

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



Rossana Santos de Castro

**A qualidade da água distribuída e seus prováveis impactos na saúde da população do
Distrito Federal**

V. 1

Brasília

2018

Rossana Santos de Castro

**A qualidade da água distribuída e seus prováveis impactos na saúde da população do
Distrito Federal**

V. 1

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, do Departamento de Saúde e Saneamento Ambiental, da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Saúde Pública, Área de concentração: Políticas Públicas, gestão e cuidado em saúde.

Orientador: Dr. Jaime Lopes da Mota Oliveira

Coorientadora: Dra. Vanessa Resende Nogueira Cruvinel

Brasília

2018

Catálogo na fonte
Fundação Oswaldo Cruz
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde
Biblioteca de Saúde Pública

C355q Castro, Rossana Santos de.
A qualidade da água distribuída e seus prováveis impactos na saúde da população do Distrito Federal / Rossana Santos de Castro. -- 2018.
44 f. : il. color. ; graf. ; tab.

Orientador: Jaime Lopes da Mota Oliveira.
Coorientadora: Vanessa Resende Nogueira Cruvinel.
Dissertação (mestrado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Brasília, 2018.

1. Qualidade da Água. 2. Purificação da Água. 3. Racionamento de Água. 4. Impactos na Saúde. 5. Distrito Federal. I. Título.

CDD – 23.ed. – 628.162098174

Rossana Santos de Castro

**A qualidade da água distribuída e seus prováveis impactos na saúde da população do
Distrito Federal**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, do Departamento de Saúde e Saneamento Ambiental, da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Saúde Pública. Área de concentração: Políticas Públicas, gestão e cuidado em saúde

Aprovada em 18 de dezembro de 2018

Banca Examinadora

Dra. Aldira Guimarães Duarte Dominguez
Departamento de Saúde Coletiva/UnB

Dra. Débora Cynamon Kligerman
Departamento de Saneamento e Saúde Pública/ENSP/FIOCRUZ

Vanessa Resende Nogueira Cruvinel (Co-orientadora)
Departamento de Saúde Coletiva/UnB

Jaime Lopes da Mota Oliveira (Orientador)
Departamento de Saneamento e Saúde Pública/ENSP/FIOCRUZ

Brasília

2018

AGRADECIMENTOS

A Adasa pela oportunidade de cursar o mestrado.

A Secretaria de Saúde do Distrito Federal pela disponibilização de informações, especialmente à Enfermeira Rosa Maria Mossri pela presteza e cordialidade em fazê-lo.

Aos colegas da SAE, em especial Patrícia, Leandro e Jarbas pelo apoio, livros, conversas e torcida.

Aos amigos e família pela paciência e por entenderem as ausências.

Aos colegas de mestrado pelo companheirismo, em especial Ju e Kaoara, pelo apoio material e psicológico.

Aos orientadores Jaime e Vanessa por me acompanharem durante essa trajetória, tendo sido, mesmo à distância, muito presentes.

Por fim, aos meus pais, por absolutamente tudo.

RESUMO

A água é essencial à vida, no entanto, pode ser também um veículo muito eficiente na transmissão de doenças, conhecidas como doenças de veiculação hídrica. Dados da Organização Mundial de Saúde estimam que doenças advindas da água sejam responsáveis por 2 milhões de mortes no mundo a cada ano. O tratamento da água tem o objetivo de garantir que essa seja segura e possa ser consumida pela população. Problemas na rede de distribuição, todavia podem fazer com que a qualidade da água seja prejudicada. A intermitência do abastecimento é um dos problemas que pode gerar contaminação na água. Em 2017, o Distrito Federal passou por um período de escassez hídrica que levou a Agência Reguladora local a autorizar o rodízio no abastecimento de água pela Concessionária prestadora do serviço. Por meio de estudo de correlação, utilizando o método Stepwise, buscou-se verificar se a intermitência no abastecimento de água no DF teve impacto na saúde da população. Os resultados sugerem que houve por parte da população a percepção de piora na qualidade da água, o que não ficou evidenciado analisando-se os dados de qualidade da água na rede de distribuição. Também não foi possível estabelecer correlação entre a qualidade da água e doenças de veiculação hídrica. Conclui-se que não é possível afirmar que houve piora na qualidade da água no ano de 2017, tampouco que em função da qualidade da água tratada tenha havido piora na saúde da população, no entanto, há espaço para melhoria da amostragem de água na rede de distribuição em casos como racionamento de água para melhor caracterizar a sua qualidade.

Palavras-chaves: água para o consumo humano, doenças de veiculação hídrica, racionamento de água, reclamações da qualidade da água, distribuição de água tratada.

ABSTRACT

Water is essential to life however, it can also be a very efficient vehicle in the transmission of diseases, known as waterborne diseases. Data from the World Health Organization estimates that waterborne diseases account for 2 million deaths worldwide each year. Water treatment has the objective of ensuring that it is safe and can be consumed by the population. Problems in the distribution network however can cause water quality to be impaired. The intermittent supply is one of the problems that can cause contamination in the water. In 2017, Federal District had a period of water shortage that led the local Regulatory Agency to authorize the rotation in the water supply. By means of a correlation study, using the Stepwise method, it was attempted to verify if this intermittence in the water supply in the DF had an impact on the health of the population. The results suggest that there was a perception of water quality deterioration by the population, which was not evidenced by analyzing water quality data in the distribution network. It was also not possible to establish a correlation between water quality and waterborne diseases. It is concluded that it is not possible to affirm that water quality worsened in the year 2017 nor that due to the quality of treated water there has been a worsening in the health of the population; however, there is room for improvement of water sampling in the network of distribution in cases such as water rationing to better characterize its quality.

Keywords: drinking water, waterborne diseases, water rationing, water quality complaints, drinking water distribution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução da quantidade de análises fora do padrão entre os anos de 2012 e 2017.	21
Figura 2 – Evolução do percentual de análises fora do padrão, por ano e por parâmetro.....	23
Figura 3 – Quantidade de análises fora do padrão de CRL separadas pelos limites superior e inferior.	24
Figura 4 – Evolução do indicador de incidência de reclamações sobre qualidade de água no DF	25
Figura 5 – Quantidade de notificações de Doenças Diarreicas Agudas por ano.....	26
Figura 6 –Notificações de Doenças Diarreicas Agudas por faixa etária.	26
Figura 7 – Quantidade de notificações de Hepatite A por ano.....	27
Figura 8 – Quantidade de notificações de Hepatite A por faixa etária.....	27
Figura 9 – Gráficos de correlações entre as variáveis selecionadas pelo método Stepwise.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores máximos permitidos (VMP) para os parâmetros cloro residual livre, turbidez, coliformes totais e E. coli.	19
Tabela 2 – Quantidade de análises realizadas por ano	22
Tabela 3 – Resultados das regressões lineares entre variáveis selecionadas.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS

ADASA	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do DF
CRL	Cloro Residual Livre
CT	Coliformes Totais
DDA	Doença Diarreica Aguda
DF	Distrito Federal
MS	Ministério da Saúde
TBZ	Turbidez
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
VMP	Valores Máximos Permitidos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1. OBJETIVO GERAL	10
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1. QUALIDADE DA ÁGUA E RISCOS DE CONTAMINAÇÃO	11
3.2. DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA.....	11
3.3. EVOLUÇÃO DOS PADRÕES DE POTABILIDADE.....	13
3.4. PRINCIPAIS PARÂMETROS USADOS NA VERIFICAÇÃO DA POTABILIDADE.....	13
3.5. TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA	14
3.6. ESCASSEZ HÍDRICA E O RODÍZIO NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO DF .	16
4. METODOLOGIA	19
4.1. LEVANTAMENTO DE DADOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA NO DF.....	19
4.2. LEVANTAMENTO DE DADOS DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NO DF.....	20
4.3. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	20
5. RESULTADOS.....	21
5.1. QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA NO DF	21
5.2. RECLAMAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA NO DF	24
5.3. OCORRÊNCIA DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NO DF	25
5.4. CORRELAÇÃO ENTRE OS DADOS.....	28
6. DISCUSSÕES.....	30
7. CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS	35
ANEXO	40

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos componentes mais importantes para os organismos vivos. Em alguns animais aquáticos, ela pode representar 98% de sua composição corporal, enquanto que no ser humano, gira em torno de 60%. A Terra é constituída por cerca de 10^{15} Km³ de água, onde 97% formam os mares, 2,2% estão presentes nas geleiras e somente 0,8% está na forma líquida de água doce. Além disso, de toda a água doce presente no planeta, somente 3% são superficiais (VON SPERLING, 2005).

Desse percentual de água doce superficial no planeta, 11% se encontram no Brasil (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2001). No entanto, a distribuição dos recursos hídricos no Brasil não é homogênea. De um lado tem-se uma enorme disponibilidade de água superficial na região amazônica, enquanto que no semiárido, área que alcança por volta de nove estados da federação, o conflito pelo uso de água é uma realidade (DE ARAÚJO et al., 2004).

Em se tratando de água para consumo humano, além da primordial disponibilidade, é essencial que sua qualidade seja garantida para que não seja responsável pelo carreamento de doenças. A correlação entre o surto de determinadas doenças e a qualidade da água distribuída nas cidades tem sido observada desde o século XIX. A contaminação biológica é uma das formas comuns de degradação da qualidade da água, e doenças como febre tifoide, cólera, Hepatite A, verminoses e giardíase são algumas associadas ao consumo de água contaminada. Segundo dados da Organização Mundial de Saúde, estima-se que doenças advindas da água sejam responsáveis por 1,5 milhões de mortes no mundo a cada ano, ocorrendo majoritariamente em crianças com idade abaixo de 5 anos (UNICEF, 2009).

O Ministério da Saúde (MS) é a entidade brasileira responsável pelo estabelecimento do padrão de potabilidade de água (BRASIL, 2011). Esse padrão tem o objetivo de preservar a saúde da população por meio da garantia da qualidade da água a ser consumida.

