

**Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense**

**Programa de Pós-graduação em Sistemas Aplicados à
Engenharia e Gestão**

Tobias Ribeiro Barreto

**Aplicação de método multicritério e séries temporais utilizando dados do
saneamento básico em Campos dos Goytacazes**

Campos dos Goytacazes/Rio de Janeiro

2022

2022

TOBIAS RIBEIRO BARRETO

MPSAEG / IFF

Instituto Federação de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense
Programa de Pós-graduação em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão

**Aplicação de método multicritério e séries temporais utilizando dados do
saneamento básico em Campos dos Goytacazes**

Tobias Ribeiro Barreto

Milton Erthal Junior

(Orientador)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (MPSAEG), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão.

Campos dos Goytacazes/ Rio de Janeiro

2022

Biblioteca
CIP - Catalogação na Publicação

B273a Barreto, Tobias
APLICAÇÃO DE MÉTODO MULTICRITÉRIO E SÉRIES TEMPORAIS
UTILIZANDO DADOS DO SANEAMENTO BÁSICO EM CAMPOS
DOS GOYTACAZES / Tobias Barreto - 2022.
82 f.: il. color.

Orientador: Milton Erthal Júnior

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado
Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, Anton Dakitsch,
RJ, 2022.
Referências: f. 72 a 73.

1. Saneamento. 2. Multicritério. 3. Série Temporal. I. Erthal Júnior,
Milton, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Biblioteca do IFF
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Instituto Federação de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense
Programa de Pós-graduação em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão

Tobias Ribeiro Barreto

APLICAÇÃO DE MÉTODO MULTICRITÉRIO E SÉRIES TEMPORAIS
UTILIZANDO DADOS DO SANEAMENTO BÁSICO EM CAMPOS DOS
GOYTACAZES

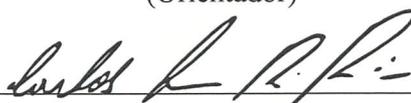
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (MPSAEG), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão.

Aprovado em 31 de outubro de 2022

Banca Examinadora:



Milton Erthal Júnior, Doutor em Produção Vegetal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense
(Orientador)



Carlos Leonardo Ramos Póvoa, Doutor em Engenharia de Produção
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro



Diego Magalhães Borges Santanna, Mestre em Engenharia Ambiental
Universidade Federal do Espírito Santo



Willians Salles Cordeiro, Mestre em Engenharia Ambiental
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

Para aqueles que sempre, verdadeiramente, acreditaram em mim.

Agradecimentos

Esse trabalho representa um período em que grandes batalhas foram travadas em minha vida, e foi graças a minha família, amigos, colegas de trabalho e professores que consegui lutar cada uma dessas batalhas. Sem vocês, nada disso seria possível.

Deixo aqui, meus sinceros e cordiais agradecimentos.

Por tudo e a todos: muito obrigado. Amo vocês!

“Não siga o trilho, siga a trilha.”

Ana Cláudia Baumotte do Amaral, 2021

Reunião de Feedback

*“Se pude enxergar tão longe,
foi por estar sobre ombros de gigantes.”*

Isaac Newton, 1676

Adaptação de um trecho de uma carta de Newton para Robert Hooke

RESUMO

A necessidade de investimentos e aplicação de novas tecnologias no setor de saneamento no Brasil é essencial, pois está vinculada à melhoria da qualidade de vida da sociedade. Os projetos de saneamento exigem altos investimentos e, para garantir a prestação dos serviços, é necessário um sistema complexo de infraestrutura capaz de auxiliar na tomada de decisão. Os elevados custos envolvidos e a limitação de recursos financeiros fazem com que seja preciso estabelecer prioridades para execução e operação desse tipo de projeto. Nesse contexto, faz-se necessário a aplicação de novas ferramentas para suprimir as grandes demandas impostas a esse setor a fim de atender às metas impostas pelo Novo Marco Legal e metas contratuais entre o poder público e setor privado. Este trabalho permeia três grandes áreas importantes dentro de empresas de saneamento básico: Engenharia, Comercial e Operação. Para o tema referente ao setor de Engenharia realizou-se uma proposta de aplicação de análises multicritério. Já para o tema Comercial realizou-se uma análise englobando testes paramétricos para estudo de mudanças no consumo de água no período afetado pela pandemia COVID-19 e, para Operação, aplicou-se um estudo de caso utilizando séries temporais para prever demanda de água tratada no curto, médio e longo prazo. Deste modo, foram realizados três artigos com objetivos diferentes, porém alinhados ao tema, explorando o uso de dados e informações para auxílio à tomada de decisão. Espera-se que o trabalho motive a aproximação entre o mercado e os Institutos de Ciência e Tecnologia, para que o ambiente de tecnologia e inovação seja fomentado, beneficiando a sociedade como um todo.

ABSTRACT

The need for investments and application of new technologies in the sanitation sector in Brazil is essential, as it is linked to improving society's quality of life. Sanitation projects require high investments and, in order to guarantee the services, a complex infrastructure system capable of assisting decision-making is necessary. The high costs involved and the limited financial resources make it necessary to establish priorities for the execution and operation of this type of project. In this context, it is necessary to apply new tools to suppress the great demands imposed on this sector in order to meet goals imposed by the New Legal Framework and contractual goals between the public power and the private sector. This work permeates three major important areas within basic sanitation companies: Engineering, Commercial and Operation. For the topic related to the Engineering sector, a proposal was made to apply multicriteria analysis. For the Commercial topic, an analysis was carried out encompassing parametric tests to study changes in water consumption in the period affected by the COVID-19 pandemic and, for Operation, a case study was applied using time series to predict demand for treated water. in the short, medium and long term. In this way, three articles were carried out with different views and aspects, but aligned with the theme, exploring the use of data and information to aid decision making. It is expected that the work motivates the approximation between the business and the Institutes of Science and Technology, so that the environment of technology and innovation is fostered, benefiting society.

Lista de Figuras

Figura 1 - Fluxograma das etapas da pesquisa.....	12
Figura 2 – Esquema do AHP.....	15
Figura 3 - Classificação das bacias a partir da análise de global de critérios.....	22
Figura 4 - Ordenação das análises realizadas.....	28
Figura 5 - Metodologia para realizar as análises.....	29
Figura 6 – Médias do consumo de água de clientes em 1 ano antes e depois do decreto.....	31
Figura 7 - Média de volume consumido (m ³) anual.....	33
Figura 8 – Médias do consumo de água de clientes residenciais.....	34
Figura 9 – Médias do consumo de água de clientes comerciais.....	35
Figura 10 – Médias do consumo de água de clientes públicos.....	36
Figura 11 – Fluxo de análise da pesquisa.....	45
Figura 12 – Série Temporal – Volume Disponibilizado.....	48
Figura 13 – Distribuição dos dados da série.....	49
Figura 14 – Resultado do Teste de Estacionaridade.....	50
Figura 15 – Autocorrelação e Autocorrelação Parcial da série original.....	51
Figura 16 – Divisão da série original em série treino e série validação.....	52
Figura 17 – Teste de modelos de previsão, variando os parâmetros ARIMA.....	53
Figura 18 – Comparativo entre a série de treino e a série de modelo para previsão.....	54
Figura 19 – Teste de normalidade para os resíduos.....	55
Figura 20 – FAC e FACP para os resíduos.....	56

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Escala de julgamento AHP.....	10
Tabela 2 – Resumo da relação dos critérios.....	13
Tabela 3 – Resumo dos critérios a serem considerados.....	14
Tabela 4 - Valores de importância dos critérios adotados.....	16
Tabela 5 - Valores Normalizados de importância dos critérios adotados.....	16
Tabela 6 - Critério Arrecadação.....	17
Tabela 7 - Normalização Critério Arrecadação.....	18
Tabela 8 - Critério Extensão de rede coletora.....	18
Tabela 9 - Normalização Critério Extensão de rede coletora.....	19
Tabela 10 - Critério Adimplência.....	20
Tabela 11 - Normalização - Critério Adimplência.....	20
Tabela 12 - Resumo das Classificações.....	21
Tabela 13 - Detalhes dos dados de consumo médio de água tratada.....	31
Tabela 14 - Resultados da previsão para o modelo ARIMA.....	56

Lista de Equações

Equação 1 - Modelo matemático ARIMA.....	44
------------------------------------------	----

Lista de siglas

ACF: Amostrat Auto-correlation Function

ADF: Teste Dickey-Fuller

AHP: Analytic Hierarchy Process

AIC: Akaike Information Criterion

AR: Série Temporal Auto-regressive

ARIMA: Auto-regressive Integrated Moving Average

ARMA: Série Temporal Auto-regressive e Moving Average

BIC: Bayesian Information Criterion

COVID-19: Coronavirus Disease 2019

FAC: Função de Autocorrelação Amostrat

FACP: Autocorrelação Amostrat Parcial

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

KPSS: Teste Kwiatkowski Philips Schmidt e Shin

MAPE: Mean Absolut Percentage Error

MCDM: Multicriteria Decision Methods

PACF: Parcial Auto-correlation Function

RJ: Rio de Janeiro

SAA: Sistema de Abastecimento de Água

SIG: Sistemas de Informações Georreferenciadas

VD: Volume Distribuído

VU: Volume Utilizado

SUMÁRIO

Lista de Figuras	4
Lista de Tabelas	5
Lista de Equações	6
1 Apresentação	3
1.2 Objetivo	3
1.1.1 Objetivo Geral.....	3
1.1.2 Objetivo Específicos	4
1.3 Estrutura do Trabalho	4
2 ARTIGO I - TOMADA DE DECISÃO EM PROJETOS DE SANEAMENTO: UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP NA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	6
2.1 Resumo	6
2.1 Abstract.....	6
2.3 Introdução.....	7
2.4 Referencial teórico	8
2.5 Processos metodológicos	10
2.6 Resultados e discussão	14
2.7 Conclusões.....	22
2.8 Referencias	23
3 ARTIGO II – ANÁLISE COMPARATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA ANTES E DEPOIS DA PANDEMIA COVID-19 NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES	25
3.1 Resumo	25

3.2	Introdução.....	25
3.3	Metodologia.....	27
3.4	Resultados.....	30
3.5	Discussão.....	37
3.6	Conclusão.....	38
3.7	Referencias.....	38
4	ARTIGO III – MODELO DE PREVISÃO PARA VOLUME DE ÁGUA TRATADA DISPONILIZADO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO UTILIZANDO SERIES TEMPORAIS.....	40
4.1	Resumo.....	40
4.2	Abstract.....	40
4.3	Introdução.....	41
4.4	Metodologia.....	43
4.5	Resultados.....	47
4.6	Discussões.....	56
4.7	Considerações Finais.....	57
4.8	Referencias.....	58
5	Considerações Finais.....	60
	Apêndice A – Algoritmo R para gerar modelo mais adequado.....	62
	Apêndice B – Previsão para 200 dias.....	64

1 Apresentação

Os investimentos na área de saneamento são essenciais para o desenvolvimento da sociedade. Esta realidade é evidenciada por muitos países em desenvolvimento que pesquisam diferentes alternativas de projetos de saneamento para suprir a demanda. Não há recursos suficientes para garantir a execução de todos esses projetos ao mesmo tempo, de tal modo que é necessário elaborar um plano para definir a ordem de prioridade destes projetos.

Nesse contexto, projetos de infraestrutura sanitária devem atender ao interesse de vários setores, entre os quais as comunidades, governo federal, distrital, estaduais e municipais, órgãos financiadores, companhias de saneamento, entre outros. Em muitas situações, a decisão pode ser fruto de questões políticas, sem que haja avaliações ou mesmo análises mais racionais.

Este trabalho permeia estudos sobre a aplicação de análises multicritério, testes paramétricos e séries temporais em problemas reais de mercado enfrentado por empresas de saneamento. Deste modo, foram realizados três artigos com objetivos diferentes, mas alinhados ao tema. Essa dissertação irá explorar o uso de dados e informações para auxílio a tomada de decisão para priorizar portfólio de projetos sanitários, análises do comportamento do consumo de água em período de pandemia e previsão da demanda de água a ser utilizada no curto, médio e longo prazo.

1.2 Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

Dentro da linha de pesquisa “Sistemas Aplicados à Engenharia”. O objetivo geral desse trabalho é incentivar e contribuir para a aproximação entre a academia e o mercado, buscando propor pesquisas aplicadas a realidade de empresas ligadas ao tema saneamento básico. Deste modo, foram realizados três artigos com objetivos diferentes, mas alinhados ao tema. O primeiro apresentou o uso de um método multicritério para priorizar projetos sanitários, o segundo foi uma análise do consumo de água no período de pandemia e o terceiro um modelo de previsão para demanda de água tratada usando séries temporais.

1.1.2 Objetivo Específicos

- Artigo I: Aplicar um método multicritério conhecido como AHP (Analytic Hierarchy Process) para auxílio a tomada de decisão na escolha de uma bacia para a implantação do sistema de esgotamento sanitário
- Artigo II: realizar uma análise para entender os impactos gerados por uma pandemia em relação ao consumo de água potável no município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.
- Artigo III: realizar e discutir um método para prever o volume de água a ser distribuído no curto e no longo prazo, buscando a otimização do processo de abastecimento urbano de água

1.3 Estrutura do Trabalho

Estrutura do trabalho O trabalho está estruturado em três artigos. No primeiro artigo, será aplicado um método multicritério conhecido como AHP (Analytic Hierarchy Process) para auxílio a tomada de decisão na escolha de uma bacia para a implantação do sistema de esgotamento sanitário, esse é um tema geralmente ligado ao setor de engenharia de uma empresa de saneamento básico. No segundo artigo, o tema abordado possui uma maior relação com o setor comercial de uma empresa de saneamento e busca realizar uma análise para entender os impactos gerados por uma pandemia em relação ao consumo de água potável. Já o terceiro artigo, é de maior interação para a área de operação de uma empresa de saneamento, nele é proposto um método para prever o volume de água a ser distribuído no curto e no longo prazo, buscando a otimização do processo de abastecimento urbano de água.

2 ARTIGO I - TOMADA DE DECISÃO EM PROJETOS DE SANEAMENTO: UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP NA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

DOI: 10.47682/2675-6552.v2n1p67-78| ISSN: 2675-6552

Volume 2 / Número 1 / Ano: 2021. p. 67-78

2.1 Resumo

A tomada de decisão em projetos de saneamento é complexa, por isso faz-se necessária a análise de múltiplos fatores para a eficiência do planejamento, controle e gestão de recursos hídricos. O objetivo desse estudo é aplicar um método multicritério conhecido como AHP (Analytic Hierarchy Process) para auxílio a tomada de decisão na escolha de uma bacia para a implantação do sistema de esgotamento sanitário. Pretende-se nesse estudo, demonstrar a aplicação do método supracitado, em uma empresa privada do setor de saneamento localizada na cidade de Campos dos Goytacazes, para definição da melhor bacia para implantação do sistema de esgotamento sanitário em um bairro do mesmo município, considerando múltiplos fatores. O objetivo do trabalho foi cumprido uma vez que o emprego do método foi bem-sucedido e apontou a bacia mais preferível para a implantação.

Palavras-chave:

AHP; Priorização de projeto; Esgoto; Saneamento.

2.1 Abstract

Decision-making in sanitation projects is complex, which is why it is necessary to analyze multiple factors for the efficient planning, control and management of water resources. The aim of this study is to apply a multicriteria method known as AHP (Analytic Hierarchy Process) to aid decision making in sanitation projects management. applying the AHP to define the best basin for the implementation of the sewage system in a neighborhood in the city of Campos dos Goytacazes, considering multiple factors. in a private company in the sanitation sector. The goal of this study was accomplished once the use of the method was successful and indicated the most preferable basin for the implantation.

Keywords:

AHP; Project Prioritization; Sewage; Sanitation

2.3 Introdução

Desde 1995, quando foi aprovada a lei de Concessões (Lei n 8.987/1995) o setor saneamento tem sido visto pelos próprios órgãos financiadores como promessa, dada a necessidade do país de um investimento massivo para reversão do quadro de debilidade.

Os investimentos na área de saneamento são de grande importância para o desenvolvimento da sociedade e preservação do meio ambiente. Esta realidade é evidenciada por muitos países em desenvolvimento que pesquisam diferentes alternativas de projetos de saneamento para vencer as dificuldades impostas por fatores geográficos e econômicos. Não há recursos suficientes para garantir a execução de todos esses projetos ao mesmo tempo, de tal modo que é necessário elaborar um plano para definir a ordem de prioridade destes projetos.

Programas de infraestrutura sanitária devem atender ao interesse de vários setores diferentes, entre os quais as comunidades, governo federal, distrital, estaduais e municipais, órgãos financiadores, companhias de saneamento, entre outros. Em muitos casos, a decisão pode ser fruto de questões políticas e econômicas, sem existir avaliações ou mesmo análises mais racionais e transparentes.

O planejamento para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário torna-se fundamental em devido à escassez de recursos, além da necessidade da distribuição adequada de tais serviços no intuito de diminuir desigualdades sociais. Deve-se, então, buscar nos projetos de saneamento um planejamento integrado com metodologia de escolha clara.

As empresas privadas ligadas a esse setor têm lidado com dificuldades em manter margens de lucro atrativas. Apesar de apresentarem maior produtividade, maiores índices de atendimento e elevada produtividade do capital nos serviços de água e esgoto, as empresas não demonstram melhor performance financeira frente às empresas públicas (DE FARIA; DE FARIA; MOREIRA, 2005).

A causa do pior rendimento financeiro da iniciativa privada pode estar relacionada ao alto valor de outorga exigido pelo poder concedente, ou ainda pela ausência de uma política de cobrança tarifária unificada (MELLO, 2005).

