



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL – UAEC

JOÃO PEDRO SANTOS SIQUEIRA

**ANÁLISE DAS ÁGUAS DE DRENAGEM DO CANAL DAS PIABAS DA CIDADE DE  
CAMPINA GRANDE-PB PARA REÚSO NA AGRICULTURA**

CAMPINA GRANDE

2019

JOÃO PEDRO SANTOS SIQUEIRA

**ANÁLISE DAS ÁGUAS DE DRENAGEM DO CANAL DAS PIABAS DA CIDADE DE  
CAMPINA GRANDE-PB PARA REÚSO NA AGRICULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para o título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dra. Mônica de Amorim Coura

Co-orientadora: Debora Laís Rodrigues de Medeiros

CAMPINA GRANDE

2019

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**JOÃO PEDRO SANTOS SIQUEIRA**

### **ANÁLISE DAS ÁGUAS DE DRENAGEM DO CANAL DAS PIABAS DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB PARA REÚSO NA AGRICULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para o título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

#### **BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_ Nota \_\_\_\_\_

Orientador – DSc. Mônica de Amorim Coura

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

\_\_\_\_\_ Nota \_\_\_\_\_

Co-orientadora – Debora Laís Rodrigues de Medeiros

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Rosangela Maria e Pedro Siqueira, por não medirem esforços para colaborar com meu sonho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter sido meu alicerce durante toda essa jornada, por ter me proporcionado tantas graças e por sempre ter me dado a força necessária para continuar.

Aos meus pais, Rosangela Maria e Pedro Siqueira (in memorian), por terem sido o meu amparo em todos os momentos, por não medirem esforços em prol da minha felicidade.

As minhas irmãs, Willyane Siqueira e Juliana Siqueira, por toda a parceria e carinho.

Aos meus avós, Erotides, Maria (in memorian), José Siqueira, João Avelino (in memorian), pelo amor transmitido, pelas rezas pedindo a Deus por mim e por cada Deus te abençoe que me deram nos momentos de despedidas.

A minha família, pela confiança depositada em mim.

A minha orientadora, Prof. Dra. Mônica Amorim, pela orientação, por todo o conhecimento transmitido, tanto durante o meu trabalho de conclusão de curso.

A minha co-orientadora, Débora Laís, por ter sido tão paciente e me auxiliado durante toda a conclusão desse trabalho e serei sempre grato por isso.

Aos meus amigos, que se tornaram uma família para mim enquanto estive em Campina Grande, sem vocês o início da jornada universitária teria sido bem mais árdua, gratidão eterna por toda a ajuda.

## RESUMO

A Lei da Política Nacional Saneamento básico, Nº 11455/2007, informa que o sistema de esgotamento sanitário obrigatório no Brasil é o sistema separador absoluto. No entanto, devido a introdução de significativas águas indevidas e lançamento de esgotos domésticos e resíduos sólidos nos coletores nas ETES, este funciona como sistema separador parcial. Sabe-se que, atualmente, o mundo passa por um cenário de escassez dos recursos hídricos, assim, é imprescindível buscar por instrumentos de gestão e soluções sustentáveis para mitigar este entrave. Uma das possíveis alternativas é o reúso, ainda que com águas poluídas. Nesse contexto, esse trabalho teve como objetivo avaliar a potencialidade das águas de drenagem do canal das Piabas para o reúso agrícola. Para isso, foi coletado amostras na zona urbana no município de Campina Grande em seis pontos ao longo do canal para avaliar o comportamento das características das águas. Diante dos resultados obtidos, concluiu-se de acordo com parâmetros nacionais e internacionais as águas de drenagem do canal das Piabas só podem ser reutilizadas após tratamentos específicos para cada tipo de reúso.

**Palavras-chave:** Reúso agrícola, águas de drenagem, esgoto doméstico.

## ABSTRACT

The National Basic Sanitation Policy Law, No. 11455/2007, states that the mandatory system in Brazil absolute separator system. However, due to the introduction of significant improper water, discharge of domestic sewage and solid waste into the collectors and sewers, it functions as a partial separator system. Currently, the world is experiencing a scenario of scarcity of water resources, so it is essential to look for sustainable management tools and solutions to mitigate this problem. One of the possible alternatives is the reuse that even with polluted waters. In this context, this work aimed to evaluate the potentiality of the drainage waters of the Piabas channel for agricultural reuse. The samples were collected in the urban area in the city of Campina Grande at six points along the canal to evaluate the behavior of water characteristics. Given the results obtained, it was concluded according to national and international parameters that the drainage waters of the Piabas channel can only be reused after specific treatments.

**Keywords:** Agricultural reuse, drainage water, domestic sewage.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização de Campina Grande .....	28
Figura 2 - Localização do Canal das Piabas .....	29
Figura 3 - Pontos de amostragem .....	30
Figura 4 - Detalhes e características dos pontos de amostragem .....	31
Figura 5 - Coleta de amostra utilizando balde e corda .....	32
Figura 6 - Condutivímetro .....	34
Figura 7 - Turbidímetro .....	34
Figura 8 - pHmetro .....	35
Figura 9 - Destilador de nitrogênio amoniacal .....	35
Figura 10 - Variação espaço temporal da temperatura .....	37
Figura 11 – Variação espaço temporal da condutividade elétrica .....	38
Figura 12 - Variação espaço temporal da turbidez .....	39
Figura 13 - Variação espaço temporal dos sólidos dissolvidos totais .....	40
Figura 14 - Variação espaço temporal do oxigênio dissolvido .....	40
Figura 15 - Variação espaço temporal da demanda bioquímica de oxigênio .....	41
Figura 16 - Variação espaço temporal do pH .....	42
Figura 17 - Variação espaço temporal da dureza total .....	43
Figura 19 – Variação do espaço temporal do nitrogênio amoniacal .....	43
Figura 20 – Variação espaço temporal dos coliformes termotolerantes.....	44

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificações dos tipos de reúso .....	18
Quadro 2 - Métodos utilizados na determinação dos indicadores .....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores para lançamento nas galerias de águas pluviais .....	23
Tabela 2 - Parâmetros e seus valores limites do efluente tratado nas águas superficiais de acordo com as classes de lançamento .....	23
Tabela 3 - Diretrizes para avaliação da qualidade da água para irrigação pela FAO .....	25
Tabela 4 - Parâmetros da EPA para o reúso .....	26
Tabela 5 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro temperatura .....	50
Tabela 6 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro condutividade elétrica .....	50
Tabela 7 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro turbidez .....	50
Tabela 8 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro sólidos dissolvidos totais .....	50
Tabela 9 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro oxigênio dissolvido .....	51
Tabela 10 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro demanda bioquímica de oxigênio .....	51
Tabela 11 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro pH.....	51
Tabela 12 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro dureza.....	51
Tabela 14 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro nitrogênio amoniacal.....	52
Tabela 15 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro coliformes termotolerantes.....	52

## **LISTA DE SIGLAS**

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**CE** – Condutividade Elétrica

**CETESB** – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

**DBO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio

**DBO<sub>5,20</sub>** – Demanda Bioquímica de Oxigênio no 5º dia à 20 °C

**DQO** – Demanda Química de Oxigênio

**OD** – Oxigênio Dissolvido

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

**pH** – Potencial Hidrogeniônico

**SDT** – Sólidos Dissolvidos Totais

**SST** – Sólidos Suspensos Totais

**NBR** – Norma Brasileira Regulamentadora

**PB** – Paraíba

**UAEC/UFCG** – Unidade Acadêmica de Engenharia Civil/ Universidade Federal de Campina Grande

**UFCG** – Universidade Federal de Campina Grande

**USEPA**: United States Environmental Protection Agency

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. OBJETIVO GERAL .....	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
3.1. DEMANDA DE ÁGUA NO PLANETA .....	16
3.2. REÚSO .....	17
3.2.1. Modalidades do reúso direto planejado para fins não potáveis .....	18
3.3. REÚSO AGRÍCOLA.....	20
3.4. NORMAS INTERNACIONAIS E NACIONAIS SOBRE O REÚSO .....	22
3.4.1. Normas nacionais .....	22
3.4.2. Normas internacionais .....	24
4. METODOLOGIA .....	28
4.1. CARACTERIZAÇÃO .....	28
4.2. CANAL DAS PIABAS .....	29
4.3. PONTOS DE AMOSTRAGEM .....	30
4.4. COLETA DE AMOSTRA.....	31
4.5. ANÁLISES LABORATÓRIAS .....	32
4.6. ANÁLISE DE DADOS .....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	37
5.1. AVALIAÇÃO DA ÁGUA DE DRENAGEM DO CANAL DAS PIABAS.....	37
5.1.1. Temperatura.....	37
5.1.2. Condutividade elétrica .....	38
5.1.3. Turbidez.....	38
5.1.4. Sólidos dissolvidos totais .....	39
5.1.5. Oxigênio dissolvido.....	40
5.1.6. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	41
5.1.7. Potencial hidrogeniônico .....	41
5.1.8. Dureza total.....	42
5.1.9. Nitrogênio amoniacal .....	43
5.1.10. Coliformes termotolerantes .....	43
6. CONCLUSÕES.....	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46

## 1. INTRODUÇÃO

A ocupação urbana, a poluição e degradação das reservas hídricas e o adensamento populacional desordenado têm resultado em graves crises de abastecimento de água. A falta de tratamento de esgotos domésticos, efluentes industriais e agroindustriais e o uso excessivo de água na irrigação agrícola contribuem para este cenário de escassez de água.

Cerca de 58% do Nordeste brasileiro encontra-se na região semiárida, a qual é caracterizada pela ocorrência do fenômeno das secas periódicas (CONSEA, 2017). Nesta região, as chuvas geralmente se concentram entre os meses de fevereiro a abril, sendo que no restante do ano a mesma fica submetida a um déficit hídrico que se acentua, no decorrer do período, devido a elevados valores de temperatura e taxas de evapotranspiração. Neste contexto, é necessária uma política adequada de gestão de recursos hídricos para aumentar a disponibilidade durante todos esses meses críticos de seca.

Nas regiões áridas e semiáridas, o acesso a água produz efeitos no desenvolvimento humano local. Neste cenário, é necessário que exista uma descentralização do atendimento e da gestão dos recursos hídricos já que o poder público não vem fornecendo um abastecimento eficiente de água. (SANTANA, 2011).

Atualmente existem diversos instrumentos, mecanismos e tecnologias que podem ser empregados para mitigar tal problema, entretanto, vários desses necessitam de estudos que satisfaçam parâmetros estabelecidos pela legislação. Dessa maneira, uma das alternativas que pode ser utilizada para mitigar esse entrave é o reúso de água para agricultura, sendo a mesma um importante instrumento de gestão ambiental já consagrado e utilizado em várias partes do mundo.

A prática do reúso planejado de águas na agricultura é apontada como uma medida para reduzir os efeitos da escassez hídrica no semiárido. Nas últimas décadas, houve um aumento da utilização de esgotos na agricultura, pois eles representam uma fonte natural de fertilizantes que garantem boa produtividade para as culturas irrigadas. Entretanto, é necessário analisar os aspectos sanitários dessas águas e seus efeitos à saúde pública (SOUSA; LEITE, 2003).

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), o reúso de água é uma técnica antiga que tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No

entanto, a demanda crescente por água, juntamente com a crise hídrica proveniente das mudanças climáticas, fez do reúso de água um fator de grande importância. Por isso, deve-se considerar reúso como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional, sustentável e eficiente da água. Compreendendo também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água.