O Distrito Federal (DF) está localizado em uma região de nascentes, onde os corpos hídricos apresentam baixas vazões (DISTRITO FEDERAL, 2017a). Situação essa, que associada a uma seca prolongada, fez com que Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do DF (ADASA) tomasse medidas de contenção como o racionamento e rodízio do abastecimento

de água à população. Essas medidas podem representar um risco de surto de doenças tais como Doença Diarreica Aguda (DDA) e Hepatite A. Portanto, este estudo buscou avaliar se as medidas de contingenciamento de água ocorridas neste período refletiram na ocorrência de DDA e Hepatite A, bem como na queda da qualidade da água distribuída à população do DF.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar se ocorreu alguma associação entre as não conformidades encontradas na qualidade da água que abastece o Distrito Federal (DF) a partir dos resultados do controle realizado pela própria concessionária responsável pelo abastecimento público e a ocorrência de diarreia e Hepatite A no período entre 2012 e 2017

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade da água da rede de distribuição do DF entre 2012 e 2017 a partir das amostras que estavam fora do padrão de qualidade aceito pela portaria de potabilidade do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 (não conformidades).
- Verificar a incidência de reclamações sobre qualidade da água entre 2012 e 2017.
- Avaliar a incidência de Doenças Diarreicas Agudas (DDA) e Hepatite A no DF no período entre 2012 e 2017.
- Buscar correlação entre a ocorrência de não conformidades na qualidade da água distribuída e a quantidade de reclamações feitas à concessionária relativas à qualidade da água, bem como com a incidência de DDA e Hepatite A no DF, no período de 2012 e 2017.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. QUALIDADE DA ÁGUA E RISCOS DE CONTAMINAÇÃO

A preocupação com a potencialidade de a água veicular doenças data desde civilizações antigas. Roma já vislumbrava o potencial danoso de recursos hídricos contaminados, pois existia o cuidado em transportar os dejetos para longe da cidade e de distribuição de água de forma segura pelos seus famosos aquedutos (DAVIS; MASTEN, 2016).

Entretanto, foi somente no século XIX que a relação entre enfermidades e água consumida teve sua primeira associação, através do trabalho de detetive do médico inglês John Snow. Ele foi capaz de comprovar, ainda que de forma empírica, a correlação entre o surto de cólera ocorrido em Londres em 1832 e o sistema de abastecimento público de água (SNOW, 1855). Anos mais tarde, a monografia do pesquisador Willian Budd revelou a conexão entre febre tifoide e água contaminada. Em seu manuscrito, ele apresentou um conjunto de regras para a prevenção dessa moléstia que são válidas até os dias de hoje (DAVIS; MASTEN, 2016).

Estabelecida a capacidade de a água veicular doenças, apresentou-se um novo problema aos gestores públicos. Se, no princípio, distribuir água encanada à população já era um desafio, agora se vislumbrava que, além de fazer a água chegar às casas, haveria de se ter um controle mais rígido da sua qualidade. Isto porque esse bem tão essencial à vida tem o potencial de carregar patógenos e espalhar moléstias rapidamente.

3.2. DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

É de conhecimento comum que falta de saneamento básico ou a sua precariedade são fatores que podem levar ao adoecimento da população. A distribuição de água inapropriada, inundações, disposição irregular de lixo e ausência de esgotamento sanitário são fatores os quais podem contribuir para a proliferação de doenças de veiculação hídrica, sendo o sintoma de diarreia o mais comum a essas doenças associadas ao saneamento básico inadequado (TUCCI, 2002).

Essas moléstias podem ter origem biológica, como contaminação por vírus, bactérias e parasitas ou origem em poluentes químicos (D'AGUILA et al., 2000). A contaminação biológica é a mais comumente encontrada e pode gerar doenças tais como: febre tifoide, cólera e outras gastroenterites, Hepatite A, verminoses, giardíase, dentre outras. Tais enfermidades podem causar surtos epidêmicos e mortalidade infantil, principalmente em países em que o tratamento de água é precário (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001). É estimado que no mundo, a provisão inadequada de água, seja responsável por 6% das doenças, o que seria ainda uma estimativa conservadora, podendo chegar a 10%. Uma das principais moléstias a atingir as populações é a diarreia que na maior parte dos casos está relacionada à má qualidade da água distribuída (CASTRO; HELLER, 2009).

Pode-se perceber que a Doença Diarreica Aguda (DDA) de origem infecciosa é a que está mais associada aos problemas na qualidade da água consumida. Segundo o Ministério da Saúde, a DDA pode ser causada por diferentes agentes etiológicos (bactérias, vírus e parasitos) e é caracterizada, em geral, pelo aumento do número de evacuações, com fezes aquosas, podendo chegar à desidratação e desequilíbrios eletrolíticos. Tais episódios, ocorridos de forma repetida, podem ocasionar desnutrição crônica levando até mesmo a casos de retardo de desenvolvimento ponderal e intelectual (FAÇANHA; PINHEIRO, 2005).

O relatório da Organização Mundial da Saúde aponta a diarreia como a segunda maior causa de óbitos na infância o que representa cerca de 1,5 milhões de mortes anuais de crianças de até 5 anos (UNICEF, 2009).

No Brasil, segundo o Boletim Epidemiológico da Secretaria de Saúde do DF, entre 2010 e 2014 foram notificados ao Ministério da Saúde (MS) cerca de 21 milhões de casos de diarreia, a maioria em menores de cinco anos de idade. Embora seja um número expressivo, tem-se observado uma redução dos indicadores de morbimortalidade das diarreias nos últimos anos (DISTRITO FEDERAL, 2015).

3.3. EVOLUÇÃO DOS PADRÕES DE POTABILIDADE

Com o propósito de se tentar erradicar as doenças de veiculação hídrica na população, começou-se a perceber que além de entregar água era preciso garantir que esse recurso chegasse às pessoas livre de patógenos. Uma vez garantida a segurança sanitária da água, estariam minimizadas as chances de adoecimento dos indivíduos.

Desse modo, a atenção com a qualidade da água distribuída a população foi ganhando cada vez mais relevância nos cenários nacional e internacional. Essa preocupação foi se traduzindo na definição e evolução de padrões mínimos aceitáveis em relação à água para consumo humano.

Nos Estados Unidos, o estabelecimento de padrões de qualidade para a água tratada teve início em 1914, ao recomendar-se um limite para contagem de bactérias. Esse padrão de potabilidade foi revisto algumas vezes, mas somente em 1942 foram determinados os locais e a quantidade de análises na rede de distribuição (LIBÂNIO, 2010).

No Brasil, a primeira norma a tratar do assunto foi a Portaria BSB nº 56, de 14 de março de 1977, lançada após o Decreto Nº 79.367, de 9 de março de 1977 (BRASIL, 1977), que atribuiu ao Ministério da Saúde (MS) a competência para estabelecer o padrão de potabilidade de água. Nesta portaria o MS definiu as características de qualidade de água potável, a amostragem e os métodos para a análise da água.

A competência do Ministério da Saúde em relação a potabilidade da água se manteve e, desde então, os padrões de potabilidade têm sido revistos e atualizados por meio de novas portarias. Atualmente a norma vigente é a Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011) que está em processo de revisão.

3.4. PRINCIPAIS PARÂMETROS USADOS NA VERIFICAÇÃO DA POTABILIDADE

A Portaria 2.914/2011 define os mais diversos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos, radiológicos e organolépticos para a garantia da potabilidade da água. Os

parâmetros prioritários que devem ser realizados com mais frequência na rede de distribuição são cloro residual livre (CRL), turbidez, coliformes totais (CT) e *E. Coli* (EC) (BRASIL, 2011).

O CRL atua na desinfecção agindo sobre os micro-organismos existentes na água, evitando a sua proliferação. Com isso, o cloro livre vai sendo consumido ao longo do tempo. Por esse motivo a portaria estabelece um valor mínimo desse desinfetante que deve ser encontrado em toda a extensão da rede para garantir sua ação (ITO; PEREIRA, 2017).

A turbidez é uma característica física da água, e representa a quantidade de partículas suspensas. Sua medida é realizada por meio da interferência que essas partículas causam na passagem de um feixe de luz. Uma água com aspecto turvo, pela estética desagradável, pode fazer com que as pessoas não a consumam. Além disso, os sólidos suspensos podem causar uma barreira à atuação do agente desinfetante, reduzindo sua eficácia. Essas partículas podem ainda carrear grupos de micro-organismos patogênicos como *Giardia* sp. que são responsáveis por algumas disenterias intestinais. Logo, este é um parâmetro importante para a potabilidade da água (VON SPERLING, 2005).

Os coliformes totais agrupam bactérias que fermentam lactose e que estão presentes no intestino dos animais de sangue quente (mamíferos e aves), bem como no solo e na vegetação. Eles são usados como indicador de contaminação fecal, já que a sua presença aumenta a probabilidade de se encontrar patógenos. *Escherichia Coli* (*E. coli*) é uma espécie bacteriana presente em altas concentrações nas fezes de humanos e animais, logo, este organismo é um bom indicador de poluição fecal humana (LIBÂNIO, 2010).

3.5. TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA

Junto com o estabelecimento de padrões mínimos de qualidade da água, veio a necessidade de se tratar a água captada nos mananciais. A água captada nem sempre atende ao estabelecido para o consumo direto, seja por características naturais ou ação antrópica.

Os tratamentos de água variam em função da qualidade e do tipo de manancial. A Portaria 2.914/2011 estabelece, por exemplo, que toda água para consumo humano terá que passar

por processo de desinfecção, mas que as águas superficiais, adicionalmente, devem ser submetidas à filtração (BRASIL, 2011).

Desinfecção e filtração são somente alguns dos tipos de tratamento a que a água bruta, ou seja, aquela retirada dos mananciais, pode ser submetida. O tipo de processo varia em função da natureza e qualidade do corpo hídrico que será utilizado para abastecimento.

Além das características da água a ser captada, para se escolher o processo de tratamento devem ser levadas em consideração as despesas de implantação, operação e manutenção. Logo, o tratamento deve conciliar os objetivos de remover substâncias possivelmente prejudiciais à saúde com custos módicos.

Um dos processos mais comuns de tratamento de água é o denominado convencional que compreende as seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Todavia, mananciais com maior qualidade podem ser tratadas com filtração direta, omitindo-se as etapas anteriores (DAVIS; MASTEN, 2016).