O cenário descrito exige das empresas privadas um planejamento aprofundado de suas ações, traduzidas através de uma equipe de operação enxuta e principalmente, de investimentos eficientes, que possibilitem um maior retorno financeiro. Nesse sentido, a MCDM - Multicriteria Decision Methods - demonstra-se como sendo de grande valia na priorização de projetos, auxiliando na estruturação de problemas e garantindo um processo de decisão baseado em aspectos de natureza social, ambiental e econômica (CAMPOS, 2011).

Os métodos de Análise Multicritério são amplamente aplicados e, um dos mais utilizados em todo o mundo (GOMES et al., 2004), o AHP tem conquistado aceitação de gestores e tomadores de decisão devido à sua simplicidade e facilidade de uso (BHUSHAN; RAI, 2004). O tem sido empregado para os mais diversos fins, desde análise de desenvolvimento da iniciativa privada no setor (SARVARI et al., 2020), priorização de alternativas para tratamento de água de reuso (CHEN; WU; YANG, 2014; HADIPOUR et al., 2016), acompanhamento de performance de redes de distribuição de água (AL-BARQAWI; ZAYED, 2008; EL-ABBASY et al., 2016; ISMAEEL; ZAYED, 2018; NAZIF et al., 2013), bem como seleção de alternativas para implantação de sistemas de esgotamento sanitário e abastecimento de água (BRINGER; REIS; MENDONÇA, 2018; HU; LIU; TU, 2016; ZHANG et al., 2018).

Pretende-se nesse estudo, apresentar a aplicação do método AHP em uma empresa privada do setor de saneamento localizada na cidade de Campos dos Goytacazes, para definição da melhor bacia para implantação do sistema de esgotamento sanitário em um bairro do mesmo município, considerando múltiplos fatores.

2.4 Referencial teórico

O método é baseado em três princípios do pensamento analítico, a construção de hierarquias, a priorização e a consistência lógica. E sua aplicação em problemas de decisão contempla as fases: estruturação dos critérios e alternativas; coleta de julgamentos; cálculo de prioridades;

verificação da consistência do julgamento; cálculo das prioridades globais das alternativas. (TERRA et al., 2019).

A estrutura hierárquica forma uma árvore invertida, onde vai descendo do objetivo para os critérios e alternativas (SAATY, 1991). Após a hierarquização dos critérios, é feito o julgamento dos decisores. Para isso se constrói uma matriz de comparação paritária entre os elementos do nível inferior e os do nível imediatamente acima. Os elementos são comparados seguindo a escala de julgamentos recomendada por Saaty (1991), descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Escala de julgamento AHP

Intensidade	Definição	Comentário
1	Mesma importância	Dois atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Fraca	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida em relação a outra e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorecendo uma atividade em relação à outra é do mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando é necessária uma condição de compromisso.

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

A forma matricial seguinte representa, genericamente, a matriz de julgamento das n alternativas. Na comparação entre os elementos, deve-se levar em conta qual o elemento mais importante e a intensidade dessa importância. (TERRA et al., 2019)

A matriz de comparação gera relações recíprocas como representado na matriz anterior. Sendo assim, para cada julgamento registrado na posição de linha i e coluna j , a_{ij} , há um valor igual

na posição recíproca. Os elementos a_{ij} obedecer a regras. São elas: se $a_{ij} = \alpha$, então $a_{ji} = 1/\alpha$, $\alpha \neq 0$, onde α é o valor numérico do julgamento baseado na escala apresentada na Tabela 1; se o julgamento for de igual importância, então $a_{ij} = 1$ e $a_{ji} = 1$.

Em seguida, se calcula a contribuição relativa de cada elemento da estrutura hierárquica em relação ao objetivo imediato e em relação ao objetivo principal, obtendo-se assim as prioridades globais. Que de acordo com Saaty (1991), podem ser obtidas por meio de operações matriciais, calculando-se o principal autovetor da matriz e em seguida normalizando-o. O resultado obtido em cada linha corresponde ao total percentual relativo de prioridades ou preferências em relação ao objetivo.

2.5 Processos metodológicos

A classificação do presente trabalho, de acordo com a proposição de (GIL, 2009) pode ser considerada como aplicada, quanto a sua natureza, segue abordagem quantitativa, e tem por objetivo a pesquisa exploratória.

Para o desenvolvimento desta pesquisa a metodologia de trabalho foi concebida em quatro etapas, a saber:

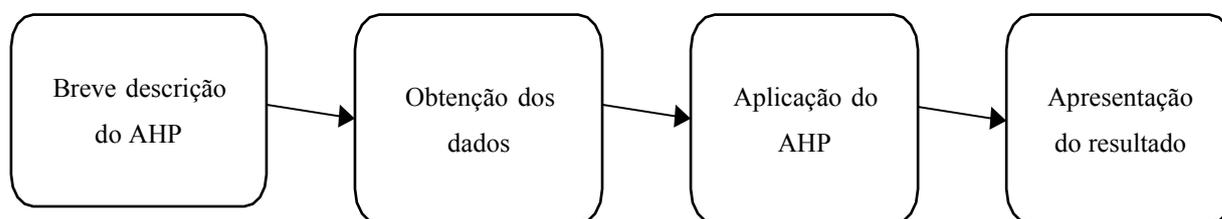
Passo 1: identificar os critérios adotados pelo projeto como pontos relevantes em um projeto de extensão de rede coletora de esgoto, junto ao decisor;

Passo 2: obter dados confiáveis que possam atender aos critérios levantados no passo 1 bem como as alternativas;

Passo 3: usando o método AHP, medir pesos aos critérios propostos para cada alternativa e definir qual é a alternativa mais indicada com base nas respostas de uma entrevista com o decisor.

O fluxograma de desenvolvimento do trabalho encontra-se apresentado na Figura 1, a etapa de “breve descrição do AHP já foi abordada na sessão anterior.

Figura 1- Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para cumprir o objetivo dessa pesquisa, foi realizada uma consulta ao banco de dados de uma concessionária privada de água e esgoto no município de Campos dos Goytacazes. Mediante autorização, e a partir da necessidade da empresa de realizar expansões nas redes em determinado bairro, foram identificadas, utilizando-se o cadastro técnico disponível em software de Sistemas de Informações Georreferenciadas (SIG), as áreas pré-determinadas para a ampliação do sistema de coleta de esgoto.

Na sequência foram extraídas e analisadas 3 variáveis: Arrecadação, extensão de rede coletora de esgoto a ser implantada e a adimplência da região.

Essas 3 variáveis são as variáveis tomadas como mais importantes para implementação desse tipo de projeto pelo setor comercial e engenharia dessa concessionária.

O **Critério C1** consiste no valor de arrecadação estimada a ser realizada no período de estudo.

O **Critério C2** consiste no valor de Extensão de rede coletora de esgoto, seu valor é dado naturalmente em m , porém nesse estudo, foi realizado um tratamento para que esse valor seja dado em m^{-1} , a fim de ajustar a relação.

O **Critério C3** consiste no valor de Adimplência, calculada a partir da relação de clientes que possuem suas ligações de água como ativa (ou seja, não foi cortada por falta de pagamento) com o número total de clientes nessa mesma região.

Para aplicação do AHP, essas variáveis foram consideradas como critérios, sendo os Arrecadação e Adimplência, critérios que possuem relação quanto maior melhor, conforme resumido na Tabela 2.

Tabela 2 – Resumo da relação dos critérios

Critérios	Nome do Critério	Relação
Critério 1 (C1)	Arrecadação	Quanto maior, melhor
Critério 2 (C2)	Extensão de rede coletora	Quanto maior, melhor
Critério 3 (C3)	Adimplência	Quanto maior, melhor

Fonte: Elaborado pelo Autor.

As alternativas que serão apresentadas nesse estudo, consistem em 6 Bacias de Esgotamento Sanitário, localizadas em um bairro, ao norte do Rio Paraíba do Sul, no Município de Campos dos Goytacazes.

O resumo dos critérios em relação as alternativas, são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resumo dos critérios a serem considerados

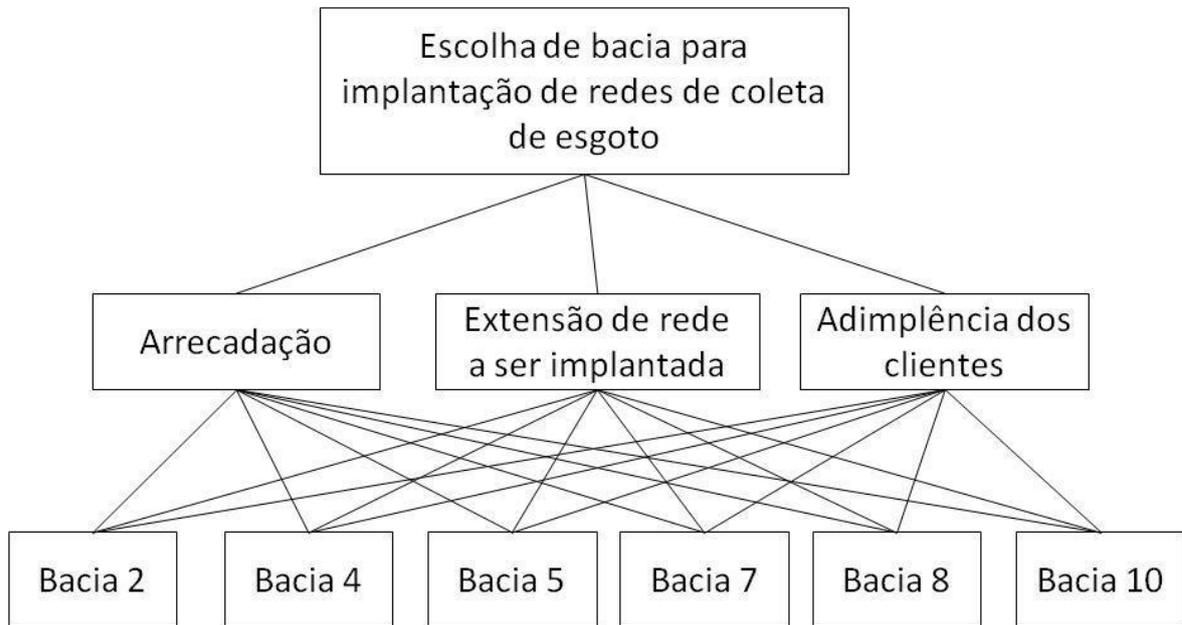
Bacias	C1: Arrecadação Estimada	C2: Extensão de Rede Coletora	C3: Adimplência
Bacia 02	R\$ 40.979,56	0,001159 m^{-1}	64,63%
Bacia 04	R\$ 112.817,16	0,000326 m^{-1}	76,53%
Bacia 05	R\$ 4.327,28	0,010101 m^{-1}	75,00%
Bacia 07	R\$ 104.114,76	0,000699 m^{-1}	78,43%
Bacia 08	R\$ 38.815,92	0,002283 m^{-1}	84,62%
Bacia 10	R\$ 20.511,38	0,005848 m^{-1}	0,00%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após definir os critérios de seleção e alternativas, foi elaborado um entrevistas para a aplicação do método AHP que foi respondido por profissionais dessa concessionária com experiência em projetos de saneamento. Em seguida os dados foram inseridos na matriz de julgamento com o auxílio de uma planilha eletrônica.

O esquema resumido do método AHP. nesse trabalho, é apresentado na Figura a seguir

Figura 2 – Esquema do AHP



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.6 Resultados e discussão

A Tabela 01 mostra o valor de importância comparando aos pares cada critério adotado e a Tabela 2, seus valores normalizados. Observa-se, na figura 3, que o critério adimplência foi considerado o de maior importância em relação aos demais, por se tratar de uma obra custosa e envolver inúmeros riscos financeiros, sendo, portanto, a arrecadação o de menor relevância, pois não faz sentido ter uma alta projeção de arrecadação em uma região e baixa adimplência. Extensão de Rede coletora ficou como sendo o segundo critério mais relevante, uma vez que o orçamento para projeto de um de saneamento é limitado.

A etapa de mensuração dos critérios tem início com os julgamentos de importância relativa paritária entre eles.

As matrizes foram elaboradas em planilha eletrônica para receber os dados e configuradas para calcular, automaticamente, o valor nas posições recíprocas associadas a cada entrada. A

resolução da matriz de comparações paritárias e cálculo de seus pesos estão demonstrados na tabela 04.

CLASSIFICAÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS

Nesse momento, segundo a lógica do AHP, é avaliado a classificação do critério aos olhos do decisor. Com base nas respostas coletadas na entrevista, utilizando a escala de Saaty, foram atribuídos os valores de importância para cada critério e posteriormente normalizados conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Valores de importância dos critérios adotados

Critérios	Arrecadação	Extensão de rede coletora	Adimplência
Arrecadação	1	0,5	0,2
Extensão de rede coletora	2	1	0,333
Adimplência	5	3	1

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para os valores normalizados dos critérios, é apresentado a tabela a seguir:

Tabela 5 - Valores Normalizados de importância dos critérios adotados

Critérios	Arrecadação	Extensão de rede existente	Adimplência
Arrecadação	0,125	0,111	0,130
Extensão de rede coletora	0,250	0,222	0,217
Adimplência	0,625	0,667	0,652

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme observado anteriormente na Tabela 5, para o decisor, o critério que possui maior peso é Arrecadação (C1), por razões orçamentárias esse critério está diretamente ligado a viabilidade de execução do projeto e por isso, essa importância acaba sendo refletida nesse estudo também.

RELAÇÃO ENTRE ALTERNATIVA A LUZ DO CRITÉRIO ARRECADAÇÃO

Com base nas respostas coletadas na entrevista, utilizando a escala de Saaty, foram atribuídos os valores de importância para cada critério e posteriormente normalizados. Com auxílio de uma planilha eletrônica, os valores para cada critério foram calculados conforme a Tabela 6 e a Tabela 7.

Tabela 6 - Critério Arrecadação

Arrecadação	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia 10
Bacia 2	1	1/3	1/7	1/2	1	5
Bacia 4	3	1	9	2	7	8
Bacia 5	7	1/9	1	1/7	1/4	1/2
Bacia 7	2	1/2	7	1	7	8
Bacia 8	1	1/7	4	1/7	1	3
Bacia 10	1/5	1/8	2	1/8	1/3	1

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 7 - Normalização Critério Arrecadação

Arrecadação	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia10
Bacia 2	0,070	0,151	0,006	0,128	0,060	0,196
Bacia 4	0,211	0,452	0,389	0,511	0,422	0,314
Bacia 5	0,493	0,050	0,043	0,037	0,015	0,020
Bacia 7	0,141	0,226	0,302	0,256	0,422	0,314
Bacia 8	0,070	0,065	0,173	0,037	0,060	0,118
Bacia 10	0,014	0,057	0,086	0,032	0,020	0,039

Fonte: Elaborado pelo Autor.

RELAÇÃO ENTRE ALTERNATIVA A LUZ DO CRITÉRIO EXTENSÃO DE REDE COLETORA

Com base nas respostas coletadas na entrevista, utilizando a escala de Saaty, foram atribuídos os valores de importância para cada critério e posteriormente normalizados. Com auxílio de uma planilha eletrônica, os valores para cada critério foram calculados conforme Tabela 8 e a Tabela 9.

Tabela 8 - Critério Extensão de rede coletora

	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia 10
Bacia 2	1	3	1/5	2	1/2	¼
Bacia 4	1/3	1	1/9	1/2	1/5	1/7
Bacia 5	5	9	1	7	3	2
Bacia 7	1/2	2	1/7	1	1/5	1/6
Bacia 8	2	5	1/3	5	1	1/3
Bacia 10	4	7	½	6	3	1

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Já na tabela a seguir, é apresentado os critérios de extensão de rede coletora de esgoto para cada uma das bacias de esgotamento sanitária presente nesse estudo.

Tabela 9 - Normalização Critério Extensão de rede coletora

	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia10
Bacia 2	0,0779	0,1111	0,0874	0,0930	0,0633	0,0642
Bacia 4	0,0260	0,0370	0,0486	0,0233	0,0253	0,0367
Bacia 5	0,3896	0,3333	0,4372	0,3256	0,3797	0,5138
Bacia 7	0,0390	0,0741	0,0625	0,0465	0,0253	0,0428
Bacia 8	0,1558	0,1852	0,1457	0,2326	0,1266	0,0856
Bacia 10	0,3117	0,2593	0,2186	0,2791	0,3797	0,2569

Fonte: Elaborado pelo Autor.

RELAÇÃO ENTRE ALTERNATIVA A LUZ DO CRITÉRIO ADIMPLÊNCIA

Com base nas respostas coletadas na entrevista, utilizando a escala de Saaty, foram atribuídos os valores de importância para cada critério e posteriormente normalizados. Com auxílio de uma planilha eletrônica, os valores para cada critério foram calculados conforme a Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12.

