

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

**Avaliação de um Sistema de Reúso de Água: O caso de um
Parque Temático**

Caio Tucunduva Philippi

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Saúde Pública para obtenção do
título de Mestre em Saúde Pública.**

Área de concentração: Saúde Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Pedro Caetano Sanchez Mancuso

São Paulo

2006

É expressamente proibida a comercialização deste documento tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da tese/ dissertação.

RESUMO

Empreendimentos imobiliários, em nível mundial, vem experimentando mudanças tecnológicas, a fim de melhorar sua compatibilidade com o meio ambiente. Diminuição e reaproveitamento dos efluentes são aspectos importantes, uma vez que estão relacionados diretamente com a saúde da população. Entretanto, essa preocupação não se aplica apenas à diminuição da emissão de esgotos, mas também a boa operação do sistema, destacando-se o uso da água para limpeza, rega de jardim e sanitários.

Nesse sentido, escolheu-se como estudo de caso um parque temático onde procurou –se desenvolver e implantar de forma racional o uso dos recursos naturais locais levando em consideração o conceito de desenvolvimento sustentável. Assim, os fatores que levaram a empresa a investir no sistema de reúso de água foram: a preocupação com a utilização intensiva dos recursos hídricos e política de qualidade e ambiental da empresa.

Este projeto então tem como objetivo demonstrar e analisar a viabilidade técnica de sistemas de captação, tratamento e reúso de efluentes estabelecendo uma proposta para reúso de água em empreendimentos imobiliários, técnica e legalmente compatível com as condições internacionais, diagnosticando o atual sistema de tratamento dos esgotos domésticos do empreendimento estudado, especificando a qualidade da água para as diversas modalidades de reúso de água.

Como conclusão comparou-se os limites estipulados pelo empreendedor com os limites impostos pela legislação internacional recomendando assim um monitoramento intensivo no sistema de desinfecção assim como a implantação de um sistema de gerenciamento ambiental eficiente voltado para o controle operacional do sistema de reúso.

Descritores: Reúso de Água, Gestão Ambiental, Parques Temáticos

ABSTRACT

Technological changes in real estate developments have been taking place across the world so as to improve their compatibility with the environment. Effluent reduction and reuse are critical issues, as they are directly related to the population's health. However, such concern not only applies to the reduction of sewage discharge, but also to the proper system operation. The use of water for cleaning, garden watering and restrooms stands out.

In that sense, a theme park – in which efforts were made to develop and implement in a streamlined manner the use of local natural resources while taking into account the sustainable development concept – has been selected as a case study. Thus, the factors that led the company to invest in the water reuse system include: the concern about the intensive use of water resources and the company's quality and environmental policy.

Therefore, the purpose of this project is to demonstrate and assess the technical feasibility of waste catchment, treatment and reuse systems as well as to put forward a proposal – technically and legally consistent with international standards – for water reuse in real estate development, while evaluating the current domestic waste treatment system of the venture under consideration and determining the water quality for the various water reuse methods.

As a conclusion, the limits set by the developer have been compared with those imposed by the international law; intensive monitoring of the disinfection system and the implementation of an effective environmental management system focused on the operational control of the reuse system are recommended.

Key words: Water Reuse, Environmental Management, Thematic Park

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Membranas usadas no estudo de caso.....	16
Figura 2: Membrana utilizada no empreendimento estudado.....	17
Figura 3: Propaganda de um edifício com projeto de reuso.....	21
Figura 4: Esquema de funcionamento das membranas.....	25
Figura 5: Cartucho de membranas sujo retirado para limpeza.....	26
Figura 6: Cartucho com 6 módulos de membranas do empreendimento sendo lavados.....	27
Figura 7: Balanço hídrico e número médio mensal de visitantes desconsiderando perdas.....	28
Figura 8: Bico para irrigação dos jardins do parque.....	29
Figura 9: Container que abriga o sistema de membranas.....	30
Figura 10: Estação de tratamento vista aérea.....	30
Figura 11: Esquema do funcionamento da estação de tratamento.....	31
Figura 12: Lixeiras para separação de resíduos espalhadas pelo parque.....	32
Figura 13: O caminho que o lixo percorre no parque.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Sistema de reúso, dimensionado com base em informações fornecidas pelos empreendedores.....	23
Tabela 2: Parâmetros do sistema.....	34
Tabela 3: Valores Máximos referentes ao período entre 1999/2001 (número de amostras coletadas n = 56).....	36
Tabela 4: Valores Máximos, Médios e Mínimos referentes à 2005 (número total de amostras coletadas n = 25).....	38
Tabela 5: Parâmetros para reúso agrícola.....	41

ÍNDICE

1.INTRODUÇÃO.....	01
2.REVISÃO DA LITERATURA.....	09
2.1. Reúso de Águas Residuárias.....	12
2.2. Reúso Potável Direto.....	10
2.3. Reúso Potável Indireto.....	10
2.4. Reúso Não Potável.....	11
2.5. Processo de Separação por Membranas.....	15
2.6. Reator Biológico com Membrana (MBR).....	16
3. OBJETIVOS.....	18
3.1. Objetivo Geral.....	18
3.2. Objetivos Específicos.....	18
4. MÉTODOS.....	19
5. RESULTADOS.....	21
5.1. Caracterização do Parque Temático.....	22
5.2. Parâmetros do Projeto.....	34
5.3. Parâmetros da Qualidade da Água para reúso.....	34
5.3.1. Parâmetros Físicos e Químicos.....	34
5.3.2. Parâmetros Inorgânicos.....	35
5.3.3. Parâmetros Microbiológicos.....	35
6. DISCUSSÃO.....	36
7. CONCLUSÕES.....	43
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53

9. RECOMENDAÇÕES.....55

10. REFERÊNCIAS.....56

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é marcado pela visível desigualdade social e pela dependência econômica e tecnológica dos países industrializados. Todavia, não obstante o fato de ser subdesenvolvido e pertencer ao denominado Terceiro Mundo, é classificado como uma nação industrializada e urbanizada. Nesse sentido, não foi dada, por quem de direito, a devida atenção as prováveis mudanças dos quadros: físico, biótico e abiótico das regiões agredidas pelo processo de industrialização (SOUZA) ⁽¹⁾.

A tese dos limites do crescimento defendida pelo Clube de Roma, a Conferência de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano, ocorridas em 1972, e posteriormente a Declaração de Cocoyok (SACHS) ⁽²⁾, contribuíram, sobremaneira, para o surgimento da utopia do conceito de “Sustainable Development” o chamado desenvolvimento sustentável . Esse conceito vem sendo assimilado por segmentos da população, aparecendo, inclusive, em discursos e documentos oficiais que tratam de questões do meio ambiente e da qualidade de vida em geral (SACHS) ⁽²⁾.

Entretanto, não é possível discutir o desenvolvimento e a qualidade de vida pensando apenas em questões locais e regionais. O estancamento econômico é um problema mundial que, possivelmente, seja conseqüência de modelos econômicos desenvolvidos e aplicados pelos setores que detêm os meios de produção.

Segundo SACHS ⁽²⁾, o desenvolvimento compreende a busca de alternativas para o uso de recursos específicos em cada eco-região na tentativa de satisfazer necessidades de subsistência da população, tais como alimentação, saúde, habitação e educação.

O desenvolvimento sustentável gravita sobre cinco principais pilares que interagem simultaneamente, quais sejam: social, econômico, ecológico, geográfico e cultural (VIEIRA) ⁽³⁾.

No entanto, a ausência de uma política de distribuição de renda, a presença inerte e submissa do Estado nas leis de mercado e os complexos processos de privatização podem contribuir para o aumento da pobreza das camadas populares marginalizadas da sociedade. Entende-se que essa estrutura de desenvolvimento existente apresenta, entre outras, três grandes preocupações: crescente índice de pobreza; veemente degradação do meio ambiente e desigualdade social. Admitir o Produto Interno Bruto (PIB) e a renda *per capita* (rpc) como parâmetros mensuráveis de desenvolvimento é considerar novas tecnologias e concentrações de bens materiais como desenvolvimento (VIEIRA) ⁽³⁾. Esse desenvolvimento, no tocante ao homem, significa que o país apresenta uma economia que atende as necessidades básicas da população. Portanto, uma forma de se medir tal desenvolvimento é a avaliação da qualidade de vida de sua população, o que representa possibilidade de acesso às condições básicas necessárias, dos quais destacam-se: alimentação, saneamento, saúde, vestuário, moradia, transporte, segurança pública e social, identidade cultural e familiar, educação de qualidade e uma forte interação com a natureza(SOUZA) ⁽¹⁾.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define “saúde pública como a ciência e a arte de promover, proteger e recuperar a saúde, por meio de medidas de alcance coletivo e de motivação da população”. Portanto a saúde pública deve ter como objetivo o estudo e a busca de soluções para problemas que levam ao agravo da saúde e da qualidade de vida da população, considerando para tanto os sistemas sócio-cultural, ambiental e econômico. Assim, a prática da saúde pública necessita do conhecimento científico de diversos campos, como a engenharia, medicina, biologia, sociologia, direito, entre outras (ALPHAVILLE) ⁽²³⁾.

O Relatório de Gestão dos Problemas da Poluição no Brasil aponta uma lista de problemas de poluição, que causam danos reais, em termos de saúde humana, qualidade de vida e perdas ecológicas. Entre eles, e em ordem de importância, são descritos os principais problemas

de poluição no Brasil: o agravamento à saúde, causado pela falta de abastecimento de água potável e falta de coleta, tratamento e disposição segura de esgotos; poluição atmosférica; a poluição das águas superficiais em áreas urbanas, com impactos visuais, odor e restrição às atividades de lazer, tão imprescindíveis na busca da melhoria da qualidade de vida do meio urbano; gestão inadequada dos resíduos sólidos, e finalmente a poluição localizada acentuada, que inclui zonas industriais com baixos níveis de controle de poluição, com impactos na população do entorno e nos sistemas naturais (BANCO MUNDIAL) ⁽²⁴⁾.

A fixação do homem em qualquer região do planeta tem acontecido, geralmente, em função das disponibilidades de alimento, luz solar, ar e água, necessários à sua sobrevivência. Nesse sentido, a água é a forma de energia essencial à vida e à manutenção dos ecossistemas.

Sabe-se que a água cobre três quartos da superfície terrestre. Todavia, do total de água existente no planeta, 97% corresponde à água salgada, imprópria para a maioria das necessidades humanas; 2,2% encontram-se sobre as superfícies das regiões polares e, apenas, 0,8% correspondem à água doce. Dos 0,8% de águas doces existentes, 97% são subterrâneas, sendo que apenas 3% correspondem às superficiais (CORSE) ⁽⁴⁾. O Brasil possui cerca de 11,6% da água doce disponível nos mananciais superficiais do planeta. Essa quantidade, no entanto, está distribuída de forma muito heterogênea. A região sudeste, com 46,65% da população do país, possui apenas 6% dos recursos hídricos, enquanto a região norte, com cerca de 6,98% da população, possui 68,50% dos recursos hídricos. Mesmo nas regiões com disponibilidade de água, as regiões metropolitanas vêm enfrentando problemas de escassez, devido à poluição dos mananciais próximos às áreas urbanas. Para abastecimento da região metropolitana de São Paulo, cerca da metade da água é captada no sistema a cinquenta quilômetros da área urbana, no Sistema Cantareira. O mesmo ocorre na região metropolitana de Florianópolis, onde 80% da água é captada a cerca de trinta quilômetros da área urbana (PHILIPPI) ⁽²⁵⁾.