A aplicação de esgotos no solo, em especial na agricultura, vem se desenvolvendo devido ao seu baixo custo, como também seus benefícios em relação ao aumento da disposição de nutrientes no solo e culturas (MARQUEZINE, 2000).

No Brasil, a prática do reúso na irrigação agrícola ainda é bastante recente no Brasil, e pouco difundida. Isto se deve, basicamente, a falta de legislação sobre o assunto e de estudos reduzidos acerca dessa área. Assim, é perceptível que há uma deficiência na gestão desse mecanismo e neste sentido apesar dos avanços, ainda está longe de atingir uma situação ideal (UNESP, 2019).

Diante desse contexto, a presente pesquisa vem contribuir para uma melhor gestão das águas de drenagem do município de Campina Grande/PB com o objetivo estudar o potencial de reutiliza-las como fonte alternativa para aumentar a oferta de água nos períodos de escassez para usos menos restritivos de qualidade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Estudar o potencial da água de drenagem do Canal das Piabas, localizado na cidade de Campina Grande-PB, para o reúso agrícola.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a qualidade físico-química e microbiológica das águas do Canal das Piabas;
- Comparar os resultados com valores de referência de indicadores nacionais e internacionais de qualidade de água para o reúso;

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

O reúso de água na agricultura é apontado como uma das principais alternativas para economizar e preservar os recursos hídricos apropriados para o consumo humanos disponíveis. A produção agrícola depende diretamente desses recursos, especialmente para o processo de irrigação. Para desenvolver essa ideia, fundamentamos a seguir elementos fundamentais para subsidiar o debate acerca da importância do reúso de água.

#### 3.1. ASPECTOS INTRODUTÓRIOS ACERCA DA SITUAÇÃO HÍDRICA NO PLANETA

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), é estimado que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada para consumo humano direto, excluindo-se também sua aplicação à irrigação de plantações. Dos 2,5% de água doce, a maior parte, cerca de 69% é de difícil acesso por estar concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas e 1% estão dispostas nos rios. Dessa forma, o uso desse bem precisa ser pensado para que não prejudique nenhuma das diferentes aplicações que ela tem para a vida humana.

O consumo desse recurso pela humanidade tem se tornado cada vez mais preocupante. Estima-se que cerca de 40% da população global viva hoje sob situação de estresse hídrico. De acordo com estimativas do Instituto Internacional de Pesquisa de Política Alimentar (IFPRI), até o ano de 2050, 4,8 bilhões de pessoas estarão em situação de estresse hídrico. A escassez de água é agravada pela desigualdade social e ausência de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais (CETESB, 2019).

O estágio de desenvolvimento que os países se encontram, em grande parte desordenado, busca-se cada vez mais uma qualidade de vida satisfatória. Contudo, tal aspiração confronta-se com a decadência da qualidade e disponibilidade da água, bem como o seu manejo quando em estado de precipitação. Dessa forma, ação do homem é determinante para as circunstâncias críticas atuais de saneamento básico em seu meio de vivência. (MAGALHÃES, 2019)

De acordo com Shubo (2003) atingir o conceito da conservação de água passa obrigatoriamente pelo ideal do uso racional da água, o que aborda as concepções de uso

eficiente e reúso da água, tomando-se por base a economia de água como a promoção de economia nos domicílios, nas redes de distribuição e em outras partes do sistema. Assim, a conservação de água deve ser abordada sob um enfoque multidimensional, visando a definição de metas específicas de otimização do uso da água de abastecimento urbano, apresentando como metas principais a redução dos consumos de água, que resultam na redução da necessidade de captação nos mananciais e dos correspondentes volumes de águas residuais geradas.

O Brasil caminha lentamente na direção da sustentabilidade já adotada mundialmente, principalmente no que se refere ao uso inteligente de água. A Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997, em seu Capítulo II, Artigo 20, Inciso 1, determina, entre seus objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Assim, é necessário novos projetos, elaborados e administrados na perspectiva da sustentabilidade econômica, social e ambiental, para atender a demanda de água atual e futura, buscando novas fontes que propiciem seu uso mais eficiente.

### 3.2. ÁGUAS RESIDUÁRIAS E AS FORMAS DE REÚSO

De acordo com a CETESB (2019), o reúso de águas residuárias é um conceito bastante antigo. Há relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. Contudo, a demanda crescente por água tem feito do reúso planejado um tema atual e de grande importância.

A falta de água já é realidade em vários locais do mundo, inclusive em algumas regiões do Brasil. Portanto, é necessário adotar medidas que diminuam o desperdício de água, um exemplo dessas medidas é o reúso. Neste sentido, o reúso de água é considerado como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios e a minimização da produção de resíduos e do consumo de água.

Segundo Brega Filho e Mancuso (2003) o reúso de água entende-se como o aproveitamento de água previamente utilizada, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original, direto ou

indireto, e decorrer de ações planejadas ou não. Tornando uma alternativa potencial de racionalização da água o reúso tende a ser um instrumento eficiente para a gestão dos recursos hídricos no Brasil (BERNARDI, 2003).

De uma maneira geral, o reúso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, pelas ações planejadas ou não planejadas e para fins potáveis e não potáveis. A Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou em 1973 um documento onde foram classificados os tipos de reúso em diferentes modalidades, de acordo com seus usos e finalidades, sendo estes apresentados no quadro abaixo:

Quadro 1 - Classificações dos tipos de reúso

<b>Tipos de Reúso</b>	<b>Definição</b>
Reúso indireto	Trata-se da forma mais difundida onde a autodepuração do corpo de água é utilizada, muitas vezes sem controle, para degradar os poluentes descartados com o esgoto in natura.
Reúso direto	É o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável.
Reciclagem interna	É o reúso da água internamente as instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.
Reúso potável direto	Ocorre quando o esgoto recuperado, através de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável. É praticamente inviável devido ao baixo custo de água nas cidades brasileiras.
Reúso potável indireto	Compreende o fluxograma onde o tratamento do esgoto é empregado visando adequar a qualidade do efluente à estação aos padrões de emissão e lançamento nos corpos d'água.

Fonte: OMS (1973).

### 3.2.1. Modalidades do reúso direto planejado para fins não potáveis

De acordo com OMS (1973), o reúso direto planejado para fins não potáveis pode ser subdividido nas seguintes modalidades:

- Reúso não potável para fins agrícolas: embora quando se pratica esta modalidade de reúso via de regra haja, como sub produto, recarga do lençol subterrâneo, o objetivo precípua desta prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, e de plantas não alimentícias tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais;
- Reúso não potável para fins industriais: abrangem os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras, limpeza etc. Pode-se considerar alguns usos comerciais tais como a lavagem de veículos;
- Reúso não potável para fins recreacionais: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques, gramados e também para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais etc. Em áreas urbanas pode-se considerar ainda a irrigação de parques públicos, áreas ajardinadas, árvores e arbustos ao longo de rodovias, chafarizes e espelhos d'água;
- Reúso não potável para fins domésticos: são considerados aqui os casos de reúso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios. Pode-se considerar também o reúso para reserva de incêndio, lavagem de automóveis e pisos;
- Reúso para manutenção de vazões: a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem. Nessa modalidade, pode-se enquadrar o reúso para manutenção de habitat naturais;
- Reúso em aquacultura ou aquíicultura: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando a obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados;
- Reúso para recarga de aquíferos subterrâneos: é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta através de injeção sob pressão, ou de forma indireta utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante. A recarga visa o aumento da disponibilidade e armazenamento de água bem como para controlar a salinização de aquíferos costeiros e para controlar a subsidência de solos.

Assim, toda e qualquer técnica estará sempre interligada ao custo-benefício. A técnica do reúso não foge à regra. Embora seja, cada vez mais, reconhecida como uma das opções mais inteligentes para racionalizar os recursos hídricos, depende estreitamente da sua aceitação popular e no mercado. Além disso, é necessário que existam políticas públicas que auxiliem o processo desta tecnologia sustentável.

### 3.3. REÚSO AGRÍCOLA

Os primeiros registros acerca do reúso de águas na agricultura, como irrigação, estão associados às construções dos sistemas de esgotamento dos palácios e das cidades antigas da Civilização Minoica, na Ilha de Creta, na Grécia Antiga, de 3000 a 1200 a.C (FELIZATTO, 2001).

Segundo Rodrigues (2005), alguns países têm apresentado progressos relevantes pela definição de regulamentos e investimentos em projetos, como é o caso dos Estados Unidos, Tunísia, África do Sul, Israel França, Itália, Espanha e México.

O Brasil, a partir da promulgação da Lei nº 9.433/97 que instituiu a PNRH, também ofereceu fundamentos jurídicos para a racionalização do uso e, conseqüentemente, condicionantes legais para o reúso da água, alternativa viável na preservação e na conservação ambiental. Tem por objetivos, “a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável”. Define também, como conteúdo mínimo do PNRH, “as metas de racionalização de uso, o aumento da quantidade e a melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis” (SANTOS et al., 2008).

No entanto, a utilização da água residuais deve atender à regulamentação do país que a utiliza. No Brasil, a Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) está em pleno curso e estabelece os padrões para o lançamento de efluentes. Segundo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) o reúso é considerado parte integrante da PNRH.

De acordo com Theiveyanathana (2004), um sexto das terras agricultáveis no mundo é irrigado, porém, grande parte destas terras são localizadas no semiárido e regiões áridas. Sabe-se que Nordeste do Brasil é caracterizada por apresentar um curto período chuvoso,

temperatura elevada e alta taxa de evaporação. Tornando, assim, uma deficiência hídrica na grande maioria dos meses do ano.

Desta forma, o reúso planejado de águas na agricultura é uma medida para atenuar o problema da escassez hídrica no semiárido sendo também uma alternativa para os agricultores localizados especificamente nas áreas circunvizinhas das cidades (SOUSA et al., 2003).

O setor agrícola é o maior consumidor de água. A nível mundial, a agricultura consome cerca de 70% de toda a água derivada das fontes hídricas, no Brasil essa porcentagem chega a 70 %. (ONU, 2013). Sendo este, portanto, o elemento essencial ao desenvolvimento agrícola, sem o controle e a administração adequados e confiáveis, não será possível uma agricultura sustentável.

Segundo, Metcalf e Edd (2003), os benefícios que o uso de águas residuárias oferecem para regiões com carência hídrica e para preservação ambiental são inúmeros. Contudo, são necessários cuidados, como avaliação, para se verificar aspectos sanitários, que podem gerar graves problemas de saúde pública uma vez que acarretam enfermidades

Assim, é preciso estudar a qualidade da água de drenagem no Brasil, uma vez que a contaminação das águas de drenagem por esgotos está gradativamente causando problemas na gestão das águas urbanas. Esta contaminação é consequência dos costumes da população em utilizar o sistema de esgotamento unitário, outro fator é a ausência de gestão em vários municípios brasileiros.

É comum observar o lançamento de esgotos nos sistemas de drenagem, isso ocorre principalmente pela ausência do sistema de esgotamento sanitário Brasil. Dessa forma, nota-se a importância do sistema separador absoluto, onde cria-se uma rede independente para despejos industriais e esgoto doméstico.