Tabela 10 - Critério Adimplência

	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia 10
Bacia 2	1	1/3	1/2	1/4	1/5	6
Bacia 4	3	1	1	1	1/6	7
Bacia 5	2	1	1	1/2	1/7	7
Bacia 7	4	1	2	1	¼	7
Bacia 8	5	6	7	4	1	9
Bacia 10	1/6	1/7	1/7	1/7	1/9	1

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A normalização dos critérios de adimplência é apresentada na tabela a seguir:

Tabela 11: Normalização - Critério Adimplência

	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia 10
Bacia 2	0,0659	0,0352	0,0429	0,0363	0,1069	0,1622
Bacia 4	0,1978	0,1055	0,0859	0,1451	0,0891	0,1892
Bacia 5	0,1319	0,1055	0,0859	0,0725	0,0764	0,1892
Bacia 7	0,2637	0,1055	0,1718	0,1451	0,1336	0,1892
Bacia 8	0,3297	0,6332	0,6012	0,5803	0,5346	0,2432
Bacia 10	0,0110	0,0151	0,0123	0,0207	0,0594	0,0270

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados são resumidos na Tabela 12:

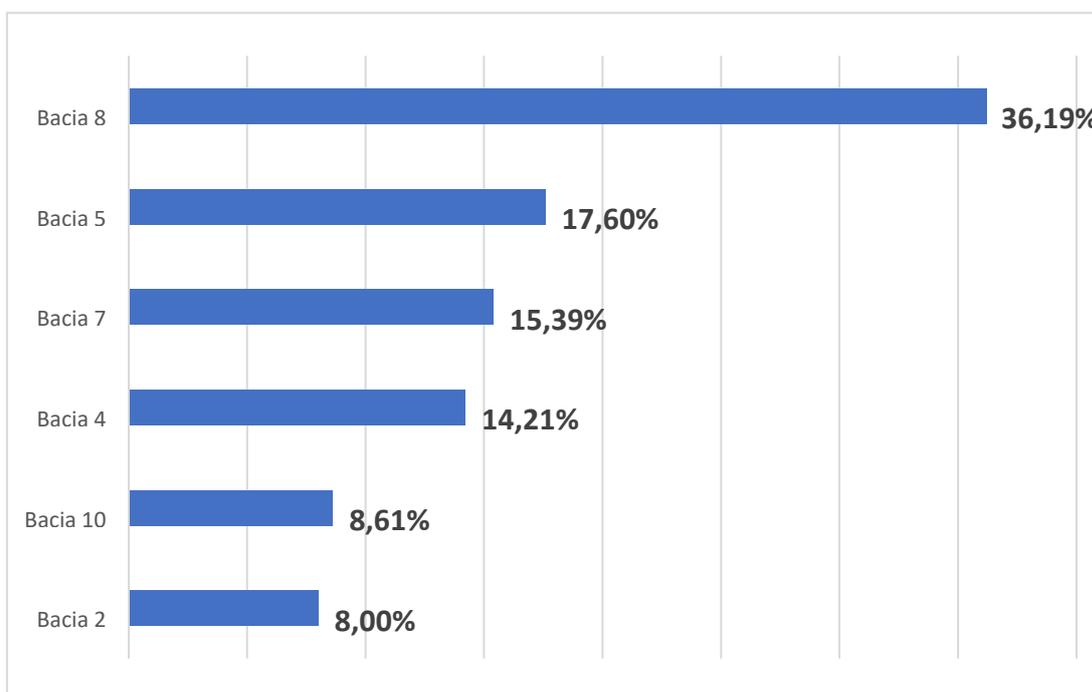
Tabela 12 - Resumo das Classificações

Alternativas	Arrecadação	Extensão de rede coletora	Adimplência
Bacia 2	10,19%	8,28%	7,49%
Bacia 4	38,32%	3,28%	13,54%
Bacia 5	10,96%	39,65%	11,02%
Bacia 7	27,68%	4,84%	16,82%
Bacia 8	8,71%	15,53%	48,70%
Bacia 10	4,14%	28,42%	2,42%
Pesos	12,22%	22,99%	64,79%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Multiplicando a matriz dos valores mostrados na Tabela 05 pelo vetor formado pelos valores peso de cada critério, obteve-se o valor final de cada configuração em relação ao objetivo principal, conforme Figura 3.

Figura 3 - Classificação das bacias a partir da análise de global de critérios.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados, apresentados na Figura 3, mostram que a bacia 8 se destaca como alternativa mais preferível com 36,19%, resultado coerente pois é observado que a bacia 8 é a alternativa que possui maior valor de adimplência, por mais que sua arrecadação estimada não seja a maior, a adimplência é um critério de maior peso para o decisor. Enquanto a bacia 5, com 17,60%, é a segunda opção e a bacia 7 ocupa terceira colocação na análise de preferência, com 15,39%, essas bacias possuem características muito similares, fazendo com que seus resultados fiquem bem próximos. Por fim as das bacias 10 e 2 respectivamente.

2.7 Conclusões

O método AHP se mostrou satisfatório e coerente com as premissas do decisor, apresentando resultados satisfatórios. Partindo da premissa de que os projetos de extensão de rede coletoras de esgoto possuem como principal objetivo propor uma solução viável (tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico), os 3 critérios aplicados nesse estudo (Arrecadação, Extensão de Rede e Adimplência) se apresentam como bons critérios para análise. Uma vez que esses critérios dependem de outras variáveis para serem calculados. Cálculo esse não apresentado nesse estudo pois já é realizado software utilizado pela concessionária. O fator de decisão para a implantação de projetos sanitários está intrinsecamente relacionado aos custos do projeto.

A proposta de aplicar o método AHP, conforme apresentado nessa pesquisa, mostra que o estudo de adimplência na região é de extrema importância para a tomada de decisão na etapa de planejamento do projeto. Uma vez, que a mesma possui um peso acima de 60% para o decisor. Dessa forma, é recomendável solicitar auxílio do departamento comercial da empresa, em busca das informações relacionadas a adimplência da região a ser considerada no projeto.

A Arrecadação e o tamanho da extensão de rede a ser executada se mostraram como critérios menos relevantes nesse estudo, seus pesos respectivos são de 12,22% e 22,99%. Uma vez que

quanto maior a extensão de rede a ser executada, maior é o custo do projeto, é notória a preferência do decisor em realizar o projeto em regiões com maior índice de adimplência, tamanho é o impacto da viabilidade econômica na realização do projeto.

A metodologia apresentada para a aplicação em problemas de tomada de decisão, utilizando AHP, possibilitou incorporar, sistematicamente, os 3 principais critérios considerados pelo decisor do projeto pela concessionária a determinar a melhor alternativa dentre as existentes no projeto. O método AHP se mostrou capaz de auxiliar no processo de escolha. Com entrevistas a um especialista na área e com o método AHP foi possível chegar à conclusão de qual seria a melhor opção de escolha entre as bacias a serem implementadas o sistema de esgotamento sanitário primeiro. Conclui-se que o método AHP é eficaz no auxílio de escolha e que avaliar as alternativas e critérios auxiliam em uma escolha mais eficiente para o decisor.

2.8 Referencias

- AL-BARQAWI, H.; ZAYED, T. Infrastructure Management: Integrated AHP/ANN Model to Evaluate Municipal Water Mains' Performance. **Journal of Infrastructure Systems**, dez. 2008.
- BHUSHAN, N.; RAI, K. **Strategic decision making applying the analytic hierarchy process**. London ; New York: Springer, 2004.
- BRINGER, L. M.; REIS, J. A. T. DOS; MENDONÇA, A. S. F. Wastewater treatment systems selection inside watersheds by using multiobjective analysis. **RBRH**, jun. 2018.
- CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento**. Doutorado em Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento São Carlos: Universidade de São Paulo, nov. 2011.
- CHEN, S.-M.; WU, Y.-M.; YANG, L. Application of the Analytic Hierarchy Process for the selection of wastewater reuse targets. **Management Decision**, ago. 2014.
- DE FARIA, R. C.; DE FARIA, S. A.; MOREIRA, T. B. S. **A privatização no setor de saneamento tem melhorado a performance dos serviços** , 2005.
- EL-ABBASY, M. S. et al. Integrated performance assessment model for water distribution networks. **Structure and Infrastructure Engineering**, fev. 2016.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2009.
- GOMES, L. F. A. M. et al. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos de apoio multicritério à decisão**. São Paulo: Thomson, 2004.
- HADIPOUR, A. et al. multi-criteria decision-making model for wastewater reuse application: a case study from Iran. **Desalination and Water Treatment**, jun. 2016.
- HU, W.; LIU, G.; TU, Y. Wastewater treatment evaluation for enterprises based on fuzzy-AHP comprehensive evaluation: a case study in industrial park in Taihu Basin, China. **SpringerPlus**, dez. 2016.
- ISMAEEL, M.; ZAYED, T. Integrated Performance Assessment Model for Water Networks. **Journal of Infrastructure Systems**, jun. 2018.

- MARCHEZETTI, A. L.; KAVISKI, E.; BRAGA, M. C. B. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. **Ambiente Construindo**, 2011.
- MELLO, M. F. DE. Privatização do setor de saneamento no Brasil: quatro experiências e muitas lições. **Economia Aplicada**, 2005.
- NAZIF, S. et al. Increasing Water Security: An Algorithm to Improve Water Distribution Performance. **Water Resources Management**, jun. 2013.
- Saaty, T. L. , **Método de Análise Hierárquica**, Tradução de Wainer da Silveira e Silva, McGraw-Hill, Makron, São Paulo, SP. 1991.
- SARVARI, H. et al. Barriers to development of private sector investment in water and sewage industry. **Built Environment Project and Asset Management**, out. 2020.
- TERRA, I. et al. **Aplicação do método ahp para escolha de linguagem para modelagem de processos de negócio**. Revista Mundo Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782), 2019.
- ZHANG, J. et al. An exploration of comprehensive evaluation method of sewage treatment construction project in small and medium towns: theory and application. **Desalination and water treatment**, 2018.

3 ARTIGO II – ANÁLISE COMPARATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA ANTES E DEPOIS DA PANDEMIA COVID-19 NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES

3.1 Resumo

A pandemia (COVID-19) pode ser um fator que gere mudanças nos comportamentos do consumo de água da população do município de Campos dos Goytacazes. Analisamos os dados de consumo de água de, aproximadamente, 2.400 clientes em 2 anos a partir de abril de 2019, revelando alguns impactos significativos no consumo no período de 1 ano antes da pandemia e 1 ano depois. Para realizar a análise, aplicou-se o Teste T e ANOVA, nas amostras. Primeiramente foi realizado um estudo com a amostra selecionada, e posteriormente apresentou-se uma segmentação de consumo de água, por residencial, comercial e pública, sendo essas categorias analisadas mês a mês, caracterizando os padrões de consumo de água no período da pandemia COVID-19. Os resultados destacam as categorias com o maior e menor impacto na demanda de água em toda a rede de abastecimento e seu respectivo período, revelando uma mudança significativa e quantificável nos padrões de consumo de água durante o período da pandemia, em alguns meses para uma determinada categoria. Com esse estudo, espera-se estudar as possíveis implicações de uma pandemia na análise do consumo de água tratada em um ambiente urbano.

3.2 Introdução

A disponibilidade de recursos hídricos é um fator restritivo para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental regional (Wei et al., 2018). Além disso, o acesso à água para uso doméstico é indispensável para a promoção da saúde pública (Sorenson et al., 2011). Atualmente, os processos de urbanização e industrialização fazem com que a discrepância entre a demanda de água e a crescente escassez de recursos hídricos mais evidente (Wei et al., 2018). As questões relacionadas ao consumo de água são um desafio crescente em termos de

sustentabilidade, especialmente no desenvolvimento países, embora alcance o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos é uma questão de importância global (Wang e Wang, 2020).

Um fornecimento estável de água potável desempenha um papel importante para garantir a saúde de uma população, especialmente durante o surto de doenças epidêmicas, quando medidas de demanda de água, como lavar as mãos, são essenciais para evitar a propagação do vírus (Lau et al., 2009). Em relação ao COVID-19, a aplicação do distanciamento social e a interrupção do transporte público intramunicipal, bem como o encerramento de locais de entretenimento, estão associados a reduções na incidência de casos (Tian et al., 2020). No entanto, a melhor abordagem para uma pandemia sem um medicamento eficaz é a quarentena (Huang e Qiao, 2020). Os tratamentos farmacológicos para COVID-19 ainda não são conhecidos (Cortegiani et al., 2020). Com isso em mente, autoridades em muitas partes do mundo tomaram medidas para implementar quarentena e distanciamento social, como fechamento de escolas, suspensão de serviços de transporte público e proibição temporária de reuniões públicas e atividades econômicas não essenciais.

Garantir que a população tenha acesso à água potável é um desafio enfrentado por vários países durante a pandemia de COVID-19 (Brauer et al., 2020). Além disso, as mudanças comportamentais necessárias para conter a pandemia podem fornecer informações úteis para transformações em direção a uma oferta e produção mais sustentáveis (Sarkis et al., 2020). Compreender o impacto das ações de contenção de doenças no consumo de água fornece informações sólidas para os formuladores de políticas planejarem e definirem as prioridades corretas para superar o desafio com sucesso. O objetivo deste artigo é avaliar como as ações de prevenção da disseminação da COVID-19 estão afetando o consumo de água.

Esse trabalho tem o objetivo de avaliar como a pandemia de COVID-19 afetou o consumo de água potável no município de Campos dos Goytacazes, RJ. Análises estatísticas foram empregadas para avaliar os dados de consumo de água de clientes com diferentes categorias: residências, órgãos públicos e comércio.

3.3 Metodologia

Com o objetivo de entender o estado da arte sobre os impactos da pandemia sobre o consumo de água, foi realizada uma busca no scopus.com com os seguintes termos:

```
TITLE-ABS-KEY ( water AND consumption AND covid )  
AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) )
```

Essa consulta foi realizada no dia 20/09/2021, retornando um total de 102 documentos. Esses documentos foram utilizados como referencial teórico.

Coleta de dados

Para realizar esse trabalho, foram utilizados dados do sistema transacional da concessionária responsável pelos serviços de água e esgoto no município de Campos dos Goytacazes – RJ. Foram levantados dados de toda a população do município do período de 04/2019 a 04/2021. Com o objetivo de comparar o comportamento do consumo de água no município, foi considerado o período de 04/2019 a 04/2020 como período “antes de pandemia” e 05/2020 a 04/2021 como período “depois da pandemia”, com base no decreto publicado pelo Estado do Rio de Janeiro onde reconheceu a situação de emergência em saúde pelo COVID-19 (sars-cov-2) por meio do Decreto número 46.973, de 16 de março de 2020.

Os dados levantados possuem informações do consumo de água mensal de todos os clientes da concessionária. Para realizar esse estudo, foi determinado uma amostra, seguindo as premissas:

Para evitar distorções na análise, foi determinado um “mês de referência” (04/2019) onde todos os clientes cadastrados como “ativos” naquele mês foram acompanhados até o fim do período determinado. Evitando distorções geradas pelo cadastro de novos clientes no período.

O período determinado pelo estudo é de 1 ano antes do decreto 46.973 do estado do Rio de Janeiro e 1 ano depois do mesmo.

Os valores de consumo, também conhecido como volume micro medido ou VU (Volume Utilizado), corresponde ao volume em m³ que foi registrado pelo hidrômetro presente na

entrada do ramal predial no cliente no mês de referência, utilizado para gerar a conta de água no mês da leitura do hidrômetro.

Caso o cliente tenha solicitado desligamento no período desse estudo, foi optado por mantê-lo na amostra, uma vez que esse desligamento pode ter alguma relação com a atual pandemia.

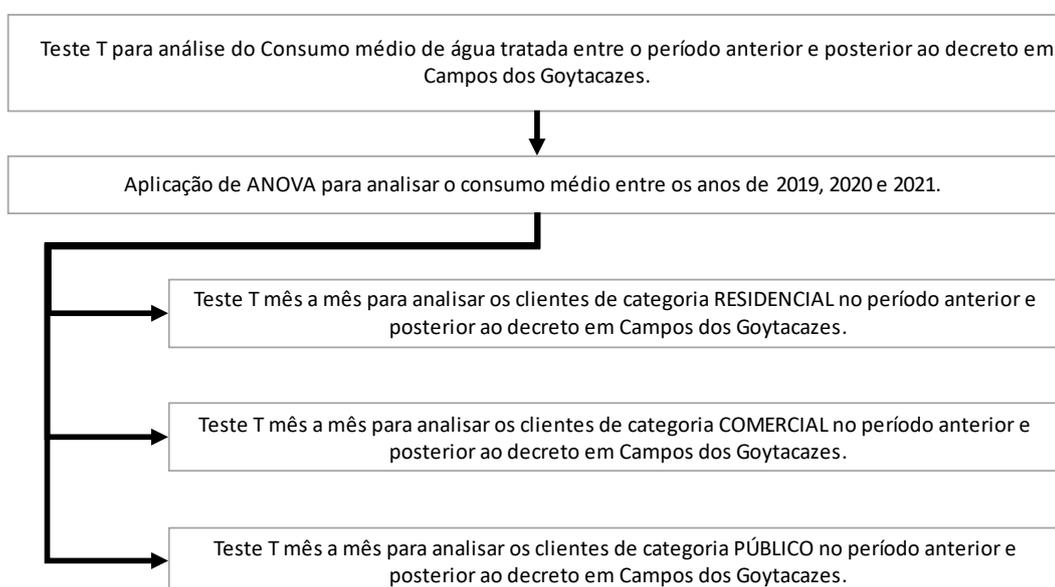
A identidade de todos os clientes foi mantida anônima, não sendo possível identificar nenhum dos clientes da base de dados, assim como na amostra.

Os clientes selecionados no “mês de referência” foram categorizados conforme sua atividade econômica, seguindo os critérios da concessionária: Residencial, Comercial e Público.

A categoria Residencial, formada por residências como casas, edifícios residências e condomínios. Já a categoria Comercial, formada por comércios de pequeno, médio e grande porte. A categoria pública é formada por setores da esfera municipal, estadual e federal, onde, nessa amostra.