Para evitar o desperdício de água e conservar os mananciais, desde 1934 o Brasil possui uma legislação para regulamentação do uso dos recursos hídricos, baseada no Decreto Federal n.24.643, conhecido como Código das Águas. Esse código já previa a cobrança pelo uso da água conforme a carga poluidora e contemplava vários princípios, posteriormente estabelecidos na Lei n.9.433 de 08/01/1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos. Entretanto, em virtude da sensação de fartura de água, o Código de Águas nunca foi colocado em prática. As políticas voltadas para a preservação dos recursos hídricos, já implementadas nos países desenvolvidos, são baseadas nos princípios de crime ambiental para os casos de poluição e consumidor-pagador, poluidor-pagador. Esses também são os princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos consolidada pela Lei n. 9.433.

Em geral, as represas, açudes e reservatórios de acumulação de águas enfrentam considerável depreciação da qualidade de suas águas devido aos processos de eutrofização, assoreamento, salinização e contaminação fecal. Dessa forma, a escassez cada vez mais acentuada de mananciais de águas de qualidade, adequadas ao abastecimento público, mesmo aquelas que necessitam de tratamentos convencionais, somando-se ao crescente consumo dos centros urbanos, são os fatores determinantes que despertam o interesse para o reúso de água, notadamente nestas duas últimas décadas (CORSE)⁽⁴⁾.

A água constitui um elemento essencial à vida animal e vegetal. Seu papel no desenvolvimento da civilização é reconhecido desde a mais remota antigüidade. O homem tem necessidade de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para todas suas necessidades, não só para a proteção da saúde, como também para seu desenvolvimento econômico.

Através de seu ciclo hidrológico, a água está em permanente contato com os constituintes da atmosfera e da crosta terrestre, dissolvendo as mais diversas substâncias químicas e carreando

outras que se encontram em suspensão além daquelas em que o homem, por suas múltiplas atividades, introduz nos sistemas hídricos. Assim, pode-se classificar os poluentes em naturais e artificiais. Os naturais constituem-se de substâncias minerais e orgânicas, dissolvidas ou em suspensão, além de gases provenientes da atmosfera ou de transformações microbianas da matéria orgânica, sem que tenham sido gerados por fontes antropogênicas.

Quanto aos artificiais, são provenientes de ações humanas, como por exemplo, os produtos químicos empregados no tratamento de água, tais como sulfato de alumínio, cal, entre outros. Quando utilizados em excesso durante o tratamento convencional de água, podem provocar sua contaminação; o uso inadequado e crescente de herbicidas, carrapaticidas, inseticidas, raticidas, largamente empregados no combate as pragas da agricultura e aos vetores de doenças humanas e animais são também carregados, através das chuvas, para os cursos d'água.

Os biocidas são compostos orgânicos sintéticos que podem poluir as águas subterrâneas ou superficiais. Outras fontes de poluição são os despejos de indústrias que envolvem uma variedade de produtos; os esgotos sanitários que, além da matéria orgânica descartada pelo homem, contém, entre outras substâncias, detergentes, cujas transformações microbianas revelam grande importância no balanço de oxigênio dos cursos d'água.

No tocante a emissão de gases de fábricas, incineradores, entre outros, algumas dessas substâncias acabam por precipitar diretamente na água ou para ela são carregadas pelas chuvas, contribuindo com a degradação da qualidade dos recursos hídricos disponíveis.

Todos os poluentes admitem concentrações ambientais que podem ser inofensivas aos seres vivos mas, se aumentadas, podem começar agir deletariamente sobre os mesmos, podendo levar até a morte.

Água pura, na acepção da palavra, não existe na natureza, pois sendo um ótimo solvente, nunca é encontrada em estado de absoluta pureza. Possui uma série de impurezas que vão imprimir características físicas, químicas e biológicas à sua qualidade. A água destinada ao uso doméstico deve ser desprovida de gosto, odor, entre outras características, ao passo que a destinada para usos menos nobres, não necessita apresentar as mesmas características nem os mesmos cuidados. Portanto, a qualidade da água desejável é função da qualidade da água do manancial e do sistema de tratamento adotado.

A água destinada ao consumo domiciliar deve ser potável, livre de substâncias tóxicas, não conter quantidades excessivas de substâncias minerais ou orgânicas, não estar contaminada com agentes capazes de infectar o consumidor através da transmissão de qualquer moléstia de veiculação hídrica, conforme preconiza o Decreto 8.468 da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (ESTADO DE SÃO PAULO)⁽⁵⁾.

SANTOS⁽⁶⁾ relata que os problemas de saúde, devido ao reúso de águas provenientes do esgoto bruto ou insuficientemente tratados, decorrem do precário controle de microorganismos patogênicos e dos contaminantes físicos e químicos.

Quanto a palatabilidade, a água deve ser agradável aos sentidos, pela sua “limpidez”, portanto livre de cor e turbidez, pela ausência de sabor e odor e pela adequada temperatura. Para tanto, sua composição deverá atender aos padrões de qualidade estabelecidos às que são destinadas ao abastecimento. Esses padrões são representados particularmente pelos de potabilidade que prevêm quantidades máximas de espécies químicas que podem ser toleradas nas águas de abastecimento, quantidades essas fixadas através de Leis, Decretos ou regulamentos regionais (PEREIRA)(ABREU)^(7,8). Nesse sentido, procura-se despertar a preocupação com a preservação do meio ambiente, não obstante a necessidade de se propiciar um desenvolvimento, porém de forma que não comprometa os recursos naturais.

Com esse intuito, empreendimentos imobiliários, em nível mundial, vem também experimentando mudanças tecnológicas, a fim de melhorar sua compatibilidade com o meio ambiente. Diminuição e reaproveitamento dos efluentes, uso de combustíveis alternativos e adoção de rotinas de controle de manutenção são aspectos importantes, uma vez que estão relacionados diretamente com a saúde da população. Entretanto, essa preocupação não se aplica apenas à diminuição da emissão de esgotos, mas também aos insumos ou recursos utilizados para a boa operação do sistema, destacando-se o uso da água para limpeza, rega de jardim e sanitários.

No Brasil, assim como em outros países em desenvolvimento, os empreendimentos imobiliários vêm provocando danos ao ambiente com diversos tipos de poluição ambiental. Entre eles destaca-se a geração significativa de efluentes provenientes da emissão de esgoto. Daí a utilização de água potável mineral de outras fontes úteis para a alimentação e consumo humano, descartando no meio ambiente uma grande quantidade de poluentes provenientes desses processos.

Uma das alternativas que se tem apontado para o enfrentamento do problema é o reúso de água, importante instrumento de gestão ambiental do recurso água e detentor de tecnologias já consagradas para a sua adequada utilização. Critérios e padrões de qualidade a serem aplicados em um sistema de reúso de água são de suma importância ressaltando-se a questão da saúde pública, a aceitação da água pelo usuário, a preservação do ambiente, a qualidade da fonte da água para reúso e a adequação da qualidade ao uso pretendido.

Nesse sentido, no Brasil destaca-se o pioneirismo de um parque temático. O empreendimento localiza-se junto a um córrego classificado como de classe 2 pelo Decreto Estadual n. 8.468 de setembro de 1976 e pela resolução 20 do CONAMA. De acordo com este dispositivo legal, esse corpo de água pode servir como manancial para abastecimento público

após tratamento convencional. Nessas condições, quando o empreendimento foi projetado, a pré-condição imposta pela agência paulista de meio ambiente, a Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental – CETESB, foi a de “descarte zero” do efluente líquido no corpo receptor (MANCUSO) ⁽¹⁵⁾. Além das restrições de lançamento, foram impostas rigorosas medidas de proteção aos funcionários e freqüentadores, na maioria crianças.

A idéia central da presente dissertação é a possibilidade de ampliação da experiência desse empreendimento, como ação afirmativa para promoção da saúde e sugestões de resolução de problemas semelhantes para o reúso da água.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Reúso das Águas Residuárias

Nas últimas décadas, o reúso das águas residuárias para fins não potáveis vem sendo implantado em todo o mundo. Esse fato é devido a crescente dificuldade de atendimento à demanda de água para os centros urbanos; escassez cada vez maior de mananciais próximos e qualidade inadequada das águas de abastecimento público e que necessitam de tratamento não convencional. Com essa tendência de reúso, importantes volumes de águas potáveis poderão ser poupados, usando-se as de menor qualidade, geralmente efluentes secundários pós-tratados, para atendimento de finalidades que podem prescindir da potabilidade (MANCUSO)⁽¹⁵⁾.

As imagens mais comuns associadas ao reúso das águas estão normalmente ligadas ao abastecimento doméstico, industrial e agrícola. Entretanto, a reutilização de águas afeta outros usos dos recursos hídricos, tais como a diluição dos despejos nos cursos d'água receptores, o uso de mananciais para abastecimento, navegação, atividades recreacionais, pesca e até mesmo para geração de energia elétrica. Assim torna-se imprescindível que o reúso das águas seja abordado sob a ótica do uso múltiplo dos recursos hídricos.

São muitas as formas e configurações de reúso das águas. A seleção de uma determinada alternativa deve considerar seus efeitos locais e regionais, em termos atuais e estimados para o futuro. Os impactos sociais, ambientais e econômicos, positivos e/ou negativos, causados pelo reúso planejado devem ser criteriosamente avaliados para que a proposta se aproxime dessa otimização hídrica. A forma de reúso pode ocasionar importantes alterações na qualidade e na quantidade de água, bem como na morfologia dos corpos d'água devido às mudanças no regime de transporte da descarga sólida nesses recursos.

A transposição do recurso hídrico entre bacias hidrográficas pode, às vezes, gerar conflitos entre as necessidades dos usuários das bacias afetadas, trazendo para a bacia

importadora, com é o caso da Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, a necessidade de captar mananciais adequados cada vez mais distantes do polo consumidor. Por outro lado, a bacia exportadora do recurso hídrico tem sua oferta para consumo local diminuída, com eventuais prejuízos para a manutenção de sua qualidade de vida. O reúso das águas surge como forma de minimizar, ou mesmo evitar esses conflitos (MANCUSO) ⁽¹⁵⁾. O reúso pode ser classificado de três formas: potável direto, potável indireto e não potável.