Uma das maneiras de avaliar a qualidade das águas de drenagem pluviais urbanas é o monitoramento de indicadores físico-químicos e microbiológicos. Tucci (2006) afirma que esta estimativa é efetivada fundamentada em parâmetros que descrevem a poluição orgânica e outros aspectos. A amostragem da qualidade destas águas é alcançada com coleta de amostras, onde são realizados testes modelos, realizando o levantamento das concentrações de cada indicador analisado, assim, essas concentrações são conferidas com valores de referência.

É consenso que a irrigação com esgoto, sem tratamento adequado, pode ser nociva ao meio ambiente, à saúde humana, ao solo, aos aquíferos e às culturas irrigadas já que tanto o afluente quanto o efluente podem conter certos constituintes poluentes (HARUVY, 1998; MANCUSO e SANTOS, 2003).

### 3.4. LEGISLAÇÕES INTERNACIONAIS E NACIONAIS QUE TRATAM SOBRE O REÚSO

#### 3.4.1. Normas nacionais

No âmbito nacional tem-se algumas normas acerca do reúso, sendo estas:

A Resolução nº 54 do CNRH, de 28 de novembro de 2005, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Entretanto, esta resolução não apresenta valores limites de acordo com os parâmetros necessários para caracterização.

A Resolução nº 121 do CNRH, de 16 de dezembro de 2010, que estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade **agrícola** e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54. Entretanto, da mesma forma que a norma anterior esta não apresenta valores limites de acordo com os parâmetros necessários para caracterização.

No Brasil a principal legislação referente ao reúso de água é a **Norma ABNT NBR 13969/97**. A norma diz respeito ao sistema de tratamento de esgotos, com enfoque no uso de tanques sépticos como unidade preliminar, sendo o mesmo uma alternativa para o tratamento e disposição dos efluentes. Logo, como já citado anteriormente que as águas de drenagem do Brasil se assemelham ao efluente, esta norma é uma das mais adequadas diante este cenário.

Dessa forma, possibilitando a adequação da qualidade do efluente para diversas situações e exigências, como lançamento em galerias de águas pluviais e até mesmo em sistemas de reúso. A referida norma prescreve alguns valores de parâmetros que determinam o lançamento de esgoto (Tabela 1), e a relação dos mesmos com as classes de lançamento (Tabela 2).

Tabela 1 - Valores para lançamento nas galerias de águas pluviais

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
<b>DBO<sub>5,20</sub></b>	Inferior a 60 mg/L	Oxigênio Dissolvido	Superior a 1,0 mg/L
<b>DQO</b>	Inferior a 150 mg/L	Sólidos sedimentáveis	Inferior a 0,5 mg/L
<b>PH</b>	Entre 6,0 a 9,0	Sólidos não filtráveis	Inferior a 50 mg/L
<b>Temperatura</b>	Inferior a 40°C	Coliformes fecais	< 1000 NMP/100 mL
<b>Óleos e graxas</b>	Inferior a 50 mg/L	Cloro residual livre	Superior a 0,5 mg/L

Fonte: ABNT NBR 13969 (1997).

Tabela 2 - Parâmetros e seus valores limites do efluente tratado nas águas superficiais de acordo com as classes de lançamento

<b>Parâmetro</b>	<b>Classe a</b>	<b>Classe b</b>	<b>Classe c</b>	<b>Classe d</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a 40
<b>PH</b>	Entre 6 e 9			
<b>DBO<sub>5,20</sub> (mg/L)</b>	Inferior a 20	Inferior a 30	Inferior a 50	Inferior a 60
<b>DQO (mg/L)</b>	Inferior a 50	Inferior a 75	Inferior a 125	Inferior a 150
<b>Oxigênio dissolvido (mg/L)</b>	Superior a 2	Superior a 2	Superior a 2	Superior a 2
<b>Sólidos sedimentáveis (ml/L)</b>	Inferior a 0,1	Inferior a 0,1	Inferior a 0,5	Inferior a 1
<b>SNF totais (mg/L)</b>	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 50	Inferior a 60
<b>Nitrogênio amoniacal (mg/L)</b>	Inferior a 5	Inferior a 5	Inferior a 5	Inferior a 5
<b>Nitrato – N (mg/L)</b>	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 20
<b>Fosfato (mg/L)</b>	Inferior a 1	Inferior a 1	Inferior a 2	Inferior a 5
<b>Coliformes fecais (NMP/100mL)</b>	Inferior a 1000	Inferior a 1000	Inferior a 500	Inferior a 1000
<b>Óleo e graxas (mg/L)</b>	Inferior a 30	Inferior a 30	Inferior a 10	Inferior a 50

Fonte: ABNT NBR 13969 (1997).

Segundo a ABNT NBR 13969 (1997), o esgoto essencialmente doméstico, quando tratado, pode ser reutilizado para atividades que exigem qualidade sanitária, desde que não se necessite de potabilidade do mesmo. Desse modo, de acordo com as classificações feitas a partir da Tabela 2, é possível destinar a utilização desta água. Alguns exemplos dessas atividades são:

- Irrigação dos jardins;
- Lavagem dos pisos e de veículos automotivos;
- Descarga dos vasos sanitários;
- Manutenção paisagística dos lagos e canais com água;
- Irrigação dos campos agrícolas e pastagens etc.

Em relação a reutilização de esgotos, é de conhecimento global que o crescimento populacional vem exigindo maneiras para contornar o problema da escassez dos recursos hídricos, e um dos caminhos para isso é o reúso do esgoto que receberá um pré-tratamento nas unidades de tanques sépticos. O reúso se trata de uma extensão do tratamento do esgoto, sem a imposição de investimentos elevados, dessa forma podendo atender demandas locais de água (ABNT, 1997).

Assim, nota-se que para o reúso não há legislação específica, e até o momento, as ações têm-se orientado por critérios de outros países e/ou Organização Mundial da Saúde (NAROCCI apud FIORI 2005).

#### 3.4.2. Normas internacionais

Dentre as normas, foram escolhidos as mais relevantes no mundo, sendo estas:

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) uma das agências das Nações Unidas, a que lidera esforços para a erradicação da fome e combate à pobreza no mundo. Tem como um dos principais objetivos o desenvolvimento agrícola, visando promover melhorias nutricionais, preocupando-se com questões sociais e ambientais.

Desse modo, com intuito de diminuir do desperdício de água e de aumentar produção de alimentos, a FAO desenvolveu pesquisas que auxiliam a alcançar tais objetivos, um ramo dessas pesquisas é sobre os diferentes tipos de reúso. Onde essas pesquisas estabelecem diretrizes e critérios (Tabela 3) para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade **agrícola** e florestal.

Tabela 3 - Diretrizes para avaliação da qualidade da água para irrigação pela FAO

Problema de Irrigação em Potencial	Unidade	Grau de Restrição ao Uso			
		Nenhum	Leve a moderado	Severo	
<b>Salinidade (afeta a disponibilidade de água para a cultura)</b>					
Condutividade Elétrica (CE) ou	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0	
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	mg/L	< 450	450 - 2000	> 2000	
<b>Infiltração (afeta a taxa de infiltração de água no solo <sup>(1)</sup>)</b>					
Razão de Adsorção de Sódio (SAR)	-3	=	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
	-3	=	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
	-6	=	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
	= 12 – 20	=	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
	-20	=	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
<b>Toxicidade Iônica Específica (afeta culturas sensíveis)</b>					
Sódio (Na <sup>+</sup> )	Irrigação de superfície	SAR	< 3	3 – 9	> 9
	Irrigação por aspersão	meq/L	< 3	> 3	
Cloroeto (Cl <sup>-</sup> )	Irrigação de superfície	meq/L	< 4	04/out	> 10
	Irrigação por aspersão	meq/L	< 3	> 3	
Boro (B)		mg/L	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
<b>Efeitos diversos (afeta culturas suscetíveis)</b>					
	Nitrogênio (NO <sub>3</sub> -N) <sup>(2)</sup>	mg/L	< 5	mai/30	> 30
	Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) <sup>(3)</sup>	meq/L	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
	pH			Intervalo normal 6,5 – 8,4	

Fonte: FAO (1985)

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency, EPA ) é uma agência federal do governo dos Estados Unidos da América, encarregada de proteger a saúde humana e o meio ambiente. A EPA subdivide os usos agrícolas e urbanos em restrito e irrestrito, que são caracterizados pelo grau de restrição de acesso ao público a áreas, técnicas de aplicação dos esgotos ou de plantas irrigadas (controle da exposição humana), e conseqüentemente, as exigências de tratamento e o padrão de qualidade de efluentes (USEPA, 2012).

O uso irrestrito caracteriza-se pela prática do reúso não potável de água em instalações municipais onde o acesso ao público é irrestrito, como parques públicos, playgrounds, jardins de escolas e residências, descargas sanitárias, ar condicionado, reserva de proteção à incêndios, usos na construção civil e fontes ornamentais. Em contrapartida, o uso restrito representa o reúso não potável de água em instalações municipais onde o acesso ao público é controlado ou restrito por barreiras físicas ou institucionais, como cercas, sinalização ou acesso temporário restrito, por exemplo: campos de golfe, cemitérios e autoestradas. (USEPA, 2012).

Para isso, a EPA, adotou diretrizes, critérios gerais e parâmetros apresentados na Tabela 4 para a prática de reúso.

Tabela 4 - Parâmetros da EPA para o reúso

<b>Diretrizes da EPA</b>			
<b>Reúso Urbano</b>			
<b>Classificação</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	<b>Parâmetros</b>
<b>Irrestrito</b>	pH	-	6,0 - 9,0
	DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	≤ 10
	Turbidez	NTU	≤ 2
	Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	Não detectável
	Cloro residual	mg/L	1
<b>Restrito</b>	pH	-	6,0 - 9,0
	DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	≤ 30
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	≤ 30
	Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	≤ 200
	Cloro residual	mg/L	1
<b>Reúso Agrícola</b>			
<b>Culturas alimentícias</b>	pH	-	6,0 - 9,0
	DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	≤ 10
	Turbidez	NTU	≤ 2

	Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	Não detectável
	Cloro residual	mg/L	1
<b>Culturas de alimentos processados e culturas não consumidas por humanos</b>	pH	-	6,0 - 9,0
	DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	≤ 30
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	≤ 30
	Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	≤ 200
	Cloro residual	mg/L	1
	<b>Represamento</b>		
<b>Irrestrito</b>	pH	-	6,0 - 9,0
	DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	≤ 10
	Turbidez	NTU	≤ 2
	Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	Não detectável
	Cloro residual	mg/L	1
	<b>Restrito</b>	pH	-
DBO <sub>5,20</sub>		mg/L	≤ 30
Sólidos Suspensos Totais		mg/L	≤ 30
Coliformes termotolerantes		UFC/100mL	≤ 200
Cloro residual		mg/L	1
<b>Reúso Ambiental</b>			
	pH	-	6,0 - 9,0
	DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	≤ 30
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	≤ 30
	Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	≤ 200
	Cloro residual	mg/L	1
	<b>Reúso Industrial <sup>(4)</sup></b>		
<b>Refrigeração de passagem única</b>	pH	-	6,0 - 9,0
<b>Torres de resfriamento de recirculação</b>	DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	≤ 30
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	≤ 30
	Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	≤ 200
	Cloro residual	mg/L	1
	<b>Reúso potável indireto</b>		
<b>Recarga de aquífero para abastecimento por injeção ou dispersão</b>	pH	-	6,5 - 8,5
<b>Aumento de reservatórios superficiais</b>	Carbono orgânico total	mg/L	≤ 2
	Turbidez	NTU	≤ 2
	Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	Não detectável
	Cloro residual	mg/L	1