Esse trabalho é composto pelas análises descritas na figura a seguir:

Figura 4: Ordenação das análises realizadas



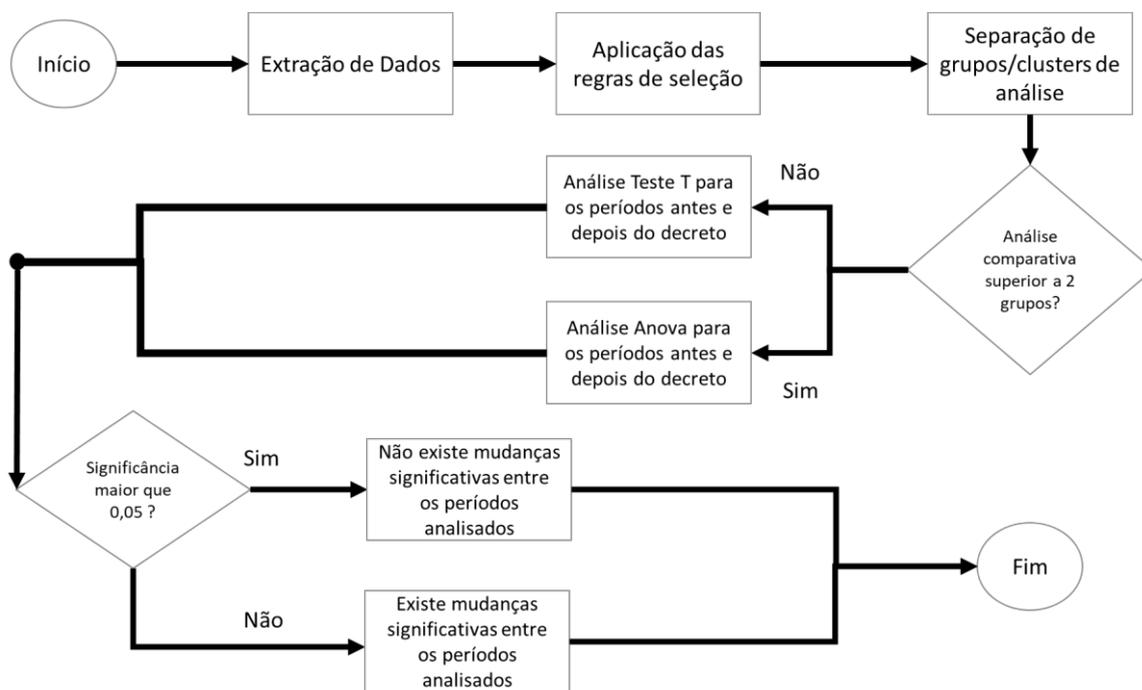
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para iniciar o estudo, escolheu-se trabalhar com todos os dados, sem subdivisão em categorias. Com isso, foi realizado um teste T pareado para o período de análise anterior e posterior ao decreto, contendo ao todo 2 anos de dados analisados. Conforme descrito na figura acima, aplicou-se ANOVA em 3 grupos, cada um representando um ano (2019, 2020 e 2021). Essa análise foi realizada para tentar identificar possíveis alterações no consumo de água tratada ao longo dos anos abordados.

Posteriormente a amostra foi subdividida em 3 categorias: Residencial, Comercial e Pública e, cada categorias, foi analisada comparando o mesmo mês de anos diferentes, também utilizando o teste T pareado.

Para cada um dos passos, foi utilizada a metodologia mostrada na figura a seguir:

Figura 5: Metodologia para realizar as análises



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O fluxograma demonstrado na figura acima foi aplicado em cada uma das análises com o objetivo de realizar o teste de hipótese, onde a hipótese nula afirma que não existe diferença entre as médias de volume consumido entre os períodos estudados. A hipótese alternativa afirma que existe diferença entre os períodos

Na análise mês a mês, o mês referente a abril possui dados de 3 anos diferentes (2019, 2020 e 2021), para essa análise foi aplicado ANOVA, por existirem 3 grupos diferentes, um para cada ano estudado, conforme apresentado no fluxograma.

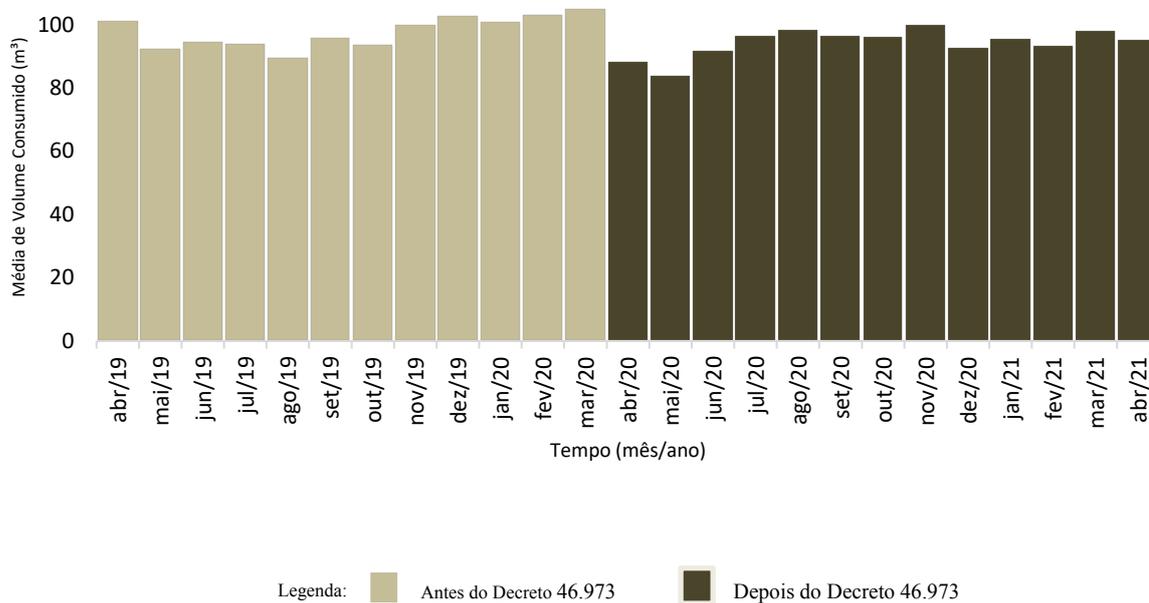
3.4 Resultados

Primeiramente, realizou-se uma análise para toda a amostra, contemplando os dados do consumo de água tratada dos clientes selecionados no município de todos os 3 grupos (Residencial, Comercial e Público). Totalizando 61.361 observações, uma média aritmética de 95,97 m³ de água consumida, apresentado um valor mínimo de 0 m³ e valor máximo de 40.298 m³.

A amostra foi dividida em 2 grupos de análise, o grupo dos dados que formam o período “antes do decreto” e “depois do decreto”, ambos os grupos possuem 1 ano de dados, totalizando 2 anos na amostra selecionado.

Conforme demonstrado na figura a seguir:

Figura 6 – Médias do consumo de água de clientes em 1 ano antes e depois do decreto



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com o objetivo de entender um pouco mais os dados analisados, são apresentadas algumas informações descritivas, médias, desvio padrões e variâncias, na tabela a seguir:

Tabela 13 - Detalhes dos dados de consumo médio de água tratada

Mês/Ano	Amostra (n)	Média	Desvio Padrão	Variância	Período
abr/19	2469	101,14	892,02	795696,01	Antes do Decreto
mai/19	2464	92,39	818,22	669489,52	Antes do Decreto
jun/19	2464	94,52	792,86	628624,48	Antes do Decreto
jul/19	2455	93,94	817,57	668426,15	Antes do Decreto
ago/19	2459	89,43	755,12	570204,61	Antes do Decreto
set/19	2454	95,87	774,42	599730,13	Antes do Decreto
out/19	2444	93,79	741,70	550120,98	Antes do Decreto
nov/19	2443	100,02	874,98	765592,54	Antes do Decreto
dez/19	2448	102,92	889,56	791313,17	Antes do Decreto
jan/20	2441	101,00	880,87	775938,41	Antes do Decreto
fev/20	2440	103,08	847,95	719024,89	Antes do Decreto
mar/20	2442	104,97	939,52	882695,08	Antes do Decreto
abr/20	2449	88,29	769,84	592654,34	Depois do Decreto

mai/20	2450	83,79	744,30	553976,54	Depois do Decreto
jun/20	2452	91,89	1023,06	1046650,92	Depois do Decreto
jul/20	2452	96,45	1059,64	1122833,33	Depois do Decreto
ago/20	2454	98,36	1093,00	1194638,20	Depois do Decreto
set/20	2456	96,40	1003,82	1007656,01	Depois do Decreto
out/20	2458	96,04	1013,74	1027672,19	Depois do Decreto
nov/20	2460	100,10	1046,53	1095223,02	Depois do Decreto
dez/20	2463	92,81	942,94	889128,08	Depois do Decreto
jan/21	2460	95,44	1009,02	1018120,62	Depois do Decreto
fev/21	2461	93,45	983,08	966453,48	Depois do Decreto
mar/21	2462	98,22	1015,55	1031343,52	Depois do Decreto
abr/21	2461	95,13	975,91	952397,51	Depois do Decreto

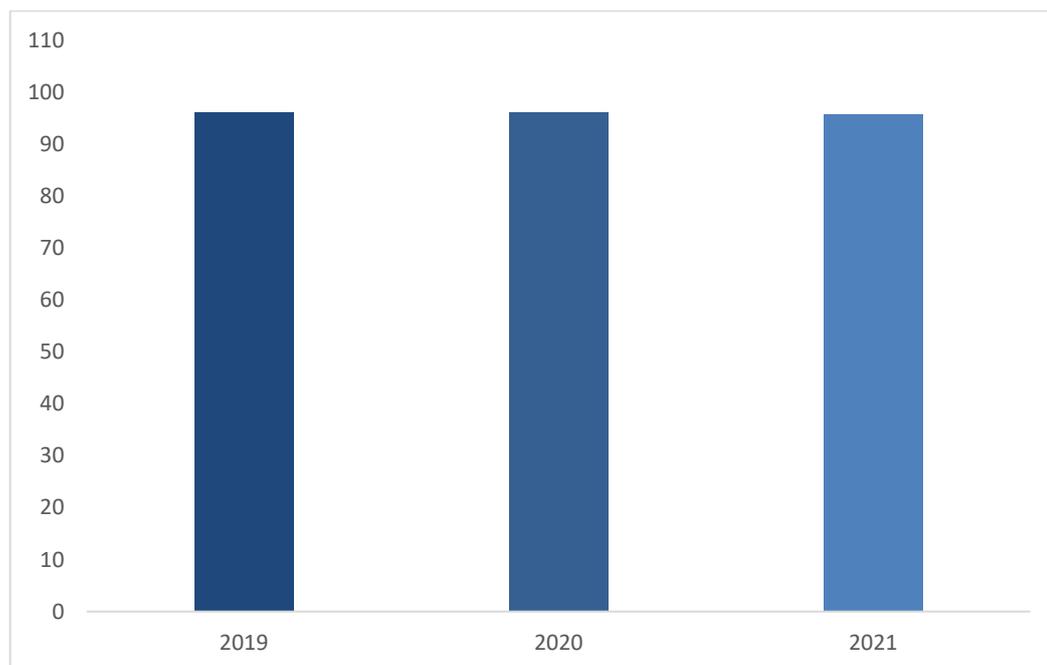
Fonte: Elaborado pelo Autor

A média do consumo de água para o período antes do decreto foi de 97,76 m³, com um desvio padrão de 25,14. Já o período depois do decreto, a média de consumo foi de 94,27 m³ e um desvio padrão 21,28. Sugerindo uma redução de, aproximadamente 3 m³ entre os períodos. Uma vez apresentados os dados, aplicou-se o Teste T, para analisar se existe diferença significativa entre os 2 períodos. Sendo a hipóteses já abordadas na metodologia desse estudo.

Aplicado o Teste T, com grau de liberdade de 11, estatística T de 1,86, foi encontrado um valor p de 0,09, com isso, rejeita-se a hipótese alternativa. Indicando que essa redução no consumo de água não é, necessariamente, significativa.

Para entender melhor o contexto, aplicou-se uma nova análise, agora por ano (2019, 2020 e 2021), formando 3 grupos. Conforme mostrado na figura a seguir:

Figura 7: Média de volume consumido (m³) anual



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A média do consumo de água para o período de 2019 foi de 96 m³, já em 2020 a média foi de 96 m³ e, em 2021, o consumo médio foi de 95,56 m³, sugerindo uma pequena redução no consumo de água no município. Uma vez apresentados os dados, aplicou-se o ANOVA, para analisar se existe diferença significativa entre os 3 períodos. Sendo a hipóteses já abordadas na metodologia desse estudo.

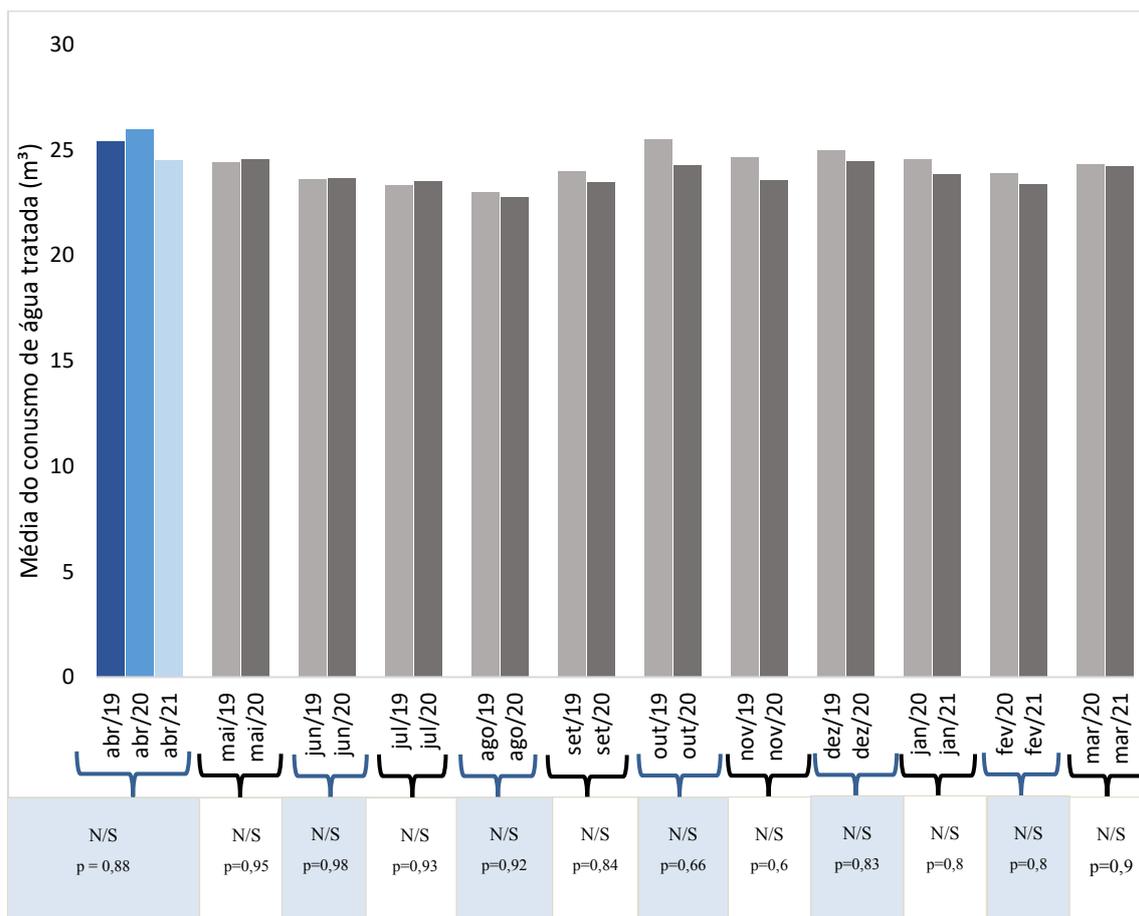
Aplicado o ANOVA, com grau de liberdade de 2, estatística F de 0,001, foi encontrado um valor p de 0,99, com isso, rejeita-se a hipótese alternativa. Indicando que essa redução no consumo de água não é, necessariamente, significativa.

Para aprofundar um pouco mais o estudo, a amostra foram classificados em 3 grandes grupos: Residencial, Comercial e Público. Para cada um dos grupos foi realizada uma análise mês a mês, comparando sempre o mesmo mês de anos diferentes dentro do mesmo grupo.

Residencial

Para a categoria residencial, analisou-se as diferenças entre as médias dos mesmos meses, porém em anos diferentes, conforme mostrado na figura a seguir:

Figura 8 – Médias do consumo de água de clientes residenciais



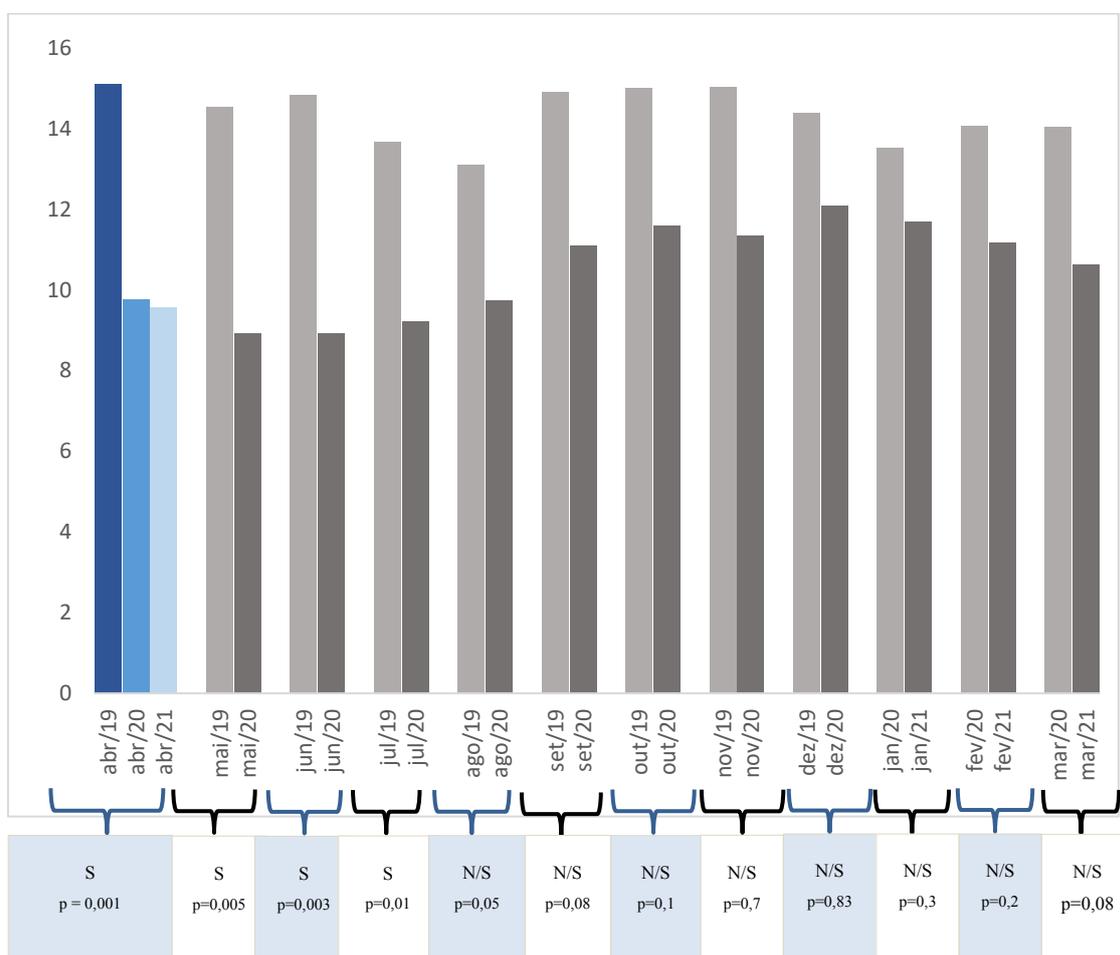
Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme abordado na metodologia, para o mês de abril foi realizado ANOVA e para os demais pares foi realizado o Teste T. Todos os resultados possuíram o valor p acima de 0,05. Dessa forma rejeita-se a hipótese alternativa.