2.2. Reúso potável direto

MANCUSO ⁽¹⁶⁾ denomina reúso potável direto como a prática em que o esgoto, tratado por meio de processo avançado é injetado numa adutora de água potável. Atualmente, não se recomenda o reúso potável direto pelo fato da tecnologia disponível ser de custo proibitivo, da inexistência de adequados conhecimentos, necessários, acerca do rol de poluentes e contaminantes do reúso hídrico e da dificuldade em se controlar a flutuação da água processada, podendo trazer riscos inaceitáveis à população. Mesmo em países desenvolvidos, tal prática não é usual em virtude dessas dificuldades. Em uma escala de prioridades de problemas do saneamento básico brasileiro, o reúso potável direto não deve ser o primeiro da lista.

A conceituação do reúso potável tem sido também vista sob um enfoque mais amplo. A prática é utilizada sempre que o efluente tratado é reutilizado pelo mesmo usuário, com ou sem diluição; todavia, se lançados em cursos d'água, propicia a autodepuração natural para purificá-lo, antes da captação para novo uso (MANCUSO) ⁽¹⁶⁾.

2.3 – Reúso potável indireto

O esgoto tratado, quando lançado em corpos d'água ou infiltrado no terreno, reforça a disponibilidade das águas superficiais ou subterrâneas, configurando o reúso natural, onde fatores como a diluição e a reaeração, no caso das águas de superfície, promovem a purificação natural

do recurso hídrico, viabilizando sua captação, tratamento e consumo como água potável. Podendo ocorrer de forma planejada ou não.

No caso de águas superficiais, podem ser planejadas obras para descargas intencionais a montante do ponto de captação. A diluição é dependente do volume de água disponível no corpo receptor e a reaeração da velocidade das águas no rio. No caso de águas subterrâneas, recargas planejadas de esgoto tratado podem ser feitas por infiltração, percolação no solo ou por injeção pressurizada. Ambas modalidades reforçam o aquífero.

Recomenda-se que tal forma de reúso seja estudada e otimizada no Brasil, através do gerenciamento competente das bacias hidrográficas regionais e da consideração de seus efeitos sobre o uso planejado para o aquífero.

2.4. Reúso não potável

Na agricultura assim como na pecuária, o reúso ocorre quando o efluente das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), convenientemente condicionado, é utilizado para irrigação da plantação de sustento ou forrageira e/ou para a dessedentação de animais. Como consequência dessa modalidade de reúso, na maioria das vezes, ocorre à recarga do lençol freático. Assim sendo, a qualidade da água para esse tipo de reúso deve ser avaliada, observando-se os limites normalizados para poluentes permitidos em águas de irrigação.

No caso do efluente destinar-se à recarga de solos de textura fina, neutros ou alcalinos, com alta capacidade de remoção dos diferentes poluentes, sua aplicação pode ser realizada em períodos, antes que o destinado ao cultivo de plantas mais sensíveis a determinados poluentes, em solos arenosos, e que tenham baixa capacidade de reação e capacidade de remoção do poluente em questão, sua reutilização deve ser feita em períodos mais prolongados que os anteriores.

Na indústria quando necessário, os efluentes das ETEs, convenientemente condicionados por tratamento posterior, destinados às torres de resfriamento, caldeiras, água de processamento,

construções civis ou fins menos nobres, que possam prescindir da qualidade da água potável (LAVRADOR FILHO)⁽¹⁷⁾. Alguns processos industriais podem exigir qualidade superior da água potável, o que deve ser objeto de estudo e negociação.

Por outro lado, são freqüentes os casos em que as indústrias estudam a conveniência de captar seus próprios despejos. Nesse caso, recomenda-se atenção prioritária para essa modalidade de uso, pois as indústrias são grandes consumidoras, favorecendo a viabilidade econômica do empreendimento por se tratar de adução para consumo localizado. Em São Paulo, foi estimado que dos 55 m³/s de água potável distribuída, 13% são consumidos pela indústria (MANCUSO)⁽¹⁶⁾.

LEVY e PLONSKY⁽¹⁸⁾ estimaram que os grandes consumidores cresceriam sua demanda de 2,4 m³/s para 16,8 m³/s até a primeira década do século 21. Grande parte dessa água de excelente qualidade poderia ser poupada se a SABESP fornecesse o efluente de suas ETEs para esse segmento de consumo. Em algumas situações, como ocorre em algumas cidades industrializadas paulistas, o efluente das ETEs pode se constituir de uma alternativa natural para o suprimento de água para várias atividades dessa área.

O Rio Tamandateí tem suas vazões de estiagem quase inteiramente formada pelos esgotos da Região Metropolitana. Tal vazão diminuirá quando a ETE/ABC da Companhia Estadual de Saneamento Básico - SABESP começar a operar, pois os coletores marginais às calhas dos rios farão a interceptação dos esgotos, atualmente seus tributários diretos. A SABESP distribuindo seu efluente tratado, de melhor qualidade para as indústrias, do que a água hoje captada nos rios mencionados(LAVRADOR FILHO)⁽¹⁷⁾.

Considerando a importante parcela de água potável que é consumida em todas as metrópoles brasileiras, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas vem endossando a política:

“Nenhuma água de qualidade superior à requerida para um determinado fim deve ser utilizada, salvo se encontra-se em excesso, se o fim pretendido tolerar uma água de qualidade inferior”.

Outra forma de reúso industrial é praticada dentro da própria indústria, obedecendo o princípio de economicidade, segundo o qual a água deve ser reutilizada o maior número de vezes possível, antes de ser finalmente descartada. Esse processo de reciclagem interno às instalações industriais normalmente requer alternativa, devendo ser levados em consideração, dentre outros fatores, a elevação da temperatura, nutrientes, pH, sólidos em suspensão, cargas orgânicas, metais pesados e tóxicos (HAMANN)⁽¹⁹⁾.

O reúso das águas, convenientemente tratadas, tem sido empregado com sucesso mesmo com aquelas destinadas à reposição nas torres de resfriamento, com altos ciclos de evaporação e recirculação. Nesses casos os requisitos de qualidade são severos, devido ao possível acúmulo de contaminantes durante os ciclos (HAMANN)⁽¹⁹⁾.

As instalações de reciclo de água industrial são de iniciativa da própria indústria, cabendo ao Estado controlar a qualidade e a quantidade do efluente descartado.

No tocante aos fins recreacionais e/ou públicos, essa prática é voltada para o reúso do efluente das ETEs convenientemente condicionado por tratamento posterior, para irrigação de parques e campos de esporte, rega de jardins, lagos ornamentais e/ou recreacionais, postos de serviço para lavagem de automóveis.

A remoção de nutrientes é desnecessária quando o reúso for praticado para a irrigação urbana, havendo inúmeros exemplos em outros países (MANCUSO)⁽¹⁵⁾.

Para fins domésticos, o reúso das águas de efluentes das ETEs convenientemente condicionados por tratamento específico, é praticada na rega de jardins residenciais, lavagem de carros, águas verdes de condomínios, descargas de vasos sanitários.

No Japão, as normas da construção civil recomendam que condomínios, hotéis e hospitais sejam construídos com sistemas particulares de reaproveitamento de águas servidas. Por exemplo, a água proveniente do ralo do chuveiro ou da banheira é conduzida por canos independentes até um pequeno reservatório que abastece os vasos sanitários do edifício. Só depois desse ciclo, essas águas são consideradas esgoto e, em algumas cidades, é tratado e reutilizado em processos industriais.

No que se refere à manutenção de vazões mínimas de cursos de água, o efluente de ETEs pode garantir a diluição dos esgotos, de fontes pontuais ou não. (MANCUSO)⁽¹⁵⁾ recomenda que tal modalidade seja utilizada.

Uma outra possibilidade do emprego do reúso é na aquacultura. Esgotos convenientemente condicionados podem alimentar reservatórios destinados à produção de peixes e plantas aquáticas, a fim de obter alimentos e/ou energia da biomassa aquática. (MANCUSO)⁽¹⁵⁾ recomenda que tal modalidade seja utilizada quando demonstrada sua viabilidade econômica.

A recarga de aquíferos subterrâneos, pode ser feito pelo reúso das águas efluentes das ETEs convenientemente condicionados por tratamento posterior a fim de estabilizar o aquífero, ou para evitar a intrusão de águas salinas em cidades à beira mar. A recarga permite a redução dos custos de bombeamento, uma vez que o nível da água subterrânea aumenta após a recarga.

Essa operação pode ser feita por injeção pressurizada ou por meio do uso da água superficial, cuja vazão de base tenha sido reforçada pela recarga do aquífero alimentador. No primeiro caso a qualidade da água deve ser tal que não acarrete o entupimento do poço de injeção e/ou do aquífero de retorno desse poço.

2.5. Processo de Separação por Membrana

Observando-se os tecidos vegetais e animais, a engenharia conseguiu fabricar as membranas semipermeáveis. Desta forma, pode-se entender que essas membranas desempenham uma função parecida com os processos naturais que ocorrem nos intestinos dos animais e nas raízes vegetais para a transferência de nutrientes e remoção de materiais indesejáveis. Assim, a separação por membrana age como uma barreira seletiva entre duas fases. A força através das membranas gera componentes que são transportados em direção à superfície da membrana enquanto outros passam por ela. Nessas condições, a força motriz que comanda o processo, separa parte das impurezas originais na forma de concentrado.

Nas primeiras aplicações de membranas, a aglomeração de materiais biológicos ou não (*fouling*), e a degradação da própria membrana, bem como os custos dos sistemas que empregavam esses dispositivos e a disposição do concentrado faziam com que essa tecnologia fosse somente viável quando as impurezas removidas tivessem valor comercial. Com o desenvolvimento tecnológico dessas membranas, os processos de separação tornaram-se mais práticos, de tal forma que hoje são encontradas em instalações de sistemas de obtenção de águas ultrapuras, em dessalinização e em tratamento de efluentes (MANCUSO)⁽²¹⁾.

O processo pode ser utilizado para inúmeras aplicações, cada uma com sua própria característica de separação, como por exemplo: (LAUTENSCHLAGER)⁽²²⁾

- Processos orientados pela pressão: microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa;
- Processos orientados pela concentração: separação de gases, pervaporação e diálise;
- Processos orientados pela temperatura: destilação por membranas;
- Processos orientados pela eletricidade: eletrodialise.

O processo utilizado no presente estudo é o de ultrafiltração, classificado como uma operação de clarificação e desinfecção por membranas, que são meios porosos que permitem a rejeição de solutos maiores (macromoléculas) e de vários tipos de microorganismos como vírus e bactérias. A maioria das membranas utilizadas no tratamento de água são membranas orgânicas fabricadas com polímeros, poliamida aromática, acetato celulose ou filme fino composto (thin-film composite – TFC).

