



Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário - INIDA
 Centro de Formação Agrário – CFA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

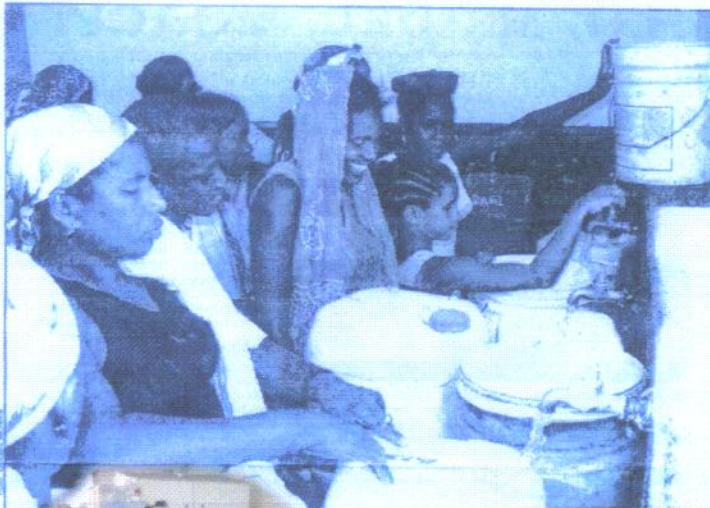
VARIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO DA CENTRAL DE PRODUÇÃO AO CONSUMIDOR

CABO-VERDIANOS DUVIDAM DA QUALIDADE DA ÁGUA QUE BEBEM

Sendo o acesso/distribuição de água potável à população de Cabo Verde já satisfatória, o mesmo não se pode dizer da sua qualidade. É frequente depararmos com águas fornecidas pela ELECTRA, com cor amarelada, poeira, cheiro a fúlvus, cloro e sódio. Dizem que a água da Central de Palmarejo tem teor de salinização superior ao permitido ao consumo. Os autotroques (bombeiros) de vinda de água ao público não têm qualquer fiscalização por parte das instituições de saúde ou de controlo da qualidade.

São factos que deixam os consumidores preocupados e desconfiados da água que consomem no dia-a-dia.

Rosângela, uma consumidora, afirma que não utiliza água corrente para beber, consume só para lavar, cozinhar, porque "amo um pouco de receio de beber essa água". E aponta as causas desta desconfiança: "isto que a água vem com cor amarelada, com poeira, e cheiro denotando a fúlvus e sódio". Rosângela pergunta se não será a canalização que está a ser o problema.



tais da trivis na saúde humana. "Não são especulativas, mas tenho as minhas dúvidas, não acredito que um dia possa corrigir alguma coisa".

Ledgero Correia entende que uma empresa onde o Estado detenha a maioria, tem responsabilidade de garantir a melhor água possível à população. Que os vários fóruns realizados mostram que as autoridades reguladoras devem preocupar-se não só com a distribuição de água aos consumidores mas também com a qualidade. Defende que é necessário haver um laboratório nacional para o controlo da qualidade da água, se



Autora:
 Larissa Helena Ferreira Varela

Orientadores:
 Doutora Amarílis Mendonça
 Engº António Pedro Pina

São Jorge dos Órgãos, 2008



Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário
Centro de Formação Agrária - CFA

Nome: Larissa Helena Ferreira Varela

Titulo: Variação das Características da Qualidade de Água para
Consumo Humano
– da Central de Produção ao consumidor –

Licenciatura em Engenharia do Ambiente

Monografia apresentada ao Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário (INIDA) como requisito parcial para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia do Ambiente, sob orientação da professora Doutora Amarílis Mendonça e do Engenheiro António Pedro Said Aly de Pina.

SÃO JORGE DOS ÓRGÃOS
OUTUBRO DE 2008



Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário
Centro de Formação Agrária -CFA

Nome: Larissa Helena Ferreira Varela

Titulo: Variação das Características da Qualidade de Água para
Consumo Humano
– da Central de Produção ao consumidor –

Licenciatura em Engenharia do Ambiente

Membros do Jurí

PROFESSOR DOUTOR PAULO MELLO ABREU

PROFESSOR DOUTOR JORGE SOUSA BRITO

PROFESSORA DOUTORA AMARILIS DE VARENNES E MENDONÇA

DEDICATÓRIAS

À minha mãe, Joana Varela Barros, pessoa que amo de toda a minha existência, que não se poupou a esforços para me permitir tornar os meus sonhos em realidade.

Ao meu pai João da Cruz Ferreira e ao meu avô Romão Gomes Barros me legaram o infinito - antes de partir para a eternidade -, para que eu continuasse a crescer sentindo sempre perto a luz do seu amor.

A toda a minha família, especialmente minha irmã Cíntia Varela e a minha tia-avó Sofia Gomes de Barros, que sêmpre me deram o apoio e confiança necessários para esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, PAI dos Pais, pela vida que gratuitamente nos concedeu, pela paz e amor com os quais envolve nosso espírito, pela sabedoria que imprimiu em nós, fazendo-nos cientes de que pode-se pensar que já se aprendeu muito, mas que há sempre muito mais para aprender. Agradeço a todas as pessoas com as quais convivi neste período de busca do conhecimento e cuja colaboração não permite que deles se esqueça. Particularmente agradeço:

À orientadora deste trabalho científico, Prof. Doutora Amarílis Mendonça, pela sua disponibilidade e por todo o apoio técnico-científico prestado na elaboração desta monografia. Igualmente ao Engenheiro António Pedro Said Aly de Pina, que co-orientou essa monografia, cuja sua colaboração foi muito valiosa à elaboração deste trabalho..

Ao Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos e seus funcionários que asseguraram toda a logística para que pudesse realizar o estágio que permitiu caracterizar a água em estudo. Agradeço em particular à Engenheira Herilsis Hernandez, pela disponibilidade e apoio na elaboração das análises laboratoriais.

Aos funcionários da Electra, particularmente à Engenheira Manuela Santos e Engenheiro Eduard Pierre Spenser, pelos dados fornecidos e por todos os conhecimentos partilhados.

A todos os professores do curso de licenciatura em Engenharia Ambiental, pelo apoio e pela confiança transmitidos, em especial ao Doutor Edwin Pille, pela preciosa ajuda no tratamento e na análise dos dados e, por todas as oportunidades de aprendizagem que me concedeu.

A todos os amigos e colegas do curso de licenciatura em Engenharia Ambiental e Engenharia Rural, pela amizade, pela compreensão, e pelo seu apoio em todos os momentos da nossa jornada.

À FAEF pela concessão da bolsa de estudos que foi muito importante na cobertura das despesas dos estudos.

Ao Centro de Formação Agrária e seus funcionários que carinhosamente apoiaram ao longo dos quatro anos do curso.

Ao INIDA pela oportunidade que me proporcionou de ter uma formação superior e ser capaz de exercer com dignidade qualquer função que me couber nesta área de estudos.

RESUMO

A Praia Urbano constitui região central do conselho da Praia, que engloba o centro urbano e os bairros periféricos da cidade, e é abastecida por um único sistema de abastecimento público de água para consumo humano, sob a responsabilidade da empresa público – privada de água e energia, Electra. A água do sistema tem origem em água subterrânea e da dessalinização da água do mar, que depois de misturadas são desinfectadas por cloração.

Dos 86.534 consumidores da rede de abastecimento público de água, alguns de residências variadas e em períodos variados, manifestam-se insatisfeitos com a qualidade de água distribuída no seu ponto de consumo. Tal levou à realização deste estudo com o objectivo de identificar os parâmetros de qualidade de água que variam entre os diversos locais da rede de distribuição, e as potenciais causas dessa variação. A esse estudo também compete a avaliação da qualidade da água ao longo do sistema de distribuição segundo as normas de qualidade de água para consumo humano da Organização Mundial da Saúde (OMS).

Foi estudada a variação desses parâmetros entre os anos 2006, 2007 e 2008, a influência do tipo de tubo, da estrutura do ponto da recolha, das entradas de água bruta no sistema e da realização do tratamento na diferença dos valores dos parâmetros entre os locais e os troços.

Como resultado, verificou-se que a maioria dos parâmetros varia ao longo do percurso, central de produção – consumidor, e de forma diferente para cada local, os valores da condutividade, dos sólidos dissolvidos totais (TDS) e dos cloretos são mais altos à saída da central de produção, diminuindo gradualmente ao longo do sistema, quando misturada com as águas subterrâneas de Cidade Velha, aumentando a alcalinidade, a dureza o cálcio e o magnésio na água a distribuir. Os troços abastecidos por esta água nesse estado (50%), dos quais fazem parte os locais de Monte Babosa, Palmarejo, ASA, Várzea, Paiol e Achada São Filipe, comparados com uma água resultante de uma segunda mistura com água subterrânea – água dos furos João Varela e Lapa Cachorro, (25%) incluindo os locais, Monte pensamento, Eugénio lima, Safende, Ponta d'Água, e outros, continuam tendo maior condutividade, TDS e cloretos. Na água de Monte Pensamento e de Eugénio Lima notou-se a presença de coliformes totais (0.8 e 50 NMP respectivamente) e fecais (0.45 e 3 NMP respectivamente), tornando-as inadequadas ao consumo. A condutividade na Electra já atingiu o valor máximo permitido para água de consumo humano, embora não seja utilizada no seu estado bruto por qualquer consumidor da rede.

ÍNDICE

I.	INTRODUÇÃO	1
II.	OBJECTIVOS.....	2
III.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
	A. Caracterização Geral de Cabo Verde	2
	1. Água em Cabo Verde - Origem e distribuição	2
	2. A problemática da qualidade de água no País.....	3
	3. Autoridades intervenientes.....	3
	B. O processo de osmose inversa na dessalinização da água do mar para produção de água para consumo	4
	C. Qualidade de Água para Consumo Humano	4
	D. Variação da qualidade da água.....	5
	1. Variação da qualidade de água ao longo do sistema de abastecimento público de água..	6
	2. Sistema de abastecimento público de água	6
	3. Potenciais alterações nos valores dos parâmetros de qualidade de água induzidos por cada unidade do sistema de distribuição	8
	E. Parâmetros de qualidade da água e sua variação	10
	1. Parâmetros Organolépticos	11
	2. Parâmetros físico-químicos	12
	3. Parâmetros microbiológicos.....	19
IV.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
	A. Caracterização da área em estudo	20
	1. Descrição da Praia Urbano	20
	2. Sistema de abastecimento público de água para consumo humano	21
	B. Amostragem	24
	C. Processamento e análise de dados	26
V.	RESULTADOS.....	26
VI.	DISCUSSÃO.....	41
VII.	CONCLUSÕES.....	48
VIII.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Processos de tratamento da água (Sanesul).....	8
Tabela 2. Descrição e localização dos locais de colheita.....	24
Tabela 10 _Variação dos valores de alcalinidade entre os locais.....	32
Tabela 11 _Variação dos valores de alcalinidade entre os pontos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água Bruta de João Varela e Lapa Cachorro.....	32
Tabela 12 _Variação dos valores de alcalinidade entre os casos de realização e de não realização de tratamentos.....	33
Tabela 13 _Variação dos valores de azoto amoniacal entre as estruturas dos pontos de colheita.....	33
Tabela 14 _Variação dos valores de azoto amoniacal entre os casos de realização e de não realização de tratamentos.....	33
Tabela 15 _Variação dos valores de nitritos entre os locais.....	34
Tabela 16 _Variação dos valores de nitratos entre os locais.....	34
Tabela 17 _Variação dos valores de cloretos entre os locais.....	35
Tabela 18 -Variação dos valores de cloretos entre as estruturas dos pontos de colheita.....	35
Tabela 20 _Variação do valor de Sílica entre os troços.....	36
Tabela 21 _Variação dos valores de sílica consoante o tipo de tubo.....	36
Tabela 22 _Variação dos valores de dureza total entre os locais.....	36
Tabela 23 _Variação dos valores de dureza total entre os casos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água Bruta de João Varela e Lapa Cachorro.....	37
Tabela 24 _Variação dos valores de cálcio entre os locais.....	37
Tabela 25 _Variação dos valores de cálcio entre os casos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água Bruta de João Varela e Lapa Cachorro.....	37
Tabela 26 _Variação dos valores de magnésio entre os locais.....	38
Tabela 27 _Variação dos valores de magnésio entre os casos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água Bruta de João Varela e Lapa Cachorro.....	38
Tabela 28 _Variação dos valores de sódio ao longo dos anos.....	38
Tabela 30 _Variação dos valores de condutividade entre os casos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água Bruta de João Varela e Lapa Cachorro.....	39
Tabela 31 _Variação do valor de TDS entre os locais.....	40
Tabela 32 _Variação do valor de turvação entre os anos.....	40
Tabela 33 _Variação do valor de turvação entre os casos segundo o tipo de tubo.....	40

Índice de Ilustrações

Ilustração 1: Formas de abastecimento de água potável á população da Praia.....	22
---	----

Anéxos

Anéxo 1 – Normas de Qualidade de Água para Consumo Humano I (OMS).....	52
Anéxo 2 - Normas de Qualidade de Água para Consumo Humano II (OMS).....	53
Anéxo 3 - Caracterização dos Mananciais de Água Subterrânea.....	54
Anéxo 4 – Esquema do Sistema de Abastecimento Público de Água para Consumo Humano da Praia Urbano.....	55

Abreviaturas

ASA – Achada Santo António

CNAG – Conselho Nacional de Água

ETA – Estação de Tratamento de Água

INGRH – Instituto Nacional dos Recursos Hídricos

N – Número de casos, ou frequência

OMS – Organização Mundial da Saúde

NMP – Número Máximo Previsto

OD – Oxigénio Dissolvido

P – Significância

TDS – Sólidos Dissolvidos Totais

UNT – Unidade Nefelométrica de turvação

Ca(OCl)₂ – Hipoclorito de Cálcio

Mg/L – miligrama por litro

I. INTRODUÇÃO

Tal como em relação ao ar, a dependência do homem em relação à água é directa e inamovível. Uma das características da água na Terra é o facto do seu quantitativo ser limitado e praticamente constante desde a sua formação (Oliveira, 2004). Para Oliveira (2004), avaliamos a qualidade da água, numa primeira impressão, pelas qualidades organolépticas. Para que possa ser bebida sem repugnância, deverá ser clara, inodora, límpida e não ter qualquer sabor desagradável.

Associada à questão da disponibilidade, a partir dos meados do séc. XX começou a preocupação com a sua qualidade. A avaliação baseada apenas nas características organolépticas revelou-se falível em termos de protecção da saúde pública contra microrganismos patogénicos e contra substâncias tóxicas persistentes na água. Para contrariar esta situação, estabeleceram-se normas paramétricas que regulam de forma objectiva as características a que deve obedecer uma água de consumo humano. Em 1958, surgiu a primeira publicação da Organização Mundial de Saúde (OMS) dedicada especificamente à qualidade da água para o consumo humano (Vieira, 2006).

Segundo a Globo online (2008), a UNICEF contabilizou uma criança morta a cada oito segundos vítima de doenças transmitidas por água contaminada, como diarreia, hepatite, meningite, cólera, febre tifóide e amebíase. A OMS definiu a água de consumo humano como aquela que não representa qualquer risco significativo para a saúde quando consumida ao longo de toda a vida.