O processo de urbanização desordenada pode acarretar em prejuízos às bacias hidrográficas, pelas mais diversas vias tais como carreamento de poluentes por águas pluviais, lançamento de esgoto tratado ou não, disposição irregular de resíduos sólidos, dentre outras. Decorre dessa série de eventos o comprometimento da qualidade dos mananciais para abastecimento fazendo com que o tratamento convencional possa não ser suficiente para garantir os padrões necessários à potabilidade. Nestes casos, tecnologias mais avançadas e mais dispendiosas tem sido consideradas, tais como separação por membranas, dentre as quais se destacam a ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa (MIERZWA et al., 2008).

Após o tratamento, a água é destinada à população por meio de uma malha de tubos chamada de rede de distribuição. Segundo a Portaria 2.914/2011, essa rede consiste de tubulações e seus acessórios, destinados a distribuir água potável (BRASIL, 2011). Desse modo, a qualidade da água que chega até as residências depende do tratamento adequado e da robustez da rede de distribuição. Esta rede deve ser bem dimensionada, constituída por material adequado e ter um programa de manutenção e substituição bem definidos. Com o passar do tempo e do uso, as tubulações podem perder suas características originais, não sendo incomum a formação de

incrustações na parede interna do tubo devido à corrosão, e, de limo bacteriano, o que leva respectivamente a perda de carga e de qualidade da água (HELLER; PÁDUA, 2016).

O limo é formado por bactérias e fungos que crescem livremente na água. Essa formação faz com que esses micro-organismos se tornem mais resistentes a ação desinfetante do cloro. Na ocorrência de despressurização da rede, é possível que as incrustações das paredes da tubulação e o limo sejam desprendidos da tubulação e, por conseguinte, sejam arrastados pela água, causando um consumo maior do agente desinfetante e, com isso, levando a uma redução do cloro residual livre (LAZCANO, 1998).

Em resumo, os fatores mais comuns que podem levar a contaminação da água na distribuição são as pressões negativas ocasionadas pela descontinuidade do abastecimento, as ligações clandestinas, manutenção inadequada da malha de tubos ou por problemas de projeto ou de operação da rede (ROBERTO; MORAES, 1997).

3.6. ESCASSEZ HÍDRICA E O RODÍZIO NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO DF

Sabe-se que a distribuição dos recursos hídricos no Brasil não é homogênea. A área Amazônica, que fica na região norte, é a mais favorecida, contando com 68% de toda a água do país. E em segundo lugar está o Centro Oeste com 16% dos recursos hídricos (SILVA, 2015). Esta heterogeneidade de distribuição dos recursos hídricos no país pode comprometer a disponibilidade de água em algumas regiões, principalmente em situações de seca.

O DF está situado em um Planalto Central onde se encontram as cabeceiras de afluentes de grandes rios brasileiros pertencentes a três regiões hidrográficas: Tocantins-Araguaia, São Francisco e Paraná. Por se tratar de uma região de nascentes, os corpos hídricos locais apresentam baixas vazões, os quais ainda sofrem com depleção dessa disponibilidade nos períodos de seca (DISTRITO FEDERAL, 2017b).

Além de ser uma região com cursos de água pouco caudalosos, o DF sofre ainda com a ocupação desordenada do solo, decorrente de uma forte imigração para a capital. Essas aglomerações humanas não planejadas que se iniciam sem as infraestruturas básicas do saneamento podem gerar impactos ambientais negativos nas bacias hidrográficas, como assoreamento de rios

e lagos que ocasionam a diminuição da disponibilidade hídrica, o aumento do processo erosivo e a perda da qualidade da água (NUNES; ROIG, 2016).

O abastecimento de água tratada no DF é realizado pela Companhia de Saneamento Ambiental (CAESB) a qual utiliza primordialmente mananciais superficiais. A produção de água atualmente é dividida em cinco grandes sistemas: Torto/Santa Maria, Descoberto, Sobradinho/Planaltina, São Sebastião e Brazlândia (DISTRITO FEDERAL, 2017c).

Os dois maiores Sistemas são o Torto/Santa Maria e o Descoberto, que juntos abastecem cerca de 80% da população. Esses sistemas possuem os dois maiores reservatórios de acumulação do DF, o Santa Maria que fica na área de preservação ambiental do Parque Nacional de Brasília e o Descoberto que está localizado na Bacia Hidrográfica de mesmo nome e faz fronteira com o estado de Goiás (CAESB, 2014).

O ano de 2016 foi marcado por um período chuvoso com pluviosidade abaixo da média histórica o que gerou uma rápida diminuição dos principais reservatórios do DF. Isto levou a um cenário de crise hídrica que estava sendo estabelecido na capital do Brasil (CAPODEFERRO et al., 2018).

A Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do DF (ADASA) possui a competência de regular os serviços de Saneamento Básico na capital. No uso de suas atribuições, ela estabeleceu instrumentos com o objetivo de gerenciar a possível crise. O primeiro regulamento foi a Resolução nº 13/2016 que definiu ações de alerta a serem tomadas em função dos níveis dos principais reservatórios do DF (Descoberto e Santa Maria). Caso o volume útil estivesse inferior a 60% isto significaria um estado de Atenção; se o nível atingisse 40% era declarado o estado de Alerta e em se alcançando o volume de 20% o estado passava a Restrição ao Uso. Estágio em que se torna permitido o regime de racionamento a ser declarado pela Agência Reguladora (CAPODEFERRO et al., 2018).

Várias medidas foram tomadas para o abrandamento da situação de escassez. No entanto, em vista do agravamento da seca, no final do ano de 2016, a Adasa, por meio da Resolução nº 20 declarou estado de restrição de uso e estabeleceu o regime de racionamento no fornecimento de água dos dois maiores sistemas de abastecimento do DF (DISTRITO FEDERAL, 2016).

Em janeiro de 2017 iniciou-se a operacionalização do rodízio no Sistema Descoberto e em fevereiro no Sistema Santa Maria. O esquema de rodízio foi feito com base em um Plano de Operação da Concessionária e consistiu na divisão do DF em regiões, para que a grande parte da cidade não ficasse sem água de uma só vez. Dessa forma, o abastecimento funcionaria do seguinte modo: 1 dia de interrupção no fornecimento de água, seguido de 2 dias de retorno da água, chamado de período de regularização e 4 dias de abastecimento normalizado (CAESB, 2017).

Em 2018, a norma que estabeleceu o regime de racionamento do serviço de abastecimento de água nos Sistemas Descoberto e Santa Maria foi revogada pela Resolução Adasa nº 13 que entrou em vigor no dia 15 de junho. Nesta data foi encerrado o período de rodízio do fornecimento de água. Ao todo, o racionamento ocorreu por aproximadamente um ano e quatro meses (DISTRITO FEDERAL, 2018). Durante este período, as duas maiores redes de distribuição do DF foram submetidas a sucessivos dias de intermitência. Mesmo tendo sido programada, isto acarretou na diminuição da pressão ou ainda na despressurização da rede. Esses fatores podem favorecer quedas na qualidade da água fornecida, sendo um dos riscos associados ao seu abastecimento (BRASIL, 2006).

Além da intermitência, a restrição de água levou a população, principalmente aquela parcela que não dotava de reservatório apropriado, a ter que reforçar o armazenamento de água para os usos básicos durante o dia de racionamento. Esse reforço nos reservatórios pode também ocasionar a contaminação da água, já que em muitos casos devido a urgência ou mesmo falta de recursos, esse armazenamento pode ter sido operacionalizado de forma inadequada.

4. METODOLOGIA

Esta pesquisa é um estudo analítico-descritivo que buscou associar a qualidade da água distribuída no Distrito Federal (DF) a prováveis agravos à saúde da população. Para isso foram levantados dados quanto a qualidade da água e de alguns agravos de veiculação hídrica no período de 2012 e 2017.

4.1. LEVANTAMENTO DE DADOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA NO DF

Os dados foram coletados do controle de qualidade da água distribuída no DF, que foram cedidos pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do DF (ADASA). Os parâmetros utilizados foram: cloro residual livre (CRL), turbidez (TBZ), coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (E. coli).

Esses parâmetros foram analisados a luz da Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (2011) que define os padrões de potabilidade, e, rotulados como não conformes aqueles resultados que não cumpriram os valores máximos permitidos (VMP), como mostra a **Tabela 1**.

Tabela 1 – Valores máximos permitidos (VMP) para os parâmetros cloro residual livre, turbidez, coliformes totais e E. coli.

Parâmetros	VMP	Unidade
Cloro Residual Livre	Entre 0,2 e 5,0 mg/L	Miligramas por litro
Turbidez	Abaixo de 5 UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
Coliformes Totais	Ausência em 100 mL	Mililitro
<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL	Mililitro

Além disso, foram acessados, diretamente do Relatório de Indicadores de Desempenho da CAESB (CAESB, 2018), os dados de reclamações sobre a qualidade da água realizadas pela população à concessionária responsável pelo abastecimento DF. Os dados foram compilados para todo o DF e em reclamações relativas que é a razão entre as reclamações relativas à água e todas as reclamações que chegaram à companhia.

4.2. LEVANTAMENTO DE DADOS DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NO DF

Os dados referentes à ocorrência de doenças diarreicas agudas (DDA) e de Hepatite A no DF foram obtidos por meio de dados secundários do SINAN fornecidos pela Secretaria de Saúde do DF. Os dados foram categorizados em relação à faixa etária e estão agrupados para todo o DF sem distinção por RA.

4.3. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Os dados coletados das não conformidades em relação à qualidade da água da rede de distribuição do DF e as reclamações feitas no período de 2012 e 2017 bem como a ocorrência de DDA e Hepatite A foram organizados de forma que pudessem ser analisados com auxílio de ferramentas de BI (*Business Intelligence*) do Excel. As correlações estatísticas foram realizadas no programa de manipulação de dados R-Studio.

Esses dados foram analisados separadamente por parâmetro considerando-se o número de ocorrências absolutas de resultados não conformes e o percentual de análises não conformes em relação ao total de análises realizadas. Os dados de saúde foram contabilizados por ano e faixa etária.

Após a análise de cada resultado separadamente, foi realizada uma correlação entre os dados de não conformidade da qualidade da água e a ocorrência dos agravos, entre as análises não conformes e a incidência de reclamação sobre a qualidade da água e entre a incidência de reclamações e a ocorrência de agravos.