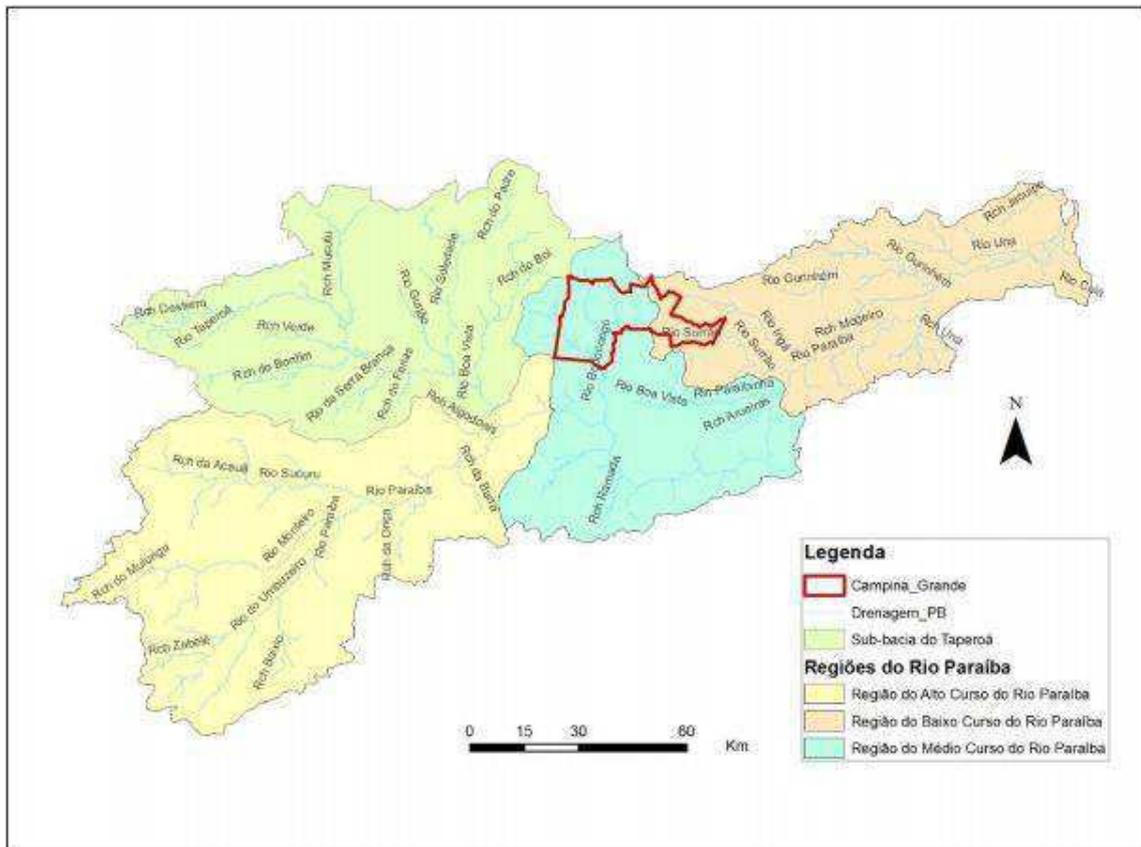
Fonte: USEPA (2012)

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO

O município de Campina Grande, Figura 1, está localizado no Estado da Paraíba, no agreste paraibano, à 7°13'32" de latitude Sul e a 35°52'38" de longitude oeste, entre as regiões do baixo e médio curso do Rio Paraíba, sua área abrange 594,182 km (IBGE, 2014). É composto por quatro distritos: São José da Mata, Galante, Catolé de Boa Vista e Sede e está situado a aproximadamente 552 m acima do nível do mar, sendo localizado na mesorregião Agreste. O clima predominante é o semiárido, com precipitação anual média de 804,9 mm.

Figura 1 - Localização de Campina Grande



Fonte: Freire (2014)

Assim como as outras cidades brasileiras, Campina Grande tem os serviços de saneamento básico realizados por empresas públicas e terceirizadas. Segundo a Prefeitura Municipal de Campina Grande, os serviços de abastecimento e esgotamento sanitário são realizados pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). De acordo com o

Instituto Trata Brasil (2017), a rede de esgotamento sanitário da cidade apresenta uma extensão de 565.575,41 metros e coleta 88,28% dos esgotos sanitários de Campina Grande.

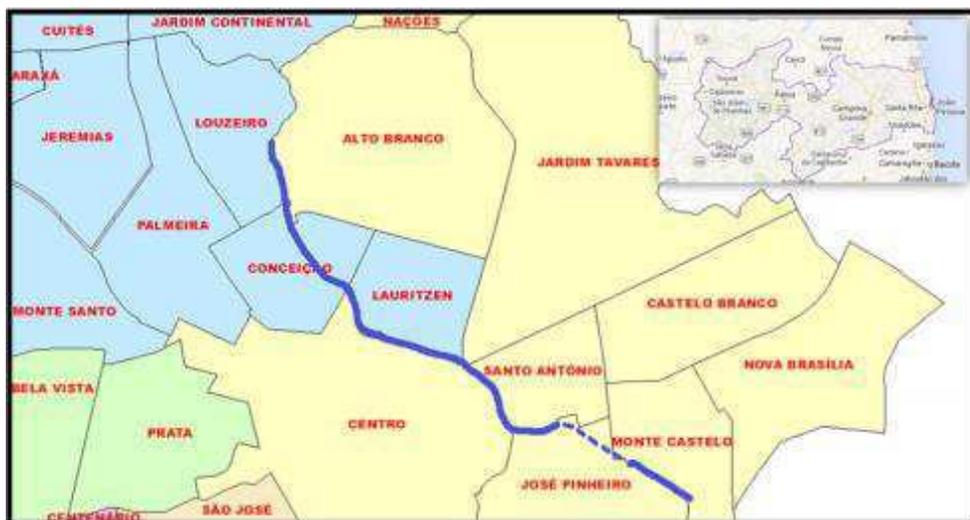
A cidade possui dois tipos de drenagem de águas superficiais: a microdrenagem que é formada por galerias, bocas de lobo, sarjetas e tubos de ligação; e a macrodrenagem constituída por três grandes canais (FREIRE, 2014).

O sistema de esgotamento sanitário projetado para a cidade é separador absoluto. No entanto, devido as ligações clandestinas de esgotos nos canais de água pluviais, o sistema funciona, de fato, como um sistema unitário. O canal das Piabas, objeto de estudo desta pesquisa, recebe além das águas pluviais e esgotos, resíduos sólidos despejados irregularmente pela população.

#### 4.2. CANAL DAS PIABAS

A parte construída do canal das Piabas, Figura 2, inicia no bairro Louzeiro, segue pela Avenida Canal e termina no Bairro José Pinheiro, na localidade popularmente denominada Cachoeira. A partir deste ponto, continua em curso natural com destino ao Rio Paraíba através dos municípios de Massaranduba, Riachão do Bacamarte e Ingá. Em períodos de chuvas intensas, o canal funciona como desvio para as águas excedentes do Açude Velho.

Figura 2 - Localização do Canal das Piabas

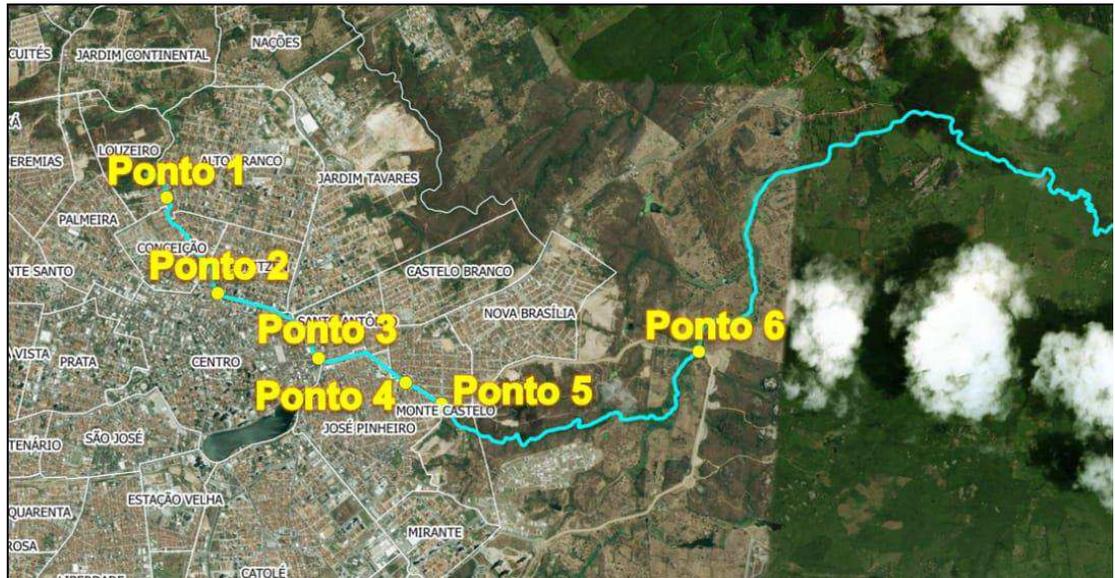


Fonte: Adaptado Freire (2014)

### 4.3. PONTOS DE AMOSTRAGEM

Após visitas técnicas realizadas no Canal das Piabas, foram escolhidos seis pontos de amostragem, Figura 3.

Figura 3 - Pontos de amostragem



Fonte: Google Earth (2019)

O Ponto P1 é onde começa o canal e não apresenta paredes construídas. Já os pontos 2,3,4 e 5 são referentes às partes construídas do canal. Além disso, no ponto 3 é onde o canal recebe contribuição das águas excedentes do açude velho. O ponto 6 é o que se encontra mais afastado do centro urbano, apresentando, portanto os menores índices de poluição devido à diminuição de lançamento de esgoto doméstico e ao processo de auto depuração ao longo do canal. Os detalhes e características de cada ponto de amostragem estão detalhados na Figura 4.

Figura 4 - Detalhes e características dos pontos de amostragem



P1



P2



P3



P4



P5



P6

Fonte: o autor (2019)

#### 4.4. COLETA DE AMOSTRA

As coletas de amostras para as análises físico-químicas, foram iniciadas no mês de março e encerradas no mês de novembro de 2019. Ao todo foram 15 coletas em cada ponto

com uma frequência semanal, no turno da manhã entre 8 e 10 horas. A amostragem foi realizada com o auxílio de um balde e uma corda como ilustrado na Figura 6.

Figura 5 - Coleta de amostra utilizando balde e corda



Fonte: o autor (2019)

Do balde a amostra era transferida para um béquer de polietileno onde eram realizadas as medidas de temperatura e posteriormente era feita a transferência da amostra para os recipientes de coleta.

O acondicionamento dos recipientes das amostras coletadas para as análises físico-químicas foi em caixas de isopor, de duas formas, com gelo para manutenção da temperatura em torno de 4° C e sem gelo para a conservação da temperatura ambiente.

Após a estocagem, as amostras eram encaminhadas ao Laboratório de Saneamento da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – UFCG, para realização das análises.