A cidade Praia é o maior centro urbano de Cabo Verde, que até pouco tempo pertencia ao grupo de países em desenvolvimento (Dezembro de 2007). Segundo Yves Gelinas (1996), na maioria dos países em desenvolvimento grande parte da população pobre das áreas rurais é forçada a migrar para as cidades em busca de melhores condições de vida, conduzindo a uma expansão dramática das cidades principais e a uma grande demanda de água e pressão sobre o ambiente causada por insuficientes instalações para a deposição de excreta, lixo doméstico e águas residuais. A crescente demanda de água na cidade, a disponibilidade decrescente de água superficial de qualidade e os fracos recursos económicos contribuem para a exploração de águas subterrâneas. Infelizmente, em algumas condições hidrológicas, as tecnologias baratas de exploração conduzem a um aumento da poluição dessas águas.

Em Cabo Verde as captações de água destinadas ao abastecimento público são feitas por furos, galerias, poços, nascentes, e dessalinizadoras. Na Praia a captação de água é feita essencialmente por dessalinização e captação por furos.

No levantamento dos dados relativos à avaliação da qualidade da água no País, apercebeu-se que esta questão é recente e pouco desenvolvida tanto a nível de capacidade técnica de elaboração de análises como ao nível de exigência da sociedade em relação às características da água que consome.

Dado haver queixas dirigidas à Electra (a entidade responsável pela produção e distribuição de água no concelho da Praia), aos Serviços Autónomos de Água e Saneamento do município da Praia, e à ADA (Agência de Distribuição de Água - entidades distribuidoras de água aos chafarizes situados em vários pontos da cidade) relativas à “baixa qualidade da água”, é necessário entender e contribuir para a melhoria dessa situação, ajudando na implementação de melhorias no sistema da abastecimento público da água para consumo.

II. OBJECTIVOS

1. Avaliar a variação dos parâmetros da qualidade da água distribuída pelo sistema de abastecimento público da produção ao consumidor e apontar as possíveis causas de variação;
2. Verificar a conformidade das características da água abastecida com os valores numéricos estabelecidos pela Norma da Organização Mundial de Saúde relativa à água para consumo Humano.

III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. Caracterização Geral de Cabo Verde

1. Água em Cabo Verde - Origem e distribuição

Cabo Verde é um país de clima árido a semi-árido. A precipitação distribui-se maioritariamente entre os meses de Agosto e Setembro, variando entre ilhas em função da topografia e altitude, sendo as mais chuvosas Fogo (495 mm), Santiago (321mm), Brava (268 mm) e Santo Antão (237 mm) e as menos chuvosas Sal e Boa Vista (93 mm). As ilhas de São Vicente, São Nicolau e Maio têm valores intermédios de aproximadamente 148 mm. Não existem cursos de água superficial permanente. Dessa precipitação, estima-se que 13 a 17% contribuem para a recarga de aquíferos, a outra parte evapora-se (50-67%) e 13 a 17% contribui para o escoamento superficial (Instituto Nacional de Administração e Gestão, 2007).

Recorre-se a reservas de água doce subterrânea, que geralmente fornecem água de boa qualidade mas em quantidades limitadas (sabendo que dos 124 milhões de m³ de água que recarregam anualmente os aquíferos, apenas 65 milhões de m³ são tecnicamente exploráveis (Instituto Nacional de Administração e Gestão, 2007), ou superficiais, de menor qualidade. Em algumas circunstâncias recorre-se à captação de água salgada, que após dessalinização é de grande valia para o País.

Segundo o INE (2006), a percentagem de pessoas servidas por água da rede pública de abastecimento ronda os 85%, sendo que 39% o faz através de ligação domiciliária, 39% através dos fontanários e 6% o faz por autotanques. Os outros 15% da população abastece-se através de fontes de água ditas não potáveis, e o meio rural é o mais desfavorecido pois o percentual de pessoas que consomem tal água é de 23%.

2. A problemática da qualidade de água no País

A qualidade da água para o abastecimento humano não é garantida com a regularidade desejável, devido principalmente aos seguintes factores: 1) falta de pessoal capacitado 2) fraca capacidade operativa dos laboratórios 3) rotura constante de “stock” de reagentes e 4) elevada mobilidade de quadros afectos à área.

Foram instalados pequenos laboratórios de controlo da qualidade da água, equipados para medir a temperatura, o pH, a condutividade, o cloro residual e o número de coliformes. No entanto, nenhum desses laboratórios funciona completamente, devido à falta de reagentes ou falta de pessoal, ou por constrangimentos de outra ordem.

O único tratamento realizado é a cloração. Em alguns sistemas, a cloração faz-se com alguma regularidade, noutros, faz-se esporadicamente e noutros ainda, não se faz. Deve-se pois concluir que uma grande parte da água consumida é de qualidade duvidosa. Análises dispersas realizadas pelo INGRH mostram a presença de coliformes fecais em muitas amostras e a presença de nitritos e nitratos, que podem ser indicadores de poluição recente ou remota. Durante o período de 1994 a 1996, das análises realizadas, várias amostras de água acusaram a presença do *Vibrio cholerae*. Todos esses factos indiciam que a qualidade da água para consumo humano nem sempre é garantida (Ministério de Ambiente Agricultura e Pesca, 2004).

3. Autoridades intervenientes

Segundo INGRH. (2004), intervêm nesta problemática as seguintes entidades:

- Conselho Nacional de Águas - CNAG - órgão de coordenação interministerial de administração dos recursos hídricos, que tem como atribuição fundamental assegurar o desenvolvimento e optimização do uso dos recursos hídricos.
- Instituto Nacional da Gestão dos Recursos Hídricos – INGRH – instituição que prepara e executa as deliberações do CNAG, assegura o controlo da qualidade da água, elabora planos e programas destinados a evitar a deterioração da qualidade da água e promove a melhoria da sua qualidade.
- Agência Reguladora do sector da água - pessoa colectiva de direito público, a ser organizada por forma a abranger apenas o sector da água e saneamento.
- Ministério da Saúde - responsável pelo controlo da qualidade da água potável e da sensibilização sanitária da população.
- Ministério da Infra-estrutura e Habitação - responsável pela planificação dos sistemas de abastecimento de água e saneamento dos centros urbanos.

Foram publicadas no Boletim oficial de 06 de Fevereiro de 2004, as normas de qualidade da água para o país, mas a entidade INGRH continua a usar como base de comparação as Normas da OMS.

B. O processo de osmose inversa na dessalinização da água do mar para produção de água para consumo

A falta de água levou ao desenvolvimento de processos e tecnologias de dessalinização de águas de elevado conteúdo salino para obtenção de água doce. Os processos mais comuns de dessalinização são a destilação e a osmose inversa. Dos dois processos, a osmose inversa é o que permite garantir mais facilmente a qualidade da água e o bem-estar do consumidor. Na osmose inversa, bombas de alta pressão forçam a água salgada através de filtros que capturam os sais minerais, deixando passar apenas a água pura. Sua utilização começou a ser possível nos anos 60 com o desenvolvimento de membranas assimétricas que, pelo facto de terem grandes fluxos de permeabilização e grande selectividade, permitiram ser uma alternativa aos processos técnicos de utilização intensiva de energia (Chambel, 2005).

Um módulo de osmose inversa é constituído pela membrana semi-permeável, pelo cilindro que aloja a membrana e pelo recipiente de pressão. O componente mais importante é a membrana, pois suas características físico-químicas e seu desenho condicionam em grande medida tanto a produção como a qualidade do permeado.

Antes de entrar para o módulo de osmose inversa, a água bruta terá de ser submetida a pré-tratamentos com a finalidade de proteger a membrana e garantir o funcionamento do módulo.

A eficiência de um sistema de osmose inversa pode ser medida através da:

- Produção diária de permeado (produto da dessalinização) em litros de água;
- Rácio de recuperação (de rendimento ou de conversão) – definido como a quantidade de água produzida por quantidade de água de alimentação, expressa em percentagem;
- Rácio de recarga – definido como a percentagem de sais que não atravessam a membrana (Carrasco, 1997).

Este processo, além de retirar o sal da água, permite ainda eliminar vírus, bactérias e fungos, e possui um menor custo quando comparado com outros sistemas de dessalinização, pois consome menos energia. A grande desvantagem é a curta duração dos filtros.

C. Qualidade de Água para Consumo Humano

Definido p/ Consumo
A água potável é definida como aquela que pode ser bebida sem que daí resulte perigo para a saúde de quem a consome, agradável ao paladar e à vista dos consumidores, e que não causa deterioração das diferentes partes do sistema de abastecimento (Governo de Cabo Verde, 2004).

Entende-se por água destinada ao consumo humano:

- i) Toda a água no seu estado original, ou após tratamento, destinada a ser bebida, usada para a preparação de alimentos, para higiene pessoal ou para outros fins domésticos, independentemente da sua origem e de ser fornecida a partir de uma rede de distribuição, de um camião ou navio-cisterna, em garrafas ou outros recipientes, com ou sem fins comerciais

- ii) Toda a água utilizada nas empresas da indústria alimentar para fabrico, transformação, conservação ou comercialização de produtos ou substâncias destinadas ao consumo humano, assim como a utilizada na limpeza de superfícies, objectos e materiais que podem estar em contacto com os alimentos, excepto quando a utilização dessa água não afecta a salubridade dos géneros alimentícios na sua forma acabada.

Do que era simplesmente uma caracterização psicologicamente imprescindível – a percepção sensorial – a avaliação das características da água de consumo humano evoluiu ao longo dos séculos a ponto de, a título de exemplo, em 1900 a potabilidade de uma água resultar da análise de seis parâmetros físico-químicos e de uma ou duas determinações microbiológicas, e em França no final dos anos 70, a mesma qualidade resultar da determinação de 20 parâmetros diferentes. A Directiva 98/83/CEE da legislação Europeia aponta para 62 parâmetros distintos (Oliveira, 2004).

A primeira publicação da OMS dedicada especificamente à qualidade da água de consumo humano data de 1958 - as Normas Internacionais para Água para Consumo Humano, (Vieira, 2006). Várias comunidades já possuem normas de qualidade próprias, que melhor se adequam à sua situação, e outras usam como valores padrão os estipulados pela OMS.

Na base da elaboração de normas de qualidade da água estão estudos dos efeitos de cada substância na saúde do Homem, com o objectivo de determinar dois valores, para cada parâmetro cuja análise é obrigatória, a levar em conta aquando da avaliação de um boletim de análise. O Valor Máximo Recomendado (VMR), valor recomendado para que se possa garantir a manutenção da saúde do consumidor, e que cubra suas necessidades alimentares, e o Valor Máximo Admissível (VMA), valor superior ao VMR, estipulado de tal forma que nesse intervalo não se verifiquem riscos significativos para a saúde dos consumidores, como forma de cobrir certas situações pontuais que não são, em regra, controláveis pela entidade responsável pelo fornecimento de água para consumo (Oliveira, 2004).

D. Variação da qualidade da água

Qualquer factor causador de poluição leva à variação nos valores dos parâmetros de qualidade da água. Tendo em conta que nenhum dos valores obtidos na análise deve estar por fora do estipulado para que a água seja apta ao consumo humano (Oliveira, 2004), se o valor da variação em qualquer parâmetro for suficiente para ultrapassar o valor padrão, tal água deixa de ser potável.

A qualidade das águas pode variar ao longo do tempo, e só pode ser suficientemente conhecida através de uma série de análises que abranjam as diversas estações do ano (Netto, 2000). Segundo Oliveira (2004), vários factores influenciam as características da água bruta fazendo-as variar segundo a origem, como:

1. Condições em que a captação é feita;
2. Contexto hidrogeológico local e temporal;
3. Situações ambientais:
 - Condições de protecção dos recursos aquíferos
 - Actividades poluentes realizadas na bacia hidrográfica

1. Variação da qualidade de água ao longo do sistema de abastecimento público de água

A água distribuída através do sistema de abastecimento público, além de estar susceptível a sofrer variações ao longo do tempo, pode também variar ao longo do percurso. Oliveira (2004) e UNICE (1999) explica tal situação sublinhando os seguintes pontos:

- A qualidade da água bruta não tem um significado directo no contexto da qualidade da água distribuída, excepto quando não se efectua qualquer tratamento.
- Os resultados obtidos na análise de amostras de água produzida na estação de tratamento são representativos da qualidade da água distribuída, se os parâmetros não se alterarem em consequência do contacto da água com os reservatórios e canalizações, ou por uma poluição accidental.
- As amostras da água antes da utilização constituem um controlo final da sua qualidade e que tomam em conta, em especial, os parâmetros microbiológicos. Eventualmente, podem ser considerados os efeitos de outros contaminantes (ferro, cádmio, chumbo, etc.) que podem surgir na sequência do contacto da água com materiais das canalizações, ou outros.
- Podem ainda ocorrer situações particulares, como a que resulta da utilização simultânea de água bruta de várias origens, cujos débitos e qualidade podem variar de forma independente. Outra será a que decorre de perturbações ocorridas na rede, de variações na pressão, de rupturas causadas por obras estranhas ao distribuidor e à rede, etc.

Segundo Oliveira (2004), é da responsabilidade da entidade distribuidora o fornecimento de água de boa qualidade em todo o período do ano e para qualquer ponto de abastecimento. O que implica que qualquer variação registada ao longo da rede não deverá reduzir a qualidade da água ao ponto desta se não adequar ao fim a que se destina.

2. Sistema de abastecimento público de água

Um sistema de abastecimento de água caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento à população em quantidade compatível com suas necessidades. Pode ser concebido para atender a pequenos povoados ou a grandes cidades, variando nas características e no porte das suas instalações (Sanesul, 2008).

Um sistema de abastecimento de água é socialmente importante porque permite que haja:

- diminuição da incidência de doenças relacionadas com a água;
- melhoria da saúde e das condições de vida de uma comunidade;
- aumento da esperança de vida da população;
- implantação de hábitos de higiene na população;
- facilidade na implantação e melhoria da limpeza pública;
- possibilidade de proporcionar mais conforto e bem-estar.

Várias obras de engenharia são necessárias para que a água chegue ao consumidor com boa qualidade. Um sistema de abastecimento de água é composto pelas seguintes unidades:

1. Manancial: fonte de onde se retira a água.
2. Captação: conjunto de equipamentos e instalações utilizado para a tomada de água do manancial.
3. Adução: transporte da água do manancial ou da água tratada.
4. Tratamento: melhoria das características qualitativas da água, dos pontos de vista físico, químico, bacteriológico e organoléptico, a fim de que se torne própria para o consumo. É feito na Estação de Tratamento de Águas (ETA).
5. Reservação: armazenamento da água para atender a diversos propósitos, como a variação de consumo e a manutenção da pressão mínima na rede de distribuição.
6. Rede de distribuição: condução da água para os edifícios e pontos de consumo, por meio de tubulações instaladas nas vias públicas.
7. Estações elevatórias: instalações de bombeamento destinadas a transportar a água a pontos mais distantes ou mais elevados, ou para aumentar a vazão de linhas adutoras (Sanesul, 2008).

Os riscos associados aos sistemas de abastecimento público dependem de muitas variáveis e não é possível evitar todos os riscos, todos os dias, em todos os troços do sistema de abastecimento. Neste contexto, importa definir o grau de risco aceitável e, com base neste, conceber um programa de controlo cuja frequência é função da dimensão da população servida.

No sistema de abastecimento, a ocorrência de anomalias pode ter início na origem da água, continuando ao longo de todas as fases do tratamento, armazenamento, e distribuição até a torneira do consumidor. Note-se que alguns elementos metálicos constantes da lista dos parâmetros obrigatórios, resultam do contacto da água tratada com as canalizações dos sistemas domésticos.