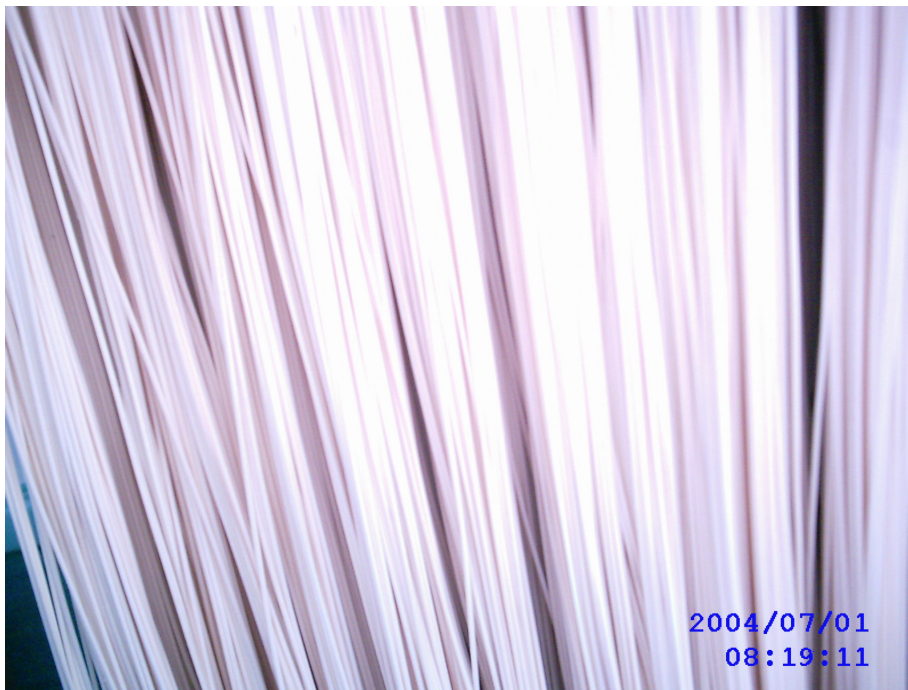


Figura 01: Membranas usadas no estudo de caso.

Fonte: Parque Temático

2.6. Reator Biológico com Membrana (MBR)

O reator biológico com membrana (MBR) é um conceito relativamente novo para o tratamento de efluentes. No MBR a separação sólido líquido é feita por um processo combinado físico e biológico usando um sistema de membranas. A membrana é usada na corrente de recirculação ou submersa no reator ou em outro tanque separado. Desta forma a membrana atua como uma barreira que retém colóides e macromoléculas incluindo bactérias. O efluente tratado

por este processo tem características similares a efluentes de ETEs dotadas de posterior tratamento por ultrafiltração. Porém o MBR tem vantagem especial para sistemas de tratamento pequenos, onde sistemas compactos e uma alta qualidade do efluente é requerida (LAUTENSCHLAGER)⁽²²⁾. As figuras 01 e 02 mostram detalhes dos módulos das membranas.

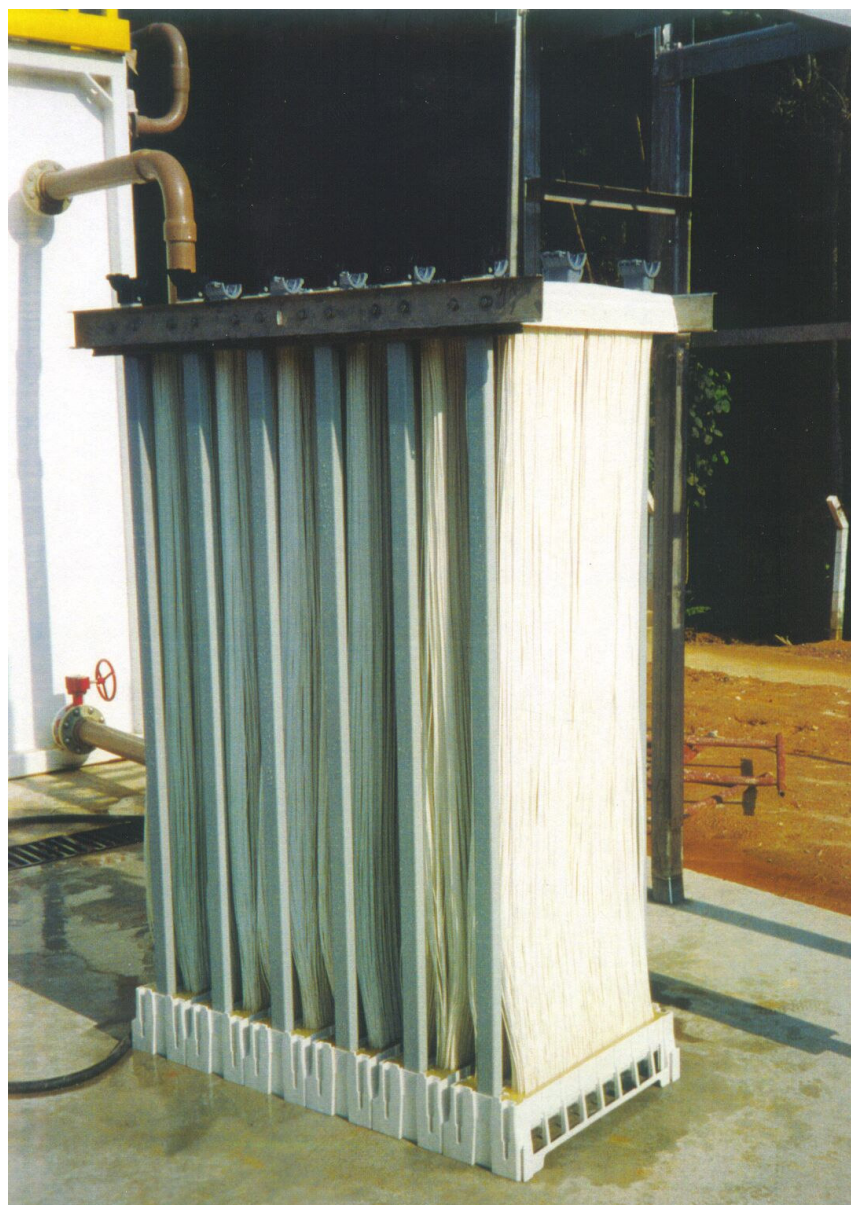


Figura 02: Membrana utilizada no empreendimento estudado

Fonte: Parque Temático

3. OBJETIVOS

3.1. Geral:

Demonstrar a viabilidade técnica de sistemas de captação, tratamento e reúso de efluentes em empreendimentos imobiliários, tendo como estudo de caso um parque temático.

3.2. Específicos:

- 1- Identificar, na literatura especializada, os principais tipos de reúso de água.
- 2- Identificar, na literatura especializada, os processos e operações unitárias a serem empregados no tratamento de esgotos para atender a modalidade de reúso de água empregada no estudo de caso.
- 3- Avaliar o desempenho de um sistema de reúso equivalente ao que poderia ser empregado em um empreendimento imobiliário como um loteamento, condomínio, vila, etc.

4. MÉTODOS

A pesquisa foi efetuada por meio das seguintes metodologias:

1ª - Caracterização do empreendimento estudado.

O empreendimento foi caracterizado de forma geral. Não foram objeto de estudo as atividades recreacionais e os brinquedos existentes no parque.

2ª - Descrição do atual sistema de interceptação, coleta, tratamento, reúso dos efluentes e disposição final do lodo gerado.

O sistema de interceptação, coleta, tratamento, reúso dos efluentes e disposição final do lodo gerado foi descrito de forma mais profunda na fase do tratamento e disposição final do lodo gerado. A interceptação e coleta desses esgotos, não foram objeto de descrição por dizerem respeito a um particular sistema, não sendo útil para seu emprego em situações diferentes, como no caso dos empreendimentos equivalentes. Pelo mesmo motivo o sistema de captação, tratamento, reservação e distribuição de água potável também não são estudados.

3ª - Levantamento bibliográfico sobre tipos de reúso e do tratamento por membranas.

A inexistência de material bibliográfico específico, concentrou a pesquisa bibliográfica nas bibliotecas da Universidade de São Paulo e da Companhia Estadual de Saneamento Básico – SABESP. Pelo fato de reúso ser uma área do saneamento ambiental relativamente nova, foi possível considerar todo material existente nessas instituições.

4ª - Especificação da qualidade da água para as diversas modalidades de reúso em empreendimentos imobiliários equivalentes. Foram feitas considerações e adaptações às normas internacionais, com base no estudo de caso.

5ª - Avaliação do sistema de reúso de água do empreendimento com base na legislação existente, nos dados do projeto e nos dados operacionais.

Importante fase do trabalho foi feita mediante observações “in loco”, consultas com operadores do sistema, com participantes do projeto e análise crítica dos dados laboratoriais analíticos.

5. RESULTADOS

A idéia do emprego do reúso de água em empreendimentos imobiliários vem ganhando adeptos no Brasil.

Foi divulgado em panfletos de divulgação o lançamento de um edifício em São Paulo em que o apelo comercial foi feito em cima do reúso de água. Nas descargas sanitárias desse prédio, seria utilizada água de reúso. Apresenta-se em anexo a referida matéria publicitária.

Condições especiais de pré-lançamento. Aproveite.

Perspectiva ilustrativa da fachada

- Fachada pré-moldada
- Aquecimento central solar/gás: até 82% de redução na conta de luz.*
- Reúso de água: economia de 35% na conta de água.
- Paisagismo único em apartamentos deste padrão.
- Lazer total.

*Comparado a um sistema de aquecimento central elétrico.

Figura 03: Propaganda de um edifício com projeto de reúso

O CenterVale Shopping em São José dos Campos também tem empregado essa tecnologia.

(LIMA)⁽²¹⁾, em suas torres de resfriamento.

Entretanto, em loteamentos residenciais a inexistência de equipamentos que demandem grandes vazões de água apontam para três principais possibilidades de reutilização de água: descargas sanitárias, rega de jardins e lavagens de pisos.

Assim sendo, adotou-se o estudo de um caso de um empreendimento equivalente que utiliza exatamente essas três formas de reúso.

5.1. Caracterização do Parque Temático

O parque localiza-se em Vinhedo-SP, as margens da Rodovia dos Bandeirantes Km 72. A área do terreno ocupada é de 760.000m². O abastecimento de água do parque é feito por poço profundo. O número de empregados varia em função da operação do parque. Em geral, são empregados 100 funcionários em dia de parque fechado (administrativo e manutenção).

Em funcionamento, o parque utiliza cerca de 800 funcionários (100 da manutenção e administração e 700 da operação) e durante os fins de semana permanecem os 700 funcionários da operação. A média histórica diária de visitantes é de 8.000 pessoas .

A média do número de refeições servidas nos restaurantes do parque, varia de 8.000 a 10.000/dia, e a média das refeições servidas aos funcionários é de 680/dia. O Projeto inicial do parque previa um recebimento de até trinta mil visitantes por dia, em condições de pico. Dependendo da época do ano, a frequência pode oscilar e, como consequência, a vazão do efluente apresenta um comportamento equivalente. A tabela 1 apresenta os valores máximos para os parâmetros estabelecidos.