Comercial

Para a categoria comercial, analisou-se as diferenças entre as médias dos mesmos meses, porém em anos diferentes, conforme mostrado na figura a seguir:

Figura 9 – Médias do consumo de água de clientes comerciais



Fonte: elaborado pelo autor.

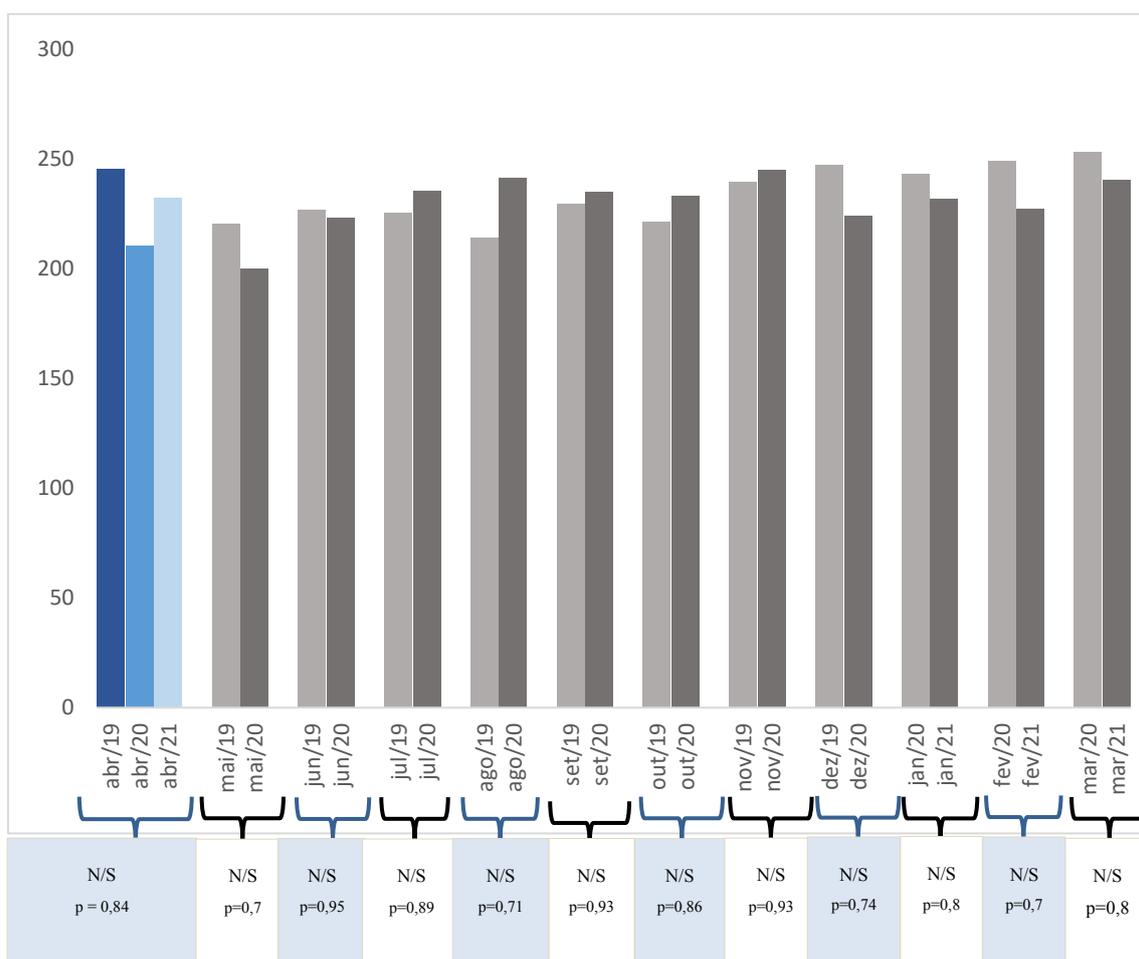
Conforme abordado na metodologia, para o mês de abril foi realizado ANOVA e para os demais pares foi realizado o Teste T. Para os meses de agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março os resultados possuíram o valor p acima de 0,05. Dessa forma rejeita-se a hipótese alternativa. Já para os meses de abril, maio, junho e julho, os resultados encontrados para o valor de significância p estão inferiores a 0,05, nesse caso rejeita-se a hipótese nula. Para esse último caso, foi encontrada mudança na diferença entre as médias, para o mês de abril ocorreu uma redução de 12,8 m³ de consumo médio de água tratada, em maio

ocorreu uma redução de 20,6 m³, em julho uma redução média de 3,7 m³, e em julho foi observada uma redução de 9,91 m³ no consumo.

Público

Para a categoria residencial, analisou-se as diferenças entre as médias dos mesmos meses, porém em anos diferentes, conforme mostrado na figura a seguir:

Figura 10 – Médias do consumo de água de clientes públicos



Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme abordado na metodologia, para o mês de abril foi realizado ANOVA e para os demais pares foi realizado o Teste T. Todos os resultados possuíram o valor p acima de 0,05. Dessa forma rejeita-se a hipótese alternativa.

3.5 Discussão

A pandemia de COVID-19 em curso teve seu no ano de 2020, sua transmissão aumentou rapidamente levando o governo a impor um bloqueio a toda a população, proibindo todas as viagens "não essenciais" e isolamento social. Globalmente, o bloqueio fez com que as famílias mudassem seus comportamentos de consumo típicos drasticamente, resultando em um aumento inicial acentuado nos gastos, especialmente em itens essenciais e alimentos. (Baker, 2020)

Estudos mostram os impactos que a COVID -19 gerou no consumo de água pela população urbana. Por exemplo, na Alemanha, uma mudança significativa no pico de demanda agregada foi observada antes do bloqueio em comparação com o período durante o bloqueio. (Aquatech, 2020). Em um relatório Waterwise4, certas regiões do Reino Unido viram um aumento de 35% no consumo diário durante o confinamento. No Brasil, a análise de dados de 26 dias antes do bloqueio e 26 dias durante o bloqueio revelou um aumento de 11% no consumo doméstico de água atribuível ao bloqueio. (Kalbusch, 2020)

No presente estudo, os resultados apontaram uma redução no consumo de água tratada para a categoria comercial quando analisado mês de um ano com o mesmo mês do ano posterior, porém a categoria residencial, que é a que possui maior representatividade das amostras não apresentou um aumento significativo.

Já a categoria Público apresentaram aumento em seu consumo de água., porém não significativo. Mesmo que no período após o decreto de situação de emergência teve efeitos práticos na economia, reduzindo a produção de vários setores da indústria e no uso de repartições públicas, o aumento no consumo de água nessas categorias pode ter relação com vazamento de água nas instalações prediais. As medidas de restrições impostas limitaram o uso desses ambientes, tornando a identificação de vazamentos mais difícil.

3.6 Conclusão

Esse estudo busca entender um pouco do comportamento da população do município de Campos dos Goytacazes em relação ao consumo de água no período anterior a pandemia e após o decreto de situação de emergência.

Diversos estudos comprovaram o aumento no consumo de água após o início da pandemia, com base nos testes estatísticos realizados, no município de Campos esse aumento foi significativo apenas para indústrias e setores públicos.

Com base nesses dados, pode-se melhorar a previsão do volume de água distribuído pela concessionária, contribuindo para redução de perdas de água na distribuição, preservação do recurso hídrico, redução de custos no tratamento como químicos e energia, entre outros benefícios.

3.7 Referencias

AQUATECH. **Case study: Data links COVID-19 lockdown to consumption change.** Available at: <https://www.aquatechtrade.com/news/utilities/covid-19-lockdownsimpact-water-consumption/>. 2020

KALBUSCH, A., HENNING, E., BRIKALSKI, M. P., LUCA, F. VDE & KONRATH, A. C. **Impact of coronavirus (COVID-19) spread-prevention actions on urban water consumption.** Resour. Conserv. Recycl, 2020

ARTESIA. **The effect of the coronavirus lockdown on water use,** 2020.

BAKER, S. R., FARROKHANIA, R. A., MEYER, S., PAGEL, M. & YANNELIS, C. **How Does Household Spending Respond to an Epidemic? Consumption During the 2020 COVID-19 Pandemic.** Rev. Asset. Pricing Stud. 1, 2020

WEI, Y., WANG, Z., WANG, H., YAO, T., LI, Y. **Promoting inclusive water governance, and forecasting the structure of water consumption based on compositional data: a case study of Beijing.** 2018

- SORENSEN, S.B., MORSSINK, C., CAMPOS, P.A. Safe access to safe water in low income countries: water fetching in current times, 2011**
- WANG, Q., WANG, X. Is economic growth decoupling from water use? Empirical analysis of 31 Chinese provinces. Sci. Total Environ. 2020**
- LAU, J.T.F., GRIFFITHS, S., CHOI, K.C., TSUI, H.Y. Widespread public misconception in the early phase of the H1N1 influenza epidemic. 2009**
- TIAN, H., LIU, Y., LI, Y., WU, C., CHEN, B., KRAEMER, M.U.G., ET AL. . An investigation of transmission control measures during the first 50 days of the COVID-19 epidemic in China. Science. 2020**
- HUANG, N.E., QIAO, F,. A data driven time-dependent transmission rate for tracking an epidemic: a case study of 2019-nCoV. Sci. Bull, 2020**
- CORTEGIANI, A., INGOGLIA, G., IPPOLITO, M., GIARRATANO, A., EINAV, S. A systematic review on the efficacy and safety of chloroquine for the treatment of COVID-19. 2020**
- BRAUER, M.; ZHAO, J.T.; BENNITT, F.B.; STANAWAY, J.D. Global access to handwashing: implications for COVID-19 controlling low-income countries. 2020**
- SARKIS, J., COHEN, M.J., DEWICK, P., SCHRÖDER, P., A brave new world: lessons from the COVID-19 pandemic for transitioning to sustainable supply and production. 2020**

4 ARTIGO III – MODELO DE PREVISÃO PARA VOLUME DE ÁGUA TRATADA DISPONIBILIZADO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO UTILIZANDO SERIES TEMPORAIS

4.1 Resumo

A previsão de volume de água tratada a ser distribuída é de grande importância no planejamento estratégico das empresas responsáveis de saneamento básico. O objetivo dessa pesquisa é propor um modelo matemático para prever o volume de água a ser distribuído no curto e no longo prazo, buscando a otimização do processo de abastecimento urbano de água. Um estudo de caso foi conduzido em uma empresa sediada no município de Campos dos Goytacazes, RJ, a partir de uma coleta de dados de 3 anos. O modelo estatístico ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) foi empregado para prever demandas diárias de produção de água tratada. Desta forma, o modelo proposto possui o objetivo de melhorar as métricas para estimar a quantidade de água a ser distribuída no futuro, reduzindo custos econômicos e ambientais para a empresa e a região, sem afetar o serviço de distribuição de água para a população. Conclui-se que a metodologia proposta possibilita um planejamento estratégico mais apurado e alinhado com a realidade do município estudado, além de existir replicabilidade em outros modelos de negócio que possuem uma necessidade semelhante.

Palavras-Chave: Saneamento, Volume Disponibilizado, Rede de Distribuição, Series Temporais, ARIMA.

4.2 Abstract

The forecast of volume of treated water to be distributed is of great importance in the strategic planning of companies responsible for basic sanitation. The objective of this research is to carry out and discuss a method to predict the volume of water to be distributed in the short and long term, seeking to optimize the process of urban water supply. A case study was conducted in a company based in the municipality of Campos dos Goytacazes, RJ, from a 2-year data

collection. The ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) statistical model was used to predict daily demands for the production of treated water. The result of the work was achieved by presenting validated results with real samples. In this way, the proposed model improves the metrics to estimate the amount of water to be distributed in the future, reducing economic and environmental costs for the company and the region, without affecting the water distribution service for the population. It is concluded that the proposed methodology allows a more accurate strategic planning and aligned with the reality of the studied municipality, in addition to the existence of replicability in other business models that have a similar need.

Keywords: Sanitation, Water Network, Time Series, ARIMA

4.3 Introdução

A previsão do volume disponibilizado de água tem um alto significado financeiro e ambiental. Inúmeros componentes podem influenciar direta ou indiretamente a demanda de água. Incorporar precipitação, temperatura, demografia, chegar utilizar, estimar e controlar. As condições climáticas têm sido amplamente utilizadas como insumos de modelos multivariados mensuráveis para modelagem e previsão de consumo de água. A estimativa das futuras necessidades comuns de água é essencial para a organização de um sistema territorial de abastecimento de água.

Quando se trata de criar um modelo de previsão para o volume de água tratada disponibilizado para uma cidade, não existe um único modelo, existem diversas variáveis que irão influenciar a curva da série temporal em estudo. Informações como quantidade de habitantes, quantidade de ligações de água ativas, economias ativas, perfil do consumidor (residencial, comercial ou industrial), bem como a cultura de uso da água na região são exemplos de variáveis que criam essa diferença entre cada série temporal estudada. Essas especificidades criam aumentam o grau de dificuldade de criar um modelo previsão aceitável.

Esse tipo de modelo se torna uma ferramenta altamente estratégica para a empresa, uma vez que, com um modelo devidamente ajustado, é possível prever uma série de custos ao longo do ano, como, por exemplo, custos com produto químico, otimizando o estoque, custos

relacionados a energia gasta na captação e tratamento da água, bem como custos envolvendo pessoas. Além de poder ser utilizado na gestão de perdas de água, tema de alta relevância no saneamento.

Campos dos Goytacazes é um município brasileiro no interior do estado do Rio de Janeiro, Região Sudeste do país. Está localizado na região Norte Fluminense do estado. De acordo como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui uma população estimada de 514 643 habitantes, é a mais populosa cidade do interior do estado, a sétima mais populosa do estado e o município com a maior extensão territorial do estado, ocupando uma área de 4 032,5 quilômetros quadrados.

Segundo o instituto Trata Brasil, realizado em 2022, Campos dos Goytacazes possui 97,9% de sua população atendida com água, sendo 2,1 cerca de 11 mil habitantes sem acesso à água potável.

Geralmente, as empresas de saneamento têm um setor de cadastro técnico responsável pela atualização e manutenção das plantas cadastrais, a partir de informações que vêm de diversos outros setores como planejamento, projetos, obras, manutenção e operação. Esta atualização é imprescindível para as ações cotidianas na área da operação e manutenção. Um cadastro desatualizado torna-se um problema cada dia maior, uma vez que a perda da confiabilidade gera um ciclo vicioso, onde quem consulta passa a não confiar e para utilizar quem executa, sabendo que o dado não será utilizado, não dá à atenção ao cadastro, que se torna cada vez mais desatualizado.

O cadastro técnico é um conjunto de informações que apresenta as características do sistema de abastecimento de água como redes, equipamentos e acessórios, resultando em um conjunto de informações para profissionais que tenham necessidade de acesso às informações técnicas do sistema.

Procura-se reunir informações da situação atual do sistema, bem como projetos futuros e implantações previstas. Geralmente, o acervo técnico reúne um conjunto de plantas e relatórios em mapotecas, com o avanço tecnológico, toda esta documentação deve ser substituída pelo meio digital, agilizando tanto a consulta quanto eventuais atualizações.

O Objetivo desse estudo é executar uma previsão a longo e curto prazo, do volume de água disponibilizado para a rede de distribuição de água do município de Campos dos Goytacazes, RJ. Com essa previsão espera-se ser possível realizar uma melhor análise de orçamento dos gastos da empresa ao longo do tempo, melhorando seus indicadores e controle de volume de água disponibilizado ao longo dos anos.

Para realização desse estudo, foram utilizados da Concessionária responsável pelo serviço ligado ao saneamento básico no município.

4.4 Metodologia

Com auxílio do cadastro técnico e de operadores diretamente ligados ao sistema de abastecimento de água (SAS). A partir desses dados, foi possível realizar todos os estudos desse trabalho. Os dados foram previamente analisados pela empresa responsável pelos serviços no município.

Foram coletados 1095 registros de volume de água disponibilizado (VD) diariamente pela concessionária em estudo. Totalizando uma coleta de 2 anos, de janeiro de 2019 a dezembro de 2021.