É importante assinalar que o controlo de qualidade por si só, não garante a qualidade de água; a possibilidade de obtenção de tal objectivo está dependente das condições de funcionamento do sistema como um todo. Depois de tratada, a água é colocada à disposição do consumidor, através do sistema de distribuição, que integra reservatórios de serviço, a rede de distribuição e estações elevatórias, e que é uma estrutura complexa com condições favoráveis para a ocorrência da contaminação da água tratada, probabilidade que será tanto maior quanto maior a complexidade, e maior a necessidade de reparações e manutenções, as quais, quando mal conduzidas, são uma eventual fonte de contaminação (Costa, 2006).

A contaminação externa pode ser controlada através da manutenção da rede sob pressão e da aplicação de medidas que limitem a probabilidade de ocorrência de ligações inadequadas ou indevidas em condutas. As redes e os reservatórios devem ser confinados e correctamente protegidos contra intrusões indevidas. As entidades gestoras devem dispor de programas das medidas de higiene aplicáveis ao sistema de distribuição já que, ao fim de um certo tempo de utilização, a superfície interna dos reservatórios e das condutas que transportam a água tratada está longe de estar tão limpa e estéril como seria desejável.

Para o fornecimento de água em situações de emergência, é por vezes necessário recorrer à mistura de águas de diferentes origens. Na maioria dos casos, tal solução não conduz a efeitos indesejáveis na

qualidade da água distribuída, embora possam ocorrer alguns problemas, como a desestabilização de depósitos e dos biofilmes existentes na rede (Costa, 2006)

3. Potenciais alterações nos valores dos parâmetros de qualidade de água induzidos por cada unidade do sistema de distribuição

O sistema de distribuição é composto por dois conjuntos de unidades: reservatórios e rede de distribuição (Sanesul, 2008). Outros autores incluem ainda neste sistema, as estações elevatórias e as câmaras de quebra de pressão.

No local de estudo, Praia Urbano, efectua-se a desinfecção da água nos reservatórios do sistema, facto que leva a considerar o tratamento como uma das acções efectuadas no sistema de distribuição. O tratamento da água tem como finalidade remover substâncias indesejáveis ou microrganismos patogénicos, tornando-a própria para o consumo humano do ponto de vista estético, químico e microbiológico, de modo contínuo e em quantidades adequadas. Para cada tipo de água bruta, estão destinados tratamentos adequados (Tabela 1).

Tabela 1 - Processos de tratamento da água (Sanesul).

Mais Freqüente	Menos Freqüentes
Clarificação	Remoção de turbidez, de microrganismos e de metais pesados.
Desinfecção	Remoção de microrganismos patogénicos.
Fluoretação	Protecção da cárie dentária infantil.
Controle de corrosão ou de incrustação	Acondicionar a água, de maneira a evitar efeitos corrosivos ou incrustantes no sistema abastecedor e nas instalações domiciliareis.
Abrandamento	Redução da dureza, remoção de alguns contaminantes inorgânicos.
Adsorção	Remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos, controle de sabor e odor.
Arejamento (oxidação)	Remoção de contaminantes orgânicos e oxidação de substâncias inorgânicas como o Fe e o Mn.
Tratamento com membranas	Remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos.
Troca iónica	Remoção de contaminantes inorgânicos.

Segundo a Sanesul (2008), a realização dos tratamentos tem como objectivos específicos:

- Atender aos padrões de qualidade exigidos pelo Ministério da Saúde e aceites internacionalmente;
- Prevenir o aparecimento de doenças de veiculação hídrica;
- Tornar a água adequada a serviços domésticos;
- Proteger o sistema de abastecimento de água, principalmente tubulações e órgãos acessórios da rede de distribuição, dos efeitos danosos da corrosão e da deposição de partículas no interior das tubulações.

A desinfecção tem como finalidade a eliminação dos microrganismos patogénicos presentes na água. Podem-se usar produtos químicos como cloro gasoso, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, amónia hidratada, hidróxido de amónio, sulfato de amónio, ozono, e outros, que serão escolhidos tendo em consideração (SNatural, 2008):

- A habilidade de controlar e destruir os diferentes agentes infecciosos sob condições normais de operação;
- As características que possam ameaçar pessoas e ambiente durante a aplicação e depois;
- A segurança de manuseio, estocagem e transporte, e o custo do produto.

Na área em estudo usa-se o hipoclorito de cálcio. Dependendo das características da água, a adição de hipoclorito de cálcio pode dar origem a precipitações ao longo do sistema de distribuição (Sanesul, 2008). Pode ainda conferir ao produto final um gosto e odor a lixívia. Existe ainda o perigo de originar sub-produtos da cloração entre os quais os mais falados têm sido os clorofenóis.

A reservação é efectuada pelos reservatórios de distribuição que permitem armazenar a água para atender às seguintes finalidades:

- Atender às variações de consumo;
- Atender às demandas de emergência;
- Manter uma pressão mínima ou constante na rede.

Os reservatórios devem ser posicionados de forma a suprir as horas de maior consumo e ainda contribuir para diminuir os custos com a rede de distribuição, e permitir a continuidade do abastecimento quando é necessário interrompê-lo para manutenção em unidades como captação, adução e estações de tratamento de água. Podem também ser dimensionados para permitir o combate a incêndios, em situações especiais, em locais onde o património e segurança da população estejam ameaçados.

Os parâmetros microbiológicos estão estreitamente relacionados com o programa de higienização dos reservatórios e a protecção dos acessos a estes. A localização dos reservatórios em áreas onde ocorram inundações pode conduzir à entrada de água de escoamento superficial, alterando a maioria dos parâmetros de qualidade da água do reservatório. Podem ainda ocorrer outras contaminações externas susceptíveis de provocar variações em diversos parâmetros, causadas por falta de cuidado na conservação dos reservatórios.

A rede de distribuição é a estrutura do sistema mais integrada na malha urbana e a mais dispendiosa. É constituída por um conjunto de tubulações interligadas, instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto aos edifícios, conduzindo a água aos pontos de consumo (moradias, escolas, hospitais, escolas, etc.). Podem ser classificadas em:

- Conduitos principais: os de maior diâmetro e responsáveis pela alimentação dos conduitos secundários.
- Conduitos secundários: os de menor diâmetro que abastecem directamente os pontos de consumo.

A instalação das tubulações nas valas deve prever o seu recobrimento adequado com uma camada de terra, de forma a absorver o impacto de cargas móveis como automóveis, caminhões, tractores, e outros (Sanesul, 2008).

O tipo de materiais utilizado na concepção da rede, e sua adequação à qualidade da água que com eles contactam, são importantes na manutenção das características organolépticas, físico-químicas e microbiológicas ao longo da rede, pois caso não se verifique tal adequação, a água poderá reagir com os

temos as que têm origem com a água, e, as que por factores antrópicos estão presentes, e outras que mesmo sendo natural a sua presença na água, o quantitativo em que se encontram é anormal.

1. Parâmetros Organolépticos

A determinação dos parâmetros organolépticos não é muito conclusiva, pois não obedece a critérios tão rigorosos como os dos outros parâmetros usados na definição de qualidade da água. Geralmente são de pouca importância sanitária mas de fácil determinação. A apreciação pode ser efectuada pelo observador sem recurso a outra aparelhagem que não seja os seus próprios sentidos, nomeadamente a visão, o gosto e o olfacto. Estão englobados nesta classificação, a cor, a turbidez, o sabor e o aroma.

Em geral, as causas de alteração desses parâmetros na rede de distribuição são de origem biológica, química, reacção com os materiais da rede, contaminação da rede e mudanças na captação (Araújo, 2003).

A cor da água é uma propriedade derivada da presença de substâncias em solução ou em suspensão. Pode ser medida por comparação da cor da amostra com padrões corados, por espectrofotometria ou por colorimetria.

Como a água de consumo humano não deve conter substâncias em suspensão, ela deve ter uma cor devida apenas a substâncias dissolvidas.

A presença de iões metálicos como o ferro, o cobre e o manganês, de substâncias húmicas e de produtos de decomposição da matéria orgânica, do fitoplâncton e de efluentes industriais são factores responsáveis pela variação da cor numa água superficial.

O consumidor reage espontaneamente a uma água corada considerando-a suspeita, embora tal coloração possa não ter nenhum significado sanitário.

A presença de materiais finamente divididos tais como limo, argilas, areias, plâncton, matéria orgânica, colóides, é causa da turvação da água, e quanto menor a turvação, mais eficiente é o tratamento.

Ao longo da rede, é possível haver libertação de depósitos existentes nas canalizações, decorrentes de processos de corrosão ou por acidentes verificados no decurso dos tratamentos.

A turvação da água, por si só, pode não traduzir risco para a saúde, mas é uma indicação de que algo poderá ter corrido mal a nível do tratamento, ou que a água é de qualidade duvidosa, e o consumidor reage negativamente a essa situação. O risco sanitário é devido a bactérias, cistos, parasitas e vírus que podem ser protegidos da desinfectação pelas partículas em suspensão, pois a matéria orgânica neutraliza o desinfectante, permitindo a sobrevivência e o posterior desenvolvimento dos microrganismos nos reservatórios e ao longo da rede, além de se poderem formar, nesse processo, subprodutos carcinogénicos.

O sabor da água bruta poderá ser de origem biológica ou geológica, enquanto que na água tratada o sabor pode resultar do tratamento com cloro devido aos sabores muito intensos de alguns produtos organoclorados.

O sabor de uma água pode não constituir um indicador de sua qualidade intrínseca; contudo, a existência de um sabor não agradável, ou o aparecimento de um sabor inabitual, podem ser indicadores de alterações

positivas ou negativas da qualidade da água. Isso porque o aparecimento de sabor na água pode resultar do metabolismo de diferentes microrganismos, no interior da rede de distribuição, ou também da contaminação ocasional da água por substâncias e/ou materiais utilizados na construção ou manutenção do sistema, podendo conduzir à deterioração da qualidade da água. Por outro lado, pode trazer melhoria (até certo ponto, questionável) à qualidade dessa água, quando se trata de sabores resultante de tratamentos com cloro.

O aroma representa um conjunto de sensações recebidas pelo órgão olfativo, ao detectar substâncias voláteis presentes na água e também a sensação particular provocada por cada uma das substâncias e pela sua apreciação conjunta e integrada. Tais substâncias voláteis podem ser de origem biológica, resultado da actividade metabólica de microrganismos (alguns podem ser patogénicos e corresponderem a um risco para a saúde), ou resultante da combinação do cloro com substâncias orgânicas, quando este é usado como desinfectante. Contaminações microbianas podem resultar em cheiros a peixe, a erva, a vasa, e outros pouco específicos.

O consumidor rejeita água com qualquer aroma, pois este é indício de um processo de degradação da sua qualidade.

2. Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos são de grande importância sanitária e económica. Algumas das análises como a determinação de cloretos, nitritos, nitratos, ou o teor de oxigénio dissolvido, permitem avaliar o grau de poluição de uma fonte de água. A sua variação no sistema de distribuição deve-se a vários factores, entre os quais a utilização simultânea de água bruta de várias origens, cujos débitos e qualidade podem variar de forma independente, as perturbações ocorridas na rede, variações na pressão, rupturas causadas por obras estranhas ao distribuidor e à rede, etc (Oliveira, 2004)

Os valores fixados para a temperatura variam de região para região. A variabilidade desse parâmetro, mais acentuado nas águas superficiais, pois a temperatura da água subterrânea é mais ou menos constante, pode ser consequência de descargas de água de arrefecimento de fábricas e centrais térmicas. Por si só, a temperatura da água não constitui risco sanitário. Contudo, temperaturas altas aceleram o desenvolvimento microbiológico, podendo levar à formação de gostos e sabores anormais, além de provocar corrosão nas tubagens e equipamentos.

A OMS não estabelece nenhum valor padrão para a temperatura dado que varia muito conforme a região do globo.

O valor do pH é influenciado pela origem da água amostra e pela natureza dos terrenos que atravessa. Segundo Netto (2000), o pH é importante em cada fase do tratamento de água, desde a coagulação, floculação e desinfecção, até ao controle da corrosão e da dissolução de metais e formação de incrustações em canalizações e acessórios com as quais a água contacta. Os valores de pH inferiores a 7 podem originar processos de corrosão das tubagens metálicas que se traduzem na existência, na água para consumo, de chumbo, cádmio, e outros metais pesados.

Valor do pH

Sais, Condutividade, pH

A diminuição da eficiência da desinfecção (por alteração das formas de cloro presentes), o aumento da formação de incrustações e o desenvolvimento de cheiros e sabores intensos, são as possíveis inconveniências de valores de pH superiores a 8 (Oliveira, 2004).

A condutividade é uma forma de avaliar o grau de mineralização de uma amostra, de forma rápida e global através da relação existente entre o teor de sais minerais dissolvidos na água e a resistência que oferece à passagem de corrente eléctrica.

Os sais podem ter origem nos processos de lixiviação dos solos, como por exemplo, os carbonatos, os bicarbonatos, os sulfatos, os cloretos, os nitratos, e os iões cálcio, magnésio e sódio, ou provir de efluentes e resíduos agrícolas ou industriais que entram em contacto com a água.

Desde que os limites máximos não sejam atingidos, a condutividade não representa um factor de risco sanitário, mas uma mineralização elevada traduz-se em sabores desagradáveis (por exemplo a água salgada), e a processos de corrosão e formação de depósitos (Oliveira, 2004).

Os cloretos são os sais mais abundantes na natureza, principalmente na água do mar com concentrações de 19400 a 19500 mg/l, e nas águas superficiais (doces) com teores inferior a 50 mg/l.

O seu teor na água doce varia com a natureza dos terrenos atravessados, as condições climáticas (grandes chuvas levam à lavagem de solos nas zonas áridas), a contaminação por efluentes industriais (por isso podem ser usados como indicadores de poluição nos poços sujeitos a contaminação por efluentes industriais), intrusão salina nas toalhas freáticas (sobre-exploração de furos e poços), e outros.

O seu teor é maior nas águas de zonas baixas e águas subterrâneas e menor nas águas de montanhas. Segundo as normas da OMS, seu valor não deverá ultrapassar os 250 mg/l na água para consumo humano, podendo originar sabores desagradáveis para valores superiores.

Na rede de distribuição, os cloretos podem levar a efeitos corrosivos, caso as águas sejam alcalinas. Uma das formas de eliminar os cloretos da água é através do processo de osmose inversa.

Os sulfatos contêm um elemento essencial à vida, o enxofre, e por razões geológicas ou outras, a sua concentração na água é muito variável, dos 30 a 300 mg/l. Têm reduzida toxicidade, mas para concentrações de 1 a 2 mg/l poderão ter acção purgante nos adultos, e para doses inferiores a estas podem ter alguns efeitos negativos nos bebés e crianças (diarreias e complicações gastrointestinais).

A sua detecção organoléptica varia dependendo dos catiões a que está associado. Se for o ião cálcio, o nível é de 200 mg/l e se for o ião magnésio, o nível é de 400 a 600 mg/l.

Para águas com reacção alcalina, teores de sulfatos superiores a 300 mg/l podem levar à corrosão nas tubagens do sistema de distribuição.

De acordo com as normas da OMS, o valor deste parâmetro na água de consumo humano não deverá ultrapassar os 400 mg/l. Para a sua eliminação, embora com pouca eficiência, pode-se recorrer à osmose inversa ou troca iónica (Oliveira, 2004).