O Parque possui capacidade de atender cerca de 5.000 pessoas por hora na parte de alimentos e bebidas gerando entre 2 toneladas (com 4 mil visitantes) de lixo por dia e 9 toneladas (com 18 mil visitantes).

Como foi mencionado no capítulo introdutório, em razão das restrições ambientais legais, o projeto do sistema de captação, tratamento e distribuição de água, bem como o de coleta e

tratamento dos esgotos gerados, foi concebido tendo como objetivo alcançar o desafio do descarte zero nos corpos de água superficiais.

Tabela 1 : Sistema de reúso, dimensionado com base em informações fornecidas pelos empreendedores.

Uso	Unidade	Taxa L/un/d	Quantidade máxima	Demanda de água (m ³ /d)			Esgoto gerado m ³ /d
				Total	Potável	Reúso	
Sanitário de visitantes	Pessoa	40	14.750	590	147,5	442,5	578,2
Sanitário de funcionários	Pessoa	57	1.161	66,2	16,55	49,65	64,9
Alimentação	Pessoa	7	15.911	111,4	111,4	0	66,8
Lavagem de pisos	m ³	4	9.000	36,0	0	36,0	0
Irrigação	m ³	3	90.000	270,0	0	270,0	0
Brinquedos	---	---	---	90,0	90,0	0	88,2
Total	m ³ /d	---	---	1.163,6	365,4	798,2	798,1

Fonte: Dados fornecidos pelos empreendedores

Para abastecimento de água potável, o Parque Temático utiliza águas subterrâneas. São dois poços profundos, com aproximadamente 200 metros de profundidade e vazão média de 40 m³/hora.

A água dos poços é de excelente qualidade, necessitando apenas de desinfecção, não sendo preciso passar por uma estação de tratamento. O processo de desinfecção é realizado por meio da adição de hipoclorito de sódio na água.

Após desinfetada, a água abastece bebedouros, torneiras, fontes e todas as atrações aquáticas com brinquedos do Parque. O Empreendimento possui 234 vasos sanitários e a caixa d'água possui 3 milhões de litros, tendo comparativamente mais água que uma piscina olímpica e sendo maior até mesmo que o volume de água de um parque aquático.

Toda a água é armazenada em um reservatório com capacidade para 3.000 m³, localizado no ponto mais alto do Parque, sendo esta água armazenada também como reserva de incêndio.

O sistema distribuidor de água potável é composto por:

- 900 metros de rede de adução e
- 4.360 metros de rede de distribuição.

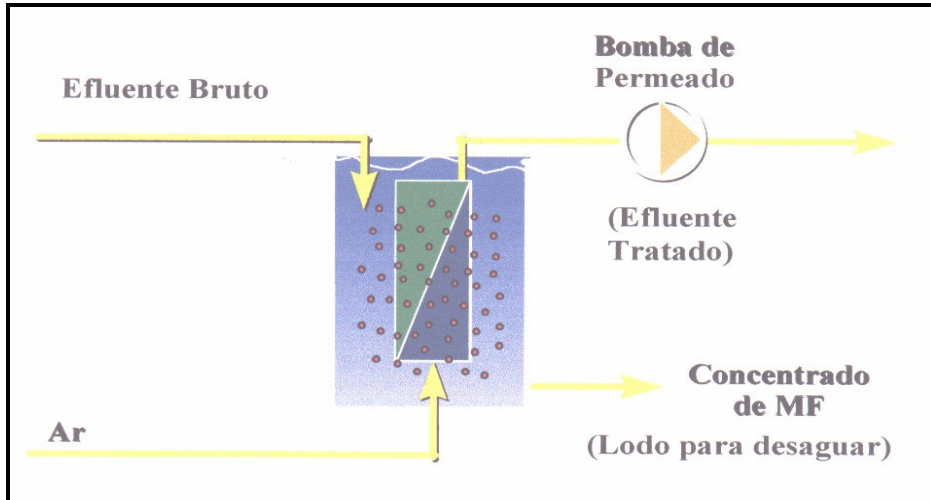
O esgoto gerado nos sanitários, bares e restaurantes é captado em uma rede que conduz a um tanque de homogeneização, aerado, que age como um “pulmão”, alimentando o tratamento de acordo com a quantidade de efluente gerado. A seguir, o esgoto é conduzido ao tanque de aeração onde a separação da biomassa é feita por membranas com forma de filetes ocos, montados em pacotes, denominados quadros pelo fabricante.

Cada quadro contém 6 módulos de membranas “zeewed 500”. Como existem dois tanques, são quatro os cartuchos no sistema estudado (figuras 1 e 2).

As membranas são agrupadas por módulos submersos no tanque de aeração e as fibras ocos ficam diretamente em contato com o efluente e com o lodo. Vácuo é criado nas fibras ocos, através da sucção da bomba de permeado, permitindo que o efluente tratado passe pela membrana, penetre em seu interior e, a seguir, seja bombeado para fora do tanque de aeração. A introdução de ar no fundo do módulo cria turbulência que limpa a superfície das membranas e mantém sua taxa de filtração. O efluente tratado é constituído do material filtrado que tem características ideais para reutilização. A figura 4 apresenta um desenho esquemático do sistema

de separação da biomassa do efluente tratado, enquanto que a figura 05 mostra os quadros sendo retirados para limpeza e na figura 06, é mostrada a operação de lavagem das membranas.

Figura 4: Esquema de funcionamento das membranas.



Fonte: Parque temático

De acordo como os dados cedidos pelo parque, a porosidade das membranas é de $0,1 \mu\text{m}$, o que faz com que sejam retidos tanto materiais insolúveis (bactéria, colóides, sólidos suspensos) como materiais de alto peso molecular (moléculas de óleo e sólidos pequenos); obtendo-se uma qualidade excelente do material filtrado com características ideais para reutilização.

O material retido no container é periodicamente descartado (lodo), e a frequência do descarte depende das condições de operação e da quantidade de efluente gerado.

O lodo gerado (parte sólida do efluente) é encaminhado para uma usina de compostagem. Nessa usina o lodo é transformado de forma a ser usado como condicionador de solo, que irá auxiliar o desenvolvimento de plantas e vegetais. A operação da estação de tratamento é totalmente automatizada, controlada por um computador central. Em um painel de controle, são registrados todos os dados, valores, válvulas abertas ou fechadas, entre outras informações que irão ajudar o operador a controlar o tratamento.

O efluente tratado ao sair da estação passa a se chamar “água de reúso”. Por ser de boa qualidade, o Parque reutiliza essa água para fins como lavagem de pisos, irrigação de áreas verdes e vasos sanitários, atividades consideradas menos nobres. Em nenhum momento desse ciclo a água tratada pela ETE entra em contato com pessoas. Todas as atrações aquáticas do Parque usam água potável para o seu funcionamento.

O Parque implantou um plano de controle de qualidade, onde amostras da água são coletadas nas várias fases do sistema de captação, tratamento e reúso dos efluentes, e submetidos à exames físicos, químicos e microbiológicos. Os resultados desses exames são apresentados nas tabelas 3 e 4.



Figura 5: Cartucho de membranas sujo retirado para limpeza.

Fonte: Parque Temático



Figura 6: Cartucho com 6 módulos de membranas do empreendimento sendo lavados.

Fonte: Parque Temático

Os produtos utilizados no tratamento do efluente são:

- Sulfato de alumínio: dosado na entrada da estação. Ajuda no processo de coagulação dos sólidos, facilitando a separação do efluente.
- Soda cáustica: corrige o pH na entrada do tratamento.
- Cloreto férrico: dosado no lodo agindo como coagulante, facilitando sua prensagem.
- Cal hidratada: corrige o pH do lodo.

Hipoclorito de sódio: dosado na água tratada. Age como desinfectante, combatendo agentes patogênicos.

O efluente do tratamento biológico, após a desinfecção com hipoclorito de sódio e correção de pH, é recalcado para um reservatório central de água de reúso. Em seguida, por meio de um sistema duplo de distribuição, parte desse efluente é conduzido aos reservatórios dos sanitários para uso em descargas sanitárias. A outra parte vai para reservatórios separados destinados à rega dos jardins e gramados do parque por meio de aspersões (figura 8).

O dimensionamento da estação de tratamento de esgotos, dos reservatórios de equalização da água de reúso segundo (MANCUSO)(21), foi feito com otimização conjunta, resultando em uma unidade de tratamento com capacidade nominal de operação de 600 m³/dia. Essa instalação admite picos de vazão de até 1.000 m³/dia sendo essa uma característica operacional de biorreatores com membranas.

O reservatório de equalização, de 1.300 m³, conta com um sistema de injeção de ar difuso que visa eliminar eventuais problemas de odor. Existem ainda dois reservatórios de água de reúso, em série, de 600m³ cada um.

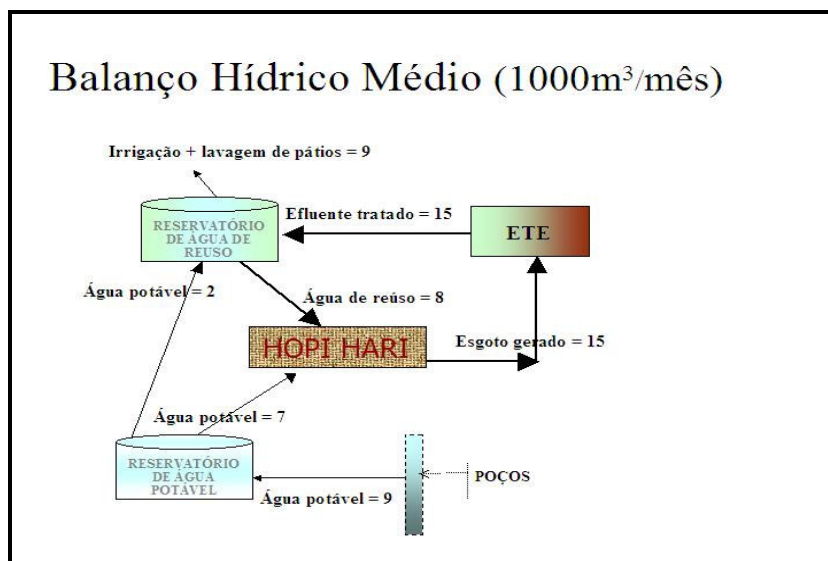


Figura 7: Balanço hídrico e número médio mensal de visitantes desconsiderando perdas.

Fonte: (MANCUSO)(21).

A figura 7, apresentada por (MANCUSO)(21), mostra o esquema de funcionamento do sistema hidráulico do parque, com as vazões estimadas na fase do projeto e esquema de funcionamento da ETE na figura 11.

Pela abundância de área ajardinada (aproximadamente 150.000 m²), o descarte zero no corpo receptor é garantido pela rega dessa área. A possibilidade do contato do público do parque com a água de reúso não pode ser descartada. Desta forma, os projetistas assumiram que ingestões acidentais desta água poderiam ocorrer, porém essas ingestões não poderiam representar riscos à saúde. Optou-se por vegetação salino resistente, pela possibilidade também de sanilização do solo, tendo em vista que o descarte final se faz nos jardins e gramados do parque.