Essa correlação foi realizada utilizando a análise por regressão linear para cada par de variáveis. A partir dessa correlação foram obtidos os valores de p sendo considerada a correlação válida para valores menores que 0,2 ($p < 0,2$). Para esses resultados foi realizado o teste *Stepwise* com seleção automática, o qual apontou as correlações mais relevantes.

5. RESULTADOS

5.1. QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA NO DF

A **Figura 1** mostra a quantidade de análises da água tratada que apresentaram não conformidade em relação aos parâmetros cloro residual livre (CRL), turbidez (TBZ), coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (E. Coli) no período entre 2012 e 2017.

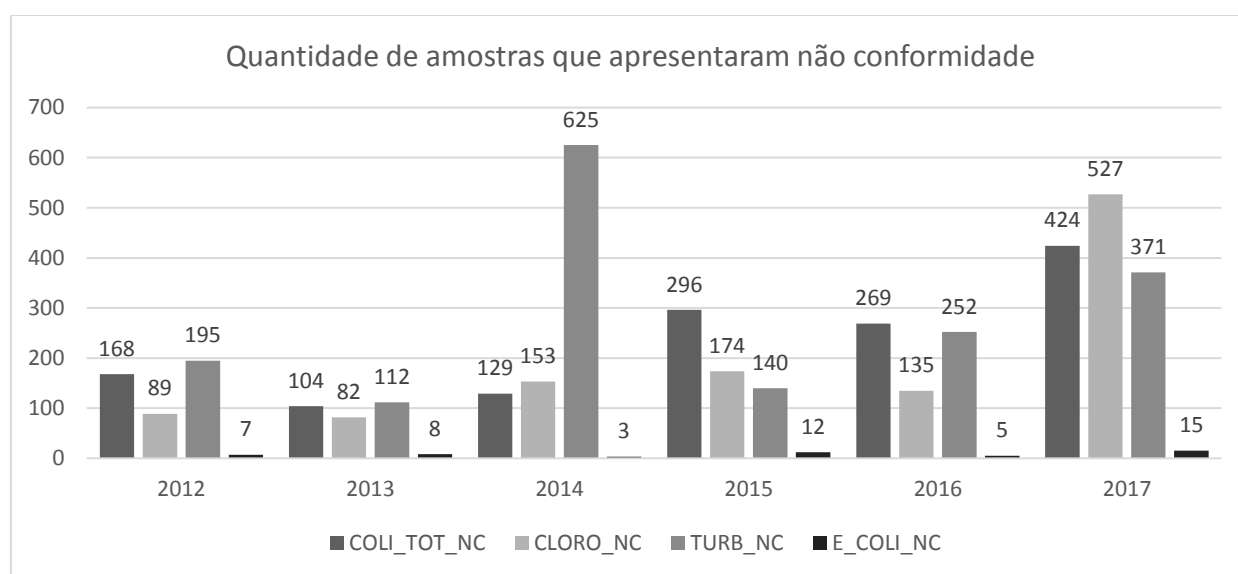


Figura 1 – Evolução da quantidade de análises fora do padrão entre os anos de 2012 e 2017. (Fonte Caesb com adaptações). Nota: COLI_TOT_NC – Não Conformidade em Coliformes Totais; CLORO_NC – Não conformidade em cloro residual livre; TURB_NC – Não conformidade em Turbidez; E_COLI_NC – Não conformidade em E. coli.

No geral, em 2017 houve um aumento na quantidade de análises fora do padrão de potabilidade. O CRL e o CT foram os parâmetros que apresentaram um aumento mais acentuado na ocorrência de não conformidade.

Além do aumento na quantidade de resultados não conformes no ano de 2017, em relação principalmente ao ano anterior, houve também um aumento significativo na quantidade de análises, como pode ser visto na **Tabela 2**. A quantidade média de análises realizadas entre 2012 e 2016 foi um pouco acima de 9.000 enquanto que somente no ano de 2017 foram mais de 19.000,

um aumento de 116%. Isto mostra que a quantidade de análises realizadas pela companhia em 2017 mais que dobrou em relação à média dos anos anteriores.

Tabela 2 – Quantidade de análises realizadas por ano

Ano	Número de análises			
	Coliformes Totais	Cloro Residual Livre	E. Coli	Turbidez
2012	9.172	9.174	9.171	9.117
2013	9.241	9.243	9.241	9.237
2014	7.754	8.474	7.754	8.408
2015	10.532	10.546	10.532	10.544
2016	8.560	8.552	8.560	8.540
2017	19.526	19.517	19.526	19.512
Média (2012 a 2016)	9.051,8	9.197,8	9.051,6	9.169,2

Considerando que o número de análises realizadas na rede de distribuição não foi constante, para ser possível uma comparação entre os anos, foi necessária a relativização dos resultados em termos percentuais. Neste caso foi realizada a razão entre os resultados “não conformes” e o total de amostras analisadas no período para cada parâmetro. A **Figura 2** ilustra a evolução percentual dos resultados fora do padrão.

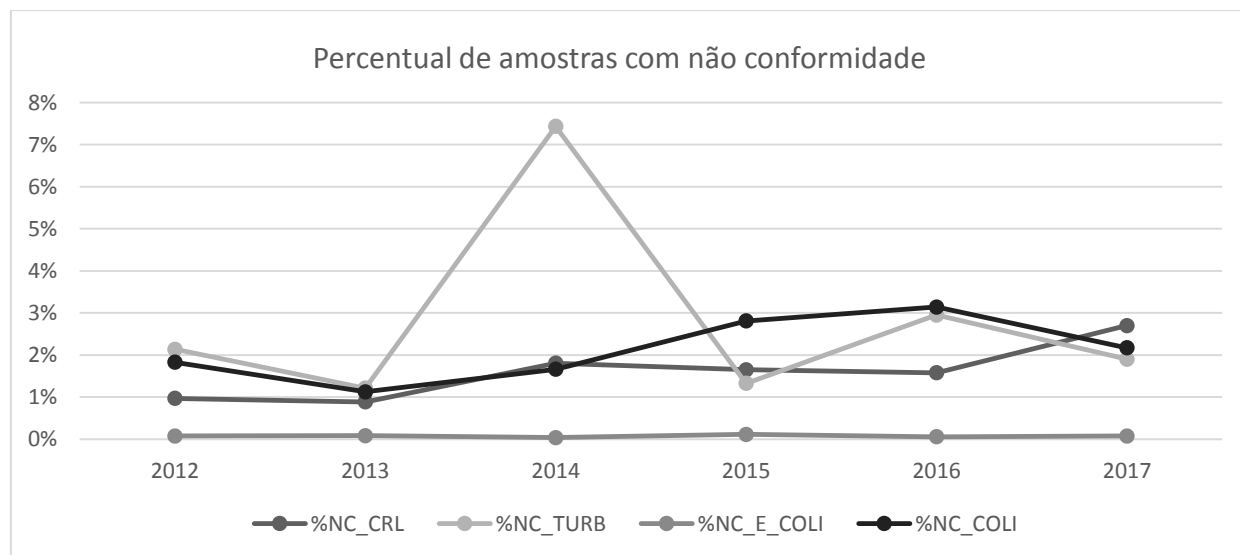


Figura 2 – Evolução do percentual de análises fora do padrão, por ano e por parâmetro. (Fonte Caesb com adaptações). Nota: %NC_CRL – Percentual de não conformidades em cloro residual livre; %NC_TURB – percentual de não conformidades de turbidez; %NC_E_COLI - percentual de não conformidades em E. coli; %NC_COLI - percentual de não conformidades de coliformes totais.

Os resultados relativos de não conformidade para E. Coli tiveram uma constância ao longo do período de 2012 e 2017, sempre abaixo de 1%. Já os valores de não conformidade de CT estavam em uma tendência de alta no seu percentual relativo, que foi interrompida em 2017.

A série histórica de Turbidez se mostra a mais errática, sem indicação de tendência de aumento ou queda, com um valor *outlier* no ano de 2014, o qual destoa da série e apresentando em 2017 um percentual de resultados não conformes menor que o do ano anterior. O único parâmetro a apresentar crescimento no percentual de não conformidade no ano de 2017 foi o CRL. Esse aumento foi de 96% em relação à média dos anos anteriores.

Vale ressaltar que o Relatório de Indicadores da CAESB informa que as análises de turbidez na rede de distribuição foram realizadas somente após a regularização, ou seja, 48h após o dia de interrupção do abastecimento de água. Após este prazo em que ocorria a normalização da água na rede e nos reservatórios, em termos de pressão e quantidade.

A **Figura 3** mostra a quantidade de análises fora do padrão de CRL que tiveram resultados abaixo do limite mínimo e acima do máximo. Pode-se ver que no geral as não conformidades são de casos de cloro residual livre abaixo dos valores mínimos previstos pela Portaria de Potabilidade, e, em 2017 não foi diferente.

