parâmetro esteve fora do recomendado. O principal motivo das reclamações dos consumidores ocorridas durante o período de crise no fornecimento na cidade do Rio de Janeiro foi motivo por alteração de gosto e odor da água. No presente estudo, observou-se que tais parâmetros, segundo a legislação vigente, não precisam ser analisados frequentemente, sendo trimestral na saída do tratamento e dispensado no sistema de distribuição. Apesar disso e em decorrência da crise existente à época, a CEDAE começou a disponibilizar, diariamente, os resultados das análises de gosto e odor na Saída da ETA Guandu, a contar do dia 29 de janeiro de 2020. Da análise dos resultados ficou evidenciado que realmente no final do mês de janeiro na ETA Guandu o parâmetro gosto ultrapassou em 2,8 vezes (NETA) e 8,3 vezes (VETA) os valores máximos permitidos pela legislação. Já nos primeiros dias de fevereiro os valores se normalizaram e assim permaneceram até o último dia dos dados obtido. Ao que parece, a rápida melhora dos resultados ruins relativos ao parâmetro gosto ocorridos no final de janeiro foi devido à implantação do filtro de carvão ativado na etapa de captação da água, ocorrida no final de janeiro. A eficácia no uso desses novos dispositivos também é comprovada pela análise de Geosmina/MIB. As reclamações sobre turbidez fora do padrão exigido sempre devem ser investigadas porque pode refletir falhas ou violações no sistema de distribuição ou podem resultar em consumidores com fontes de água alternativas, logo, potencialmente menos seguras. Ocorre que os resultados analisados, de 2017 a 2020, na saída do tratamento do sistema Guandu o parâmetro turbidez sempre esteve dentro das recomendações do MS e do OMS. Por outro lado, quando analisada a turbidez na água distribuída em janeiro deste ano, 68 localidades apresentaram valores acima dos máximos permitidos pela legislação (5 uT), o que pode

⁴ Não existem laudos de análise de E. Coli dos anos anteriores

guardar relação direta com as reclamações existentes no período para alteração de cor da água. Em fevereiro as amostras acima do permitido reduziram significativamente, quase 3% das amostras, porém, não dá para saber se houve ações de melhorias no sistema, uma vez que dos dados divulgados, 60% das localidades com valores acima do permitido em janeiro não constam no relatório de fevereiro. O parâmetro cloro residual livre e combinado apesar de 27,4% das análises em janeiro indicar valores acima do máximo permitido (2,0 mg/L), conforme artigo 39 §2º da Portaria de Consolidação nº 05/2017, a mesma norma, de forma contraditória, no anexo 7 do anexo XX possibilita que os valores possam chegar até 5 mg/L, sendo assim, todas as amostras se mostraram dentro dos limites e cumprindo bem sua função de indicador da potabilidade bacteriológica em decorrência da desinfecção da rede de distribuição (redes e reservatórios).

Somado a isso, conforme já afirmado pelo próprio governador do RJ, ocorreu uma falha operacional dos técnicos da CEDAE ao permitir que uma água, com cor, gosto e cheiro alterado, devido à substância geosmina, fosse distribuída a população do grande Rio. Em contrapartida a CEDAE se defende, com o argumento plausível de que todos os parâmetros estavam dentro do estabelecido em Lei, e que foi evidenciado no presente estudo de caso. O bom exemplo na decisão de paralisação do tratamento quando do aparecimento de surfactante na entrada da ETA Guandu, deveria ter se repetido anteriormente quando do aparecimento da geosmina em concentrações acima do habitual. Apesar de tratar-se de uma substância que não apresenta potencial patogênico a saúde, a mesma possui efeitos psicossomáticos (sintomas causados por alguma instabilidade emocional que vão gerar efeitos físicos no organismo) como dores de cabeça, estresse e náuseas. O cenário de crise no abastecimento vivenciado pelo município do Rio de Janeiro é apenas um, dentro diversos outros problemas enfrentados atualmente no país pelo setor de saneamento Básico. Em discussão no senado, o presidente executivo do Instituto Trata Brasil, ressaltou que em 2019, 48% da população brasileira ainda não possui coleta de esgoto, o que importa dizer que enquanto o despejo de efluentes, sem tratamento adequado em nossos mananciais ocorrerem, crises como essa no Rio de Janeiro serão cada vez mais frequentes, além do risco de problemas de saúde pública que a falta de saneamento pode ocasionar. (AGÊNCIA SENADO, 2019). Recomenda-se que em trabalhos futuros seja avaliado a efetividade da Lei Estadual 8.754 de 17 de março de 2020, alterando cláusulas da Lei Estadual 4.930 de 2006, que foi criada em decorrência do cenário de crise hídrica ocorrido nos primeiros meses de 2020 na cidade do Rio de Janeiro com o intuito de dar maior transparência à sociedade quanto a qualidade das águas tratadas pelas concessionárias em todos os municípios do Estado do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