O silício é muito abundante na crosta terrestre. Nas águas a sílica está dissolvida ou no estado coloidal, em concentrações variáveis podendo atingir algumas dezenas de mg/l, em especial nas zonas graníticas. A sua solubilidade depende da temperatura e do pH, verificando-se valores variáveis com o local e com o clima da

região. Para teores normais, determinados em águas naturais, não são conhecidos efeitos tóxicos significativos da sílica sobre o Homem (Oliveira, 2004).

O cálcio é o catião predominante na água de consumo, estando sob a forma de carbonatos, cloretos, sulfatos e outros sais. É muito abundante na Natureza, e essencial à vida, com um consumo diário recomendado de 0,7 a 2 g/dia, do qual a água pouco contribui para sua satisfação.

O nível de detecção gustativa varia entre 100 a 300 mg/l. O seu teor varia com o pH, a temperatura e a alcalinidade, e não representa risco para a saúde do consumidor.

A sua presença na água está ligada à dureza dessa água, podendo levar à formação de depósitos de carbonato de cálcio, causando prejuízos nas lavagens, cozeduras de alimento e circulação de água quente. Caso o seu teor seja reduzido, pode levar à corrosão das tubagens e a problemas de saúde pública.

Assim como o cálcio, também o magnésio é um dos factores determinantes da dureza e um elemento essencial à vida. Pode atingir níveis elevados nalgumas águas naturais, dado que constitui cerca de 2% da crosta terrestre e muitos dos seus sais têm elevada solubilidade.

O seu teor nas águas varia com a natureza geológica dos terrenos com que essas águas contactam. Outra fonte significativa desses sais é a contaminação por efluentes industriais, dado que o magnésio é muito utilizado nas indústrias.

O seu teor nas águas doces naturais varia entre 5 e 10 mg/l, estando presente na forma de carbonatos e bicarbonatos, e nas águas dos oceanos o seu teor varia de 1280 a 1290 mg/l.

Teores de magnésio superiores a 100 mg/l conferem um sabor amargo à água e podem provocar problemas sérios a indivíduos com insuficiência renal.

A OMS fixa o valor padrão do magnésio indirectamente, através do valor da dureza, como faz para o cálcio, sabendo que a razão magnésio/cálcio terá de ser menor ou igual a um.

O sódio é o elemento alcalino mais abundante na crosta terrestre (2,8%), sendo o cloreto de sódio o sal mais abundante, principalmente na água do mar. É essencial ao equilíbrio de líquidos no corpo e possui outras funções que fazem dele essencial à vida.

Teores elevados de sódio na água levam a processos de pseudo-dureza (o sódio precipita os ácidos gordos do sabão, por ser um catião comum aos sais dos ácidos gordos).

Dado que não existem bases científicas para fixar um valor a partir do qual o sódio possa constituir risco sanitário, a OMS indica um valor com base em critérios organolépticos ligados ao sabor.

O potássio é muito abundante e apresenta uma concentração de 380-399 mg/l nas águas dos mares e de cerca de 2 mg/l nas águas subterrâneas.

A água pouco contribui para a cobertura das necessidades do organismo em potássio, que é de 3-4 g/dia. A sua ingestão em excesso provoca efeitos laxantes, e para concentrações superiores a 300 mg/l, quando se encontra sob a forma de cloreto, já é perceptível pelo gosto.

O alumínio é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre. Encontra-se presente na água, no ar e nos alimentos, sob a forma de sais solúveis, de compostos insolúveis, e de substâncias coloidais. A sua concentração nas águas dos oceanos é em média de 0,002 mg/l. O alumínio é utilizado, na forma de sulfato,

para o tratamento de águas naturais destinadas à produção de água para consumo humano, para provocar a coagulação/floculação das substâncias presentes na água, sob a forma de suspensões coloidais que podem até não ser prejudiciais, mas que provocam uma turvação na água ou imprimem-lhe um sabor ou uma coloração anormais, que provocam a rejeição do consumidor. A quantidade do sulfato de alumínio a aplicar dependerá da quantidade e da natureza dos materiais em suspensão presentes, além do pH da água.

Parte do alumínio não precipita e mantém-se em solução constituindo o alumínio residual, que se encontra na água para consumo. Este alumínio, em concentrações acima de 0,5 mg/l e para valores normais de pH, forma compostos insolúveis como hidróxidos de alumínio e outros, o que resulta na formação de um precipitado esbranquiçado, não necessariamente tóxico para aquela quantidade mas que torna a água não potável, por deixar de obedecer às normas fixadas para a turvação. A presença de alumínio em excesso provoca, além de uma turvação anormal, uma cor anormal e depósitos nas canalizações.

De acordo com as normas da OMS, o valor deste parâmetro na água de consumo humano não deverá ultrapassar os 0,2 mg/l. A sua remoção da água pode ser efectuada através da decantação e filtração, que elimina a maior parte do alumínio insolúvel, associado a um controlo de pH e da condutividade, além da limpeza dos reservatórios (Oliveira, 2004).

O resíduo seco total corresponde à massa obtida quando se evapora a totalidade da água, devida a espécies químicas que estavam dissolvidas na água. O valor numérico dos resíduos sólidos presentes numa amostra de água tem de ser apreciado tendo em conta a temperatura a que a amostra foi tratada. Por isso se distinguem o resíduo seco a 103 °C, o resíduo seco a 175 °C eo resíduo seco a 525 °C.

Alguns dos componentes minerais dos sólidos dissolvidos podem ser o resultado de efeitos de corrosão ou de incrustações formadas a partir dos materiais constituintes das canalizações das redes de distribuição de água. O teor de resíduos secos pode ainda induzir alterações no sabor da água.

De acordo com as normas da OMS, o valor deste parâmetro na água de consumo humano não deverá ultrapassar os 1000 mg/l, respeitante apenas aos sólidos em solução.

Quando a água possui um elevado teor de resíduo seco, pode-se recorrer à mistura de água de mineralização diversa, tentando obter uma mistura que possa ser consumida sem risco para o consumidor (Oliveira, 2004).

A alcalinidade é uma medida da capacidade de uma água para neutralizar ácidos, e é devida à presença de bicarbonatos, carbonatos, hidróxidos e outros. Esse parâmetro constitui uma das determinações mais importantes no controlo da água, estando relacionado com a coagulação, redução da dureza e prevenção de corrosão nas canalizações de ferro fundido da rede de distribuição.

De acordo com o pH podem estar presentes na água os seguintes tipos de alcalinidade:

- pH 11.0-9.4 – alcalinidade de hidróxidos e carbonatos
- pH 9.4-8.3 - alcalinidade de carbonatos e bicarbonatos
- pH 8.3-4.6 – Somente bicarbonatos

Alcalinos
pH

A alcalinidade não tem significado sanitário, a menos que seja devida aos hidróxidos, ou que contribua demasiado para a quantidade de sólidos totais. Seu prejuízo mais importante refere-se à agressividade e poder incrustante da água.

A dureza total de uma água reflecte a presença de sais de metais, sobretudo cálcio e magnésio, mas também ferro, alumínio e manganês. Diz-se que uma água é dura quando o seu uso obriga ao consumo de mais sabão nas lavagens, devido a formação de sais insolúveis daqueles metais com os ácidos gordos. Uma água com comportamento contrário, diz-se mole.

A dureza da água varia com a natureza geológica dos terrenos com os quais a água esteve em contacto, tendo a água subterrânea maior dureza do que as águas superficiais.

O consumo de águas muito duras pode levar a acidentes cardiovasculares no Homem. Esta água conduz também a processos de incrustação nas canalizações. Água muito mole pode ser agressiva e corroer as canalizações, processos esses que podem levar a desgaste e dissolução de teores significativos de ferro, cobre, chumbo, cádmio, etc. (esses processos também são dependentes de factores como pH, alcalinidade, temperatura, e oxigénio dissolvido).

De acordo com as normas da OMS, o valor deste parâmetro na água de consumo humano, não deverá ultrapassar os 500 mg CaCO₃ /l.

Quando a dureza da água for elevada, deve fazer-se o amaciamento com adição de sódio ou de calcário, e no caso de águas moles, estas podem ser mineralizadas até um ponto satisfatório (Oliveira, 2004).

O oxigénio representa cerca de 50% dos elementos que constituem a crosta terrestre, além de constituir cerca de um quinto da atmosfera da terra.

A fracção do oxigénio dissolvido (OD) na água é um factor determinante na sua qualidade e nos processos físicos, químicos e biológicos que nela decorrem, pois este exerce influência nos organismos aquáticos, mantém inter-relações num conjunto de processos metabólicos, e apresenta elevada reactividade química. Variações bruscas no OD podem ser devidas à presença de matéria orgânica, ao desenvolvimento anormal de microrganismos, ao mau tratamento da água bruta, ou à ocorrência de factores que afectem trocas atmosféricas à superfície da água (presença de gorduras, hidrocarbonetos e detergentes). O OD diminui com o aumento da actividade metabólica, que é influenciada pela temperatura.

A OMS indica um valor mínimo recomendável de OD de 0,5 mg/l, que evita a formação de sabores desagradáveis, a ocorrência de corrosão nas tubagens e o crescimento microbiano.

Teores exagerados de OD (acima de 80% da taxa de saturação) conduzem à alteração do sabor, sem efeito sobre a saúde.

Para aumentar os teores de OD deverão ser privilegiados na preparação da água para distribuição os mananciais bem arejados (Oliveira, 2004).

Parâmetros relativos a substâncias indesejáveis

Os nitratos são considerados como um das formas azotadas indesejadas nas águas, pois apesar de serem importantes na nutrição das plantas, são poluentes das águas superficiais e subterrâneas.

São altamente solúveis e são formas azotadas com estado de oxidação máxima, o que faz com que sejam a forma mais usual de azoto nas águas, podendo atingir teores elevados em lençóis freáticos de regiões onde se pratica agricultura intensiva. Outras fontes de nitratos na água subterrânea são as aplicações de águas residuais domésticas, ou de estrumes e chorumes de animais.

A água bebida representa cerca de 25% das necessidades diárias em água de um adulto, com maior valor no caso de crianças e jovens. A presença de nitratos e nitritos na água de consumo humano pode originar problemas sanitários graves. Nos bebés, em que o sistema enzimático não se encontra completamente desenvolvido, a ingestão de alimentos ricos em nitratos ou preparadas com uma água de alto teor em nitratos (maior que 50 mg/l) pode conduzir a metahemoglobinemia infantil. Esta situação é causada, não directamente por nitratos, mas sim por nitritos deles resultantes por um processo de redução. No que diz respeito a massas de água, a presença de nitratos pode ser responsável pela eutrofização dessas águas.

De acordo com as normas da OMS, o valor deste parâmetro na água de consumo humano não deverá ultrapassar os 10 mg/l (N), o que corresponde a 44 mg NO_3^- /l.

Para limitar os efeitos na qualidade da água provocados pelos nitratos é recomendável optar, desde o início, por uma estratégia preventiva. Pode-se, além disso, a nível de produção, verificar e equilibrar os mananciais disponíveis de modo a garantir a constância do seu teor na água distribuída.

Os nitritos são uma das formas minerais de azoto resultante da oxidação do azoto amoniacal ou da redução dos nitratos. Sua presença na água deve ser pontual e instantânea, dado que em condições oxidativas normais a conversão de nitritos a nitratos é rápida. A acumulação acontece quando existem processos inibitórios da formação de nitratos.

O seu teor nas águas superficiais raramente excede valores de 1 mg/l. A redução microbiana dos nitratos e a oxidação do amoníaco resultantes da esterilização/desinfecção das águas por cloroaminas, especialmente a temperaturas elevadas, são processos que também conduzem à formação de nitritos.

Devido ao contacto com alguns tipos de solo ou de condutas, pode detectar-se teores anormais de nitritos, independentemente de qualquer tipo de poluição azotada.

Diariamente, o homem ingere 2-5 mg de nitritos, mas o contributo da água para esse quantitativo é negligenciável. Em situações de elevado teor de nitritos na água, em que seja necessário um tratamento, pode recorrer-se à oxidação de nitritos em nitratos, conseguida através da acção do cloro ou do ozono, entre outros oxidantes.

O azoto amoniacal encontra-se presente na água sob a forma iónica (NH_4^+) e não iónica (NH_3), provenientes geralmente de processos de degradação de materiais residuais de origem animal ou vegetal. O equilíbrio entre as duas formas presentes depende das condições do ambiente aquático, nomeadamente do pH e da temperatura.

A interpretação de valores anormais de azoto amoniacal na água deve ser cuidadosa, tendo em atenção os teores de nitratos, nitritos, e da população microbiana presente. O amoníaco pode aparecer em teores mais elevados nas águas pluviais (0,1-2 mg/l) e nas águas provenientes de solos turfosos ou pantanosos onde tem origem nos materiais vegetais presentes e em decomposição.

Nas águas profundas, forma-se amoníaco por redução microbiana dos nitratos, ou mesmo em solos contendo ferro, visto que este induz processos de oxidação – redução.

Tendo em conta que o pH das águas superficiais varia em média de 6,5 a 8,5, prevalece nessas águas o ião amónio que é a forma menos tóxica. Este parâmetro pode constituir um indicador indirecto (sem valor absoluto) da contaminação fecal – esse é o principal interesse da sua determinação.

Nas condutas, especialmente nas de cobre, sua presença favorece a criação de zonas de anaerobiose, conduzindo à sua corrosão. Também conduz à ineficiência da desinfecção com cloro, ou seja, exige que para se manter o nível de tratamento se adicione, à dose inicial, 10 mg de cloro por cada mg de azoto amoniacal, pois o azoto amoniacal reage com o cloro disponível formando compostos organoclorados. Em caso de não adequação do tratamento à quantidade de azoto amoniacal presente, tal água pode constituir um meio preferencial para o desenvolvimento de microrganismos que causam sabores e aromas desagradáveis. Como forma de tratamento de água com valores elevados de azoto amoniacal, pode levar-se a cabo a nitrificação microbiana (via biológica), recorrendo a filtros de areia e carvão activado. A via química recorrendo ao cloro apresenta riscos derivados da formação de produtos secundários perigosos.

O fósforo encontra-se presente na natureza sob formas minerais e orgânicas, constituindo cerca de 0,07% da crosta terrestre. Nas águas superficiais e nas toalhas subterrâneas, encontra-se presente sob a forma de iões fosfato cuja origem poderá ser a biodegradação de substâncias orgânicas ou o escoamento superficial ou lixiação dos solos, mas o maior contributo para o aparecimento de fosfatos na água advém dos resíduos e efluentes industriais, domésticos e agrícolas.

Nas águas superficiais, é preferível que o teor de fósforo não ultrapasse 0,01 mg/l, por este constituir um factor limitante primário dos processos de eutrofização.

O organismo humano necessita de 1-3 g de fósforo por dia para seu bom funcionamento, o que faz dele um elemento essencial cuja insuficiência pode causar fraqueza e episódios dolorosos.

Dado que o fósforo é limitado indirectamente por outros parâmetros, a OMS não indica um valor rigoroso para esse parâmetro.

Quando é preferível eliminá-lo, pode recorrer-se à desmineralização ou à co-precipitação.

Os sólidos suspensos totais presentes na água de consumo humano podem ser provenientes da água bruta, ou serem resultado do desenvolvimento de organismos diversos no meio hídrico. Geralmente têm dimensões superiores a 10 μm , podendo ser visíveis a olho nu. Estão na origem da turbidez da água.

Segundo a sua granulometria, existem sólidos que decantam naturalmente por efeito da gravidade (materiais decantáveis), e os que não decantam pela acção da gravidade (materiais coloidais).