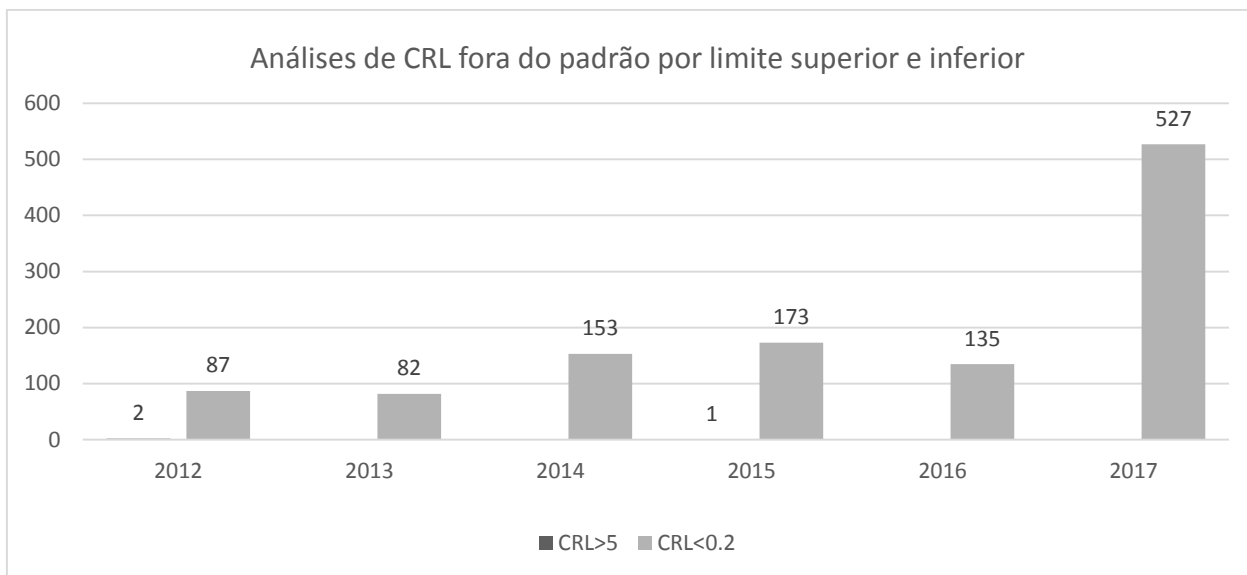


Figura 3 – Quantidade de análises fora do padrão de CRL separadas pelos limites superior e inferior. (Fonte Caesb com adaptações). Nota: CRL – Cloro residual livre

5.2. RECLAMAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA NO DF

A **Figura 4** mostra que houve um aumento no indicador de reclamações em relação a qualidade da água, nos anos de 2016 e 2017. Esse indicador é calculado pela divisão das reclamações de qualidade da água pelo total de reclamações acerca do serviço de abastecimento de água. Em relação aos valores absolutos de reclamação acerca da qualidade de água, conforme explicitado no Relatório de Indicadores de Desempenho 2018 da Caesb (CAESB, 2018), no ano de 2016 foram 894, um aumento percentual de aproximadamente 24% em relação ao ano de 2015, no qual foram contabilizadas 723 reclamações. No ano de 2017 esse número foi de 1.382, o que significou um incremento de aproximadamente 55% em relação ao ano anterior.

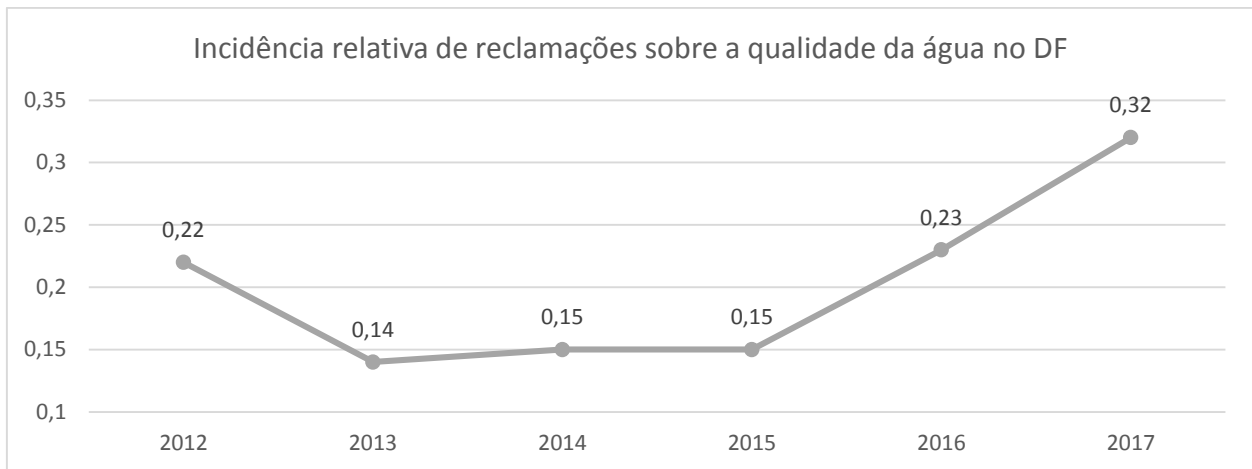


Figura 4 – Evolução do indicador de incidência de reclamações sobre qualidade de água no DF (Fonte Caesb).

5.3. OCORRÊNCIA DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NO DF

A série histórica apresentada na **Figura 5** mostra que, exceto pelo ano de 2014, há uma tendência de queda no número de casos de doenças diarreicas agudas. Pode-se notar também que entre os anos de 2014 e 2015 houve uma queda significativa na quantidade de notificações de DDA.

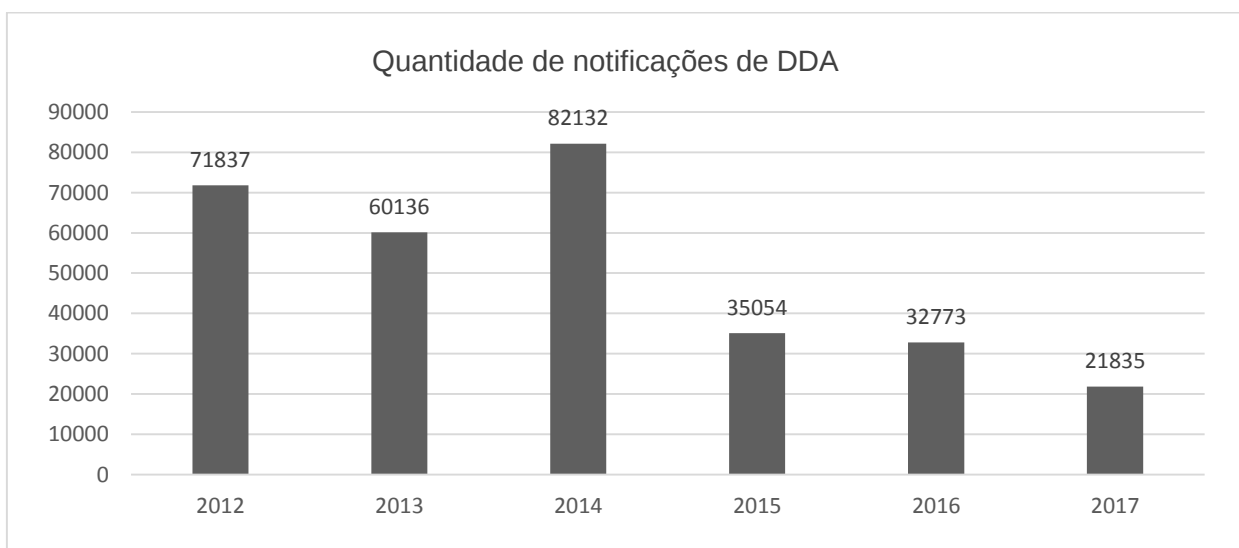


Figura 5 – Quantidade de notificações de Doenças Diarreicas Agudas por ano (Fonte Secretaria de Saúde do DF com adaptações).

Integrando os casos de DDA no DF entre 2012 e 2017 e discriminando os resultados por faixa etária infantil, foi possível observar que a população mais afetada por este agravo foram crianças entre 1 e 4 anos como mostra a **Figura 6**. Embora a incidência de casos em pessoas acima de 10 anos também tenha sido elevada, é uma faixa que apresenta um universo populacional muito elevado.

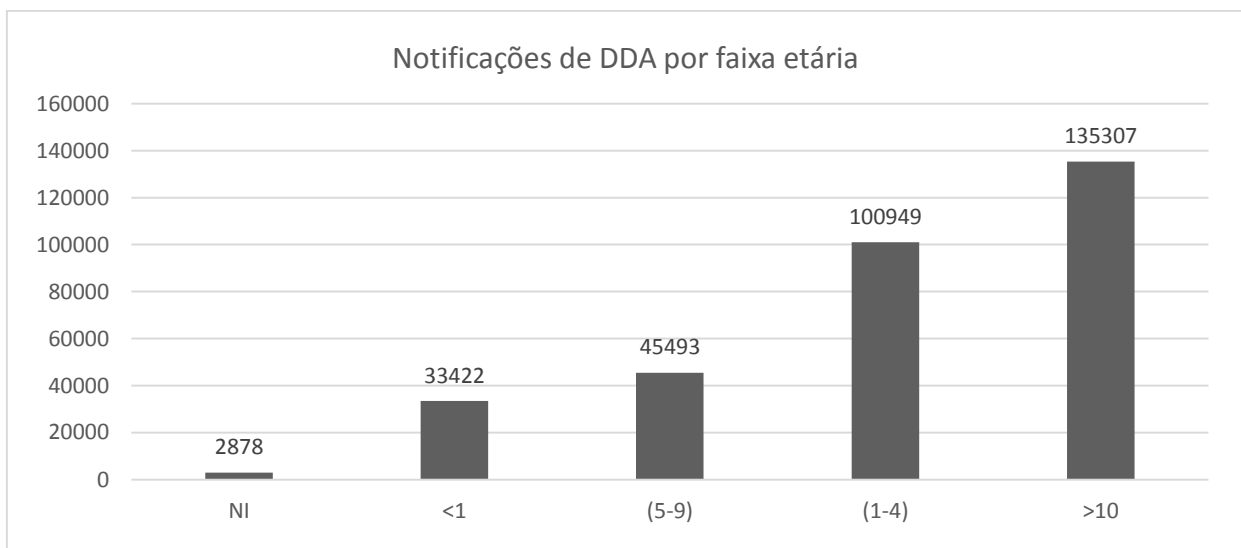


Figura 6 –Notificações de Doenças Diarreicas Agudas por faixa etária. (Fonte Secretaria de Saúde do DF com adaptações). Nota: NI – Não Identificado

A **Figura 7** ilustra a quantidade de notificações de Hepatite A por ano, podendo-se ver claramente uma tendência de queda acentuada. Exceto em 2017, o qual apresentou um valor quase igual ao de 2016, com apenas um caso a mais.