Figura 8: Bico para irrigação dos jardins do parque.

Fonte: O Autor



Figura 9: Container que abriga o sistema de membranas

Fonte: O Autor



Figura 10: Estação de tratamento vista aérea.

Fonte: O Autor



Figura 11: Esquema do funcionamento da estação de tratamento.

Fonte: Parque Temático

No sentido de acompanhar operacionalmente o sistema de tratamento, são realizadas análises físico-químicas e bacteriológicas na água de reúso a fim de garantir a qualidade do tratamento.

O Parque Temático tem como preocupação além dos seus efluentes, também os seus resíduos sólidos. Assim sendo, foi criado um centro de triagem para separar e processar todos os resíduos gerados pelos visitantes e pelos funcionários.

As lixeiras do Parque são identificadas, auxiliando e incentivando os visitantes a participarem da coleta seletiva.



Figura 12: Lixeiras para separação de resíduos espalhadas pelo parque.

Fonte: O Autor

O Centro de Triagem é operado por funcionários que realizam a separação dos resíduos gerados nas atividades do parque, classificados em: recicláveis, orgânicos e inertes.

Os recicláveis são formados por plástico, papel, papelão, vidro, alumínio, metal e embalagem longa vida. Após a separação, esses materiais voltam para o mercado para se tornarem novos produtos.

Os orgânicos são as sobras de alimentos e o lodo (parte sólida) que saiu da ETE (Estação de Tratamento de Esgotos). Esses materiais são enviados para uma Usina de Compostagem e transformam-se em adubo orgânico, que vão auxiliar no desenvolvimento de flores, árvores e outros vegetais.

Os inertes que são os resíduos sólidos (lixerias, gomas de mascar, resíduos de varrição, filtros de cigarro e isopor) seguem para um aterro sanitário e formam a menor parcela entre todos os resíduos do parque.

As lixeiras no parque encontram-se disponíveis em locais estrategicamente escolhidos (figura 12) e a figura 13 ilustra, de forma esquemática, todo o processo, desde a captação até a disposição final dos resíduos sólidos.



Figura 13: O caminho que o lixo percorre no parque.

Fonte: Parque temático

5.2. Parâmetros de Projeto

A tabela 2 apresenta os dados de projeto obtidos com os empreendedores, e os parâmetros do sistema :

USO	UNIDADE	TAXA (l/un/d)	QUANTIDADE
Sanit. Visitante	peçoas	40	0 a 30.000
Sanit. Funcionários	peçoas	57	500 a 1.300
Alimentação	peçoas	7	500 a 31.300
Piso	m ²	10	0 a 45.000
Jardins	m ²	3	0 a 150.000
Brinquedos	m ³ /d	-	90
Perdas	%	-	1 a 5

Tabela 02: Parâmetros do sistema

Fonte: Parque temático

5.3. Parâmetros de Qualidade de Água para Reúso

A ausência de uma classificação específica para reúso de água em parques temáticos, na literatura especializada, conduziu à adoção da mesma classificação de água para fins urbanos e domésticos, compatível também com o uso em descargas sanitárias, lavagem de pátios e rega de jardins encontrada na Water Environment Research Foundation (Assessment Report, Water Reuse. USA, 1994) e a Environmental Protection Agency – EPA. (Manual Guidelines for Water Reuse. Washington, 1992).

Assim sendo, foram considerados os seguintes parâmetros:

5.3.1. Parâmetros Físicos e Químicos

- Cor \leq 15 UC
- Odor: Ausentes
- Turbidez: \leq 5,0 NTU
- pH: 6,5 – 8,3
- OD (oxigênio dissolvido): Aeróbica (não restritivo)

- DQO (demanda química de oxigênio): ≤ 60 mg/L (não restritivo)

5.3.2. Parâmetros Inorgânicos

- ATA (agentes tenso ativos): 0,2 mg/L
- SST (sólidos totais em suspensão): $< 5,0$ mg/L
- Cloretos: não prejudicial a plantas cloreto sensíveis (< 600 mg/L)
- Sólidos sedimentáveis: ausentes
- Materiais flutuantes e espuma: ausentes
- Óleos e graxas: ausentes

5.3.3. Parâmetros Microbiológicos

- Patógenos: ausentes
- Coliformes totais: $\leq 2,2/100$ mL
- Coliformes fecais: ausentes
- Nematodos intestinais: ≤ 1 ovo/L em toda amostra analisada.

6. DISCUSSÃO

A água de reúso deve ter alto grau de tratamento e desinfecção, não podendo ter a presença de patógenos por causa de sua acessibilidade ao público. Pesquisando as literaturas especializadas conclui-se que para emprego do reúso de água em empreendimentos equivalentes, segundo (MANCUSO)(21), devem também ser evitadas as ligações cruzadas (*cross connections*) como em sistema de água potável, sendo absolutamente necessário o emprego de sistemas duplos de distribuição para a água de reúso e para a água potável.

A tabela 3 apresenta os resultados dos valores máximos dos parâmetros controlados, desde o início da implantação do parque em 1999 até 2001.

Tabela 3: Valores Máximos referentes ao período entre 1999/2001 (número de amostras coletadas n = 56).
(Salvo indicações, todos valores em mg/L)

Parâmetros	Bruta (saída tanque de homog.)	Tratada (saída da estação) X _{máx}	Limite (Item 5.3)
PH	7,16	7,9	6,5 – 8,3
Cor (UC)	—	10	≤ 15 UC
Turbidez (NTU)	—	0,5	≤ 5 NTU
Cloretos	—	—	≤ 600
Cloro residual	—	—	0,5
Odor	—	ausente	Ausente
OD (Oxigênio dissolvido)	—	—	Aeróbia
DQO (Deman. Quím. de O ₂)	620	40	≤ 60

Tabela 3: Valores Máximos referentes ao período entre 1999/2001 (continuação)			
DBO (Demanda Bioquím.de O2)	403	3,2	—
ATA (Agentes Tensoativos)	0,2	< 0,1	0,2
Materiais Flutuantes	presença	ausente	Ausente
Espumas	ausência	ausente	Ausente
Óleos e Graxas	350	< 0,1	Ausente
N-NH3 (Amônia)	4,15	0,96	—
NKT (Nitrogênio Kjeldahl total)	5,04	1,12	—
SST (Sólidos Suspensos Totais)	—	—	≤ 5
SS (Sólidos sedimentáveis)	—	—	Ausente
Potássio	—	22,4	—
Fósforo total	3,71	1,0	—
Ortofosfato	0,67	0,62	—
Coliformes totais	—	ausente	≤ 2,2/100 mL
Coliformes fecais	—	ausente	Ausente
Ovos de helmintos	—	ausente	—
Cistos de protozoários	—	ausente	—

Tabela 04: Valores Máximos, Médios e Mínimos referentes à 2005 (continuação)								
DQO (Demanda Quím. de O2)	150,00	337,38	826	4,00	22,13	58,00	93,44	≤ 60
DBO (Demanda Bioquím.de O2)	2,30	120,42	324	0,10	1,98	3,30	98,36	—
ATA (Agentes Tensoativos)	—	—	—	—	—	—	—	0,2
Materiais Flutuantes	presença	presença	presença	ausente	ausente	ausente	—	ausente
Espumas	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	—	ausente
Óleos e Graxas	ausente	16,08	116,00	ausente	9,23	75,00	42,60	ausente
N-NH3 (Nitrogênio Amoniacal)	0,0	34,94	48,00	0,00	1,92	15,05	94,50	—
Nitrogênio Nitrito	0,0	5,93	48,00	0,00	0,006	0,034	99,90	—

Tabela 04: Valores Máximos, Médios e Mínimos referentes à 2005 (continuação)								
Nitrogênio Nitrato	0,0	20,72	117,50	0,00	45,88	99,00	(54,84)	—
NKT (Nitrogênio Kjeldahl total)	3,0	65,6	189,75	0,83	49,79	99,75	24,10	—
SST (Sólidos Suspensos Totais)	1,04	159,04	374,00	ausente	7,33	48,00	95,34	≤ 5
SS (Sólidos Sedimentáveis)	—	—	—	—	—	—	—	ausente
Potássio	—	—	—	9,40	18,74	26,60	—	—
Fósforo total	—	—	—	—	—	—	—	—
Ortofosfato	0,52	3,16	9,90	0,0	1,38	2,86	56,33	—
Coliformes totais	—	—	—	0,0	5,0	90,0	—	≤2,2/100 mL
Coliformes fecais	—	—	—	0,0	0,25	5,0	—	ausente

Tabela 04: Valores Máximos, Médios e Mínimos referentes à 2005 (continuação)								
Ovos de helmintos	—	—	—	ausente	ausente	ausente	—	—
Cistos de protozoários	—	—	—	ausente	ausente	ausente	—	—
Pesquisa de larvas	—	—	—	ausente	ausente	ausente	—	—
Nematodos intestinais	—	—	—	ausente	ausente	ausente	—	≤ 1ovo/L
Sódio	—	—	—	82,9	183,10	396,8	—	

Fonte: Parque Temático

A seguir (MANCUSO)(21), apresenta os limites recomendados para constituintes em águas de reúso para irrigação agrícola de acordo com a USEPA (US Environmental Protection Agency).

Tabela 05: Parâmetros para reúso agrícola

Constituintes	Limite Recomendado	Constituintes	Limite Recomendado
Alumínio (mg/L)	5,0	Molibdênio (mg/L)	0,01
Arsênio (mg/L)	0,10	Níquel (mg/L)	0,2
Berílio (mg/L)	0,10	Selênio (mg/L)	0,02
Boro (mg/L)	0,75	Estanho, tungstênio, titânio	—

Tabela 05: Parâmetros para reúso agrícola (continuação)			
Cádmio (mg/L)	0,01	Vanádio	0,1
Cromo (mg/L)	0,10	Zinco	2,0
Cobalto (mg/L)	0,05	pH	6,0 – 8,5
Cobre (mg/L)	0,2	STD (Sólidos totais dissolvidos) (mg/L)	500 – 2000
Fluoretos (mg/L)	1,0	SS (Sólidos em suspensão) (mg/L)	Máx. 30
Ferro (mg/L)	5,0	Cloro residual livre (mg/L)	Max. 1,0
Chumbo (mg/L)	5,0	Cloretos (mg/L)	100 – 350
Lítio (mg/L)	2,5	Sódio absorção foliar (mg/L)	Max. 70,0
Manganês (mg/l)	0,2	Sódio absorção pela raiz (mg/L)	SAR:3 – 9

Fonte: USEPA (US Environmental Protection Agency).

7. CONCLUSÕES

Inexiste legislação específica para reúso de água em loteamentos, bairros, conjuntos residenciais, condomínios. como foi dito no item 5.3, Assim sendo, estudou-se um empreendimento considerado equivalente, ou seja, onde reúso para descargas sanitárias, rega de jardins e lavagem de pisos fossem empregados.