Os sólidos suspensos totais compreendem argilas, limo, areias, lamas diversas, partículas coloidais orgânicas, microrganismos e plâncton, entre outros, e o seu teor na água varia muito de acordo com sua origem, isto é, dependendo da natureza geológica dos terrenos atravessados, do clima e da estação do ano considerado, e da influência antrópica.

A sua presença na água de consumo humano é inconveniente do ponto de vista organoléptico, e levanta dúvidas acerca da potabilidade dessa água, pois constituem um suporte adequado ao desenvolvimento de

Azo Superf.

Teor P

agentes biológicos, à adsorção e absorção de íões e moléculas diversas, constituindo um vector de penetração desses produtos no organismo humano. Sua elevada concentração dificulta a desinfecção, aumentando o risco sanitário associado.

Os riscos efectivos associados a este parâmetro dependem da natureza das substâncias que constituem os sólidos suspensos totais. Por isso, a OMS não estipula um valor limite para este parâmetro, pois esse valor seria insuficiente, mas também considera que a sua presença na água está associada a um tratamento inadequado ou insuficiente.

O cloro residual é a fracção do cloro, utilizado como desinfectante no controlo da contaminação microbiana da água de abastecimento para consumo humano, que não reagiu com os compostos presentes, e que é destinada a garantir que o desenvolvimento dos microrganismos não se verifique posteriormente ao longo do percurso até o consumidor.

A concentração de cloro residual livre diminui gradualmente ao longo da rede de distribuição à medida que este reage, por exemplo, com os compostos presentes na água ou com o material da tubagem. Esta situação pode levar ao total desaparecimento do cloro residual livre, o que aumenta as probabilidades de contaminação microbiológica. Para evitar este tipo de situações, recomenda-se a instalação de postos de recloração ao longo da rede de distribuição (Instituto Regulador de Água e Resíduos, 2007).

Ao reagir com substâncias orgânicas presentes na água, formam-se alguns subprodutos que podem estar na origem de cheiros e sabores desagradáveis. Além disso, hoje estuda-se os possíveis efeitos carcinogénicos de alguns desses subprodutos, como os compostos organoclorados, o clorofórmio e outros.

A tecnologia actual oferece várias formas de aplicação de cloro na água; resta garantir seu controlo após tratamento, se possível de forma contínua, podendo também ser feita de forma sistemática. O importante é garantir que em qualquer ponto da rede e a qualquer momento, haja um teor de cloro suficiente para eliminar os microrganismos eventualmente presentes ou introduzidos no percurso.

3. Parâmetros microbiológicos

Os parâmetros microbiológicos são de grande importância na avaliação da qualidade da água. A água contém naturalmente numerosos e diversos microrganismos, alguns patogénicos e outros que não representam risco para o Homem. Esses microrganismos coexistem nesse meio, podendo os não patogénicos, ou de patogenicidade reduzida, serem considerados como indicadores da presença ou ausência dos patogénicos.

Quase todos os organismos patogénicos presentes na água são de origem fecal, humana ou animal.

A detecção dos organismos patogénicos é o principal objectivo da análise microbiológica das águas de abastecimento para consumo humano. Segundo a UNICEF (Globo online, 2008), a contaminação microbiológica é uma das principais causas da mortalidade infantil no mundo e principalmente em África.

É praticamente impossível a nível de rotina, e economicamente insuportável, a análise de uma água para consumo de modo a identificar todos os microrganismos nela existentes (Oliveira, 2004). A presença de coliformes na água de distribuição, principalmente os coliformes fecais, torna-a inaceitável para o consumo público de acordo com as normas internacionalmente aceites, e indicia que o tratamento foi inadequado ou

que se verificou contaminação posterior, a nível da distribuição, ou ainda que a colheita foi realizada em más condições, ou a análise incorrectamente realizada.

- Coliformes totais: grupo de bactérias constituído por bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de crescer na presença de sais biliareos ou outros compostos activos de superfície (surfactantes), com propriedades similares de inibição de crescimento, e que fermentam a lactose com produção de aldeído, ácido e gás a 35 °C em 24-48 horas. O grupo inclui os géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (Universidade de Campinas, 2008).
- Coliformes fecais: são coliformes capazes de fermentar a lactose com produção de ácido e gás à temperatura de $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas. O principal componente deste grupo é a *Escherichia coli* (Universidade de Campinas, 2008).
- *Escherichia coli*: É um organismo de origem fecal, encontrando-se espalhado pela natureza tal como os outros coliformes. Como espécie potencialmente patogénica, é responsável pela produção de toxinas que originam diarreias associadas a infecções extra-intestinais variadas (urinárias, genitais, hepatobiliares, meningites de recém-nascidos) e infecções intestinais (nos recém-nascidos e alguns seropositivos estão na base do desenvolvimento de gastroenterites). A sua eliminação pode ser assegurada por um adequado tratamento da água bruta e uma vigilância sanitária exercida de forma eficiente. A OMS estipula que, para 95% das amostras, haja 0 (zero) NMP em 100 ml de água (Oliveira, 2004).

IV. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Caracterização da área em estudo

1. Descrição da Praia Urbano

A Praia Urbano corresponde a um conjunto de localidades, incluindo o centro da cidade e as zonas periféricas, pertencente ao município da Praia, com uma área de 97 km², situado ao sul da maior ilha do país, Santiago, o maior centro urbano do país.

A população residente no concelho da Praia, que coincide com o território municipal, atinge segundo o INE (Censo 2000, 2002) os 104953 habitantes, estando 89,7% na Praia Urbano e apenas 10,3 % na Praia Rural, o que evidencia a elevada concentração da população no espaço urbano.

Num período de dez anos, a população urbana aumentou de 61644 habitantes para 94161, enquanto que a população rural perdeu um efectivo de 10366 habitantes, de 21158 para 10792, um decréscimo anual de 6,7%. Atendendo às tendências de crescimento demográfico, estima-se que no horizonte de 10 anos a Praia Urbano contará com 167000 pessoas, enquanto na Praia Rural viverão apenas 4000 habitantes, com todas as implicações daí resultantes.

Economicamente, o comércio a grosso e a retalho, associado à reparação de veículos automóveis, motociclos e de bens de uso doméstico, figuram como os ramos de actividade que empregam maior número

de pessoas, garantindo um total de 8352 postos de trabalho, o que representa 26% do total dos empregos gerados (Cabo Verdeanos, 2003).

2. Sistema de abastecimento público de água para consumo humano

Origem da água destinada à produção de água para consumo humano

Segundo o Conselho Nacional da Água (2000), a cidade da Praia dispõe de $17,5 \times 10^6$ m³/ano de água superficial, de um valor bruto de $10,1 \times 10^6$ m³/ano de água subterrânea (no período seco 4×10^6 m³/ano e no período médio $5,8 \times 10^6$ m³/ano), numa ilha com um volume de precipitação média anual de $273,4 \times 10^6$ m³ dos quais 36% se evapora, 51% se perde por escoamento superficial e 13% se infiltra, alimentando os lençóis freáticos.

Hoje em dia, as fontes de água destinadas à produção de água de consumo humano na cidade resumem-se a 7 furos de exploração de água subterrânea, localizados em Santa Clara (3) - concelho de Ribeira Grande, João Varela e Lapa Cachoro (3) - concelho da Praia, e Monte Vaca (1) - concelho da Paia (este raras vezes chega a contribuir para o quantitativo produzido), que somam um volume conjunto de 474233 m³/ano de água, e a captação e dessalinização da água do mar que disponibiliza à volta de 1699682 m³/ano de água. A entidade responsável pela produção e distribuição de água na cidade é a empresa público-privada denominada Electra, cuja concessão da licença para cuidar desses serviços foi atribuída há vários anos.

Produção de água para consumo

A Praia Urbano é abastecida em 78% pela água produzida através da dessalinização da água do mar. A técnica utilizada para esse processo é a osmose inversa.

Sequência das fases da osmose inversa na central de produção:

1. Bombagem da água do mar a 40m de profundidade
2. Adição de dispersante - génese
3. Passagem pelo filtro de areia (2 unidades)
4. Passagem pelo filtro de cartucho (2 unidades)
5. Passagem pelas turbobombas - elevando a pressão de 2,2 ba para a pressão de funcionamento de 69 a 70 ba
6. Entrada nos bastidores de osmose inversa - possuem 70 tubos, cada um constituído por 7 membranas
7. O permeado é recolhido e canalizado para o reservatório onde é feita a correcção do pH, até um valor 7,5 a 8,5, com a adição do hidróxido de cálcio

O processo tem sido realizado com as mesmas membranas desde a sua instalação, e tem um factor de conversão de 43,4% (permeado/água que entra).

Ao longo da rede, nos reservatórios de Monte Babosa e Monte Pensamento, faz-se a desinfecção da água com adição de hipoclorito de cálcio, produto fornecido sob a forma sólida de cor branca, com um teor de cloro de 60 a 70% (m/m). O esquema de desinfecção diz que esta deve ser feita com adição de 1g do

desinfectante por cada m^3 de água, após a paragem da entrada de água nos reservatórios, e o tempo de contacto com o desinfectante de 30 minutos.

A adição do desinfectante não acompanha a entrada e a saída de água dos reservatórios, pois esta é feita de forma descontínua, enquanto que a entrada e saída de água dos reservatórios ocorrem continuamente na maior parte dos casos. A rede é caracterizada por situações em que há mistura de diferentes águas com débitos variados e irregulares no tempo, e por situações de entrada de água bruta ao longo do subsistema de distribuição. No reservatório de Monte Pensamento, que recebe água tratada e água bruta, a determinação da quantidade de hipoclorito de cálcio a aplicar à água é feita pelo responsável da aplicação, que é a mesma pessoa responsável pela segurança do local, segundo a sua percepção sensitiva da quantidade de desinfectante presente na água tratada que recebe, repetindo este procedimento diariamente.

O sistema de distribuição

A água depois de tratada é posta à disposição do consumidor através de uma rede de distribuição. O abastecimento é feito de forma descontínua. A reservação de água é assegurada por 8 reservatórios de montante situados em 5 localidades distintas. Dois reservatórios do sistema abastecem troços diferentes, e constituem estações de tratamento de água através da desinfeção com hipoclorito de cálcio. Outra característica do sistema em estudo é a mistura de águas de diferentes origens. Água de um reservatório anterior, correspondente a um produto final do tratamento pela desinfeção, é misturada com água subterrânea sem qualquer tipo de tratamento. Esse reservatório é um daqueles onde são realizadas clorações.

A rede de distribuição é constituída por 150838 metros de condutos principais ou primários, variáveis em relação aos materiais constituintes, mas maioritariamente de PVC, sendo a ligação entre os reservatórios assegurada maioritariamente por condutas de ferro fundido e por 1328 válvulas. Este subsistema integra reservatórios de serviço e estações elevatórias. O AnéxoIV ilustra o sistema de abastecimento de água em estudo.

Formas de abastecimento

De acordo com o relatório de produção e distribuição da Electra, 96,4% da sua produção é canalizada para os 79 fontanários (7,1%) e para o domicílio (89,4%), através da rede de distribuição, e 3,6% é transportada através de autotanques destinados abastecer localidades onde seja pontualmente impossível fornecer água através da rede, ou localidades que ainda não possuam canalizações de acesso à da rede de distribuição.

O INE (2006) mostra o seguinte cenário das formas de abastecimento da população (Ilustração 1):

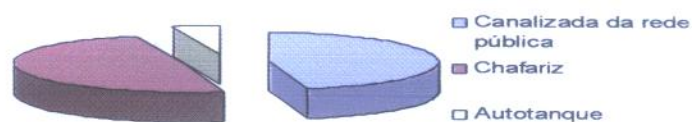


Ilustração 1: Formas de abastecimento de água potável à população da Praia

Oferta / procura de água na Praia Urbano

A Electra, em regime normal de funcionamento, consegue produzir 6067 m³/dia e distribuir 5956 m³/dia com uma perda de aproximadamente 2% da sua produção. Esse valor traduz-se na quantidade de água potável disponível para abastecer 92% dos 94161 habitantes da cidade.

O consumo médio de água no país é de 5 a 15 litros/habitante dia nos fontanários e 25 a 75 litros/habitante dia em ligações domiciliars.

Tendo em consideração a percentagem da população abastecida de água e o consumo per capita no país, a Praia Urbano tem uma procura de:

- 196 a 589 m³/dia nos fontanários,
- 919 a 2758 m³/dia nas ligações ao domicílio

equivalente a um total que varia entre 1116 e 3347 m³/dia, sem levar em consideração o abastecimento através dos autotanques.

B. Amostragem

Para realizar uma amostragem transversal foram seleccionados 15 pontos de colheita no sistema de abastecimento público de água, dos quais 10 pertencem ao subsistema de distribuição, e os restantes às origens de água para a produção de água de consumo humano, cuja localização e características são descritas na Tabela 2.

A amostragem foi feita durante os meses de Junho e Julho de 2008. As amostras foram colectadas nos fontanários e nos reservatórios da rede de distribuição (a partir dos quais toda a cidade é abastecida) e acondicionadas em frascos de polietileno para a realização de análises físico-químicas no laboratório de Qualidade da Água do Instituto Nacional dos Recursos Hídricos.

Tabela 2. Descrição e localização dos locais de colheita.

Pontos de colheita	Descrição e localização
Santa Clara	Origem da água – reservatório que recebe água dos furos de exploração de água subterrânea FBE-138, FBE-149 e FBE-148 ambos localizados no Concelho de Ribeira Grande
João Varela	Origem da água – reservatório que recebe água dos furos de exploração de água subterrânea FT-202 e FBE-58 localizado João Varela, Concelho da Praia
Lapa Cachorro	Origem da água – reservatório que recebe água dos furos de exploração de água subterrânea FBE-1 BisA localizados em Lapa Cachoro, no Concelho da Praia
Monte Vaca	Origem da água – Furo de exploração de água subterrânea localizado no Concelho da Praia
Electra	Central de Produção considerado no estudo, produção de água através da dessalinização da água do mar
Monte Babosa	Reservatório situado a uma cota de 82,9 m à saída da água, concelho da Praia - realiza-se desinfecção da água
Palmarejo	Chafariz localizado na zona de Monte Vermelho – Palmarejo, concelho da Praia, pertencente ao troço 1 do sistema de distribuição.,
Várzea	Chafariz nº 5 da ADA, localizado na zona da várzea Compaíinha – conselho da Praia, pertencente ao troço 1 do sistema de distribuição
ASA	Chafariz localizado na região do Brasil – Achada Santo António, concelho da Praia pertencente ao troço 1 do sistema de distribuição
Monte Pensamento	Reservatório situado a uma cota de 110 mm na zona de Eugénio Lima – concelho da Praia, à Latitude Longitude, realiza-se desinfecção da água, pertencente ao troço 2 do sistema de distribuição
Eugénio Lima	Chafariz nº 5 da ADA situado em Eugénio Lima, - concelho da Praia pertencente ao troço 2 do sistema de distribuição
Safende	Chafariz nº 24 da ADA, localizado em Safende, concelho da Praia, pertencente ao troço 2 do sistema de distribuição
Ponta d'Água	Chafariz nº 29 da ADA, localizado em Ponta d'Água, concelho da Praia pertencente ao troço 2 do sistema de distribuição
Paiol	Chafariz da ADA, localizado na Zona do Paiol, concelho Praia pertencente ao troço 3 do sistema de distribuição
Achada São Filipe	Chafariz nº 32 d ADA localizado em Achada São Filipe, concelho da Praia, pertencente ao troço 4 do sistema de distribuição

In situ, foram determinados os valores de temperatura, condutividade, sólidos dissolvidos totais (TDS) e salinidade. Em laboratório, foram avaliados os teores de nitratos, nitritos, azoto amoniacal, pH, turvação, cloretos, sódio, cálcio, magnésio, resíduo seco, mineralização total, alcalinidade (dos carbonatos e dos hidróxidos), sílica, sulfatos, potássio, ferro, cheiro e cor. Os parâmetros determinados em laboratório foram realizados em duplicado, e pelos seguintes métodos:

O aspecto e a cor aparente - a olho; o cheiro (a quente e a frio) – o olfacto.