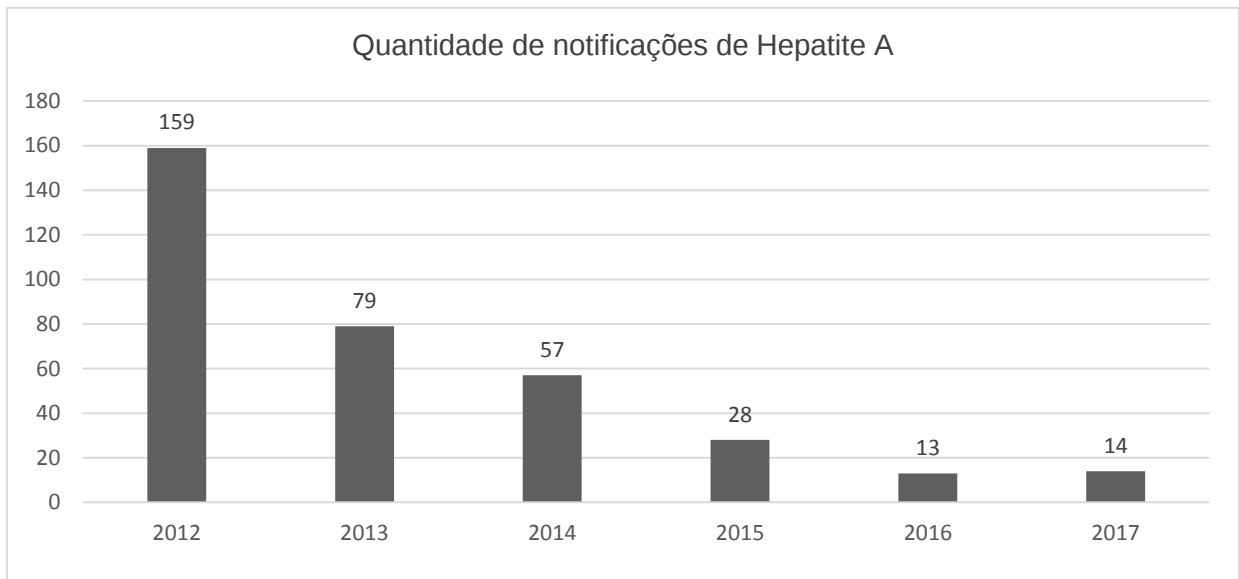


Figura 7 – Quantidade de notificações de Hepatite A por ano (Fonte Secretaria de Saúde do DF com adaptações).

A queda mais significativa da doença ocorreu em crianças entre 5 e 9 anos de idade, conforme mostra a **Figura 8**. Além disso, a maior quantidade de casos de Hepatite A compreende pessoas acima de 10 anos inclusive nos últimos anos analisados (2016 e 2017).

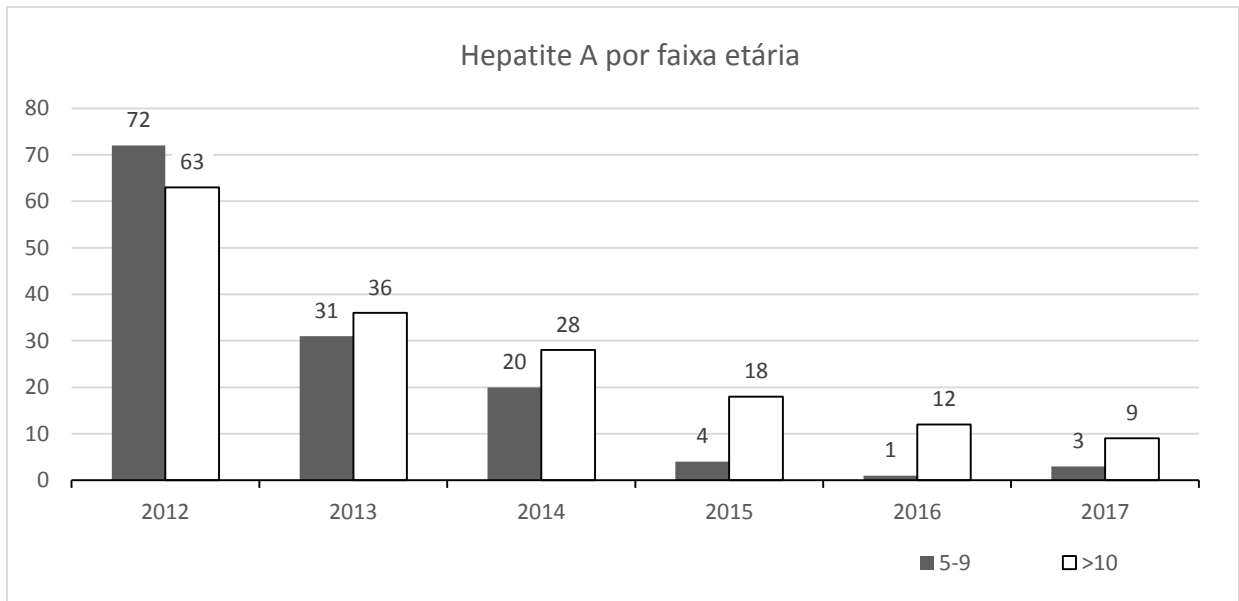


Figura 8 – Quantidade de notificações de Hepatite A por faixa etária onde (■) corresponde a faixa etária entre 5 e 9 anos e (□) maiores de 10 anos. (Fonte Secretaria de Saúde do DF com adaptações).

5.4. CORRELAÇÃO ENTRE OS DADOS

A **Tabela 3** mostra os valores de p calculados a partir da correlação dois a dois entre as variáveis. As variáveis que apresentaram as melhores correlações foram: análises de CT não conformes e DDA, percentual de CRL não conforme e Hepatite A e percentual de reclamações de qualidade de água e análises de CRL fora do padrão. Os gráficos de correlação e os p valores de todas as variáveis estão apresentados no ANEXO.

Tabela 3 – Resultados dos p-valores encontrados após as correlações entre variáveis selecionadas.

p-valor										
Variáveis	% CT	% EC	% CRL	% TBZ	CRL	TBZ	EC	CT	HEP	DDA
DDA	0,148	0,378	0,232	0,232	0,177	0,529	0,105	<u>0,018</u>	-	-
HEP_A	0,239	0,981	<u>0,123</u>	0,936	0,288	0,695	0,544	0,185	-	-
% REC	0,560	0,819	0,163	0,675	<u>0,064</u>	0,817	0,312	0,073	0,671	0,222

Notas: Variáveis em itálico e sublinhadas foram as selecionadas pelo método Stepwise.

A **Figura 9** mostra o teste *stepwise* aplicado nessas correlações e os respectivos valores de regressão linear (r). As não conformidades de CT e incidência de DDA e o percentual de não conformidade de CRL e incidência de Hepatite A apresentaram uma correlação inversa (**Figura 9** (A) e (B)). No entanto, as não conformidades de CRL e as reclamações relativas quanto à qualidade da água tiveram uma correlação positiva (**Figura 9** (C)).

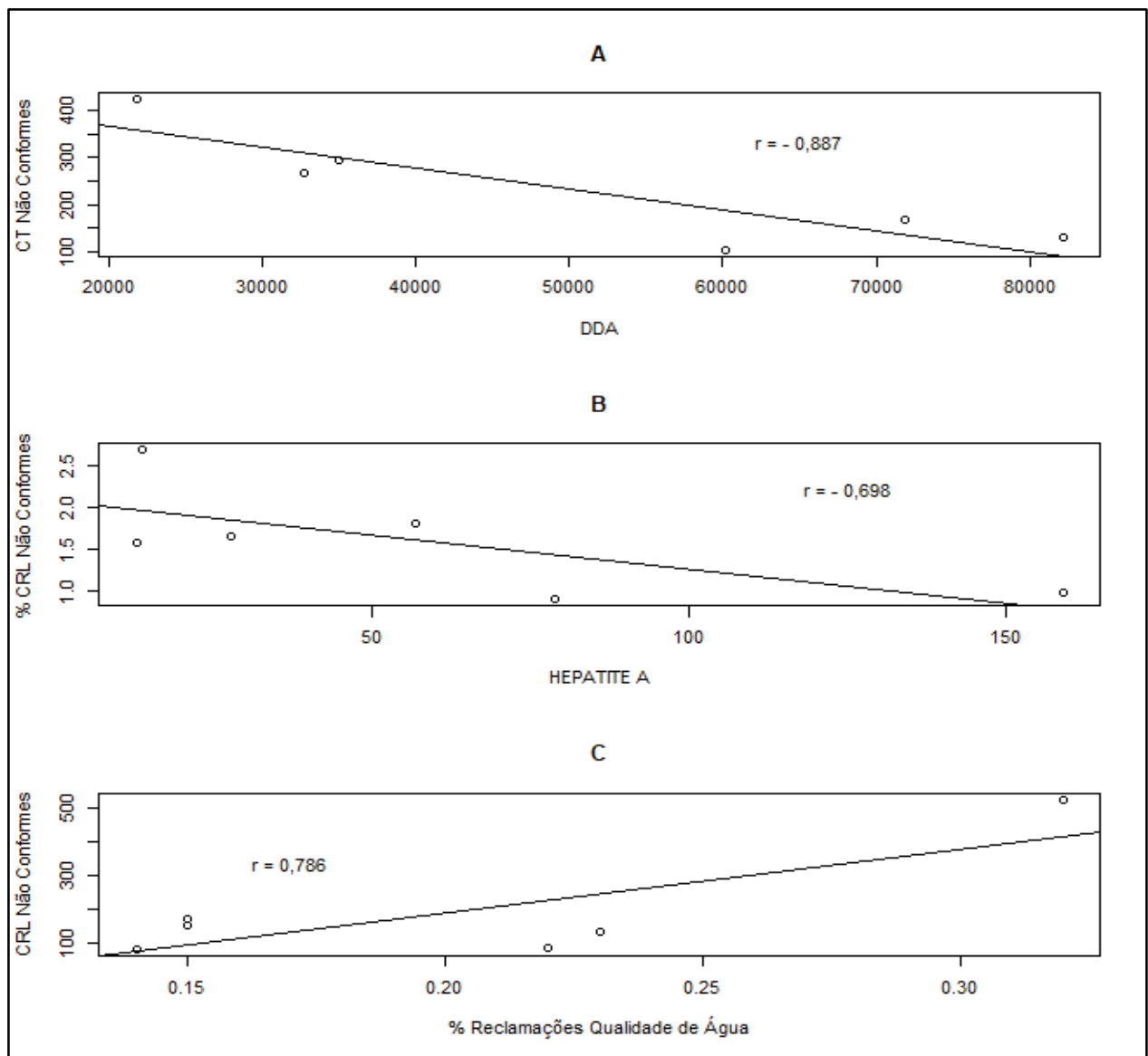


Figura 9 – Gráficos de correlações entre as variáveis selecionadas pelo método Stepwise.