- ABE, Yulia Tiaki. Tratamento e Disposição de Lodo (ETA). Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais. UNICAMP, Campinas. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~bdta/modulos/saneamento/lodo/lodo.htm>> Acesso em: 29 mar. 2020.
- AGÊNCIA SENADO. Brasil tem 48% da população sem coleta de esgoto, diz Instituto Trata Brasil. 2019. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2019/09/25/brasil-tem-48-da-populacao-sem-coleta-de-esgoto-diz-instituto-trata-brasil>> Acesso em: 27 mar. 2020.
- ALVES, Magno José. Avaliação de Processos de Filtração por Membranas e de Adsorção na Purificação de Biodiesel. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <[https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15084/1/Avaliacao Processos Filtracao.pdf](https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15084/1/Avaliacao%20Processos%20Filtracao.pdf)> Acesso em: 29 mar. 2020.
- CEDAE. Estações de Tratamento. Site Disponível em: <https://www.cedae.com.br/estacoes_tratamento> Acesso em: 24 mar. 2020.
- CEDAE. Qualidade da Água. Site Disponível em: <<https://www.cedae.com.br/relatoriosguandu>> Acesso em: 19, 20 abr. 2020.
- DECRETO Nº 5.440, DE 4 DE MAIO DE 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5440.htm> Acesso em: 24 mar. 2020.
- DI BERNARDO, L. & SABOGAL PAZ, L.P. (2008) Seleção de tecnologias de tratamento de água. v. 1 e 2. São Carlos: LDiBe. 1560 p.
- DI BERNARDO, L. Filtração Direta Aplicada a Pequenas Comunidades. 1º ed. São Carlos. Projeto Prosab, p.498, 2003.
- DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela Di Bernardo, VOLTAN, Paulo Eduardo Nogueira. Métodos e técnicas de tratamento de água – 3º ed. São Carlos, 2017.
- DIRETRIZ NACIONAL DO PLANO DE AMOSTRAGEM DA VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO. Ministério da Saúde, Brasília, 2016. Disponível em: <https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf> Acesso em: 15 abr 2020
- FERREIRA, Tiago Finkler ; MARQUES, David M. L. da Motta. Aplicação de Phoslock® para Remoção de Fósforo e Controle de Cianobactérias Tóxicas. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 14 n.2 Abr/Jun 2009. Disponível em: <<https://phoslock.com.br/wp-content/uploads/2014/01/Finkler-Ferreira-Motta-Marques-2009.pdf>> Acesso em: 29 mar 2020
- FORTES, Ana Carolina Chaves; BARROCAS, Paulo Rubens Guimarães; KLIGERMAN, Débora Cynamon. Vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. 2019. Disponível em: <<https://scielosp.org/article/sdeb/2019.v43nsp3/20-34/pt/#>> Acesso em: 27 mar. 2020.
- GALVÃO, Douglas Felipe; GOMES, Eliane Rodrigues dos Santos. Os Processos de Separação por Membranas e sua Utilização no Tratamento de Efluentes Industriais da Indústria de Laticínios: revisão bibliográfica. Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <<https://www.revistadoilct.com.br/ilct/article/download/487/395>> Acesso em: 29 mar. 2020.
- GHIGGI, Fernanda Formoso. Tratamento de Águas para Consumo Doméstico com Membranas de Ultrafiltração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/38383/000823841.pdf?sequence=1>> Acesso em 29 mar 2020.
- HELLER, L. Concepção de instalações para o abastecimento de água, In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org). Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2v, cap. 2. p. 65-106, 2010.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Site. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>> Acesso em: 24 mar 2020.