A Temperatura expressa em °C, a Condutividade a (20°C), expressa em $\mu\text{S}/\text{cm}$, a Salinidade, expressa em % e o TDS, expresso em mg/l, ambos quantificados através da electrometria com o aparelho Hach Sansion5; o pH: (25°C) medido através da Electrometria, com o Hach Sansion1; a turvação, medida através do turbidímetro e expresso em UNT (unidades nefelométricas de turvação).

O Cálcio doseado por titulação com EDTA, com Murexida como indicador, expresso em mg/l de carbonato de cálcio; o Magnésio doseado a partir do cálculo, mediante sua relação com a dureza e o cálcio, expresso em mg/l de carbonato de cálcio; a Dureza Total doseada por titulação com EDTA, Negro de ericromo-T como indicador, expressa em mg/l de carbonato de cálcio; a Alcalinidade Total doseada por titulação com ácido Sulfúrico (H_2SO_4 -0.02N), expresso em mg/l de carbonato de cálcio; os Cloretos medido através do Método de Mohr, expresso em mg/l de cloreto; os Carbonatos doseados através do cálculo ($\text{pH} > 8.3$), expresso em mg/l de carbonato de cálcio.

Os nitratos, nitritos, azoto amoniacal, sódio, sílica, sulfatos, potássio, ferro foram doseados por espectrofotometria de absorção molecular através do aparelho Hach DR/2010, ambos expressos em mg de substância por litro de água.

Os parâmetros bacteriológicos foram analisados até 24 horas após colheita, realizada em sacos esterilizados. A contagem de microrganismos viáveis foi expressa em unidades formadoras de colónias (UFC) (meio de cultura: PCA, a 37 °C, 48 horas); os coliformes totais foram expressos em número de colónias em 100 ml de água (meio de cultura: VRB, a 37 °C, 24 horas); os coliformes fecais foram expressos em número de colónias em 100 ml de água (meio de cultura: VRBL, a 44 °C, 24 horas) e a pesquisa *Escherichia coli* foi feita através do teste Kóvax, a 44 °C, 24 horas.

Fez-se ainda uma recolha retrospectiva dos dados relativos aos resultados das análises da qualidade de água, produzidos no âmbito do programa de controlo de qualidade da água produzida e distribuída na cidade da Praia, levado a cabo pela Electra, e no esquema de vigilância e fiscalização da qualidade de água de consumo humano, efectuado pelo INGRH, dos anos 2006, 2007 e 2008. Obtiveram-se dados das análises de qualidade da água referentes aos meses de Janeiro, Maio, Junho e Dezembro de 2006, Fevereiro, Maio, Agosto, Outubro e Dezembro de 2007, e Janeiro e Abril de 2008

As duas entidades disponibilizaram resultados de todos os parâmetros avaliados nos seus domínios, de acordo com as suas capacidades para os produzir. Segundo o responsável pelas análises, os métodos analíticos utilizados foram os mesmos que estão em uso no Laboratório do INGRH.

Dado o menor número de parâmetros avaliados nos dados fornecidos pela Electra, e dada a grande representatividade desses dados na amostra, alguns parâmetros avaliados nos laboratórios do INGRH foram excluídos da análise dos dados, assim alcançando maior conjugação.

Foram ainda analisados factores como o tipo de tubo, a estrutura do ponto de colheita, os locais, os troços, a realização de tratamento e a entrada de águas brutas ao longo do sistema de distribuição.

C. Processamento e análise de dados

Os factores analisados foram registados em folha Excel e analisados de forma descritiva e comparativa com auxílio do programa estatístico SPSS versão 15. Os dados foram sujeitos a ANOVA e, quando possível, a comparação de médias foi realizada com o teste de Duncan, e/ou teste T. O nível de significância (p) foi sempre igual ou inferior a 0,05.

V. RESULTADOS

Em relação aos locais, os resultados (n=65) demonstraram diferenças significativas para a quantidade de microrganismos viáveis, registando-se a Várzea (77UFT) e Achada São Filipe (50UFT) como aqueles com maiores índices (tabela 3) (teste T; $p < 0,05$).

O mesmo acontece em relação á quantidade de coliformes totais. Nesse caso, o local mais afectado é Eugénio Lima com 50NMP (tabela 4) (teste T; $p < 0,05$), Esse parâmetro não se diferencia significativamente entre os casos de realização de tratamento, com 2.43NMP e os outros 4.39NMP.

O mesmo local corresponde ao que apresenta maior quantidade de coliformes fecais, uma média de 3NMP (teste T; $p < 0,05$), situando-se a média do sistema em 0.17NMP (tabela 5). Da mesma forma, a realização do tratameto não é factor de diferenciação significativa do valor desse parâmetro entre os pontos em que acontece e os em que não, sendo maior seu valor nos pontos de realização do que nos de não realização (tabela6) (ANOVA; $p > 0.05$).

Não há diferença significativa na quantidade de cloro residual entre cada um dos locais, sendo o seu valor médio na amostra de 0.13mg/l, mas existe diferença entre os casos de entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro e os outros (ANOVA; $p < 0.05$), sendo sua quantidade para os casos onde ocorre entrada dessa água 0.31mg/l e os onde tal não ocorre 0.06mg/l (tabela 7).

O Valor do pH da amostra é de 7.35, e não diferencia entre os locais, mas tem uma diferença significativa entre os anos (ANOVA; $p < 0.05$), sendo maior a diferença entre os anos 2006 e 2007 de 6.608 e 7.624 respectivamente, e verificando uma subina de quatro décimas de 2007 para 2008 (tabela 8). O ponto de entrada de água bruta de Cidade Velha tem um valor significativamente inferior ao dos outros casos (ANOVA; $p < 0.05$, tabela 9).

O valor da alcalinidade difere de forma significativa entre os locais, sendo Monte Pensamento e Eugénio Lima os maior valor (tabela10) (teste T; $p < 0,05$); entre os troços, sendo o troço 2 que porlonga de Electra á Ponta d'água o de maior valor; entre os casos de realização (50.9mg/l) ou não (19.2mg/l) de tratamentos (tabela 12) e entre os casos de entrada ou não de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro (tabela11) (ANOVA; $p < 0.05$).

Não é notável diferença no valor do azoto amoniacal entre os locais nem entre os troços, sendo seu valor médio na amostra de 0.246mg/l. Existe diferença considerável se se analisar os casos consoante o tipo de tubo, quando for unicamente de ferro fundido é de 0.338mg/l, e quando não, é de 0.012mg/l, a estrutura do ponto de colheita (tabela 13), que diferencia os casos da mesma forma que o tipo de tubo, e a realização de tratamento, em que nos casos em que acontece o valor é de 0.444mg/l e 0.072mg/l nos outros casos (tabela 14) (ANOVA; $p < 0.05$).

O valor dos nitratos não se diferencia entre os locais (tabela 15), mas vem diminuindo significativamente á nível do sistema ao longo dos anos, sendo o ano de maior valor o de 2007, 7.86mg/l, diminuindo para 2008, 0.58mg/l, de forma mais significativa (ANOVA; $p < 0.05$).

Existe uma significante diferença no valor dos cloretos entre os locais, sendo Electra o de maior valor e Eugénio lima o de menor (tabela 17) (ANOVA; $p < 0.05$). Também há diferença entre os troços, sendo o troço 1, que prolonga da Electra à ASA o de menor quantidade de cloretos, 29.5mg/l, e o troço 4 que vai de Electra à Achada São Filipe o de maior quantidade, 186.8mg/l. Nos reservatórios, em que as condutas são, unicamente, de ferro fundido, há, significativamente, mais cloreto do que nos chafarizes (tabela 18) (ANOVA; $p < 0.05$). Ao comparar o caso onde ocorre a entrada de água bruta de Cidade Velha com os outros, neste há mais cloreto, numa quantidade de 167.5mg/l e 101.3mg/l para os outros casos (ANOVA; $p < 0.05$). No caso de entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro seu valor é menor, 63.3mg/l, em comparação com os outros casos, 129.7mg/l (ANOVA; $p < 0.05$).

O valor dos sulfatos não difere entre os locais (ANOVA; $p > 0.05$), estando todos ao redor de 17.27mg/l. Variou ao longo dos anos, aumentando significativamente no último ano (tabela 19) (ANOVA; $p < 0.05$).

A quantidade da sílica, não diferencia entre cada um dos locais, tendo um valor médio de 19.53mg/l no sistema. Diferencia significativamente entre os troços, sendo o troço 4 que vai de Electra à Achada São Filipe o de maior valor em sílica, 40.35mg/l, (tabela19) (ANOVA; $p < 0.05$). Os chafarizes têm mais sílica do que os reservatórios (tabela 20) (ANOVA; $p < 0.05$).

O valor da dureza é diferente para cada local, sendo Monte Babosa, Monte pensamento e Safende os locais de maior valor, e Achada São Filipe o de menor valor (tabela 22) (ANOVA; $p < 0.05$). O troço 4 que porlonga de Electra à Achada São Filipe é o que tem uma dureza significativamente baixa,

33.9mg/l CaCO_3 (teste T; $p < 0.05$). No caso em que ocorre entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro a dureza é significativamente maior do que nos outros (tabela 23) (ANOVA; $p < 0.05$).

A quantidade de cálcio na água varia entre cada um dos locais, sendo Eugénio Lima e Safende os de maior quantidade (tabela 24) (teste T; $p < 0.05$), e entre cada troço, o troço 4 com 5.2mg/l, corresponde ao de menor valor em cálcio, quando a média entre os troços é de 11.7mg/l. Ao longo dos anos vem aumentado, de 9.2mg/l em 2006 para 16.8mg/l em 2008, com uma ligeira descida em 2007 em que a quantidade foi de 7.86mg/l (ANOVA; $p < 0.05$). A entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro faz do caso em que ocorre o de maior valor em cálcio, comparado com os outros casos, embora tal diferença não seja significativa (tabela 25).

São diferentes os valores de magnésio entre os locais, Monte Pensamento tem maior valor, 14.7mg/l, e Achada São Filipe o menor, 5.1mg/l (tabela 26) (ANOVA; $p < 0.05$). Nos casos em que se realizam tratamentos, seu valor é de 11.4mg/l, significativamente superior ao dos outros casos com 7.2mg/l. A entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro também diferencia os casos, fazendo com que o caso em que ocorre tenha mais magnésio que nos outros (tabela 27) (ANOVA; $p < 0.05$).

O valor médio do sódio no sistema é de 31.39mg/l, sem variações significantes entre os locais (ANOVA; $p > 0.05$), mas com variação temporal, diminuindo significativamente no ano 2008, não havendo avaliação de seu teor no ano 2007 (tabela 28) (ANOVA; $p < 0.05$).

O valor em potássio no sistema é de 9.39mg/l sendo o valor máximo registado de 17.7mg/l e o mínimo de 3.9mg/l. O valor desse parâmetro não se diferencia de forma significativa entre os locais (ANOVA; $p > 0.05$).

A quantidade de ferro também não varia entre os locais, e tem um valor médio de 0.13mg/l no sistema, com um máximo de 1mg/l e um mínimo de 0mg/l.

A condutividade varia entre os locais, e os de maior valor são Várzea, Paiol e Palmarejo (teste T; $p < 0.05$), situando a média do sistema em 690.55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tabela 29). O troço 3 que porlonga de Electra a Paiol e o que porlonga de Electra á ASA, o troço 4, são os que apresentam valores significativamente altos de condutividade, 961.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 912.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (ANOVA; $p < 0.05$). Em 2006 seu valor foi o mais baixo entre os anos, 557 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em 2007, 672 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e em 2008, 814 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nos casos em que são realizados tratamentos de água, o seu valor é de 627.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, significativamente inferior aos outros casos com um valor médio de 745.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ANOVA; $p < 0.05$). A entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro também faz diferenciar os casos quanto á este parâmetro(tabela30) (ANOVA; $p < 0.05$).

Diferem-se os valores do TDS entre os locais, sendo ASA, Paiol, Palmarejo e Varzea os caso de maior valor, e Eugénio Lima e Monte Pensamento os de menor valor (tabela 31) (teste T, $p < 0.05$). Os factores que diferenciam seu valor entre os casos são os mesmos dos da condutividade, sendo os casos de realização de tratamento com um valor de 308.7mg/l, e os outros, 384.9mg/l (ANOVA; $p < 0.05$); o caso de entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro com 234.8mg/l e os onde este não ocorre com 384.2mg/l de TDS (ANOVA; $p < 0.05$). Em 2006, seu valor foi de 275.1mg/l, e em 2008, 428.4mg/l, (ANOVA; $p < 0.05$).

Não há diferença significativa da turvação entre cada um dos locais situando-se a média do sistema em 1.24UNT, com um valor máximo registado de 3.9UNT e mínimo de 0.16UNT. No grupo de casos em que as as tubagens são de ferro fundido, os reservatórios, seu valor é menor do que nos outros, os chafarizes em que as condutas são de Ferro fundido e PVC (tabela 33) (ANOVA; $p < 0.05$). Seu valor alterou ao longo dos anos sendo maior em 2008 (tabela 32) (ANOVA; $p < 0.05$).