Uma metodologia bastante utilizada na análise de uma série temporal é Box e Jenkins. Conforme (Tápia, 2000), a utilização de séries temporais pelo método Box e Jenkins é representada pelo conjunto de processos estocásticos ARIMA (do inglês Autoregressive Integrated Moving Average) representado pelas letras (p, d, q), em que p indica o número de parâmetros autorregressivo, d representa o número de diferenças efetuadas na série para que se possa tornar estacionária e q indica o número de parâmetros de médias móveis.

Assim uma série temporal é estacionária e sua média, variância e covariância permanecem constantes, independente do período que foram analisadas, ou seja, elas não variam no decorrer do tempo. Um processo de grande importância das séries temporais estocásticas discretas é a presença de ruído branco.

Conforme Ediger e Akar (2007), o ARIMA é um dos mais populares modelos para análise da previsão de demanda para séries temporais. Os modelos ARIMA são modelos que utilizam

apenas dados históricos de séries temporais com o intuito de expressar como as séries reagem de acordo com a variação estocástica anterior (BABAI; ALI; BOYLAN, 2013).

Os modelos ARIMA geram previsões através de informações contidas na própria série cronológica. Estes modelos baseiam-se em equações contendo termos estocásticos, em uma classe de equações lineares conveniente para a modelagem de previsões de séries temporais. Conforme destacado por Werner e Ribeiro (2003), o emprego da metodologia se baseia em três parâmetros para a construção dos modelos ARIMA, são eles: autorregressivo (p) – número de termos do modelo que descreve a dependência entre observações sucessivas; diferenças (d) – avaliar o aspecto estacionário da série e em caso negativo realiza processos de diferenciação até alcançar a estacionariedade dos dados; e, médias móveis (q) – média aritmética que se baseia no impacto dos dados mais recentes da série.

Assim que identificado esses componentes, os mesmos são descritos matematicamente como ARIMA (p, d, q). As técnicas de previsão utilizadas pelo modelo ARIMA, fundamentam-se na ideia de transformar as séries temporais em estacionárias pelo processo de diferenciação.

Conforme Almeida (2018), a estacionariedade é uma propriedade que indica se os atributos estatísticos (média, variância e função de autocorrelação) permanecem constantes ao longo do tempo. Desse modo, para validar os requisitos de estacionariedade, normalmente são utilizados testes de hipóteses, como o teste de Dickey-Fuller aumentado, com a finalidade de verificar se a função que representa a série contém raiz unitária nos operadores de retardo (ALMEIDA, 2018), bem como são utilizadas funções de Autocorrelação Amostral (ACF ou FAC) e Autocorrelação Amostral Parcial (PACF ou FACP) para se analisar a influência das observações passadas no comportamento futuro da série (MARTIN et al., 2016).

Conforme Zhang (2003), os modelos ARIMA são bastante flexíveis na medida em que podem representar vários tipos diferentes de séries temporais, ou seja, autorregressiva pura (AR), média móvel pura (MA) e séries AR e MA combinadas (ARMA). Segundo Cowpertwait e Metcalfe (2009), o processo que gera a série temporal em um modelo ARMA, apresenta-se da seguinte forma na Equação 1:

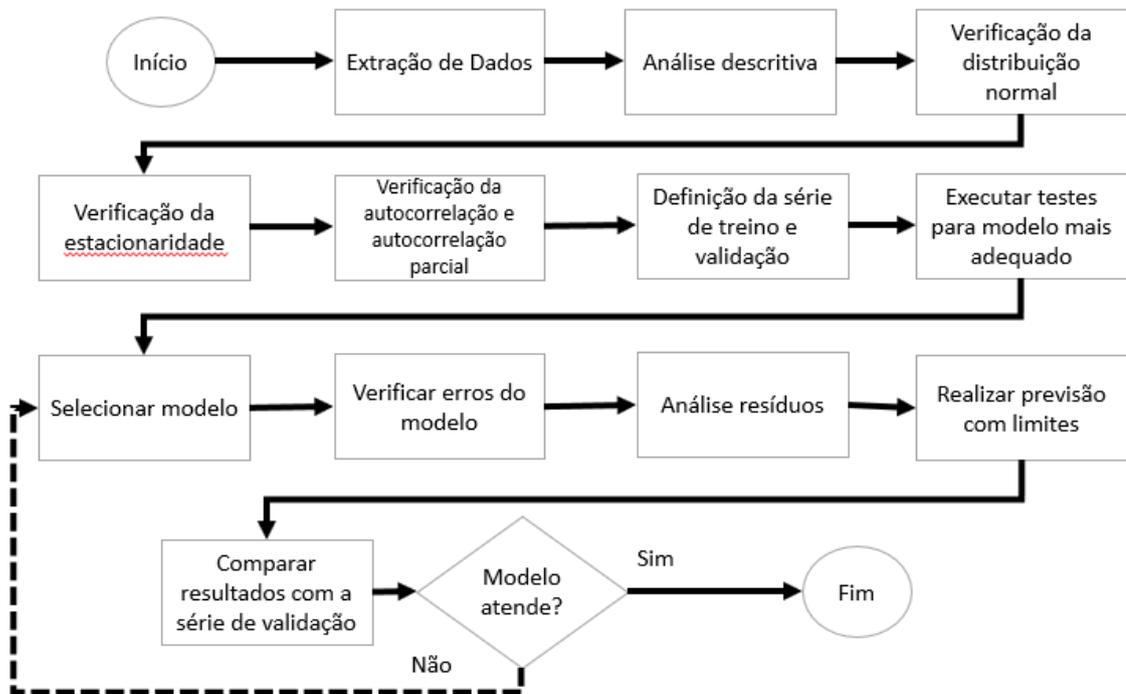
$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Equação 1

Onde y_t e ε_t são o valor real da série e o erro aleatório no tempo t , respectivamente. Os erros aleatórios (ε_t) são assumidos como ruído branco, isto é, se comportam como independentes e identicamente distribuídos com média zero e variância constante (ALMEIDA, 2018). Já os termos ϕ_i ($i = 1, 2, 3, \dots, p$) e θ_j ($j = 1, 2, 3, \dots, q$) são parâmetros do modelo, no qual p e q são números inteiros associados às ordens dos processos AR e MA, respectivamente (ALMEIDA, 2018).

Para essa pesquisa, foi utilizado um fluxo de análise baseada na metodologia de Box e Jenkins, ilustrada na figura a seguir:

Figura 11 – Fluxo de análise da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor com base no modelo de Box e Jenkins

A construção do modelo usando séries temporais segue um ciclo iterativo da metodologia de Box e Jenkins, é composto de algumas etapas. Para o fluxo adaptado algumas análises e verificações importante para o modelo ARIMA foi adicionado para tentar chegar a um modelo mais apurado.

A análise descritiva é um estudo simplificado e exploratório para entender um pouco mais do fenômeno e encontrar outlier, caso existam. Após análise descritiva, é feito um teste de normalidade, nesse trabalho usa-se o teste de Shapiro-Wilk e posteriormente o teste de estacionariedade (ADF e KPSS) da curva, para garantir que não existe tendência no modelo. Isso é realizado pois os modelos de previsão autorregressivos baseiam-se nas características de linearidade da série temporal e estacionariedade. De acordo com Gujarati (2000), uma série temporal é estacionária se suas médias e variância forem constantes ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos depender da defasagem entre dois períodos e não do período de tempo efetivo. Do contrário, a série é definida como sendo uma série temporal não-estacionária. A estacionariedade de uma série temporal deve ser comprovada através de testes. No presente estudo utilizou-se o teste da raiz unitária desenvolvido por Kwiatkowski (1992). O teste elaborado por Kwiatkowski (1992), conhecido por teste KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) testa a hipótese nula de estacionariedade contra a hipótese alternativa, da seguinte forma: H_0 quando a série é estacionária e H_1 para quando série é não estacionária. Os valores encontrados a partir do teste de KPSS devem ser confrontados com os valores críticos para comprovação das hipóteses. Em seu estudo, Kwiatkowski (1992) apresentam uma tabela com os valores críticos. Estes valores normalmente são apresentados pelos softwares de análise juntamente com o resultado do cálculo do indicador KPSS, o que permite agilidade na interpretação dos resultados.

Posteriormente foi necessário identificar os valores apropriados para os parâmetros. Para determinar suas ordens e valores, a função de autocorrelação (FAC) e a função de autocorrelação parcial (FACP) auxiliam nessa tarefa.

Com todas as análises realizadas, a série original foi segmentada em duas séries menores. 2/3 da série será usada para treinar o algoritmo e criar um modelo adequado de previsão (utilizando o algoritmo em R presente no apêndice A). enquanto que o restante dos dados, 1/3 do total da série original, será usada como validação para comparar os valores de previsão do modelo final com dados reais da própria série e analisar se a previsão atende ou não às necessidades do estudo.

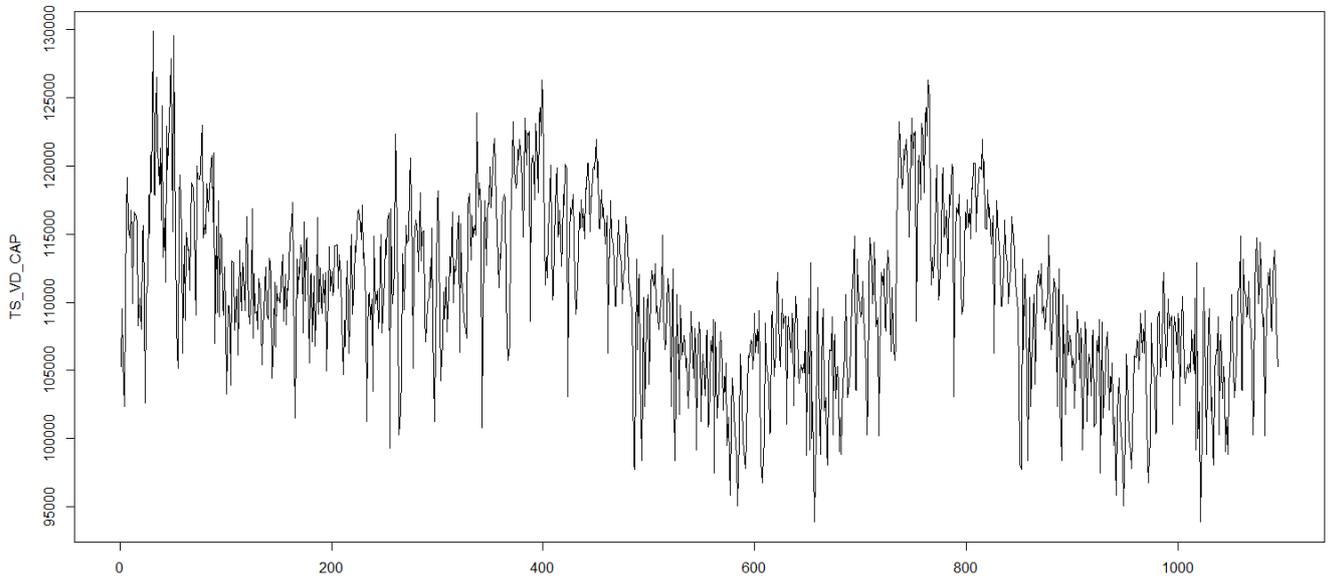
Para gerar o modelo mais adequado, foi aplicada a função `auto.arima` no algoritmo R, e seu resultado é apresentado no apêndice B. O critério de seleção adotado foi escolher os menores valores AIC e BIC (Akaike Information Criterion e Bayesian Information Criterion, respectivamente), tendo em vista que, estes critérios têm por objetivo indicar o modelo com menor número de parâmetros, uma vez que são construídos com base na variância estimada e no tamanho da amostra. O modelo que apresentar o menor valor de AIC e BIC será o que melhor se ajustará aos dados. Os dados de previsão e análise de atendimento são relacionados no apêndice B.

4.5 Resultados

Com o objetivo de analisar o comportamento da série de dados de volume disponibilizado de água tratada no município de Campos dos Goytacazes. Utilizou-se os dados diários do período de janeiro de 2020 a dezembro de 2021, formando uma série de 2 anos, com 660 observações. Para uma análise previa desenvolveu-se, inicialmente, um gráfico da série original. Essa primeira observação é importante para identificar possíveis discrepâncias ou erros que podem existir na extração dos dados, bem como entender, superficialmente, como é o comportamento da curva em relação ao tempo estudado.

Observa-se que a série assume um comportamento estacionário, pois não apresenta uma tendência bem definida e picos muito elevados levando em conta a série original. Porém, uma análise visual não é comprobatória, sendo necessário realizar testes que validem essas afirmações, norteados a construção de um modelo viável.

Figura 12 – Série Temporal – Volume Disponibilizado



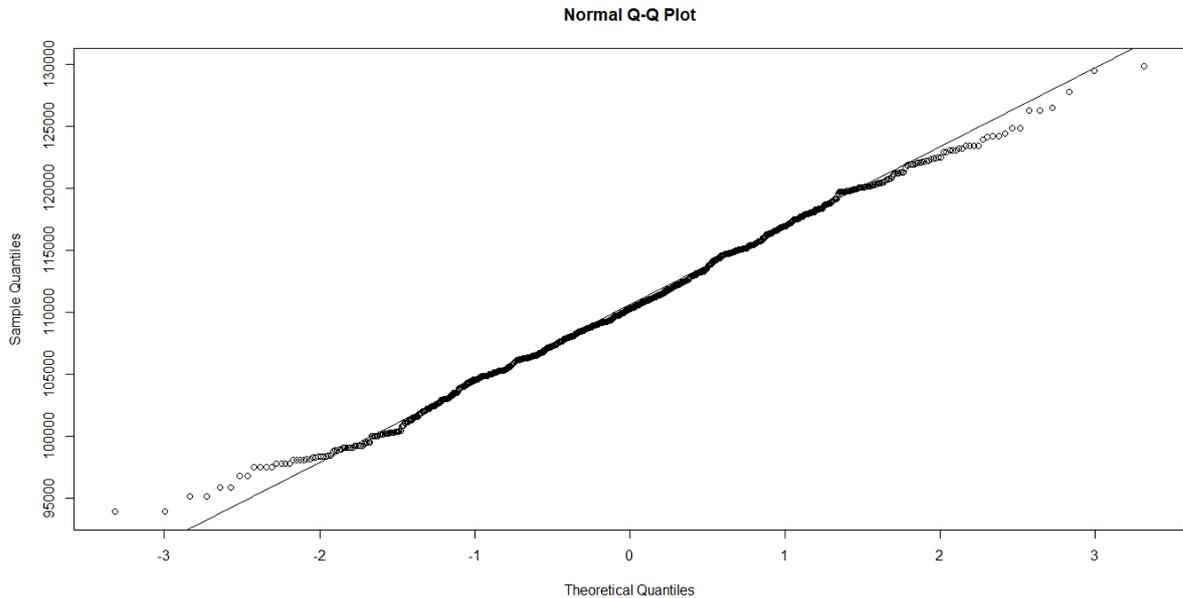
Elaborado pelo autor.

No eixo y, são os valores de volume disponibilizado (VD) em m³ e no eixo x, temos os valores em dias, sendo o dia 1 (01/01/2019) e o dia 1095 (31/12/2021).

Antes de iniciarmos os ajustes necessários para criação do modelo, é interessante realizarmos uma análise descritiva da série, sendo possível entender melhor seu comportamento. A série possui observações, com um valor mínimo de 93876 m³, máximo de 129844 m³, média aritmética de 110464 m³ e mediana de 110298 m³.

Os dados descritivos podem ser utilizados como futuros validadores ao decorrer do ajuste do modelo. A série não apresenta grandes picos e outliers grandes o suficiente para justificar algum tratamento. Dessa forma, o próximo passo é analisar se a série possui uma distribuição gaussiana.

Figura 13 – Distribuição dos dados da série



Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a figura acima, podemos inferir que a série possui um comportamento normal, para garantir essa afirmativa, aplica-se o teste de Shapiro.

Para o teste de Shapiro-Wilk, aplicado na série temporal original, foi encontrado o valor da estatística W de 0,996 e uma significância (p-value) de 0,167, maior que 0,05, portanto não difere significativamente de uma distribuição normal.

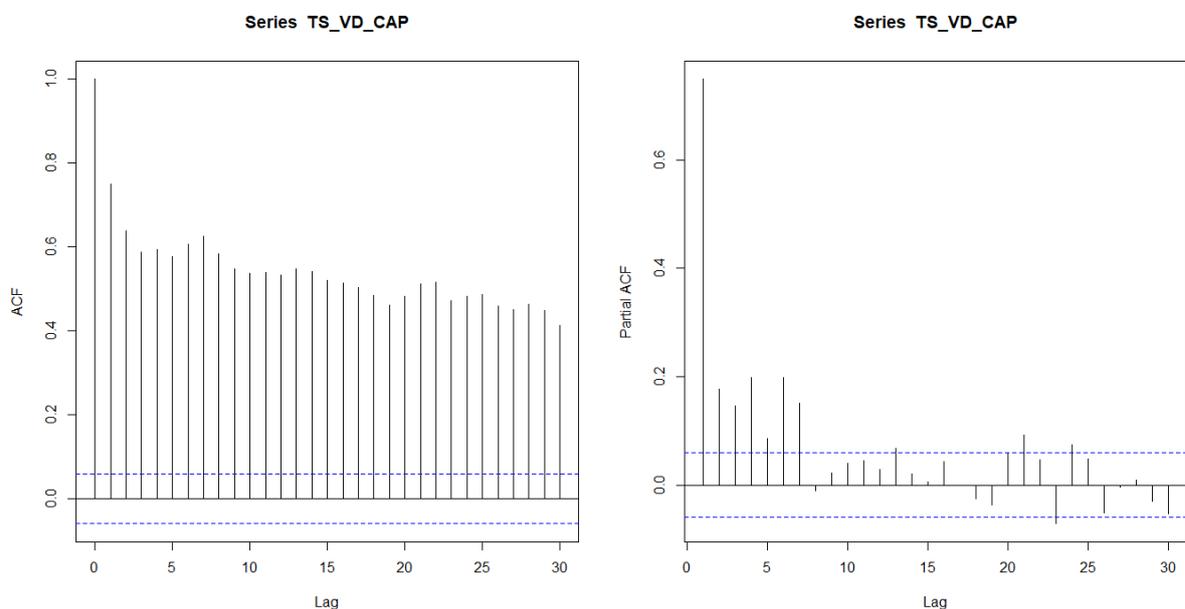
Visualmente identifica-se que a série é estacionária, portanto, para confirmarmos esta estacionariedade fizemos o teste de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt and Shin (KPSS), e o Teste da raiz unitária Augmented Dickey-Fuller (ADF), com base nas funções de autocorrelação da série original, e verificados os testes de significância para embasar a conclusão de que a série não possui uma tendencia definida.