- LEI Nº 4930, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2006. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/32152a5e2eaf6ee28325724b006a64a3?OpenDocument>> Acesso em: 20 abr 2020.
- LEI Nº 8.754 DE 16 DE MARÇO DE 2020. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/bc008ecb13dfc6e03256827006dbbf5/4e1385661ac462d20325853b006f644d?OpenDocument>> Acesso em: 20 abr 2020.
- MEYER, Sheila T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. Cad. Saúde Públ., 1994. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v10n1/v10n1a11.pdf>> Acesso em: 24 abr 2020.
- MORAIS, Everaldo Santos de. Produção do carvão ativado a partir do mesocarpo do coco da baía (cocosnuciferalinn) utilizando H3PO4, CH3COONa e KOH como ativantes. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Dissertação Mestrado. Natal, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/22732/1/EveraldoDantasDeMoraes DISSERT.pdf>> Acesso em 25 abr. 2019.
- MULLER, Carla Cristine; RAYA-RODRIGUEZ, Maria Teresa; CYBIS, Luiz Fernando. Adsorção em carvão ativado em pó para remoção de microcistina de água de abastecimento público. Artigo Técnico. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n1/v14n1a04.pdf>. Acesso em: 29 mar 2020.
- PAIVA, L. B. de; MORALES, A. R.; DÍAZ, F. R. V. Argilas organofílicas: características, metodologias de preparação, compostos de intercalação e técnicas de caracterização. Artigo. 2008. Disponível em: <http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/1190/2/art_DIAZ_Argilas_organofilicas_caracteristicas_metodologias_de_preparacao_compostos_2008.pdf> Acesso em: 29 mar 2020.
- PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO nº 5/2017. Anexo XX. Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html> Acesso em: 24 mar. 2020.
- PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. Tratamento de Águas de Abastecimento Por Filtração Em Múltiplas Etapas. ABES. Rio de Janeiro, 1999.
- RESOLUÇÃO CONAMA No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 24 mar. 2020.
- SABOGAL-PAZ, Lyda Patricia et al . Avaliação técnico-econômica da tecnologia de tratamento de água de dupla filtração. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 525-532, Dec. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000400525&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 28 Mar. 2020.
- SILVA, Sheila; MARIANI, Carolina; POMPEO, Marcelo. Análise crítica da resolução CONAMA Nº 357 à luz da Diretiva Quadro da Água da União Europeia: estudo de caso (Represa do Guarapiranga - São Paulo, Brasil), 2015. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap._24_CONAMA.pdf> Acesso em: 24 mar. 2020.
- SILVEIRA, Bárbara Alduan. Tratamento de água de abastecimento com aplicação da moringa oleifera líquida e em pó em diferentes concentrações de solução salina. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9146/1/LD_COEAM_2017_2_03.pdf> Acesso em: 27 mar. 2020.
- SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (anos-base 2012 a 2018). Brasília: Ministério das Cidades, 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>> Acesso em: 23 mar. 2020.
- VERAS, Luciana Rodrigues Valadares; DI BERNARDO, Luiz. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas - FIME. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 109-116, Mar. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522008000100014&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 29 Mar. 2020.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1995. 240 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1)
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking-water quality. 4th edition, incorporating the 1st addendum. 2017. Disponível em: <https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/> Acesso em: 19 abr. 2020.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Water Quality and Health - review of turbidity: Information for regulators and water suppliers. 2017 Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254631/WHO-FWC-WSH-17.01-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 25 abr 2020.
- ZAT, Michely; BENETTI, Antonio D. Remoção dos compostos odoríferos geosmina e 2-metilisoborneol de águas de abastecimento através de processos de aeração em cascata, dessorção por ar e nanofiltração. Artigo Eng. Sanit Ambient, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n4/a06v16n4.pdf>> Acesso em: 25 abr 2020.