#### 4.5. ANÁLISES LABORATORIAIS

Os indicadores físico-químicos e microbiológicos escolhidos para caracterização da água do Canal das Piabas foram: temperatura, condutividade elétrica, turbidez, sólidos dissolvidos totais, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), potencial hidrogeniônico (pH), dureza total, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e coliformes

termotolerantes. Para avaliar a influência da chuva nesses parâmetros foi realizada uma comparação entre os indicadores e os dados pluviométricos obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As metodologias de análises seguiram as técnicas padrões do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA-WEF, 2012). Os métodos utilizados são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Métodos utilizados na determinação dos indicadores

<b>Indicador</b>	<b>Métodos</b>
Temperatura	Termômetro de filamento de mercúrio
Condutividade elétrica	Método instrumental - condutivímetro
Turbidez	Método instrumental - turbidímetro
Sólidos dissolvidos totais	Gravimétrico
Oxigênio dissolvido	Método de Winkler modificação azida
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Método de diluição em frascos padrões de DBO, sem sementeira
Potencial hidrogeniônico	Potenciométrico
Dureza total	Método titulométrico do EDTA
Nitrogênio total	Método titulométrico de kjeldahl
Nitrogênio amoniacal	Método da destilação em meio básico
Coliformes termotolerantes	Técnica da membrana filtrante

Fonte: o autor (2019)

Para os ensaios de condutividade elétrica, turbidez, pH, nitrogênio amoniacal, utilizou-se respectivamente o condutivímetro (Figura 6), turbidímetro (Figura 7), pHmetro (Figura 8) e o destilador de nitrogênio amoniacal (Figura 9).

Figura 6 - Condutivímetro



Fonte: o autor (2019)

Figura 7 - Turbidímetro



Fonte: O autor (2019)

Figura 8 - pHmetro



Fonte: o autor (2019)

Figura 9 - Destilador de nitrogênio amoniacal



Fonte: o autor (2019)

#### 4.6. ANÁLISE DE DADOS

Para análise dos resultados utilizou-se o programa Action Stat® na versão 3.3.2 extensão do Excel 2016 e realizada uma estatística descritiva, média, mínimo, máximo e coeficiente de variação. Em seguida foram elaborados gráficos espaço temporal para todas as variáveis estudadas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tabelas da estatística descritiva dos indicadores avaliados são apresentadas no apêndice A.

### 5.1. AVALIAÇÃO DA ÁGUA DE DRENAGEM DO CANAL DAS PIABAS

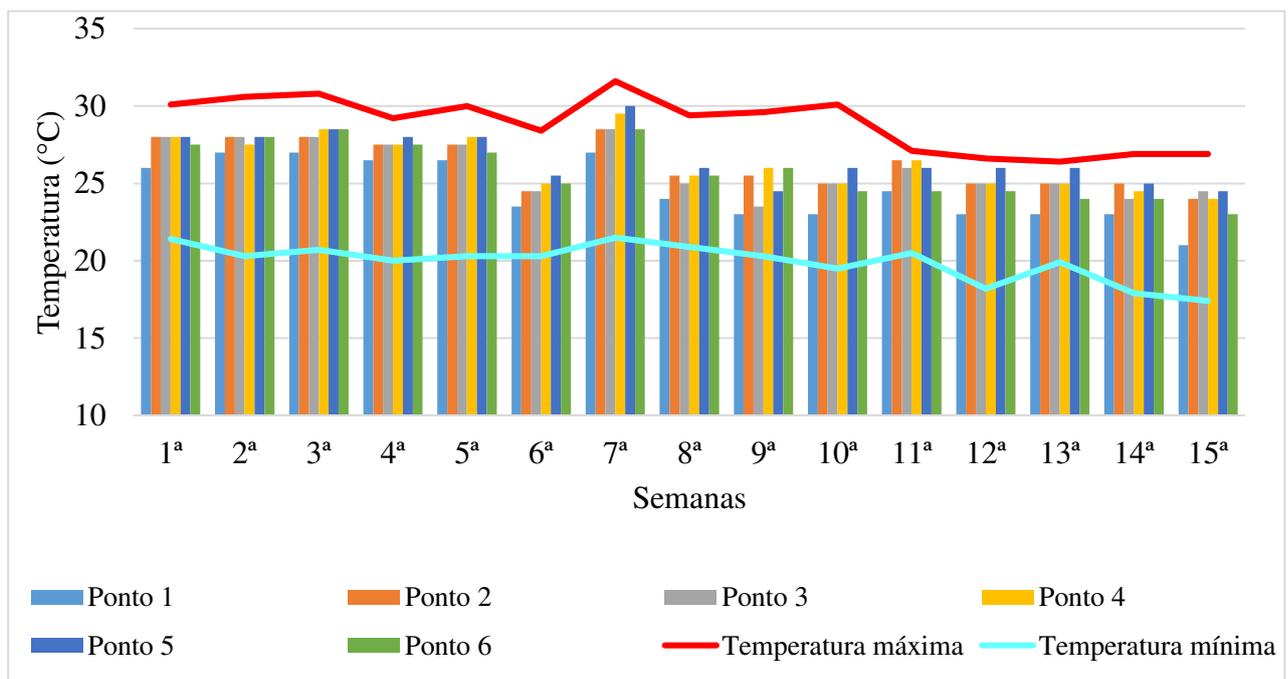
#### 5.1.1. Temperatura

A temperatura das águas do Canal das Piabas no período monitorado variou de 21,0 a 30,0°C, tendo apresentado um valor médio na faixa de 24,53 a 26,67°C nos pontos analisados conforme detalhados no apêndice A e na Figura 10. Nota-se também que as temperaturas das águas analisadas não atingiram valores maiores do que temperaturas máximas e mínimas do ambiente.

Além disso, as normas e resoluções tanto a FAO quanto a EPA não apresentam valores limites para este indicador.

De acordo com Gomes (2015), temperatura é um indicador que está diretamente relacionado com a velocidade das reações químicas e solubilidade das substâncias. Portanto, influência consideravelmente nas características físico-químicas das águas.

Figura 10 - Variação espaço temporal da temperatura



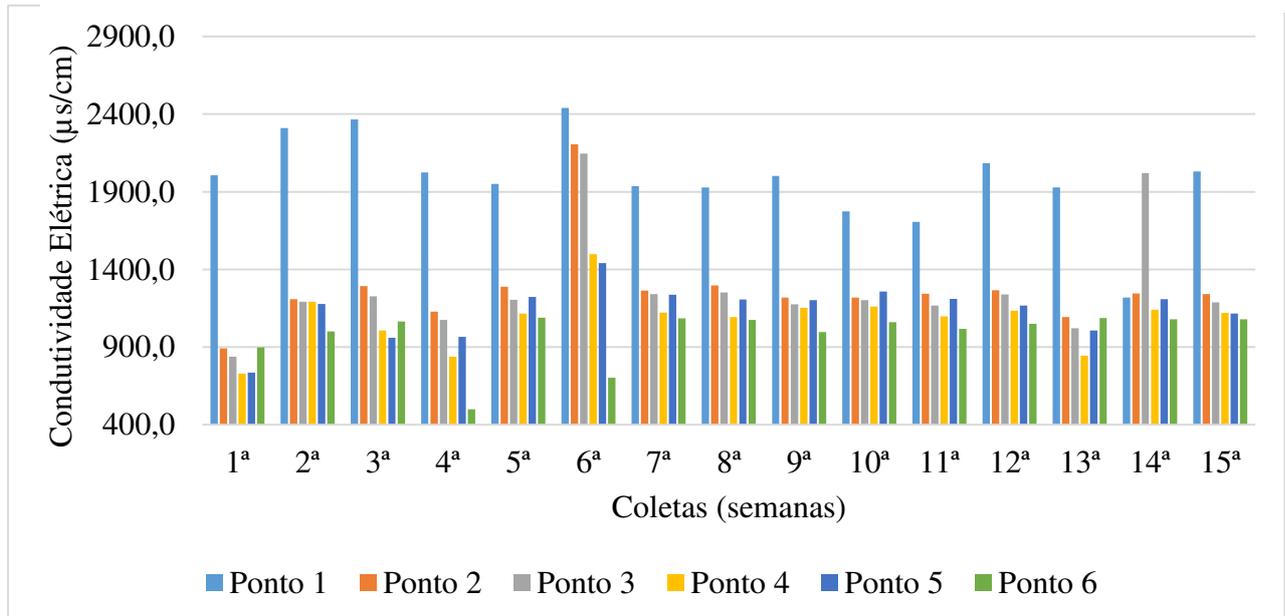
Fonte: O autor (2019)

### 5.1.2. Condutividade elétrica

Em relação à Condutividade Elétrica, pode-se observar que há grandes concentrações do ponto amostral P1 em relação ao restante dos pontos, o qual apresenta um valor máximo de 2439,50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como pode ser visto no Apêndice A e na Figura 11. Esta diferença pode estar relacionada ao fato deste ponto receber grande contribuição do esgoto sanitário.

Segundo a Funasa (2014), as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais, estes podem chegar a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Assim, observa-se que não apenas no ponto P1, mas em todos pontos, a água de drenagem possui características semelhantes às de esgotos domésticos.

Figura 11 – Variação espaço temporal da condutividade elétrica



Fonte: O autor (2019)

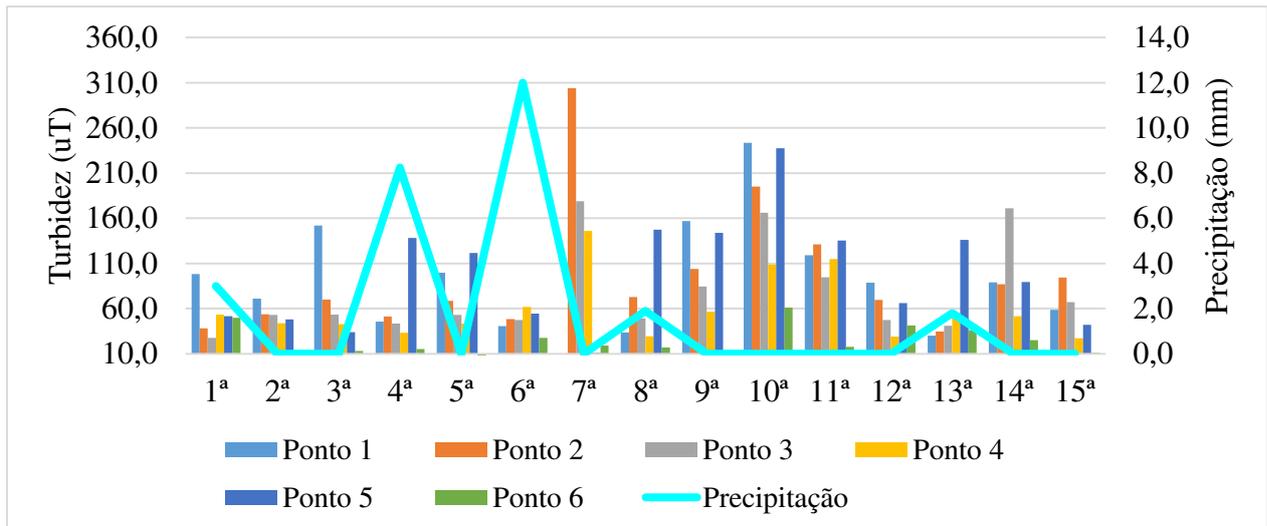
### 5.1.3. Turbidez

Em todos os pontos a Turbidez apresentou valores superiores a 10 uT (Figura 12 e apêndice A). A precipitação influencia fortemente este indicador, assim, quando há ocorrência de chuva a turbidez aumenta devido ao arraste de sólidos pelas águas de drenagem.