Para o ADF, é considerado H0 para afirmar a não estacionariedade da série e H1 para a sua estacionariedade., usando uma significância estatística de 5% (p-value < 0,05), com auxílio do R.

Dessa forma podemos concluir que a série estudada é estacionária, conforme evidenciado pelo teste ADF e KPSS, conforme valores encontrados no teste Dickey-Fuller de -3,8508 e um p-value de 0,01645. Teste KPSS com estatística = 2,9143 e p-value = 0,0114.

Além das análises de variância, estacionaridade e normalidade, foram feitas as autocorrelações e autocorrelações parciais e verificar se a série está dentro das bandas máximas e mínimas estipuladas pelos testes (FAC e FACP), conforme resultado apresentado a seguir:

Figura 14 – Autocorrelação e Autocorrelação Parcial da série original



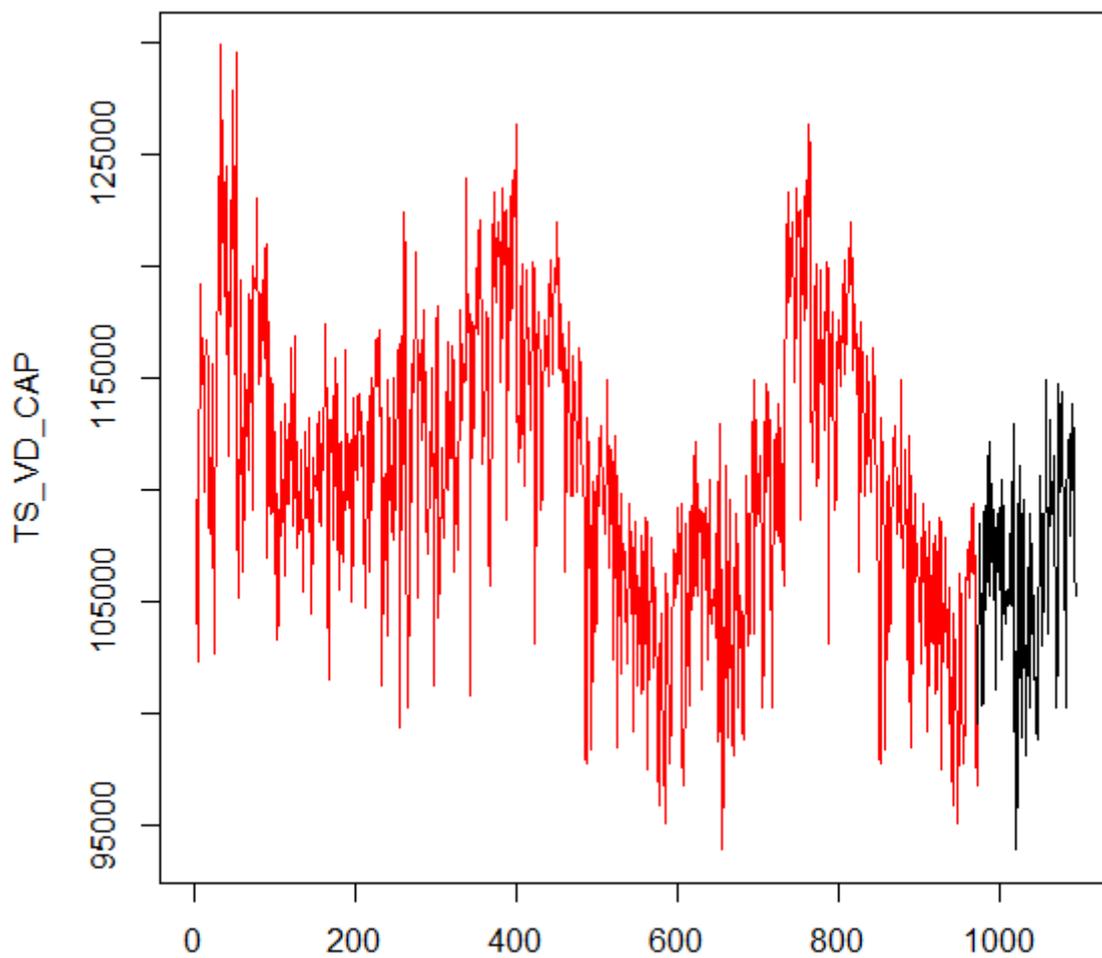
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para ambos os gráficos, temos observações que ultrapassam as bandas superiores e inferiores, isso mostra a necessidade de realização de ajuste na série.

Para isso, a série original foi segmentada em 2 partes, uma série de treino, contendo 2/3 das observações e uma série de validação, contando 1/3 das observações.

Dessa forma, a série original foi dividida da seguinte forma:

Figura 15 – Divisão da série original em série treino e série validação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em vermelho, temos a série de treino e em preto a série que será usada para validação no fim desse estudo.

Analisada a série, o próximo passo é identificar quais os modelos significativos que apresentam um comportamento semelhante a série original, para isso, foram testados uma série de modelos encontrados por meio da variação dos parâmetros do modelo do tipo ARIMA. Como regra de decisão para selecionar o modelo mais adequado, usou-se os critérios AIC e BIC, por meio dos menores valores encontrados para essas duas variáveis. Os teste e resultados obtidos encontram-se na tabela abaixo. O algoritmo aplicado no RStudio, seleciona o modelo que apresenta o menor indicador AIC.

Tabela 17 – Teste de modelos de previsão, variando os parâmetros ARIMA

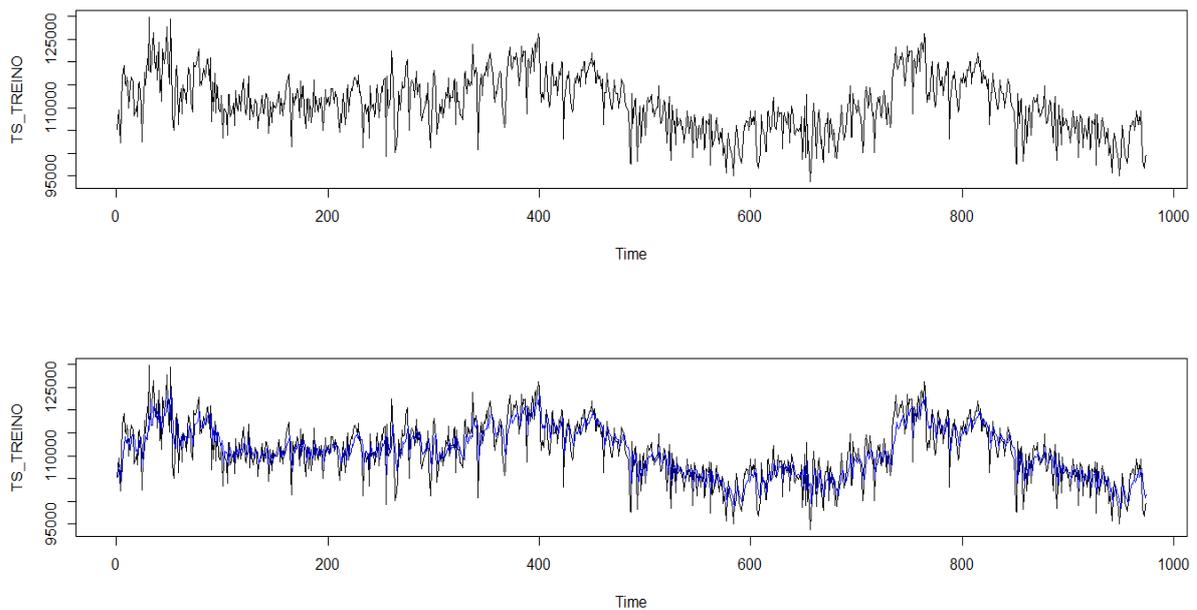
Modelos	AIC
ARIMA (2,1,2) with drift	18824.98
ARIMA (0,1,0) with drift	19071.57
ARIMA (1,1,0) with drift	18994.73
ARIMA (0,1,1) with drift	18895.92
ARIMA (0,1,0)	19069.56
ARIMA (1,1,2) with drift	18816.29
ARIMA (0,1,2) with drift	18827.07
ARIMA (1,1,1) with drift	18815.16
ARIMA (2,1,1) with drift	18826.32
ARIMA (2,1,0) with drift	189470.1
ARIMA (1,1,1)	18813.38
ARIMA (0,1,1)	18893.93
ARIMA (1,1,0)	18992.72
ARIMA (2,1,1)	18824.35
ARIMA (1,1,2)	18814.46
ARIMA (0,1,2)	188250.1
ARIMA (2,1,0)	18945.09
ARIMA (2,1,2)	18823.07

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, encontramos que o modelo mais adequado é o ARIMA (1,1,1), com isso, podemos criar um modelo baseado na série treino e analisar seus erros em relação ao treino.

Na figura a seguir, temos respectivamente, a série em preto demonstrando a série treino e posteriormente o resultado as séries de previsão usando ARIMA (1,1,1). A seguir podemos analisar a acurácia do modelo a partir de seus erros:

Figura 18 – Comparativo entre a série de treino e a série de modelo para previsão

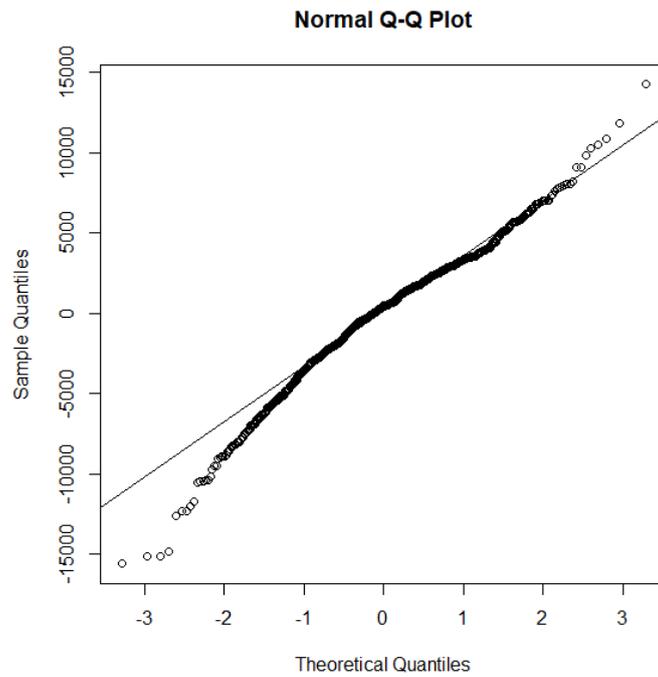


Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o modelo ARIMA (1,1,1) foi calculado um MAPE de 0,018, em relação ao modelo de treino, sendo esse, considerado um valor de erro médio percentual absoluto aceitável para o objetivo desse estudo.

Encontrados o modelo adequado, o próximo passo é verificar as funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação Parcial (FACP), verificando se os resíduos não estão auto correlacionados assim como a normalidade dos resíduos:

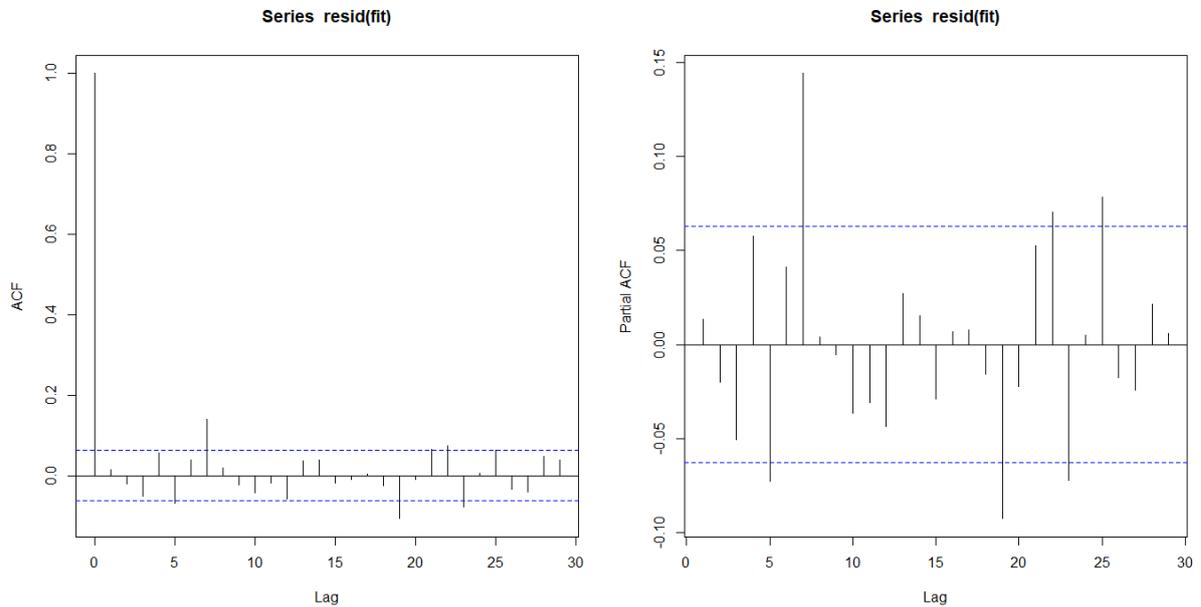
Figura 19 – Teste de normalidade para os resíduos



Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando os resíduos gerados com os resultados no modelo e do treino é possível inferir visivelmente que possuem uma dispersão próxima à normalidade. Já para analisar a autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos é usado o FAC e FACP:

Figura 20 – FAC e FACP para os resíduos



Fonte: Elaborado pelo autor

Com a série ajustada, temos os resíduos da previsão dentro dos limites máximos e mínimos estipulados pelo teste, com poucos pontos saindo desses limites, em comparação a série original. Mostrando um melhor ajuste do modelo ARIMA (1,1,1).

Com isso, podemos realizar uma previsão para os próximos 10 dias a uma probabilidade de 95%, e comparar com a série de validação, conforme tabela a seguir:

Tabela 14 - Resultados da previsão para o modelo ARIMA

Dia	Validação	Limite Inferior	Limite Superior	Range
975	108086	93893.38	108990.9	Atende
976	108882	93781.45	110590.8	Atende
977	113217	93774.98	114164.3	Atende
978	114980	93724.63	115430.8	Atende
979	107789	93647.20	111590.5	Atende
980	110326	93558.49	111710.6	Atende
981	111697	93465.84	111815.2	Atende
982	114588	93372.23	115913.4	Atende
983	113461	93278.83	112008.5	Atende

Fonte: elaborado pelo autor com auxílio do Rstudio. Os dados são apresentados em m³

Na tabela, podemos analisar que todos os dados para os próximos 10 dias estão dentro do limite inferior e superior determinado pelo modelo ARIMA, dessa forma o status para o range de 95% de probabilidade é classificado como “Atende”. No apêndice é apresentado uma previsão de 200 dias com a mesma análise.

4.6 Discussões

A estimativa de longo prazo é geralmente necessária para a organização e projetos de saneamento; enquanto a estimativa de curto prazo é apropriada na operação e administração.

A maioria dos métodos de previsão de séries temporais se baseia na suposição de que as observações passadas contêm todas as informações sobre o padrão de comportamento da série temporal e esse padrão é recorrente no tempo. O propósito dos métodos de previsão consiste em distinguir o padrão de qualquer ruído que possa estar contido nas observações e então usar esse padrão para prever os valores futuros da série temporal. Assim, pela identificação desse componente, a previsão para períodos subsequentes ao observado pode ser desenvolvida.

Existem inúmeras metodologias e modelos para estudar as informações de séries temporais, encontrar um modelo de previsão adequado para uma previsão de volume de água a ser disponibilizado diariamente em uma cidade não é uma tarefa simples. A previsão da demanda da água na rede de distribuição ao longo do tempo, utilizando séries temporais é uma zona de pesquisa dinâmica que atraiu a convergência do grupo de analistas nas últimas duas décadas. O ponto principal da exibição de séries temporais é reunir com precisão e considerar as estimativas passadas de uma série temporal para construir um modelo adequado.

As primeiras metodologias propostas para prever a demanda de água eram baseadas em modelos estatísticos normais. Zhou et al. (2002), foram os pioneiros em propor o modelo ARIMA criaram modelos de séries temporais para utilização diária de água em Melbourne, Austrália. Esses níveis de demanda podem ser comunicados como um elemento de fatores atmosféricos (por exemplo, temperatura do ar, volume e evento de precipitação) e demanda anterior de água.

Duas estratégias diferentes recomendadas por (Chen e Zhang 2006), em que a demanda de água por hora é antecipada utilizando mínimos quadrados bayesianos e não bayesianos.

Para o estudo realizado no município de Campos dos Goytacazes, o uso do modelo ARIMA se mostrou eficaz, apresentando um erro inferior ao erro baixo e dados de validação dentro do limite estipulado pelo próprio modelo, assim como demonstrado no estudo de Zhou, 2002.