6. DISCUSSÕES

A ADASA tem como um de seus objetivos institucionais, garantir a qualidade da prestação dos serviços de abastecimento de água. Um dos aspectos que afere se este serviço está sendo prestado com qualidade é a conformidade da água tratada em relação aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde. No entanto, mais do que somente o cumprimento de padrões, a garantia da qualidade da água, embora não seja área de atuação direta da Adasa, tem como fim preservar a saúde da população.

Dessa forma a análise conjunta dos dados de qualidade de água e da saúde da população tem grande relevância, no sentido de poder apontar se o tratamento e a distribuição de água têm sido de fato eficientes em não veicular doenças. E assim, auxiliar a tomada de decisões tanto em relação à prestação do serviço quanto em relação à saúde pública.

Os resultados das análises da qualidade da água distribuída ao Distrito Federal (DF), realizadas pela prestadora do serviço de abastecimento de água, não correspondem a uma oferta de água fora do padrão de qualidade. De acordo com a Portaria 2914 (2011), a água distribuída à população pode ser monitorada por dois agentes. Um seria realizado pela da secretaria de saúde local na forma de vigilância em saúde. O outro agente seria o controle de qualidade das próprias concessionárias responsáveis pelo abastecimento. Enquanto que a vigilância teria a responsabilidade de buscar causas de determinados agravos ou avaliar a água a fim de prever possíveis agravos à saúde, o controle tem o objetivo de encontrar possíveis falhas na prestação dos serviços. O resultado fora do padrão de qualidade (não conformidade) encontrado pelo controle da companhia deve seguir protocolos de correções nas falhas do sistema de abastecimento. Após a correção das falhas, a portaria recomenda ainda a realização de coleta da amostra, a qual não deve apresentar a mesma não conformidade (BRASIL, 2011).

A Portaria 2.914/2011 estabelece que para cidades com mais de 250 mil habitantes devem ser realizadas, por mês, 105 análises fixas, mais uma para 5 mil habitantes, o que para o DF todo representaria aproximadamente 705 análises mensais no sistema de distribuição. Só nos sistemas analisados nesse estudo, que representam aproximadamente 80% da população do DF, foram realizadas em média, entre 2012 e 2016, em torno de 750 análises mensais, respeitando-se o número mínimo de análises exigido pela referida norma de potabilidade.

Ainda em relação ao plano de amostragem, a norma de potabilidade estabelece que a representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição deve levar em consideração locais sujeitos à intermitência de abastecimento. No entanto, não define nenhum diferencial em termos de quantidade e frequência na ocorrência desse tipo de falha do fornecimento de água.

Os resultados apresentam que no geral houve um aumento no número absoluto de amostras em desconformidade como padrão no ano de 2017 em relação ao período estudado. No entanto, houve também um aumento significativo na quantidade de análises realizadas nesse ano, mostrando que houve uma preocupação extra com a qualidade da água nesse período de racionamento. Esta observação corrobora com o estudo de Walkerton que traz como boa prática de gerenciamento de risco ser preventivo em vez de reativo (O'CONNOR, 2002).

Quando se verifica a quantidade de resultados não conformes em relação ao total de análises feitas para cada parâmetro, os resultados evidenciam uma queda no percentual relativo, exceto para CRL. A não conformidade apresentada por esse parâmetro, no ano de 2017, foi referente a amostras com valores menores ao estabelecido pela portaria 2.914/2011.

As possíveis causas para que o CRL esteja abaixo dos limites mínimos definidos podem ser tempo de contato insuficiente na saída da estação de tratamento, dosagem inadequada e matéria orgânica na água. O pico de amostras fora do padrão de CRL foi observado em 2017, ano que foi estabelecido o racionamento. Este fato sugere que o período de desabastecimento pode ter favorecido o desprendimento de material particulado e de limo presentes nas tubulações de forma a consumir o cloro (LAZCANO, 1998).

A quantidade de reclamações realizadas pela população referente à qualidade da água teve um aumento relativo nos últimos 2 anos (**Figura 4**). Este resultado faz parte do Relatório de Indicadores de Desempenho apresentado pela Companhia (CAESB, 2018). Dentre os indicadores apresentados, a incidência de reclamações sobre qualidade de água faz parte do grupo “adequação na prestação dos serviços”.

Heller e Pádua (2016) apontam que as reclamações dos consumidores quanto ao aspecto da água podem indicar a ocorrência de incrustação e corrosão nas tubulações, os quais podem ocasionar alterações de cor, sabor e odor. Vale destacar que a percepção da população quanto à qualidade da água deveria refletir na não conformidade da sua Turbidez, parâmetro

associado a padrões organolépticos. No entanto, essas análises ocorreram somente após a regularização do abastecimento, ou seja, 48h após o dia de interrupção do fornecimento de água. Prazo que pode ter colaborado para a normalização da água em relação à Turbidez e à carga colimétrica, mas não refletiu na manutenção dos teores de CRL. Como provável justificativa para este resultado, conforme reportado por Roberto e Moraes (1997), parece ter havido um maior consumo do agente desinfetante na rede de distribuição no ano de racionamento, levando a resultados abaixo do limite mínimo indicando uma possível queda na qualidade da água, o que justificaria o aumento nas reclamações.

Embora as análises do controle tenham sido realizadas após o chamado período de estabilização, essa água foi distribuída, chegando, portanto, aos reservatórios internos das casas e sendo efetivamente consumida pela população.

As notificações de DDA e Hepatite A mantiveram uma tendência de queda ao longo do período deste estudo, inclusive no ano de racionamento. Em relação a Hepatite A, houve o aumento de 1 caso em relação a 2016, que ocorreu na faixa etária formada por pessoas acima de 10 anos de idade, na qual a tendência de queda foi mantida (**Figura 8**). O estudo de Meneguessi et al., (2015) apresenta uma melhora nos casos de DDA entre 2003 e 2012 no DF, corroborando com a série histórica aqui levantada.

A maior parte dos resultados de qualidade da água, quantidade de reclamações e incidência de DDA e Hepatite A no DF não obtiveram uma boa correlação. Isto mostra o quanto é difícil obter uma relação causal segura em relação a parâmetros ambientais e doenças. Os estudos realizados por Queiroz, Heller e Silva (2009) também não conseguiram obter correlação entre a perda na qualidade da água e incidência de DDA em Vitória (ES).

Os melhores resultados de correlação de qualidade da água e doenças de veiculação hídrica foram as não conformidades de coliformes totais e DDA e percentual de amostras não conformes de CRL e Hepatite A (**Figura 9** (A) e (B)). No entanto foi encontrada uma correlação negativa entre as variáveis. MEISEN et al. (2011) também obtiveram correlação negativa entre a qualidade da água e DDA mas pouco significativas. Além disso, não apontaram esta relação com coliformes totais. Destaca-se ainda que a não conformidade não significa que uma água com qualidade ruim chega às residências, mas sim a identificação de falhas no sistema que podem ter sido corrigidas. Provavelmente o monitoramento realizado pela companhia está surtindo efeito

evitando a proliferação de DDA pela água consumida. Em relação a qualidade da água e Hepatite A, embora existam relatos que indiquem que o suprimento de água segura diminui a prevalência de Hepatite A (FERREIRA; SILVEIRA, 2004), os estudos empreendidos não foram capazes de estabelecer correlações entre essas variáveis, como também observado por da Silva et al. (2009).

As variáveis, percentual de cloro não conforme, amostras de cloro não conforme e CT apresentaram uma correlação direta em com as reclamações. No entanto, somente CRL apresentou valor mais significativo de correlação (**Figura 9 (C)**). O crescimento de micro-organismos e seus subprodutos na rede de distribuição, além de favorecer o consumo de cloro, é capaz de gerar alterações de odor e sabor (FILHO; ALVES, 2006), o que poderia, além do aspecto visual, influenciar no aumento das reclamações sobre a qualidade da água.

Este estudo mostra o quanto é difícil obter relação segura entre saneamento e saúde mesmo em relação a qualidade da água. Mostra ainda que o fato do monitoramento da rede de abastecimento encontrar uma não conformidade na qualidade da água pode refletir positivamente no estado de saúde da população se medidas corretivas forem tomadas. É importante frisar ainda a percepção da população como um fator de controle, pois esta pode rejeitar a água quando detecta alguma alteração. Neste caso, a manutenção das vias abertas de reclamação junto à concessionária, principalmente nos momentos de escassez e restrição de abastecimento são essenciais ao bom gerenciamento do serviço de abastecimento de água.

7. CONCLUSÕES

O racionamento no DF refletiu no aumento da não conformidade nos teores de cloro residual livre na rede de distribuição de água do DF. O número de reclamações sobre a qualidade da água também aumentou, indicando que os consumidores perceberam de alguma forma uma queda na qualidade.

O rodízio de água não afetou a saúde da população, visto que a tendência de queda nos agravos de DDA e Hepatite A se mantiveram em 2017, bem como não foram encontradas correlações que pudessem associar os casos de não conformidade na qualidade da água com as notificações dessas doenças.

Como não foram realizadas análises nas primeiras 48 horas de retorno do abastecimento, não se pode saber de fato qual a qualidade da água que chegou às residências das pessoas, sendo, portanto, recomendável que em situações semelhantes fosse feito um plano de amostragem específico contemplando esse período para que se tenha um conhecimento melhor das características dessa água.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. C.; GÜNTNER, A.; KROL, M.; ABREU, C. B. R.; HAUSCHILD, M. MEDIONDO, E. M.. Water scarcity under scenarios for global climate change and regional development in semiarid northeastern brazil. **Water International**, v. 29, n. 2, p. 209–220, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 79.367 de 9 de março de 1977**. Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água e dá outras providências. Brasília, 1977. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2014/julho/24/Decreto-n.79367%20de%201977.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília : Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914 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, 2011.

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL (CAESB). **Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal**. Brasília: SIAGUA, 2014.