De acordo com NBR 13969 (1997), águas que apresentam valores de turbidez maiores que 10 uT, são classificadas como classe 4. Assim, estas águas só podem reutilizadas de forma menos restritiva, como por exemplo, em pomares e cereais.

Segundo as diretrizes da EPA, para o reúso agrícola em culturas alimentícias a turbidez deve ser menor ou igual a 2 uT. Porém, para culturas de alimentos processados e culturas não consumidas por humanos, estas resoluções não apresentam valores mínimos para este parâmetro.

Figura 12 - Variação espaço temporal da turbidez



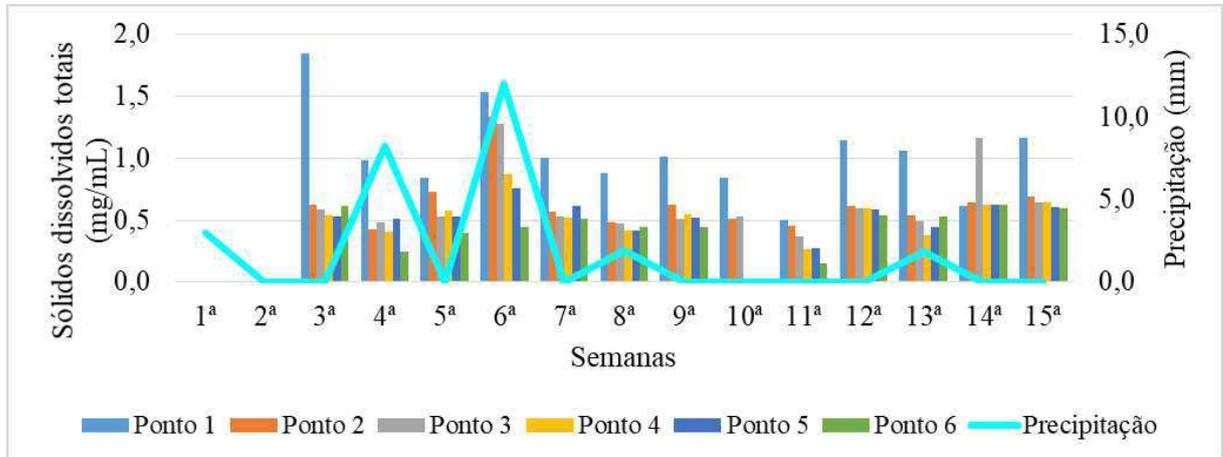
Fonte: O autor (2019)

A turbidez é relacionada à presença de material fino em suspensão na água e por isso é um indicador sentinela de qualidade da água. Sua presença pode estar associada a presença de organismo patogênicos na água. É perceptível que com chuvas intensas há uma diminuição do indicador, todavia, quando ocorre baixos índices pluviométricos há aumento da Turbidez devido ao arraste materiais provocado pela água.

#### 5.1.4. Sólidos dissolvidos totais

Os valores dos SDT no período monitorado apresentaram média na faixa de 390 mg/L a 900 mg/L. Entretanto, analisando o coeficiente de variação de 61,57% percebe-se que as concentrações de sólidos dissolvidos totais variam bastante durante todo período. A EPA, apresenta valores de referência para reúso agrícola menores ou igual a 30 mg/L. Assim, pode ser observado que para o referido reúso, a água do canal é inadequada.

Figura 13 - Variação espaço temporal dos sólidos dissolvidos totais



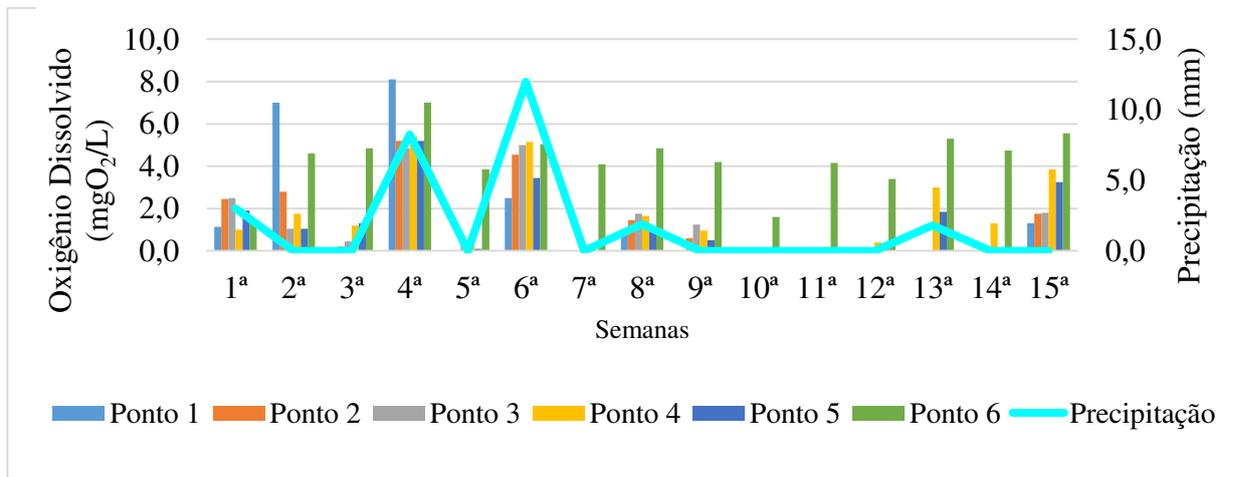
Fonte: O autor (2019)

#### 5.1.5. Oxigênio dissolvido

A variação espaço temporal do oxigênio dissolvido é apresentada na Figura 14. Nela pode ser observado que o oxigênio apresentou uma variação de 0 a 8,1 mg/L. O valor nulo pode ser atribuído às altas concentrações de matéria orgânica dos esgotos lançados no canal e o máximo à diluição promovida pela precipitação. No entanto, observa-se que mesmo no período chuvoso, em alguns pontos, as concentrações de oxigênio dissolvido foram mínimas.

A NBR 13969 indica que para qualquer classe de reúso é necessário que as concentrações de Oxigênio Dissolvido sejam maiores do que 2,0 mg/L. Assim observa-se que as águas do Canal das Piabas não estão dentro dos limites estabelecidos pela referida norma, pois estas apresentam valores médios em torno de 1,4 mg/L.

Figura 14 - Variação espaço temporal do oxigênio dissolvido



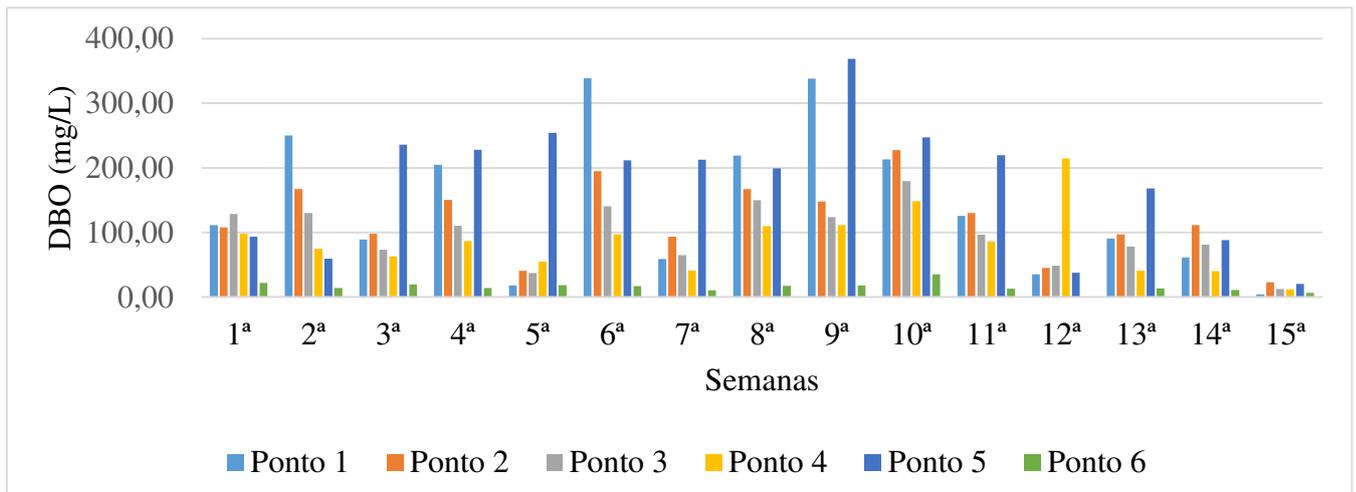
Fonte: O autor (2019)

### 5.1.6. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Conforme ilustrado na Figura 15 e no apêndice A, o ponto 6 apresentou os menores valores de DBO obtendo a média em torno de 16,36 mg.L<sup>-1</sup>, bem diferente do que ocorre nos pontos 1 e 5, onde se encontram os maiores valores do indicador. Uma das razões para essa diferença é fato de que O ponto P6 está localizado na porção de montante do canal, assim é menos sujeito ao lançamento de esgotos do que os outros pontos.

Segundo a diretrizes da EPA, para o reúso agrícola, em culturas alimentícias são indicados valores de DBO menores do que 10 mg.L<sup>-1</sup>, já para as culturas de alimentos processados e não consumidas por humanos este valor deve ser menor do que 30 mg.L<sup>-1</sup>. Assim, devido aos valores dos outros pontos serem bastante expressivos, temos que apenas o ponto 6 estaria adequado para este tipo de reúso de acordo com este indicador.

Figura 15 - Variação espaço temporal da demanda bioquímica de oxigênio



Fonte: O autor (2019)

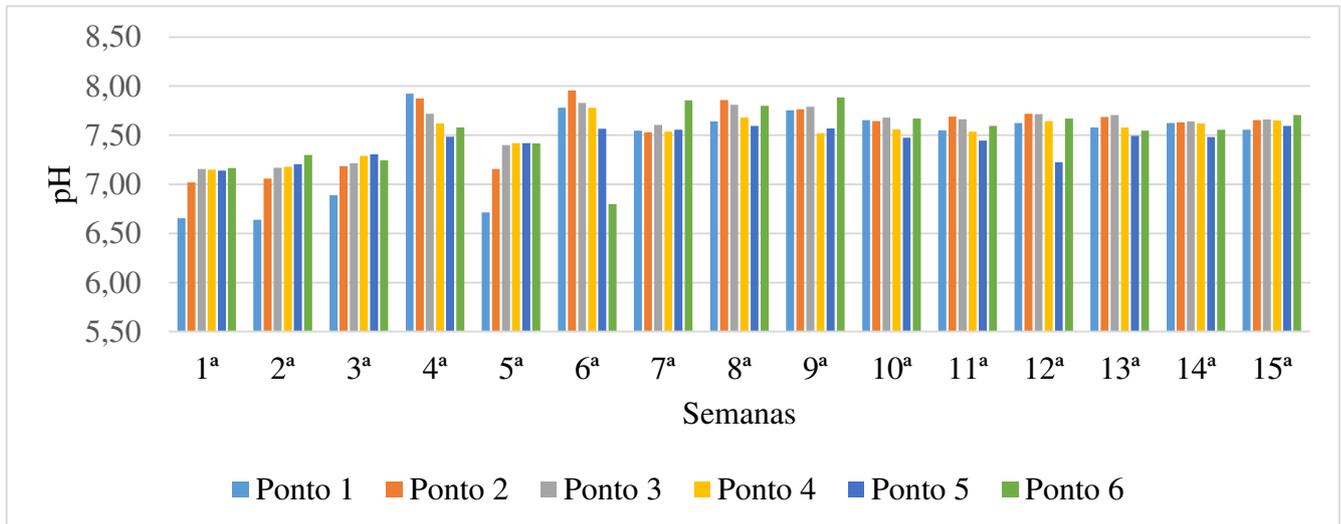
### 5.1.7. Potencial hidrogeniônico

O pH das águas analisadas variou entre 6,6 e 7,9, com média na faixa entre 7,4 e 7,6 como ilustrado na Figura 16. É válido ressaltar que em todos os pontos, no período amostral, o pH se manteve próximo à neutralidade.