Autores como Razali et al. (2018) realizaram um estudo para prever o consumo de água na Universidade Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM). Para esse estudo os modelos propostos Holt Winter's ARIMA, fazendo um comparativo com o presente trabalho, dado o perfil da curva, modelos que levam em consideração a característica sazonal não apresentam bons resultados quando aplicados a uma série de 2 anos no município. A sazonalidade pode existir, porém ela não se faz significativa nesse período de dados coletados dessa forma o modelo SARIMA, Holt Winter's, entre outros, não seriam eficientes para esse caso específico.

Com isso, podemos apresentar um algoritmo em R, para realizar todos os passos desse trabalho de maneira automática, podendo ser recalibrado a cada novo dado incluído na base de dados onde o algoritmo for aplicado. Esse algoritmo é apresentado no Apêndice A, com todas as bibliotecas e dependências técnicas já incluídas e automatizadas para futuras aplicações.

4.7 Considerações Finais

Estimar o volume disponibilizado de água tratada, no curto ou longo prazo, em uma cidade, é uma tarefa de alto valor tanto para o negócio, que por sua vez poderá planejar melhor seus projetos, estudar possíveis reduções de custo em produto químico, energia, lodo e pessoas, Tanto para o meio ambiente, onde abre a possibilidade de realização de diversos estudos nos mananciais de captação de água bruta, entendendo sua dinâmica hídrica prevendo possíveis momentos em que a demanda de água tratada da cidade ultrapassa a capacidade de disponibilidade de água no corpo hídrico. Esse estudo tem como objetivo iniciar uma discussão apresentando uma possibilidade de aplicação de séries temporais em problemas de saneamento básico.

Uma limitação dessa pesquisa é o período de dados que foi utilizado, para períodos mais longos é esperado um comportamento sazonal do consumo de água, como consequência o volume de água tratada disponibilizado também teria uma componente sazonal. É possível que em series com período maiores essa característica se apresente com grande relevância e o modelo ARIMA não seja o ideal a ser aplicado.

4.8 Referencias

ALMEIDA, D. M. **Modelos híbridos de séries temporais aplicados ao sistema automotivo On Board Diagnostics**. 2018, 75 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/32682/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20Diogo%20Medeiros%20de%20Almeida.pdf>. Acesso em 09 de Jan. 2020.

BABAI, M. Z.; ALI, M.; BOYLAN, J. **Forecasting and inventory performance in a two-stage supply chain with ARIMA(0,1,1) demand: Theory and empirical analysis**. International Journal Of Production Economics, v. 143, n. 2, p.463-471, 2013.

CHEN, F.; YANG, B.; ZHANG, W.; MA, J.; LV, J.; YANG, Y. **Enhanced recycling network for spent e-bicycle batteries: a case study in Xuzhou, China**. Waste Manag., 2017

COWPERTWAIT, P. S. P.; METCALFE, A. V. **Introductory Time Series with R**. 1. ed. New York: Springer, 2009.

EDIGER, V. Ş.; AKAR, S. **ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey**. Energy Policy, 2007.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

KWIATKOWSKI, Denis. et al. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. **Journal of Econometrics**, 1992.

MARTIN, A. C.; HENNING, E.; WALTER, O. M. F. C.; KONRATH, A. C. **Análise de séries temporais para previsão da evolução do número de automóveis no Município de Joinville.** Revista Espacios, 2016.

S N A M Razali and M S Rusiman and N I Zawawi and N Arbin, **Forecasting of Water Consumptions Expenditure Using Holt-Winter's and ARIMA,** Journal of Physics: Conference Series. 10.1088/1742-6596/995/1/012041

S.L Zhou, T.A McMahan, Q.J Wang, **Frequency analysis of water consumption for metropolitan area of Melbourne,** Journal of Hydrology, ISSN 0022-1694

TÁPIA, Milena, **Redes Neurais Artificiais: Uma Aplicação na Previsão de Preços de Ovos,** Dissertação de Mestrado, UFSC, 2000.

WERNER, L; RIBEIRO, J. L. D. **Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais.** G&P – Gestão & Produção, 2003.

ZHANG, G. P. **Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural model.** Neurocomputing. 2003.

ZHANG, G. P. **Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model.** Neurocomputing, 2003.

5 Considerações Finais

Para o Artigo I, é apresentado uma metodologia com abordagem multicritério para auxílio a tomada de decisão, utilizando AHP, possibilitando incorporar, sistematicamente, os 3 principais critérios considerados pelo decisor do projeto pela concessionária a determinar a melhor alternativa dentre as existentes no projeto. O método AHP se mostrou capaz de auxiliar no processo de escolha. Conclui-se que o método AHP é eficaz no auxílio de escolha e que avaliar as alternativas e critérios auxiliam em uma escolha mais eficiente para o decisor.

Já no Artigo II, o estudo busca entender um pouco do comportamento da população do município de Campos dos Goytacazes em relação ao consumo de água no período anterior a pandemia e após o decreto de situação de emergência. Diversos estudos comprovaram o aumento no consumo de água após o início da pandemia, com base nos testes estatísticos realizados, no município de Campos esse aumento foi significativo apenas para indústrias e setores públicos. Com base nesses dados, pode-se melhorar a previsão do volume de água distribuído pela concessionária, contribuindo para redução de perdas de água na distribuição, preservação do recurso hídrico, redução de custos no tratamento como químicos e energia, entre outros benefícios.

No Artigo III, é demonstrado que a aplicação de um algoritmo para estimar o volume disponibilizado de água tratada, no curto ou longo prazo, em uma cidade, é uma tarefa de alto valor tanto para o negócio, que por sua vez poderá planejar melhor seus projetos, estudar possíveis reduções de custo em produto químico, energia, lodo e pessoas. Tanto para o meio ambiente, onde abre a possibilidade de realização de diversos estudos de captação de água bruta, entendendo sua dinâmica hídrica, prevendo possíveis momentos em que a demanda de água tratada da cidade ultrapassa a capacidade de disponibilidade de água no corpo hídrico.

Dentro da linha de pesquisa “Sistemas Aplicados à Engenharia”. O objetivo geral desse trabalho é incentivar e contribuir para a aproximação entre a academia e o mercado, buscando propor pesquisas aplicadas a realidade de empresas ligadas ao tema saneamento básico. Deste modo, foram realizados três artigos com objetivos diferentes, mas alinhados ao tema. O primeiro apresentou o uso de um método multicritério para priorizar projetos sanitários, o

segundo foi uma análise do consumo de água no período de pandemia e o terceiro um modelo de previsão para demanda de água tratada usando séries temporais.

Espera-se que o trabalho motive a aproximação entre o mercado de saneamento e aos Institutos de Ciência e Tecnologia, para que o ambiente de Tecnologia e Inovação seja fomentado.

Apêndice A – Algoritmo R para gerar modelo mais adequado

```
#####  
  
if(!require(pacman))  
install.packages("pacman")  
library(pacman)  
pacman::p_load(forecast,  
               lmtest,  
               readxl,  
               tseries,  
               fpp2,  
               urca,  
               dplyr,  
               car,  
               rstatix,  
               ggpubr,  
               QuantPsyc,  
               psych,  
               scatterplot3d,  
               Rcpp)  
  
library(forecast)  
library(lmtest)  
library(readxl)  
library(urca)  
library(tseries)  
library(fpp2)  
library(car)  
library(rstatix)  
library(ggpubr)  
library(QuantPsyc)  
library(psych)  
library(scatterplot3d)  
library(Rcpp)  
  
VD_DIARIO_CAP <- read_excel  
("TOTAL.xlsx")  
VD_DIARIO_TREINO <-  
read_excel("TREINO.xlsx")  
VD_DIARIO_VALIDACAO <-  
read_excel("VD_DIARIO_CAP_VALIDACAO.xl  
sx")  
  
TS_VD_CAP=ts(data = VD_DIARIO_CAP,  
              names = "Volume Disponibilizado",  
              class = "ts",  
              start = 1,  
              end = 1095,  
              frequency = 1)  
  
#análise descritiva da série  
plot(TS_VD_CAP)  
summary(TS_VD_CAP)  
  
#verificar normalidade da série  
shapiro.test(TS_VD_CAP)  
  
#verificar estacionaridade da série  
ur.kpss(TS_VD_CAP)  
adf.test(TS_VD_CAP)  
  
par(mfrow = c(2,2))  
plot(TS_VD_CAP)  
qqnorm(TS_VD_CAP)  
qqline(TS_VD_CAP)  
acf(TS_VD_CAP)
```

```

pacf(TS_VD_CAP)
par(mfrow = c(1,1))

TS_TREINO = ts(data = VD_DIARIO_CAP,
               names = "Volume Disponibilizado -
Modelo de Treino",
               class = "ts",
               start = 1,
               end = 974,
               frequency = 1)

plot(TS_VD_CAP)
lines(TS_TREINO, col = "red")

plot(TS_TREINO)
TS_TREINO

TS_VALIDACAO = ts(VD_DIARIO_CAP,
                  names = "Volume Disponibilizado -
Modelo de Validacao",
                  class = "ts",
                  start = 975,
                  end = 1460,
                  frequency = 1)

plot(TS_VALIDACAO)
TS_VALIDACAO

summary(TS_VD_CAP)
coefest(TS_VD_CAP)

ggtsdisplay(TS_TREINO)

auto.arima(TS_TREINO,
           trace = TRUE,
           max.p = 10,
           max.q = 10,
           max.P = 10,
           max.order = 5,
           ic = c("aicc", "aic", "bic"),
           test = c("kpss", "adf", "pp"))

fit = Arima( y = TS_TREINO,
            order = c(1,1,1),
            seasonal = c(0,0,0),
            lambda = TRUE)

shapiro.test(fit$residuals)
summary(fit)
coefest(fit)

par(mfrow = c(2,1))
plot(TS_TREINO)
plot(TS_TREINO)
lines(fit$fitted, col = 'blue')
accuracy(TS_TREINO, fit$fitted)

#analise de residuos

par(mfrow = c(1,2))
plot(resid(fit))
qqnorm(resid(fit))
qqline(resid(fit))
acf(resid(fit))
pacf(resid(fit))
par(mfrow = c(1,1))
#previsao utilizando o modelo mais adqueado
forecast(fit, h = 365)
TS_PREDI = forecast(fit, h = 365)

forecast(fit, h = 365)
plot(TS_PREDI)

```

Apêndice B – Previsão para 200 dias

Dia	Validação	Limite Inferior	Limite Superior
984	115982	93186.07	112102.0
985	116514	93094.11	112194.2
986	99329	93002.98	112285.4
987	116862	92912.70	112375.7
988	111303	92823.23	112465.2
989	109887	92734.57	112553.9
990	112320	92646.69	112641.7
991	122344	92559.58	112728.8
992	119911	92473.22	112815.2
993	114094	92387.58	112900.8
994	110354	92302.66	112985.8
995	100255	92218.42	113070.0
996	102004	92134.86	113153.6
997	104727	92051.96	113236.5
998	113525	91969.70	113318.7
999	112133	91888.07	113400.4
1000	109468	91807.06	113481.4
1001	115618	91726.64	113561.8
1002	114305	91646.82	113641.6
1003	114456	91567.57	113720.9
1004	114534	91488.88	113799.6
1005	118825	91410.75	113877.7
1006	120559	91333.15	113955.3
1007	112873	91256.08	114032.3
1008	105124	91179.54	114108.9
1009	114226	91103.49	114184.9
1010	115292	91027.95	114260.5
1011	116019	90952.90	114335.5
1012	115028	90878.32	114410.1
1013	112229	90804.21	114484.2
1014	115332	90730.57	114557.9
1015	118018	90657.37	114631.1
1016	112994	90584.62	114703.8
1017	115114	90512.31	114776.1
1018	115207	90440.43	114848.0
1019	109009	90368.96	114919.5

1020	107105	90297.91	114990.5
1021	108314	90227.27	115061.2
1022	109975	90157.03	115131.4
1023	110386	90087.18	115201.3
1024	112598	90017.71	115270.7
1025	111085	89948.63	115339.8
1026	115418	89879.92	115408.5
1027	107926	89811.57	115476.9
1028	101246	89743.59	115544.8
1029	107638	89675.97	115612.5
1030	111523	89608.70	115679.7
1031	117146	89541.77	115746.7
1032	118145	89475.18	115813.3
1033	113892	89408.93	115879.5
1034	104260	89343.01	115945.4
1035	106277	89277.41	116011.0
1036	106716	89212.13	116076.3
1037	110771	89147.17	116141.3
1038	108723	89082.52	116205.9
1039	111881	89018.17	116270.3
1040	107833	88954.13	116334.3
1041	109633	88890.39	116398.0
1042	110452	88826.94	116461.5
1043	113370	88763.78	116524.7
1044	112204	88700.91	116587.5
1045	116587	88638.32	116650.1
1046	109962	88576.01	116712.4
1047	112648	88513.97	116774.5
1048	112226	88452.20	116836.2
1049	112352	88390.70	116897.7
1050	115393	88329.47	116959.0
1051	116373	88268.50	117019.9
1052	106352	88207.78	117080.7
1053	115735	88147.32	117141.1
1054	111510	88087.11	117201.3
1055	111363	88027.15	117261.3
1056	108512	87967.43	117321.0
1057	108373	87907.95	117380.5
1058	107920	87848.72	117439.7
1059	107335	87789.72	117498.7
1060	117034	87730.95	117557.5

1061	117972	87672.41	117616.0
1062	115092	87614.10	117674.3
1063	113112	87556.02	117732.4
1064	116335	87498.16	117790.3
1065	114803	87440.52	117847.9
1066	115600	87383.10	117905.3
1067	114913	87325.89	117962.5
1068	123904	87268.90	118019.5
1069	119730	87212.11	118076.3
1070	116990	87155.54	118132.9
1071	118761	87099.17	118189.3
1072	117079	87043.00	118245.4
1073	100786	86987.04	118301.4
1074	108333	86931.27	118357.2
1075	114333	86875.71	118412.7
1076	117433	86820.33	118468.1
1077	112721	86765.15	118523.3
1078	116598	86710.17	118578.3
1079	117279	86655.37	118633.1
1080	117193	86600.75	118687.7
1081	119904	86546.33	118742.1
1082	116904	86492.08	118796.3
1083	120127	86438.02	118850.4
1084	121229	86384.14	118904.3
1085	122026	86330.43	118958.0
1086	119843	86276.91	119011.5
1087	117183	86223.55	119064.9
1088	112947	86170.37	119118.1
1089	111104	86117.36	119171.1
1090	113558	86064.52	119223.9
1091	113215	86011.85	119276.6
1092	115552	85959.34	119329.1
1093	117258	85907.00	119381.4
1094	117891	85854.82	119433.6
1095	117553	85802.81	119485.6
1096	111094	85750.95	119537.5
1097	107389	85699.25	119589.2
1098	105724	85647.71	119640.7
1099	106897	85596.33	119692.1
1100	115760	85545.10	119743.3
1101	117687	85494.02	119794.4

1102	120493	85443.09	119845.3
1103	123252	85392.32	119896.1
1104	119718	85341.69	119946.7
1105	118355	85291.21	119997.2
1106	118823	85240.88	120047.5
1107	121188	85190.70	120097.7
1108	120455	85140.65	120147.8
1109	121922	85090.75	120197.7
1110	120289	85040.99	120247.4
1111	118689	84991.38	120297.1
1112	114782	84941.90	120346.5
1113	118531	84892.55	120395.9
1114	123466	84843.35	120445.1
1115	120048	84794.28	120494.2
1116	122404	84745.34	120543.1
1117	122251	84696.54	120591.9
1118	122486	84647.87	120640.6
1119	108605	84599.34	120689.1
1120	120075	84550.93	120737.5
1121	120742	84502.65	120785.8
1122	119801	84454.50	120833.9
1123	117520	84406.48	120882.0
1124	123107	84358.58	120929.9
1125	122078	84310.81	120977.6
1126	118053	84263.16	121025.3
1127	123470	84215.64	121072.8
1128	124248	84168.23	121120.2
1129	122179	84120.95	121167.5
1130	126262	84073.79	121214.6
1131	124900	84026.75	121261.7
1132	114704	83979.83	121308.6
1133	111237	83933.02	121355.4
1134	113291	83886.34	121402.1
1135	111818	83839.76	121448.7
1136	115038	83793.31	121495.1
1137	118091	83746.96	121541.5
1138	120076	83700.74	121587.7
1139	114667	83654.62	121633.8
1140	110148	83608.61	121679.8
1141	110764	83562.72	121725.7
1142	114546	83516.93	121771.5

1143	118936	83471.26	121817.2
1144	119828	83425.69	121862.7
1145	114780	83380.23	121908.2
1146	115054	83334.88	121953.5
1147	116700	83289.64	121998.8
1148	112657	83244.50	122043.9
1149	114360	83199.46	122089.0
1150	117915	83154.53	122133.9
1151	117148	83109.70	122178.7
1152	120120	83064.98	122223.5
1153	119810	83020.36	122268.1
1154	103074	82975.84	122312.6
1155	111690	82931.41	122357.0
1156	114817	82887.09	122401.3
1157	116939	82842.87	122445.6
1158	116455	82798.75	122489.7
1159	117914	82754.72	122533.7
1160	114717	82710.79	122577.6
1161	111364	82666.96	122621.5
1162	109124	82623.23	122665.2
1163	109810	82579.58	122708.8
1164	113929	82536.04	122752.4
1165	116586	82492.59	122795.8
1166	115416	82449.23	122839.2
1167	117525	82405.96	122882.5
1168	115481	82362.79	122925.6
1169	116832	82319.71	122968.7
1170	114635	82276.72	123011.7
1171	118377	82233.82	123054.6
1172	118295	82191.01	123097.4
1173	120169	82148.29	123140.1
1174	106417	82105.66	123182.8