Tabela 3 _Variação dos valores de microrganismos viáveis entre os locais

Microrganismos Viáveis		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Achada São Filipe		4	50	66,833	-56,35	156,35	10	150
ASA		6	8,33	4,082	4,05	12,62	0	10
Electra		12	14,33	15,011	4,8	23,87	10	62
Eugénio Lima		2	6	5,657	-44,82	56,82	2	10
Monte Babosa		12	10,42	4,582	7,51	13,33	2	23
Monte Pensamento		11	9,82	0,603	9,41	10,22	8	10
Paiol		4	8,25	3,5	2,68	13,82	3	10
Palmarejo		3	6,67	5,774	-7,68	21,01	0	10
Ponta d'Água		6	8,5	3,674	4,64	12,36	1	10
Safende		3	7	5,196	-5,91	19,91	1	10
Várzea		2	77	103,238	-850,55	1004,55	4	150
Total		65	14,55	25,466	8,24	20,86	0	150

Tabela 4 _ Variação dos valores de coliformes totais entre os locais

Coliformes Totais		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
	Achada São Filipe	4	0	0	0	0	0	0
	ASA	6	0,17	0,408	-0,26	0,6	0	1
	Electra	12	0	0	0	0	0	0
	Eugénio Lima	2	50	70,711	-585,31	685,31	0	100
	Monte Babosa	12	0,08	0,289	-0,1	0,27	0	1
	Monte Pensamento	11	9,09	30,151	-11,16	29,35	0	100
	Paiol	4	0,25	0,5	-0,55	1,05	0	1
	Palmarejo	3	0	0	0	0	0	0
	Ponta d'Água	6	0	0	0	0	0	0
	Safende	3	0	0	0	0	0	0
	Várzea	2	0	0	0	0	0	0
	Total	65	3,12	17,397	-1,19	7,43	0	100

Tabela 5 _ Variação dos valores de coliformes fecais entre os locais

Coliformes Fecais		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
	Achada São Filipe	4	0	0	0	0	0	0
	ASA	6	0	0	0	0	0	0
	Electra	12	0	0	0	0	0	0
	Eugénio Lima	2	3	4,243	-35,12	41,12	0	6
	Monte Babosa	12	0	0	0	0	0	0
	Monte Pensamento	11	0,45	1,508	-0,56	1,47	0	5
	Paiol	4	0	0	0	0	0	0
	Palmarejo	3	0	0	0	0	0	0
	Ponta d'Água	6	0	0	0	0	0	0
	Safende	3	0	0	0	0	0	0
	Várzea	2	0	0	0	0	0	0
	Total	65	0,17	0,961	-0,07	0,41	0	6

Tabela 6 _Variação dos valores de coliformes fecais entre os casos de realização e de não realização de tratamentos

Tratamento		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Coliformes Fecais	Não	42	0,14	0,926	-0,15	0,43	0	6
	Sim	23	0,22	1,043	-0,23	0,67	0	5
	Total	65	0,17	0,961	-0,07	0,41	0	6

Tabela 7 _Variação dos valores de cloro residual entre os pontos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água Bruta de João Varela e Lapa Cachorro

Entrada de água de JV e LC		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Cloro Residual	Não	28	0,06	0,116	0,02	0,11	0	1
	Sim	10	0,31	0,627	-0,14	0,76	0	2
	Total	38	0,13	0,343	0,02	0,24	0	2

Tabela 8 _ Variação do valor do pH ao longo dos anos 2006,2007,2008 (teste Duncan, P=0.05)

Ano	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	1
2006	13		6,608	
2007	17			7,624
2008	16			7,663

Tabela 9 _ Variação dos valores de pH entre os pontos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água bruta de Cidade Velha

Entrada de água bruta de Cidade Velha		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
pH	Não	35	7,497	0,7736	7,231	7,763	6,1	9,1
	Sim	11	6,882	0,764	6,369	7,395	5,8	8,4
	Total	46	7,35	0,8077	7,11	7,59	5,8	9,1

Tabela 10 _Variação dos valores de alcalinidade entre os locais

Alcalinidade		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
	Achada São Filipe	2	19,5	12,021	-88,5	127,5	11	28
	ASA	1	3	.	.	.	3	3
	Electra	8	11,28	4,657	7,38	15,17	4	18
	Eugénio Lima	2	81,15	44,053	-314,65	476,95	50	112
	Monte Babosa	8	18,44	13,075	7,51	29,37	2	46
	Monte Pensamento	7	88	36,437	54,3	121,7	35	123
	PaioI	1	3	.	.	.	3	3
	Palmarejo	1	3	.	.	.	3	3
	Ponta d'Água	3	17,5	9,76	-6,74	41,74	8	27
	Safende	1	26	.	.	.	26	26
	Várzea	1	5	.	.	.	5	5
	Total	35	32,79	37,374	19,95	45,62	2	123

Tabela 11 _Variação dos valores de alcalinidade entre os pontos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água Bruta de João Varela e Lapa Cachorro

Alcalinidade	Entrada de água de JV e LC	N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
	Não	28	18,98	21,815	10,52	27,44	2	112
	Sim	7	88	36,437	54,3	121,7	35	123
	Total	35	32,79	37,374	19,95	45,62	2	123

Tabela 12 _Variação dos valores de alcalinidade entre os casos de realização e de não realização de tratamentos

Tratamento		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Alcalinidade	Não	20	19,2	24,762	7,61	30,79	3	112
	Sim	15	50,9	44,101	26,48	75,32	2	123
	Total	35	32,79	37,374	19,95	45,62	2	123

Tabela 13 _Variação dos valores de azoto amoniacal entre as estruturas dos pontos de colheita

Estrutura do ponto de colheita		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Azoto amoniacal	Chafariz	9	0,012	0,0367	-0,016	0,04	0	0,1
	Reservatório	23	0,338	0,3572	0,183	0,492	0	1,3
	Total	32	0,246	0,3362	0,125	0,367	0	1,3

Tabela 14 _Variação dos valores de azoto amoniacal entre os casos de realização e de não realização de tratamentos

Tratamento		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Azoto amoniacal	Não	17	0,072	0,1293	0,005	0,138	0	0,4
	Sim	15	0,444	0,3903	0,228	0,66	0	1,3
	Total	32	0,246	0,3362	0,125	0,367	0	1,3

Tabela 15 _Variação dos valores de nitritos entre os locais

Nitritos		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
	Achada São Filipe	2	0	0,004	-0,03	0,04	0	0,007
	ASA	1	0	.	.	.	0	0
	Electra	8	0	0,002	0	0	0	0,0066
	Eugénio Lima	2	0,01	0,012	-0,1	0,11	0	0,0164
	Monte Babosa	8	0	0,004	0	0	0	0,01
	Monte Pensamento	7	0,02	0,052	-0,03	0,07	0	0,14
	Paíol	1	0	.	.	.	0	0
	Palmarejo	1	0	.	.	.	0	0
	Ponta d'Água	3	0	0,002	0	0,01	0	0,0033
	Safende	1	0,01	.	.	.	0	0,01
	Várzea	1	0	.	.	.	0	0
	Total	35	0,01	0,024	0	0,01	0	0,14

Tabela 16 _Variação dos valores de nitratos entre os locais

Nitratos		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
	Achada São Filipe	2	12,7	17,961	-148,67	174,07	0	25
	ASA	1	0	.	.	.	0	0
	Electra	8	1,53	2,272	-0,37	3,42	0	6
	Eugénio Lima	2	5,6	0,141	4,33	6,87	6	6
	Monte Babosa	8	5,34	9,08	-2,25	12,93	0	23
	Monte Pensamento	7	5,3	6,519	-0,73	11,33	0	16
	Paíol	1	0	.	.	.	0	0
	Palmarejo	1	0	.	.	.	0	0
	Ponta d'Água	3	3,6	5,393	-9,8	17	0	10
	Safende	1	0	.	.	.	0	0
	Várzea	1	0	.	.	.	0	0
	Total	35	3,98	6,776	1,66	6,31	0	25

Tabela 3 _Variação dos valores de cloretos entre os locais

	N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
				Valor mínimo	Valor máximo		
Cloretos Achada São Filipe	2	152,435	20,0323	-27,548	332,418	138,3	166,6
ASA	1	3,55				3,6	3,6
Electra	8	186,8	67,4192	130,436	243,164	56,8	297
Eugénio Lima	2	24,85	5,0205	-20,257	69,957	21,3	28,4
Monte Babosa	8	167,525	68,6028	110,172	224,878	56,8	283,6
Monte Pensamento	7	63,314	48,184	18,752	107,877	14,2	134,7
Paíol	1	42,6				42,6	42,6
Palmarejo	1	56,8				56,8	56,8
Ponta d'Água	3	87,5	14,7238	50,924	124,076	71	99,3
Safende	1	49,7				49,7	49,7
Várzea	1	28,4				28,4	28,4
Total	35	116,455	79,6371	89,099	143,811	3,6	297

Tabela 4 -Variação dos valores de cloretos entre as estruturas dos pontos de colheita

	Estrutura do ponto de colheita	N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Cloretos	Chafariz	12	66,51	49,3448	35,158	97,862	3,6	166,6
	Reservatório	23	142,513	80,7056	107,613	177,413	14,2	297
	Total	35	116,455	79,6371	89,099	143,811	3,6	297

Tabela 19 _Variação do valor de Sulfatos ao longo dos anos

	N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo	
				Valor mínimo	Valor máximo			
Sulfatos	2006	13	9,43	14,368	0,75	18,11	0	38
	2007	9	5,79	7,903	-0,29	11,86	0	19
	2008	9	40,08	34,291	13,72	66,44	0	97
	Total	31	17,27	25,2	8,03	26,51	0	97

Tabela 5 _Variação do valor de Sílica entre os troços

		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Sílica	Troço1	3	18,03	17,289	-24,91	60,98	6	38
	Troço2	12	29,99	12,601	21,99	38	12	61
	Troço3	1	38,1	.	.	.	38	38
	Troço4	2	40,35	51,972	-426,6	507,3	4	77
	Electra	7	5,47	13,229	-6,76	17,7	0	35
	Monte Babosa	7	7,69	14,713	-5,92	21,29	0	41
	Total	32	19,53	19,913	12,35	26,71	0	77

Tabela 6 _Variação dos valores de sílica consoante o tipo de tubo

	Tipo de tubo	N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Sílica	Ferro fundido	20	12,97	15,602	5,67	20,28	0	41
	Ferro fundido+PVC	12	30,45	22,109	16,4	44,5	4	77
	Total	32	19,53	19,913	12,35	26,71	0	77

Tabela 7 _Variação dos valores de dureza total entre os locais

		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Dureza Total	Achada São Filipe	2	33,95	16,8999	-117,889	185,789	22	45,9
	ASA	1	70	.	.	.	70	70
	Electra	8	38,863	17,3034	24,396	53,329	4,4	62,1
	Eugénio Lima	2	101,9	11,4551	-1,02	204,82	93,8	110
	Monte Babosa	8	55,238	15,7745	42,05	68,425	28,1	80
	Monte Pensamento	7	94,2	14,95	80,374	108,026	70	106
	Paiol	1	70	.	.	.	70	70
	Palmarejo	1	70	.	.	.	70	70
	Ponta d'Água	3	62,667	43,9242	-46,447	171,78	12	90
	Safende	1	100	.	.	.	100	100
	Várzea	1	70	.	.	.	70	70
	Total	35	64,34	28,5059	54,548	74,132	4,4	110

Tabela 23 _Variação dos valores de dureza total entre os casos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água Bruta de João Varela e Lapa Cachorro

	Entrada de água bruta de JV e LC	N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Dureza Total	Não	28	56,875	26,1656	46,729	67,021	4,4	110
	Sim	7	94,2	14,95	80,374	108,026	70	106
	Total	35	64,34	28,5059	54,548	74,132	4,4	110

Tabela 24 _Variação dos valores de cálcio entre os locais

		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Ca2+	Achada São Filipe	2	5,2	2,8284	-20,212	30,612	3,2	7,2
	ASA	1	16				16	16
	Electra	8	5,75	3,4867	2,835	8,665	3,2	14
	Eugénio Lima	2	23,6	11,8794	-83,132	130,332	15,2	32
	Monte Babosa	8	8,1	5,1747	3,774	12,426	3,2	16
	Monte Pensamento	7	15,2	3,3307	12,12	18,28	9,6	18,4
	Paiol	1	18				18	18
	Palmarejo	1	12				12	12
	Ponta d'Água	3	15,6	14,2042	-19,685	50,885	1,6	30
	Safende	1	26				26	26
	Várzea	1	16				16	16
	Total	35	11,703	7,7819	9,03	14,376	1,6	32

Tabela 25 _Variação dos valores de cálcio entre os casos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água Bruta de João Varela e Lapa Cachorro

	Entrada de água bruta de JV e LC	N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Ca2+	Não	28	10,829	8,3565	7,588	14,069	1,6	32
	Sim	7	15,2	3,3307	12,12	18,28	9,6	18,4
	Total	35	11,703	7,7819	9,03	14,376	1,6	32

Tabela 26 _ Variação dos valores de magnésio entre os locais

		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Mg (C)	Achada São Filipe	2	5,1	2,4042	-16,501	26,701	3,4	6,8
	ASA	1	7,29	.	.	.	7,3	7,3
	Electra	8	7,175	2,5833	5,015	9,335	3,7	11,7
	Eugénio Lima	2	10,45	4,4548	-29,575	50,475	7,3	13,6
	Monte Babosa	8	8,515	1,8569	6,963	10,067	4,9	10,7
	Monte Pensamento	7	14,729	4,6689	10,411	19,047	9,7	24,3
	Paiol	1	6,084	.	.	.	6,1	6,1
	Palmarejo	1	9,72	.	.	.	9,7	9,7
	Ponta d'Água	3	5,767	5,2099	-7,175	18,709	1,9	11,7
	Safende	1	8,51	.	.	.	8,5	8,5
	Várzea	1	7,3	.	.	.	7,3	7,3
	Total	35	9,026	4,2732	7,559	10,494	1,9	24,3

Tabela 27 _ Variação dos valores de magnésio entre os casos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água Bruta de João Varela e Lapa Cachorro

		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Mg (C)	Entrada de água bruta de JV e LC							
	Não	28	7,601	2,7591	6,531	8,671	1,9	13,6
	Sim	7	14,729	4,6689	10,411	19,047	9,7	24,3
Total		35	9,026	4,2732	7,559	10,494	1,9	24,3

Tabela 8 _ Variação dos valores de sódio ao longo dos anos

		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Na	2006	5	83,569	42,4968	30,802	136,336	43,1	131,5
	2007	0
	2008	10	5,3	6,7503	0,471	10,129	1	24
	Total	15	31,39	44,7646	6,6	56,179	1	131,5

Tabela 29 _ Variação dos valores de condutividade entre os locais

Condutividade		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Condutividade	Achada São Filipe	3	682	99,081	435,87	928,13	610	795
	ASA	2	870,11	133,098	-	2065,95	776	964
	Electra	10	780,2	165,868	325,72	898,86	589	1041
	Eugénio Lima	1	397,51	.	661,55	.	398	398
	Monte Babosa	10	769,4	152,885	660,03	878,76	586	995
	Monte Pensamento	10	484,9	76,393	430,25	539,55	400	624
	Paiol	1	961,41	.	.	.	961	961
	Palmarejo	1	936,83	.	.	.	937	937
	Ponta d'Água	3	533,35	152,88	153,58	913,13	404	702
	Safende	1	693,16	.	.	.	693	693
	Várzea	1	973,43	.	.	.	973	973
	Total	43	690,55	195,108	630,5	750,59	398	1041

Tabela 9 _ Variação dos valores de condutividade entre os casos onde ocorre e onde não ocorre entrada de água Bruta de João Varela e Lapa Cachorro

Condutividade	Entrada de água bruta de JV e LC	N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Condutividade	Não	33	752,87	176,353	690,34	815,4	398	1041
	Sim	10	484,9	76,393	430,25	539,55	400	624
	Total	43	690,55	195,108	630,5	750,59	398	1041

Tabela 31 _ Variação do valor de TDS entre os locais

		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
TDS	Achada São Filipe	2	322,5	37,477	-14,21	659,21	296	349
	ASA	1	527	.	.	.	527	527
	Electra	9	389,78	95,377	316,46	463,09	286	520
	Eugénio Lima	1	215	.	.	.	215	215
	Monte Babosa	9	382,78	89,857	313,71	451,85	285	524
	Monte Pensamento	9	234,8	46,78	198,84	270,76	193	337
	Paíol	1	538	.	.	.	538	538
	Palmarejo	1	513	.	.	.	513	513
	Ponta d'Água	3	280	89,816	56,88	503,12	218	383
	Safende	1	377	.	.	.	377	377
	Várzea	1	536	.	.	.	536	536
	Total	38	348,87	113,747	311,49	386,26	193	538

Tabela 32 _ Variação do valor de turvação entre os anos

		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Turvação	2006	13	0,8823	0,71544	0,45	1,3146	0,16	2,3
	2007	6	0,6983	0,84473	-0,1882	1,5848	0,18	2,4
	2008	15	1,772	1,2675	1,0701	2,4739	0,25	3,9
	Total	34	1,2424	1,09918	0,8588	1,6259	0,16	3,9

Tabela 33 _ Variação do valor de turvação entre os casos segundo o tipo de tubo

		N	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
					Valor mínimo	Valor máximo		
Turvação	Ferro fundido	24	0,9767	1,05325	0,5319	1,4214	0,16	3,9
	Ferro fundido+PVC	10	1,88	0,9773	1,1809	2,5791	0,6	3,4
	Total	34	1,2424	1,09918	0,8588	1,6259	0,16	3,9

VI. DISCUSSÃO

A amostra do estudo inclui 67 casos de relatórios de análises de qualidade de água colectadas em 11 locais distintos, não sendo possível constar no estudo dados relativos a, pelo menos, um local de cada troço, dada à ausência de água nesses pontos em todas as tentativas de recolha de amostra para a análise e/ou falta de dados retrospectivos.