De acordo com a NBR 13969(1997), águas que apresentem pH entre 6 e 8, estão classificadas como classe I, ou seja, usos que requerem contato direto com a água. Assim, nota-se que de acordo com essa diretriz, a água poderia ser reutilizada.

Além disso, segundo às diretrizes para irrigação pela FAO, o pH das águas devem estar entre 6,5 e 8.

Figura 16 - Variação espaço temporal do pH



Fonte: Autor próprio

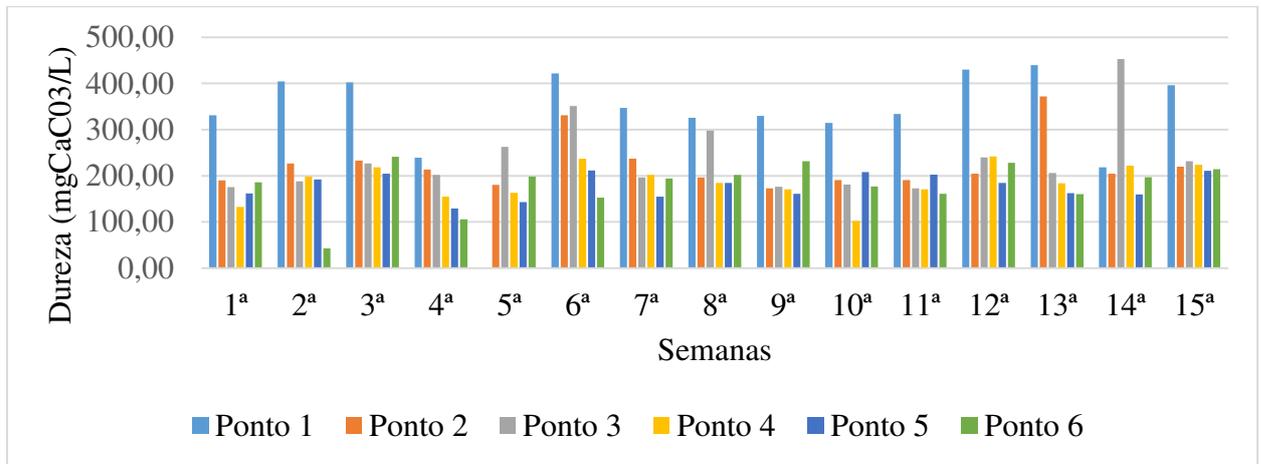
#### 5.1.8. Dureza total

De acordo com a Figura 17, nota-se que o Ponto 1 apresenta os maiores valores para dureza total, picos de até 440 mgCaCO<sub>3</sub>/L. No restante dos pontos a dureza total média foi em torno de 200 mgCaCO<sub>3</sub>/L.

De acordo com a Funasa (2014), a dureza total pode ser classificada em mole ou branda: < 50 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; dura: entre 150 e 300 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; e muito dura: >300 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

Assim, é possível constatar que o ponto 1 apresenta dureza classificada como muito dura e os outros pontos como dura. Essa diferença pode se dar pelo fato que no ponto 1 há grandes contribuições de esgotos sanitários.

Figura 17 - Variação espaço temporal da dureza total



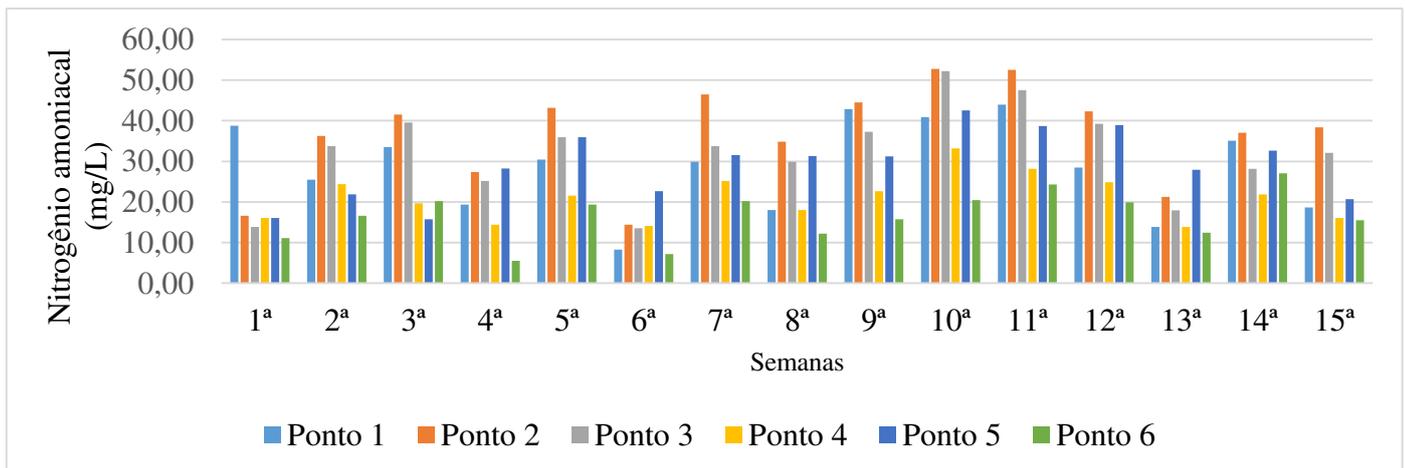
Fonte: O autor (2019)

#### 5.1.9. Nitrogênio amoniacal

O Nitrogênio amoniacal variou 5,54 a 52,78 mg/L acompanhando, de certa forma, as variações de DBO. Observa-se, ainda, que com o pH acima 8 já ocorre desprendimento de nitrogênio para a atmosfera devido volatilização.

A média variou em torno de 27 mg/L, assim, de acordo com Jordão e Pessoa (2017), as águas do canal das Piabas são classificadas como esgoto doméstico médio.

Figura 18 – Variação do espaço temporal do nitrogênio amoniacal



Fonte: O autor (2019)

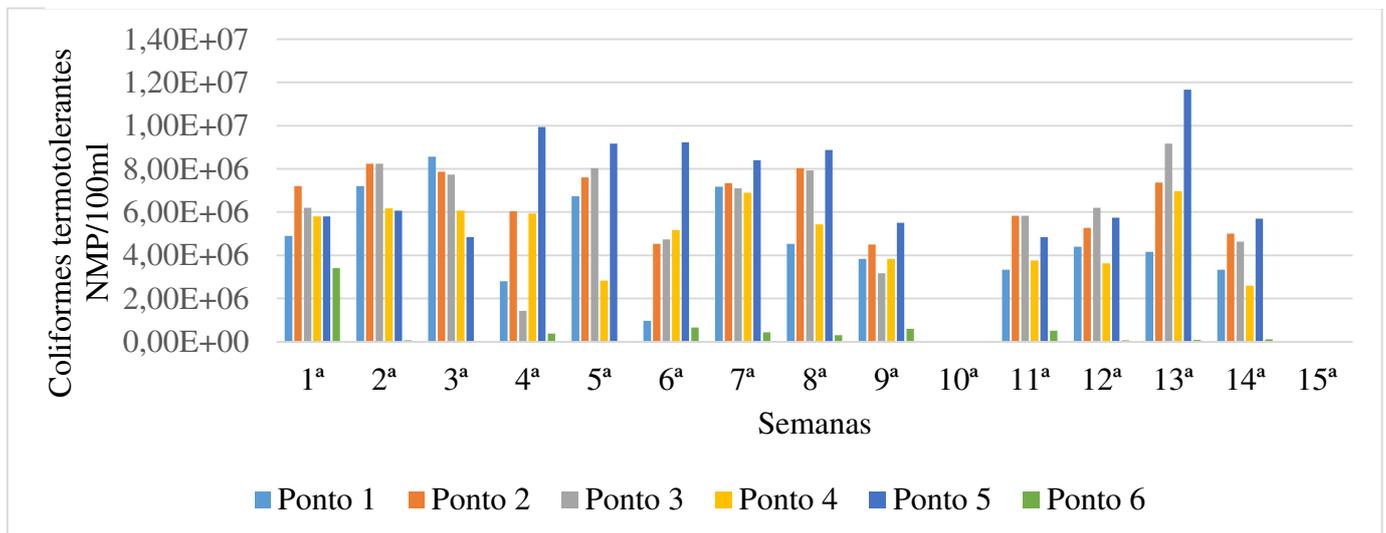
#### 5.1.10. Coliformes termotolerantes

As concentrações de coliformes termotolerantes (Figura 20) ficaram entre as ordens de  $10^4$  a  $10^7$ . Jordão e Pessoa (2017) afirmam que esgotos domésticos in natura apresentam valores entre  $10^6$  e  $10^9$  (NMP/100mL). Assim, evidencia-se a relação entre as águas dos

sistema de drenagem com o lançamento de esgotos domésticos. O ponto P6 apresentou as menores frações do indicador, entretanto, os outros pontos, em especial o ponto P5, apresentou valores característicos de águas residuárias.

A NBR 13969 (1997), mostra que para o reúso de água, as concentrações de coliformes termotolerantes devem ser menores do que  $10^3$ . Todos os pontos apresentam valores superiores a este, mostrando assim, inadequação para reúso da água o canal sem tratamento. Além disso, devido aos altos valores do indicador, a água analisada não está apta ao reúso agrícola nas diretrizes da EPA.

Figura 19 – Variação espaço temporal dos coliformes termotolerantes



Fonte: O autor (2019)

## 6. CONCLUSÕES

- De acordo os indicadores avaliados e seguindo os critérios de Jordão e Pessoa (2017), a água do Canal das Piabas é considerada como esgoto doméstico.
- Entre todos os pontos amostrados o P5 foi o que mais apresentou características mais críticas devido ao lançamento pontual de altas cargas de esgoto sanitário e ao frequente despejo de resíduo sólidos.
- O P6 apresentou o menor índice de poluição devido ao processo de autodepuração ao longo do canal.
- De acordo com parâmetros nacionais, especificamente, a NBR 13969 (1997), as águas do Canal das Piabas não podem ser reutilizadas na agricultura, devido as altas concentrações de Coliformes Termotolerantes, Turbidez e Oxigênio Dissolvido. Dessa forma, essa água só poderia ser reaproveitada se fosse estabelecido algum tipo de tratamento.
- De acordo com as normas e resoluções internacionais, FAO e EPA, a água do canal das Piabas não podem ser utilizadas para o reúso irrestrito, pois apresentam altos valores de Condutividade Elétrica, Turbidez, Sólidos Dissolvidos totais, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Coliformes Termotolerantes.
- Uma melhor qualidade da água do canal poderia ser obtida com uma gestão mais eficiente afim de se evitar lançamento de esgotos e resíduos sólidos no canal.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). “**Panorama das águas**”. Disponível: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>>. Acesso em: 20 novembro 2019.