Apresentou-se uma análise ao sistema de controle de qualidade implantado no parque, tendo em conta o significado sanitário e operacional de cada parâmetro, de acordo com (PIVELI)(27) e (SPERLING)(28). É importante destacar que os comentários tem como objetivo a adequação do sistema de controle de qualidade do parque a um empreendimento equivalente.

pH: O pH representa a atividade do íon hidrogênio na água, de forma logaritimizada, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula da água e posteriormente acrescida pelo hidrogênio proveniente de outras fontes, como efluentes industriais (ácido sulfúrico, clorídrico, nítrico, etc.), dissociação de ácidos orgânicos como o ácido acético, que resulta da “fase ácida” da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, bom como outras substâncias que venham a representar reação ácida com o solvente (água).

No intervalo estudado, a variação entre o valor máximo e mínimo do pH atendeu os padrões impostos pela USEPA (US Environmental Protection Agency). Entretanto em relação aos limites impostos pelo parque, observou-se que o valor máximo registrado estava fora do limite estipulado.

Cor: A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico.

O parâmetro cor em todo período analisado esteve abaixo do limite imposto pelo parque e pela legislação citada. A cor é importante na descarga sanitária não representando grande importância para rega de jardins.

Turbidez: A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc.

Verifica-se que o valor máximo é superior aos limites impostos pelo parque. Chama-se a atenção para o fato de que na legislação citada, esse parâmetro não é considerado, entretanto, pelo fato de existir uma correlação íntima entre sólidos suspensos e turbidez, recomenda-se sua manutenção como um controle adicional, para prevenção do entupimento dos bicos do sistema de aspersão.

Cloretos: O cloreto se apresenta nas águas subterrâneas através de solos e rochas. Nas águas superficiais são fontes importantes as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca de 6g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15mg/L. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas, como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas e cortumes. Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água.

O limite imposto pelo parque é bem mais tolerante (≤ 600) do que o limite adotado por (MANCUSO)(21) (100 – 350). Não houve um acompanhamento desde o efluente bruto até o tratado uma vez tratar-se de um parâmetro importante pelo fato de que valores superiores a 100

mg/L podem causar problemas de adsorção foliar e em menor grau, absorção pela raiz. Acima de 350 mg/L podem acarretar problemas ainda mais graves. Uma explicação à essa omissão é que as plantas usadas no paisagismo do parque são salino-resistentes. Entretanto cuidados com a salinização do solo também não foram implementados.

Cloro residual: Define-se cloro residual como sendo o cloro presente na água, após a ação oxidante na ETA, nas formas do ácido hipocloroso ou do íon hipoclorito. Do cloro aplicado no tratamento desses efluentes, parte é consumida satisfazendo a sua ação oxidante, o que é chamado cloro consumido ou demanda de cloro, e parte permanece como residual.

Não existem limites para o cloro residual de águas de reúso para fins agrícolas. Entretanto pelo fato de que no parque são feitos outros tipos de reúso, adotou-se o valor de 0,5 mg/L de cloro residual livre como sendo o valor mínimo desejável no ponto mais distante do sistema distribuidor. Observando os dados da tabela 02, constata-se a ausência de cloro residual como valor mínimo detectado. Porém, chama a atenção pelo fato de que a média observada (1,42 mg/L) confere bastante segurança à água.

Odor: Uma das principais fontes de odor nas águas naturais é a decomposição biológica da matéria orgânica. No meio anaeróbio, isto é, no lodo de fundo de rios e de represas e, em situações críticas, em toda a massa líquida, ocorre a formação do gás sulfúrico que representa odor típico de ovo podre, de mercaptanas e amônia, este último ocorrendo também em meio aeróbio. Águas com floração excessiva de algas também podem manifestar odor.

A questão da formação de odores no sistema de tratamento e reúso de água do parque constitui-se em problema sério. No início da operação do sistema, a exalação de odores de gás sulfídrico era extremamente alta devido ao longo período de detenção dos esgotos brutos no

tanque de homogeneização. O problema foi solucionado com a implantação de um sistema de aeração por ar difuso nesses tanques, mas houve uma grande influência no teor das diversas formas de nitrogênio.

OD (Oxigênio dissolvido): OD é o oxigênio que se dissolve nas águas naturais proveniente da atmosfera devida a diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura.

A ausência de limites para OD deve-se ao fato de que não é um parâmetro restritivo para os reúsos aplicados.

DQO (Demanda química de oxigênio): A demanda química de oxigênio consiste em uma técnica utilizada para a avaliação do potencial de matéria redutora de uma amostra, através de um processo de oxidação química em que se emprega o dicromato de potássio. Neste processo, o carbono orgânico de um carboidrato, por exemplo, é convertido em gás carbônico e água.

O sistema de tratamento em termos de remoção de DQO tem trabalhado de maneira bastante eficiente observando-se valores de remoção de DQO de 93,44% em valores médios. A imposição de um limite de 60 mg/L para esse parâmetro pelo parque, deve-se ao fato de que a eventual presença de material não biodegradável seria indesejável.

DBO (Demanda bioquímica de oxigênio): A DBO corresponde à fração biodegradável dos compostos presentes na amostra. Da mesma forma que o **DQO**, os dados apontam para uma remoção de até 99,01% considerando-se os valores máximos. Entretanto, não há uma limitação de seus valores nem por parte do parque nem pela legislação internacional.

ATA (Agente tenso ativo) e Espumas: Também conhecido como detergente ou surfactante. São definidos como compostos que reagem com o azul de metileno sob certas condições especificadas. Os detergentes podem exercer efeitos tóxicos sobre os ecossistemas aquáticos e responsabilizados também pela aceleração da eutrofização. Além de a maioria dos detergentes comerciais empregados ser rica em fósforo, sabe-se que exercem efeito tóxico sobre zooplâncton, predador natural das algas. Segundo este fator, não bastaria apenas a substituição dos detergentes superfosfatados para o controle da eutrofização. Existem correntes atuais de pesquisadores que têm preferido o controle das fontes de nitrogênio para barrar processos de eutrofização, considerando que existem poucas espécies de algas fixadoras do nitrogênio atmosférico.

A imposição de um limite para ATA deve-se ao fato de que seria inadmissível a presença de espuma no sistema de descarga sanitária bem como de irrigação por aspersão. Observou-se que o parque não monitora esse parâmetro.

Materiais Flutuantes: A presença de materiais flutuantes seria indesejável pelo fato de ser um parâmetro de ordem estética na medida em que sua presença na bacia sanitária seria indesejável, mas também um parâmetro operacional pois em excesso poderia entupir os bicos aspersores do sistema de irrigação. Ao longo do período examinado não se observou sua existência.

Óleos e Graxas: Os óleos e as graxas são substâncias que um determinado solvente consegue extrair da amostra e que não se volatilizam durante a evaporação do solvente.

Embora não haja limitação para este parâmetro na legislação internacional para reúso agrícola, sua ausência foi imposta nos limites definidos pelo parque por entender que sua

presença poderia causar problemas de ordem estética nos aparelhos sanitários. Os dados observados mostram que sua remoção não tem sido satisfatória pelo sistema de tratamento, havendo uma taxa de remoção de 35,34% em relação aos valores máximos correspondendo à 75 ppm o valor máximo observado.

Nitrogênio: Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se alterna entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio molecular escapando para a atmosfera, nitrogênio orgânico dissolvido ou em suspensão, amônia livre e ionizada, nitrito e nitrato.

O nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização). Os processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e a nitrato, implicam no consumo de oxigênio dissolvido do meio.

Em um corpo d'água, a determinação da forma predominante de nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição. Quando recente a poluição, o nitrogênio apresenta-se na forma orgânica ou de amônia, enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrito.

Nos esgotos domésticos brutos as formas predominantes do nitrogênio são o orgânico e amoniacal. Em laboratório, essas duas formas são determinadas em conjunto, constituindo o denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NKT). Por outro lado o Nitrogênio Total é a soma do NKT, nitrogênio de nitritos e nitrogênio de nitratos.

Em uma estação de tratamento, o nitrogênio amoniacal transforma-se em nitrito e posteriormente em nitrato caracterizando assim o processo de nitrificação. Esse processo pode ainda ser aprofundado reduzindo os nitratos à nitrogênio gasoso (processo de desnitrificação).

Os resultados das análises efetuadas mostram uma média de 34,95 mg/L de nitrogênio amoniacal no esgoto bruto e uma média de 1,92 mg/L no efluente tratado, indicando uma transformação do nitrogênio amoniacal em outras formas de nitrogênio em grande parte na forma de nitrato cujo valor médio é aumentado em mais de 100% considerando-se o esgoto bruto e o tratado.

No caso estudado, a interpretação das análises relativa às formas de nitrogênio, é extremamente complicada pois o tanque de homogeneização é dotado de insuflação de ar para redução de odores. Essa aeração dificulta o entendimento de onde realmente as reações aeróbicas estão se iniciando, haja vista a presença de nitratos no esgoto bruto em valores de até 177,50 mg/L.

SST (Sólidos Suspensos Totais): Os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação , secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida e durante um tempo fixado.

O sistema não está operado de forma conveniente no que diz respeito a remoção de SST. O valor máximo recomendado pelo parque (5mg/L) não está sendo respeitado, uma vez que tanto o valor máximo como o médio foram superiores ao limite definido pelo parque. Da mesma forma que materiais flutuantes, a inobservância desse parâmetro pode comprometer o sistema de irrigação.

SS (Sólidos Sedimentáveis): É a porção dos sólidos em suspensão que se sedimenta sob a ação da gravidade durante um período de uma hora, a partir de um litro de amostra.

Embora o limite para sólidos sedimentáveis seja severo pois exige ausência, a análise referente à este parâmetro não foi feita no período observado.

Potássio: Não há limitação para potássio tanto na legislação internacional quanto nos limites impostos pelo parque. Pelo fato do potássio ser um nutriente importante para o metabolismo das plantas, seu acompanhamento é feito de forma sistemática pelo parque.

Fósforo: O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. As formas em que os ortofosfatos se apresentam na água dependem do pH.

Conforme se esperava, houve uma redução de até 71% de ortofosfatos após tratamento, se considerado os valores máximos de fósforo na sua fórmula. Considerando que o efluente é disposto no jardim do parque, este é um aspecto positivo em termos de fornecimento de nutrientes às plantas, uma vez que os ortofosfatos estão diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões à formas mais simples.

Coliformes Totais e Fecais: Os coliformes apresentam-se em grande quantidade nas fezes humanas. De um terço a um quinto do peso das fezes humanas é constituído por bactérias do grupo coliforme. Os coliformes totais poderiam ser entendidos como coliformes “ambientais”, dada a sua possível incidência em águas e solos não contaminados, representando, portanto, outros organismos de vida livre, e não intestinais. Os coliformes fecais são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e de outros animais.