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL (CAESB). **Relatório da Administração CAESB**. Brasília, 2017.

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL (CAESB). **Relatório de indicadores de desempenho**. Brasília, 2018.

CAPODEFERRO, M; SMIDERLE, J. J.; OLIVEIRA, L. A. D.. **Mecanismos adotados pelo Distrito Federal no combate à crise hídrica**. In: XXXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; 2018 Oct 28-31; Guayaquil. Equador. Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental.

CASTRO, J. E.; HELLER, L. **Water and Sanitation Services: Public Policy and Management**.

Londres e Sterling: Earthscan, 2009.

D'AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C.; MIRANDA, C. A. S.; FERREIRA, A. P.. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 16, n. 3, p. 791–798, 2000.

DAVIS, M. L.; MASTEN, S. J. **Princípios de Engenharia Ambiental**. 3 ed. [s.l.] Porto Alegre: AMGH, 2016.

DISTRITO FEDERAL. Boletim Epidemiológico. **Secretaria de Saúde do Distrito Federal**, Brasília, v. 3, n. 7, p. 1–53, 2015.

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA). **Resolução nº 20, de 07 de novembro de 2016**. Declara o estado de restrição de uso dos recursos hídricos, estabelece o regime de racionamento do serviço de abastecimento de água nas localidades atendidas pelos reservatórios do Descoberto e Santa Maria. Brasília, nov. 2016.

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA). **Resolução nº 13, de 06 de junho de 2018**. Revoga as Resoluções ADASA nº 20/2016 e 21/2017 e dá outras providências. Brasília, 2018.

DISTRITO FEDERAL. **Plano Distrital de Saneamento Básico: Diagnóstico Situacional - Esgotamento Sanitário**. Brasília, 2017a. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/plano-distrital-de-saneamento-basico-e-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

DISTRITO FEDERAL. **Plano Distrital de Saneamento Básico - Prognósticos, Condicionantes, Diretrizes, Objetivos e Metas - Esgotamento Sanitário**. Brasília, 2017b. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/plano-distrital-de-saneamento-basico-e-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 12 set 2018.

DISTRITO FEDERAL. **Plano Distrital de Saneamento Básico - Diagnóstico Situacional - Abastecimento de Água Potável**. Brasília: 2017c. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/plano-distrital-de-saneamento-basico-e-de-gestao-integrada-de>>

resíduos-sólidos>. Acesso em: 12 set 2018.

FAÇANHA, M. C.; PINHEIRO, A. C. Comportamento das doenças diarreicas agudas em serviços de saúde de Fortaleza , Ceará , Brasil , entre 1996 e 2001. **Cad. Saúde Pública**, v. 21, n. 1, p. 49–54, 2005.

FERREIRA, C. T.; SILVEIRA, T. R. DA. Hepatites virais: aspectos da epidemiologia e da prevenção. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 7, n. 4, p. 473–487, 2004.

FILHO, S. S. F.; ALVES, R. Técnicas de avaliação de gosto e odor em águas de abastecimento: método analítico, análise sensorial e percepção dos consumidores. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Vol.11 - Nº 4 - out/dez 2006, 362-370, 2006.

FREITAS, M. B. ; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 651–660, 2001.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

ITO, A. H.; PEREIRA, P. P.. **Modelagem matemática para verificação da qualidade da água em sistema de distribuição de água potável**. Syn. scy. UTFPR, Pato Branco, v. 12, n. 1, p. 213–218. 2017. ISSN 2316-4689 (Eletrônico).

LAZCANO C. **Fallas y problemas de la desinfección urbana**. In: Anais do Simposio Regional sobre Calidad del Agua: Desinfección Efectiva; 1998 out 27-29; Lima. Peru. BVSDE

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3. ed. Campinas: Editora Átomo, 2010.

MEISEN, M. N.; BOHN, N.; TAVARES, L. B. B.; PINHEIRO, A.. Análise de correlação da ocorrência de doenças diarreicas agudas (DDA) com a qualidade da água para consumo humano no município de pouso redondo–SC. **Revista de Estudos Ambientais**, 13(2), 57-67, 2011.

MENEGUESSI, G. M. et al. Morbimortalidade por doenças diarreicas agudas em crianças menores de 10 anos no Distrito Federal, Brasil, 2003 a 2012. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 4, p. 721–730, 2015.

MIERZWA, J. C.; SILVA, M. C. C. da; RODRIGUES, L. D. B.; HESPANHOL, I.. Tratamento de água para abastecimento público por ultrafiltração: avaliação comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencional e convencional com carvão ativado. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 78–87, 2008.

NUNES, J. F.; ROIG, H. L.. Modelagem dos conflitos de uso e ocupação do solo como ferramenta para o planejamento territorial: o caso da bacia do alto curso do rio Descoberto DF/GO. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 7, p. 1285-1301, jul./ago, 2016.

O'CONNOR, D. **Report of the Walkerton Inquiry**: Part 2. A Strategy for Safe Water. Toronto, Canada: The Walkerton Inquiry, 2002.

QUEIROZ, J. T. M. de; HELLER, L.; SILVA, S. R. da.. Análise da correlação de ocorrência da doença diarreica aguda com a qualidade da água para consumo humano no município de Vitória-ES TT - Analysis of the correlation of diarrhea disease occurrence with drinking-water quality in the city of Vitória-ES. **Saúde e Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 479–489, 2009.

MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C.; TOSTA, C. S.. Qualidade de água da rede de distribuição e de beber em assentamento periurbano: Estudo de caso. In: 20o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais, pp. 1462-1472. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1999.

SNOW, J.. On the mode of communication of cholera, 2nd ed., p. 1–162. J. Churchill, London, 1855.

SILVA, A. L. M.. **Direito do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015.

TUCCI, C. E. M.. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 5–27, 2002.

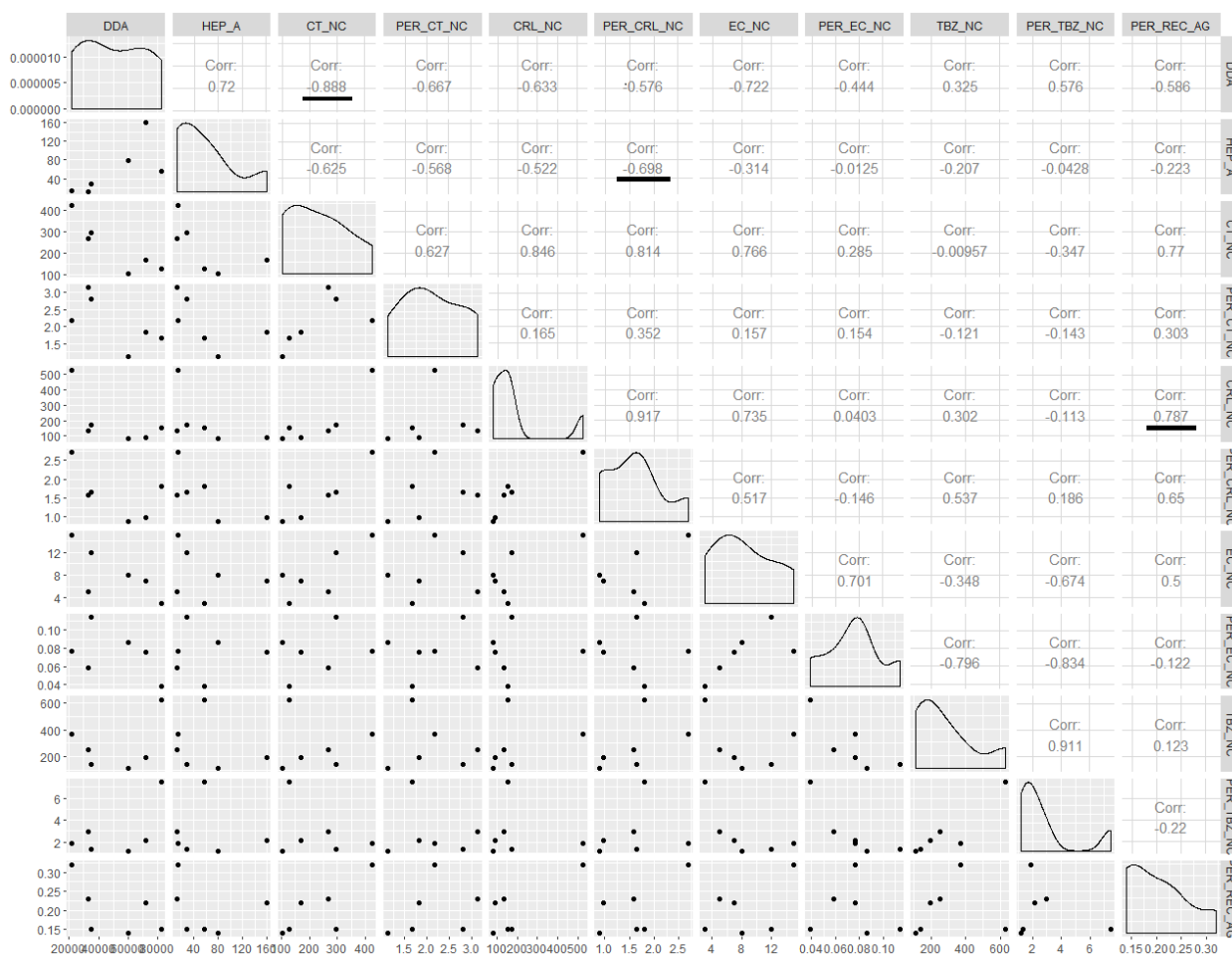
TUCCI C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C.. Gestão da água no Brasil. UNESCO, Brazil, 2001

UNICEF/WHO, Diarrhoea: Why children are still dying and what can be done, 2009

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

ANEXO

Gráfico com as correlações de Pearson (r) entre todas as variáveis feito no programa de manipulação de dados.R-Studio.



Notas: DDA - doenças diarreicas agudas; HEP_A - Hepatite A; PER - Percentual; CT- Coliformes Totais; CRL - Cloro Residual Livre; EC - *E. Coli*; TBZ - Turbidez; NC - Não Conforme. As correlações sublinhadas foram as selecionadas pelo método *stepwise*.