AHLMAN, S. **Modelling of substance flows in urban drainage systems**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Técnica Chalmers. Gotemburgo – Suécia, 2006.

APHA, AWWA, AND WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st ed. American Public Health Association, Washington, D.C. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357**, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 08 outubro 2019.

BERNARDI, C.C. **Reúso de água para irrigação**. Brasília, DF: ISEA-FGV/ECOBUSINESS School, 2003, 52p.

CAMPANA, N. A.; RICARDO, R. S. **Qualidade do escoamento na rede de drenagem pluvial urbana: a situação de Brasília-DF**. Revista de Gestão de Água da América Latina (REGA), Vol. 7, no. 2, p. 53-65, 2010.

CAMPANA, N. A., BERNARDES, R. S., SILVA, J. A. **Controle Qualitativo e Quantitativo do Escoamento Pluvial Urbano com Bacias de Detenção**. Revista Ambi-Água, Taubaté, v. 2, n. 3, p. 98-111, 2007.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. **Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation**. *Agricultural Water Management, Philadelphia – USA*, v. 68, p.135–149, 2004.

CETESB. **Reúso de água.** Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>>. Acesso em: 02 junho 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **O problema da escassez de água no mundo.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/>. Acesso em: 20 novembro 2019.

CNRH. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 121**, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução nº54/2005.

FAO (1985). Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper nº.29, **Rev.1, Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Rome, 1985.

FREIRE, J. R. P. et al. Análise do sistema separador absoluto no âmbito da drenagem pluvial da cidade de Campina Grande - Estudo de caso do Canal Das Piabas. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 4034–4043, 18 dez. 2014.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.** Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília, DF: Funasa, 2014.

GOMES, E. C. A. **Avaliação da qualidade da água em edificações multifamiliares na cidade de Campina Grande – PB.** 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande. 2014.

HENRIQUES, A. J. **Distribuição da contaminação fecal em águas de drenagem afluentes do canal do prado, Campina Grande-PB.** Paraíba, 86 págs, 2014.

HESPANHOL, I., Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 7, n.4, p. 75-95. 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010 – Características Gerais da População**. Resultados da Amostra. IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>>. Acesso em: 28 janeiro 2019.

IWAKI, Gheorge Patrick. **Reúso de Água: Tipos, Processos Específicos e Contaminantes**. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/reuso-de-agua-tipos-processos-especificos-e-contaminantes/>>. Acesso em: 02 julho 2019.

PARAÍBA. **Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA)**. Disponível em: <http://www.cagepa.pb.gov.br>. Acesso em: 12 outubro 2019.

MAGALHÃES, S, B, V. **Projeto de um sistema de drenagem urbana para um bairro no município de Pombal - PB**. Paraíba, 76 págs, 2019.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. Reúso de água. In: **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. Barueri: Editora Manole, 2003. 37-97p.

MARQUEZINI, Ivan da Silva. **Sistema de tratamento de esgoto no solo: Comportamento de duas vegetações suportes**. 2000. 202 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Ouro Preto.

SANTANA, Vitor. et. al. **Democratização do acesso à água e desenvolvimento local: a experiência do Programa Cisternas no semiárido brasileiro**. In: CONFERÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO, 2., 2011, Brasília. Anais do I Circuito de Debates Acadêmicos. Brasília: MDS, 2011.

SHUBO, T. **Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana**. Rio de Janeiro, 126 págs, 2003.

SOUZA, Veneziano. et. al. Análise ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho das Piabas, no trecho que compõe suas nascentes e a reserva urbana do Louzeiro, Campina Grande – PB, através de imagens de satélite. **Qualitas Revista Eletrônica**, Campina Grande, v. 7, n. 2, 2008. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/225/187>>. Acesso em: 25 junho 2019.

THEIVEYANATHANA, S.; BENYONB, R.G.; MARCARA, N.E.; MYERSA, B.J. POLGLASEA, P.J.; FALKINERA, R.A. **An irrigation-scheduling model for application of saline water to tree plantations**. Forest Ecology and Management, Ringwood, v.193, p.97-112, 2004.

UNESP. **Aspectos gerais do reúso de água**. Disponível em: <[https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/84/10/Unidade\\_1.pdf](https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/84/10/Unidade_1.pdf)>. Acesso: 02 julho 2019.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse**. 2nd ed. Washington DC: USEPA, 2004. Disponível em: <[http://https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?Lab=NRMRL&dirEntryId=129543](http://https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NRMRL&dirEntryId=129543)>. Acesso em: 03 outubro 2019.

WALBERT, Allan. **Agricultura é quem mais gasta água no Brasil e no mundo**. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-agua-no-brasil-e-no-mundo>>. Acesso em: 02 julho 2019.

## APÊNDICE A – Resumo da estatística descritiva dos parâmetros analisados

Tabela 5 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro temperatura

Pontos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Média (°C)	24,53	26,23	26,00	26,37	26,67	25,87
Máxima (°C)	27,00	28,50	28,50	29,50	30,00	28,50
Mínima (°C)	21,00	24,00	23,50	24,00	24,50	23,00
Desvio padrão	1,96	1,53	1,72	1,68	1,63	1,83
Coefficiente de variação (%)	7,99	5,85	6,62	6,39	6,12	7,06
Número de amostras	15	15	15	15	15	15

Tabela 6 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro condutividade elétrica

Pontos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Média (µS/cm)	1904,50	1329,25	1365,05	1136,70	1205,25	1023,65
Máxima (µS/cm)	2439,50	2205,00	2145,00	1498,50	1440,50	1089,50
Mínima (µS/cm)	1218,00	892,50	838,50	730,50	735,50	500,50
Desvio padrão	284,20	288,53	360,11	165,51	121,14	186,55
Coefficiente de variação (%)	14,92	21,71	26,38	14,56	10,05	18,22
Número de amostras	15	15	15	15	15	15

Tabela 7 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro turbidez

Pontos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Média (uT)	94,75	94,81	78,47	59,77	97,11	24,21
Máxima (uT)	243,50	304,00	179,00	146,00	237,50	61,10
Mínima (uT)	30,10	34,60	27,45	27,20	10,95	7,00
Desvio padrão	58,90	70,86	51,22	35,37	60,64	16,02
Coefficiente de variação (%)	62,16	74,74	65,28	59,17	62,44	66,17
Número de amostras	15	15	15	15	15	15

Tabela 8 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro sólidos dissolvidos totais

Pontos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Média (mg/mL)	0,90	0,55	0,54	0,45	0,46	0,39
Máxima (mg/mL)	1,85	1,34	1,28	0,87	0,75	0,62
Mínima (mg/mL)	0	0	0	0	0	0
Desvio padrão	0,49	0,31	0,34	0,24	0,22	0,21
Coefficiente de variação (%)	54,66	56,24	61,57	52,80	48,76	54,22
Número de amostras	15	15	15	15	15	15

Tabela 9 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro oxigênio dissolvido

Pontos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Média (mgO <sub>2</sub> /L)	1,40	1,27	1,27	1,73	1,33	4,31
Máxima (mgO <sub>2</sub> /L)	8,10	5,20	5,00	5,40	5,20	7,00
Mínima (mgO <sub>2</sub> /L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40
Desvio padrão	2,61	1,75	1,69	1,81	1,57	1,42
Coefficiente de variação (%)	186,09	138,49	132,94	104,78	118,08	32,87
Número de amostras	15	15	15	15	15	15

Tabela 10 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro demanda bioquímica de oxigênio

Pontos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Média (mg/L)	143,86	120,09	96,96	85,24	176,33	16,36
Máxima (mg/L)	338,50	227,40	179,70	214,70	369,00	35,07
Mínima (mg/L)	4,30	22,70	12,60	12,20	20,50	6,47
Desvio padrão	110,00	57,75	46,12	50,14	96,82	6,77
Coefficiente de variação (%)	98,65	51,79	47,84	58,24	45,78	44,17
Número de amostras	15	15	15	15	15	15

Tabela 11 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro pH

Pontos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Média	7,41	7,56	7,58	7,52	7,44	7,52
Máxima	7,93	7,96	7,83	7,78	7,60	7,89
Mínima	6,64	7,02	7,16	7,15	7,14	6,80
Desvio padrão	0,44	0,31	0,23	0,18	0,15	0,29
Coefficiente de variação (%)	5,96	4,05	3,06	2,43	2,01	3,88
Número de amostras	15	15	15	15	15	15

Tabela 12 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro dureza

Pontos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Média (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	352,35	224,19	237,34	187,02	177,91	179,41
Máxima (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	440,00	372,00	453,14	241,57	211,79	240,96
Mínima (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	218,04	172,57	172,83	102,13	129,43	42,88
Desvio padrão	67,94	55,62	78,03	39,39	26,66	51,37
Coefficiente de variação (%)	19,28	24,81	32,88	21,06	14,98	28,63
Número de amostras	15	15	15	15	15	15

Tabela 13 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro nitrogênio amoniacal

<b>Pontos</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>	<b>Ponto 3</b>	<b>Ponto 4</b>	<b>Ponto 5</b>	<b>Ponto 6</b>
<b>Média (mg/L)</b>	28,49	36,63	32,01	20,93	29,08	16,52
<b>Máxima (mg/L)</b>	43,94	52,78	52,23	33,16	42,56	27,08
<b>Mínima (mg/L)</b>	8,30	14,39	13,56	13,82	15,78	5,54
<b>Desvio padrão</b>	11,02	11,93	11,16	5,67	8,28	6,03
<b>Coefficiente de variação (%)</b>	38,67	32,58	34,86	27,09	28,46	36,50
<b>Número de amostras</b>	15	15	15	15	15	15

Tabela 14 - Resumo da estatística descritiva do parâmetro coliformes termotolerantes

<b>Pontos</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>	<b>Ponto 3</b>	<b>Ponto 4</b>	<b>Ponto 5</b>	<b>Ponto 6</b>
<b>Média (NMP/100ml)</b>	4,76E+06	6,52E+06	6,18E+06	5,01E+06	7,36E+06	5,10E+05
<b>Máxima (NMP/100ml)</b>	8,57E+06	8,23E+06	9,17E+06	6,97E+06	1,17E+07	3,40E+06
<b>Mínima (NMP/100ml)</b>	9,67E+05	4,50E+06	1,43E+06	2,60E+06	4,83E+06	1,00E+04
<b>Desvio padrão</b>	2,12E+06	1,37E+06	2,22E+06	1,50E+06	2,26E+06	8,98E+05
<b>Coefficiente de variação (%)</b>	4,45E+01	2,11E+01	3,59E+01	2,99E+01	3,06E+01	1,76E+02
<b>Número de amostras</b>	13	13	13	13	13	13

## REFERÊNCIAS

WHO. **Reuse of effluents**: methods of wastewater treatment and health safeguards. Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973.

RODRIGUES, R.S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil**: proposta de regulamentações do reúso no Brasil. 2005, 177p. (Dissertação de Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SANTOS, J.G.R.; SANTOS, E.C.X.R. **Agricultura orgânica**: teoria e prática. Editora da Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 2008. 228p.

SOUSA, J. T. de et al. Efluentes tratados utilizados na agricultura. In: **XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**. Curitiba-PR, Brasil, p.1-12, 2003.