A presença desses indicadores biológicos é incompatível com os teores de cloro residual mantidos no sistema de distribuição de água de reúso. Embora os dados disponíveis mostrem em

alguns momentos a ausência de cloro residual, a média verificada (1,42mg/L) é mais do que suficiente para justificar a eliminação desses organismos.

Ovos, Cistos, Larvas e Nematodos: Embora o parque tenha estipulado como única limitação os nematodos intestinais em sua rotina de análises, são verificados a presença de ovos, cistos e larvas. Em nenhuma determinação no período observado foi constatada a presença de qualquer um dos indicadores.

Sódio: Os íons mais importantes quando se utilizam águas recuperadas de esgotos domésticos são sódio, boro e os cloretos. O excesso de sódio em relação ao cálcio e magnésio diminui a permeabilidade do solo, provocando uma redução nas taxas de infiltração de água, e em consequência, a absorção de água pelas plantas. O efeito potencial do sódio para solos pode ser avaliado pela taxa de adsorção de sódio (*sodium adsorption ratio* – SAR ou taxa de adsorção de sódio). Cloretos quando em concentrações excessivas podem causar uma redução nas taxas de crescimento das plantas irrigadas e queima das folhas.

Para o cálculo da SAR são considerados três íons: Sódio, Cálcio e Magnésio. O controle dessa taxa é importante para a preservação do solo em termos de sua permeabilidade, no entanto, o parque apesar de controlar o teor de sódio, não o faz para cálcio e magnésio, componentes fundamentais para obtenção da taxa.

Segundo (MANCUSO)(21), os limites recomendados para a SAR variam entre 3 e 9, sendo que valores inferiores a 3 não causam nenhum prejuízo, entre 3 e 9 podem ocorrer prejuízos moderados e acima de 9 os prejuízos ao solo podem ser graves.

Em águas de reúso para fins agrícolas, as recomendações internacionais indicam o controle de alguns parâmetros adicionais além dos citados (tabela 4). No caso estudado, por se tratar de

reúso doméstico, a presença desses parâmetros não foi detectada em análises anteriores, portanto não são verificados de forma sistemática.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de Saneamento Ambiental dessa empresa procurou desenvolver e implantar de forma racional o conceito de desenvolvimento sustentável, levando em consideração os usos dos recursos naturais locais. Na verdade, o desenvolvimento baseou-se na possibilidade de recuperação e reúso das águas, de forma a utilizá-las racionalmente. Assim, os fatores que levaram a empresa a investir no sistema de reúso de água foram: a preocupação com a utilização intensiva dos recursos hídricos; os problemas ambientais provocados com a falta de adequação de processos e utilização inadequada dos insumos envolvidos; os custos elevados das águas; necessidade da empresa em inovar no setor, procurando alternativas tecnológicas adequadas e política de qualidade e ambiental da empresa.

O levantamento de dados foi feito no período de janeiro a dezembro de 2005. Entretanto, foram usados também dados já existentes do arquivo do parque referentes aos anos de 1999 à 2001. No entanto os valores dos parâmetros só faziam referência aos valores máximos não existindo valores médios e mínimos.

Para a avaliação dos dados de 2005 tomou-se o cuidado de registrar os valores máximos e mínimos além dos médios, mas não foi possível estabelecer os mesmos parâmetros para efluentes brutos e tratados. As análises feitas no efluente bruto referentes às coletas efetuadas na saída do tanque de equalização são aeradas devido ao sistema do tanque de homogeneização.

Os limites apresentados na última coluna da tabela 02, são limites impostos pelo parque aos projetistas por ocasião da elaboração do projeto. Entretanto (MANCUSO)(21) citando (USEPA 1999) apresenta em seus trabalhos uma série de parâmetros, sendo que para cada parâmetro aponta um limite para o uso da água por longos períodos (acima de 20 anos) que não foram considerados pelo empreendimento. É importante lembrar que as diferenças de critérios devem-se

ao fato de que (MANCUSO)(21) refere-se à reuso para irrigação agrícola, enquanto no parque o reuso de água é feito para irrigação de jardins, descarga sanitária e lavagem de pisos.

Como consideração final, é importante frizar que o caso estudado materializa de forma pioneira as recomendações de vários autores sobre a viabilidade do reuso em empreendimentos dessa natureza. Entretanto pelo fato de ser um parque temático onde não existe uma tradição operacional de sistemas de tratamento e reuso de esgotos domésticos, existem falhas apontadas nos itens anteriores que poderiam ser facilmente solucionadas. Além disso, o fato de a empresa não ter disponibilizado elementos que tornassem possível considerações a cerca de custos diretos e indiretos do sistema de tratamento e reuso, não permitiu que pudesse ser realizado uma análise global do sistema empregado, em termos gerenciais e de resultados operacionais. A continuação de estudos dessa natureza seria útil para os empreendedores e traria contribuição para o estabelecimento de um sistema de reuso integrando projeto, operação, manutenção, controle e gerenciamento empresarial.

9. RECOMENDAÇÕES:

As recomendações foram feitas visando o aprimoramento do controle operacional e de qualidade do sistema de captação, tratamento e reúso do parque temático e, sobretudo, tendo em vista a implantação de um sistema similares em empreendimentos imobiliários equivalentes.

1 – Controlar os mesmos parâmetros no esgoto bruto e no tratado final.

2 – Estabelecer a periodicidade da lavagem das membranas uma vez observada a presença de SST.

3 – Controlar sólidos sedimentáveis (SS) e agentes tenso ativos (ATA), indicadores cujos limites foram impostos pelo próprio parque.

4 – Monitorar o sistema de desinfecção, pois a utilização dessa água para rega de gramados é incompatível com a presença de coliformes, considerando, principalmente, a presença do público infantil que frequenta o parque ou empreendimentos equivalentes.

5 – Complementarmente, controlar os seguintes parâmetros : ATA (agentes tensoativos), SS (sólidos sedimentáveis), Fósforo Total, Nitrogênio Orgânico, Polifosfatos, Cálcio e Magnésio.

6 – Calcular e controlar periodicamente a SAR (taxa de adsorção de sódio).

7 – Implantar um sistema de gestão ambiental eficiente voltado para o controle operacional do sistema de reúso.

Finalmente, sugere-se como recomendação de caráter geral, que seja estudado complementarmente o gerenciamento integrado do sistema em termos de custos e seus reflexos ambientais e financeiros na gestão empresarial do empreendimento.

10. REFERÊNCIAS

- 1 - SOUZA, J.T.; ARAÚJO, H.W.C.; CATUNDA, P.F.C. Reúso de esgotos sanitários para agricultura. Universidade Estadual da Paraíba, 1996.
- 2 - SACHS, I. Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir. São Paulo: Vértice, 1986.
- 3 - VIEIRA, P.F.; WEBER, J. Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 1997.
- 4 - CORSE, W.H. O que você pode fazer a respeito da crise do Meio Ambiente. In: Manual global de ecologia. São Paulo, cap. 9, 1995. p. 155-174.
- 5 - ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente. Decreto nº 8468, de 08/09/76 que regulamenta a Lei 997, de 31/05/79, criadora do sistema de prevenção e controle da poluição do Meio Ambiente – São Paulo.
- 6 - SANTOS, H.F. Critérios de qualidade da água para reúso. Revista DAE, n.174, 1993. p.74-80.
- 7 - PEREIRA, B.E.B.; YASSUDA, E.R.; MARTINS, J.A.; NOGAMI, P.S.; GAGLIANONE, S.; OLIVEIRA, W.E. Técnica de abastecimento e tratamento de água. 2. ed., São Paulo: CETESB / ASCETESB, 1987.

- 8 - ABREU, R.M. Estratégia para despoluir as águas da Billings. Revista Ambiente, n. 41, v. 1, 1990. p. 36-43.
- 9 - MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F.; MORITA, D.M. São Paulo Revista DAE, n. 167, set/out 1992.
- 10 - ANO T, TCHOBANOGLOUS G. The role of wastewater reclamation and reuse in the USA. Water Science Technology. 1991.
- 11 - NO T, MAEDA M, TAKAKI M. Wastewater reclamation and reuse in Japan:overview and implementation examples. Water Science Technology. 1996
- 12 - ESPANHOL I. Wastewater as a resource. In: Helmer R, Hespanhol I. Water pollution control. A guide to the use of quality management principles. Ed. Richard Helmer e Ivanildo Hespanhol. WHO/UNEP, 1997
- 13 - ESPANHOL I. Esgotos como recurso hídrico. Parte I – Dimensões políticas, institucionais, legais econômico-financeiras e sócio-culturais. Rev. Engenharia, 523, 1997
- 14 - FIGUEIREDO FERRAZ: CONSULTORIA E ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA. Consolidação do Plano Diretor de Abastecimento de água da RMSP. Relatório técnico, São Paulo, 1990.

- 15- MANCUSO, P.C.S. Reúso da água. Seminário sobre Proteção do Meio Ambiente. Santiago do Chile, 16/01/1990. SABESP.
- 16- _____ O reúso da água e sua possibilidade na região metropolitana de São Paulo. Tese de Doutorado, Faculdade de Saúde Pública, USP, 1992.
- 17- LAVRADOR FILHO, A. Algumas considerações sobre o reúso planejado da água para fins industriais na Região Metropolitana de São Paulo. Revista Bio, n. 31, v.2, 1989, p. 52-56.
- 18- LEVY, L.; PLONSKY, G.A. Viabilização do abastecimento de água mediante atendimento do mercado de grandes consumidores. Revista DAE, n. 126, 1981. p. 231-238.
- 19- HAMANN, C.L. e MCEWN, B. Potable water reuse. Water Environment & Technology. n. 3, 1991. p. 74-80.
- 20- CETESB, Tratamento de Águas Residuárias, série didática – água – São Paulo, 1994.
- 21- MANCUSO, P.C.S. SANTOS, HF. Reúso da Água. Barueri, SP:Editora Manole, 2002

- 22- LAUTENSCHLAGER, S.R.Otimização do Processo de Ultrafiltração no Tratamento Avançado de Efluentes e Águas Superficiais. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, USP, 2006.
- 23- Alphaville Urbanismo S.A. Gerenciamento do Saneamento em Comunidades Planejadas. Cadernos Técnicos 01, São Paulo, 2005.
- 24- Banco Mundial. Brasil: A Gestão dos Problemas da Poluição. A agenda ambiental marrom – volume I:relatório de política, 1998.
- 25- PHILIPPI JR,ARLINDO. Saneamento, Saúde e Ambiente – Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável. Barueri, SP:Editora Manole, 2005 (coleção ambiental,2).
- 26- LIMA,REGINA F. Reúso de Água em Shopping Center para Torres de Resfriamento e Irrigação Paisagística. Dissertação de Mestrado, Centro Universitário Senac, 2005.
- 27- PIVELI,ROQUE P. Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos. ABES, São Paulo, SP, 2006.
- 28- SPERLING, MARCOS,V. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. DESA – Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.