A frequência das análises é diferente para cada parâmetro, para cada local em cada ano. Esse facto permitiu que o valor destes para tais locais expresse preferencialmente situações mais recentes, quando sua frequência se concentra nos últimos anos, ou não, quando acontece o contrário.

A baixa frequência para um local permite que o valor dos parâmetros represente situações cada vez mais pontuais e menos expressivos em relação aos anos de estudos.

A estrutura do ponto de colheita e o tipo de tubo são factores que marcam a diferença entre os casos mesma forma pois a condução da água para todos os chafarizes é feita por condutas de ferro fundido e PVC, e para os reservatórios estas são unicamente de ferro fundido.

Para os parâmetros físico-químicos susceptíveis de se alterarem com a entrada de águas brutas no sistema, como a condutividade, o TDS, os cloretos, a alcalinidade e dureza, é mais visível sua alteração em Monte Pensamento e em todos os locais do troço 2, troço que abastece a partir deste reservatório, pois a água ali captada é resultado de uma segunda mistura entre água dessalinizada e subterrânea. A primeira mistura ocorre em Monte Babosa com água de Cidade Velha, e outra em Monte Pensamento com água de João Varela e Lapa Cachorro. Todo o sistema de distribuição é abastecida com a água resultante da primeira mistura, embora em percentuais diferentes, e inconstantes para cada local, facto que explica o grande valor do desvio padrão encontrado.

A quantidade de microrganismos viáveis, diferente entre os locais, maior em Várzea (77UFC) e Achada São Filipe (50UFC) e menor em Eugénio Lima (6UFC), não está relacionada com os troços, tipo de tubo, entrada de água bruta, nem com a estrutura do ponto de recolha. Essa diferença pode ter sido causada por qualquer factor não estudado, inclusive os acidentes na rede e/ou falta de higiene.

Dado que a OMS não fixou nenhum valor normativo rigoroso referente a este parâmetro, seu valor está conforme.

A existência de coliformes totais em Monte Pensamento (9NMP), ponto de mistura de água bruta e água já tratada e de realização de desinfecção, e Eugénio Lima (50NMP) correspondente ao primeiro ponto de consumo da água desinfectada pertencente ao troço que parte de em Monte Pensamento, deve-se à inadequação do esquema de tratamento, dado que tal acção não permitiu a eliminação desses microrganismos, mas sim, a quantidade destes é maior nos pontos onde acontece, principalmente em Monte Pensamento. O facto de ser notado nesses dois locais, sequenciados, e a frequência da sua presença ser única para os dois locais, leva a entender que a contaminação ocorreu, pontualmente e coincidiu com a colheita dessas amostras. A ausência em outros locais do troço, explica-se pela diferença nos dias de colheita para cada local, explicados pelas razões anteriores.

Relativamente a este parâmetro, a água do sistema não é potável, segundo as normas da OMS, que estipula a ausência de coliformes totais em 100ml de água de consumo humano, inconformidade esta causada essencialmente pela presença de coliformes totais nos dois locais do sistema anteriormente referidos.

Outro parâmetro responsável pela inadequação da água ao consumo humano, é o número de coliformes fecais, presentes em Eugénio Lima. Sua presença pode ser explicada por acidentes ocorridos a nível do ponto da colheita ou na realização das análises, ou outros factores não estudados. Comparado ao Monte Pensamento, o seu valor médio expressa uma frequência de dois na amostra, que, da mesma forma como Monte Pensamento, a frequência da presença desses microrganismos é de um, frequência essa que leva a que os pontos de tratamento apareçam com maior número de coliformes fecais que os outros casos, pois realiza-se desinfecção em Monte Pensamento.

A maior quantidade de cloro residual registado foi de 0.31mg/l no ponto de entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro em Monte Pensamento, valor inferior ao recomendado pela norma quando se trata de um estação de desinfecção de água, pois, após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5mg/l, sendo, obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2mg/l em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando pela OMS que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contacto de 30 minutos.

Os outros locais da rede, incluindo o reservatório de Monte Babosa onde se realiza tratamento de água, apresentam uma média de 0.06mg/l de cloro residual, também desrespeitando a portaria anteriormente citada.

Dado que existe mais cloro residual nos locais de maior prevalência de coliformes fecais e totais, seria interessante estudar particularmente cada amostra de água e verificar a correlação entre os dois parâmetros, dado que o objectivo do cloro residual é eliminar os microrganismos patogénicos presentes na água, o que não está se verificando nesse estudo. Mas essa discordância pode ser explicada pela

irregularidade no processo de desinfecção no local de estudo, levando em consideração que a amostra do estudo engloba casos de três anos.

O valor de pH é inferior em Monte Babosa, reservatório onde se misturam água da Electra e água Bruta de Cidade Velha, e se realiza desinfecção com hipoclorito de cálcio, não chegando a ultrapassar o limite mínimo estipulado pela OMS, estando todo o sistema em conformidade com tal norma. O desinfectante $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, reduz o valor pH, que é mais alto em Electra, onde se adiciona hidróxido de cálcio como forma de estabilizar o pH da água dessalinizada.

O troço2, que porlonga de Electra à Ponta d'Água, é o de maior alcalinidade e inclui, além de outros, os locais Monte Pensamento e Eugénio Lima, locais de maior alcalinidade da amostra. realiza-se tratamento em Monte Pensamento, e dá-se a entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro no mesmo ponto, ambos factores cujo sua ocorrência aumenta a alcalinidade.

Existe visível diferença entre a acção do tratamento e o da entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro na variação da alcalinidade, mesmo os dois ocorrendo no mesmo ponto. O tratamento ocorre também em outro ponto não acompanhado da entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro. Esta situação permite deduzir que a variação da alcalinidade pela acção do tratamento, só adquire significância se este estiver associado à entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro, sendo este o principal factor de diferenciação do valor da alcalinidade entre os casos, explicado pela maior alcalinidade das águas subterrâneas, em relação à dessalinizada, segundo os relatórios de análise de água subterrânea constante dos anexos. De acordo com Olivera, tendo em conta o pH do sistema, a alcalinidade é causada essencialmente por bicarbonatos. O valor da alcalinidade da amostra encontra-se em conformidade com as normas da OMS para água de consumo humano.

Os reservatórios, nos quais se realizam tratamentos têm maior valor de azoto amoniacal (0.444mg/l). Um dos factores que acompanham a realização de tratamentos é a entrada de águas subterrâneas no sistema, através dos reservatórios, águas essas portadoras de um considerável teor de azoto amoniacal (Anexo II), além disso, segundo alguns autores como Oliveira que associam a presença de azoto amoniacal à população microbiana presente na água, essa seria uma das razões pelo seu valor mais elevado nos reservatórios em que se realizam tratamentos, que também são os que têm maior número de coliformes totais. Embora existindo, quando o ideal é a inexistência dessa substância na água, o seu valor está abaixo do limite máximo estipulado pela OMS.

Há mais cloreto na Electra, inerente à água produzida naquela ETA através da dessalinização da água do mar, rica em cloretos, e dada a grande frequência deste local entre os reservatórios, este grupo representa os casos de maior cloreto (142mg/l). Com as sucessivas misturas com a águas subterrâneas nos reservatórios da rede, seu valor diminui, levando à grande diferença no valor deste parâmetro entre os troços, sendo o de menor valor o de Electra à Várzea – troço 1 com 29.5mg/l, seguido pelo troço que

vai de Electra a Paiol – troço 3, com 42.6mg/l. o troço de maior valor é o troço 4 – Electra, Monte Babosa, Achada São Filipe, com 152.4mg/l, este último, que recebe água dos furos de monte Vaca.

Contudo, o valor de cloretos está em conformidade com a norma de qualidade de água para consumo.

O teor de sulfato na água permaneceu em conformidade com a norma da OMS em todo o sistema, sem variação entre os locais, e nos três anos de estudo. Sabendo do fraco desenvolvimento industrial do país nas indústrias susceptíveis de produzir resíduos susceptíveis de contaminar a água com sulfatos, e que não entrou para o sistema nenhuma nova fonte de água subterrânea ao longo do período em estudo, ambas situações que contribuem para que se mantenha a quantidade de sulfatos, o facto da quantidade de sulfato estar aumentando ao longo dos anos, pode ser explicado por acidentes pontuais na rede, erros nas análises ou ainda diferenças entre as medidas de doseamento dessas substâncias entre os dois produtores de dados, mesmo sendo afirmado o contrário.

Os reservatórios têm menos sílica do que os chafarizes, pois o valor médio deste grupo tem forte influência do valor em sílica registado no reservatório da Electra cuja a quantidade de sílica na água dessalinizada, ali produzida, é praticamente nulo. Mesmo assim pode-se verificar que existe um ligeiro aumento de seu valor nos reservatórios que recebem águas subterrâneas que dado à natureza geológica das rochas com as quais contactam, contêm uma certa quantidade de sílica. A ausência de uma séria vigilância na rede, favorece, caso ocorra qualquer ruptura nas tubagens, a intrusão de matérias contendo sílica em grande proporção dada a sua abundância na crosta terrestre. As tubagens que canalizam para os chafarizes são menos resistentes a essas rupturas do que as de ferro fundido que canalizam para os reservatórios.

A OMS não fixa um valor rigoroso para este parâmetro, mas o valor de 19.53 mg/l é aceite para a água de consumo por várias normas comunitárias.

A água da Electra apresenta 38.8mg/l em CaCO_3 , o menor valor do sistema. O facto dessa água provir da dessalinização da água do mar, tem pouco em cálcio e magnésio, os principais cationes responsáveis pela dureza. Por outro lado, as águas subterrâneas, como a água de João Varela e Lapa Cachorro, possuem maiores teores desses cationes e conseqüentemente maior dureza. Por isso o grande aumento no valor desse parâmetro quando da entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro em Monte Pensamento, e um ligeiro acréscimo em Monte Babosa com a entrada da água de Cidade Velha. Eugénio Lima, primeiro ponto de abastecimento a partir de Monte pensamento, e caso de reduzida frequência na amostra, é o local de maior valor de dureza também pertencente ao troço de maior dureza, o troço 2 que percorre da Electra à Ponta d'Água com uma dureza de 88.5mg/l de CaCO_3 .

No que tange ao valor desse parâmetro, a água desse sistema tem boa qualidade para o consumo Humano.

O troço onde estão contidos os casos Monte Pensamento, Eugénio Lima, Ponta d'Água e Safende correspondentes aos locais de maior valor em cálcio, é o que contém maior teor de cálcio, o troço 2. Dado que a água da Electra e de Monte Babosa têm menos cálcio, a quantidade acrescida ao longo do troço 2 advém da água bruta de João Varela e Lapa Cachorro, que entra em Monte Pensamento e se distribui para os outros locais do troço, mesmo este factor não diferenciando significativamente os casos.

O valor deste parâmetro está de acordo com as normas da qualidade da água para consumo humano.

Monte Pensamento é o local de maior valor de magnésio, 14.729mg/l, e o único caso onde ocorre a entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro, sendo este um dos factores de alteração do valor do magnésio no sistema. A diferenciação feita pela realização do tratamento está associada ao facto deste acontecer no mesmo ponto de entrada de água bruta no sistema, que acrescenta magnésio em todos os reservatórios que acontece.

O valor deste parâmetro, está em conformidade com as normas da qualidade da água para consumo humano.

Nenhum dos factores analisados conseguiu explicar a descida significativa do valor de sódio de 85.5mg/l em 2006 para 5.3mg/l em 2008, e tendo em consideração a relação deste parâmetro com a água produzida através da dessalinização, que vem perdendo eficiência na remoção de saia ao longo dos anos, a explicação encontrada para tal situação é que diferença entre as unidades de medição, mesmo tendo sido afirmado o contrário pelos responsáveis das análises, ou entre aparelhos de medição, ou qualquer outro factor que inviabiliza uma análise laboratorial. Dependendo do valor do sódio, a água do sistema é potável.

O valor do ferro e do potássio estão conformes com as normas da OMS para água de consumo Humano e não variam entre os locais nem entre os anos. O facto de nenhuma amostra de água apresentarem teores anormais de ferro, mostra que mesmo a presença de coloração estranha, resultante da presença de hidróxido de ferro, que ocorre em poucos minutos após a abertura das torneiras e que se precipitam rapidamente, não existe risco para a saúde nessa água.

O valor máximo da condutividade do sistema, regista-se na Electra que contribui com a maior quantidade de água para o abastecimento, embora Várzea apareça com maior valor médio, facto que deve-se à sua baixa frequência do local nos anos de menor condutividade do sistema. O processo de dessalinização vem permitindo que a água produzida tenha, a cada ano, maior condutividade. A condutividade do sistema em 2006 foi de 557 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e em 2008 de 814 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

O troço 3 que percorre de Electra a Paiol, onde em nenhum ponto se dá a entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro é o de maior condutividade $912.6\mu\text{S}/\text{cm}$, embora ocorra redução significativa de seu valor no ponto realização de tratamento associado à entrada de água bruta de Cidade Velha em Monte Babosa.

O valor desse parâmetro difere, baixando quase que pela metade, de $752.87\mu\text{S}/\text{cm}$ para $484.9\mu\text{S}/\text{cm}$, quando entra no sistema água bruta de João Varela e Lapa Cachorro. Embora o local da entrada não corresponda ao menor valor médio desse parâmetro, Eugénio Lima, pertencente ao troço que contém o caso de entrada dessa água – Monte Pensamento – é o local de menor valor ($397.5\mu\text{S}/\text{cm}$), formando em conjunto com os outros locais do troço, o troço de menor condutividade.

Em termos de potabilidade, a água do sistema é potável, mas para a mesma dinâmica dos valores, em dois anos o sistema não estará a distribuir água potável.

De forma particular, Várzea com um valor médio de $973,43\mu\text{S}/\text{cm}$ está próxima a atingir o valor máximo permitido para água de consumo humano ($1000\mu\text{S}/\text{cm}$). Esse valor já foi atingido na Electra (o valor máximo - $1041\mu\text{S}/\text{cm}$), mas tal água é misturada com outra de menor condutividade, a ponto de se adequar ao consumo, antes de alcançar qualquer ponto de consumo.

O valor do TDS é influenciado pelos mesmos factores que a condutividade, e possui a mesma dinâmica temporal que esta. Pelas mesmas razões que a condutividade, existe variação do valor deste parâmetro ao longo dos anos, registando (valor médio do sistema) em 2006, $275.1\text{mg}/\text{l}$, o menor valor entre os anos, e em 2008, $428.4\text{mg}/\text{l}$, o maior valor. O troço e o local de maior e de menor valor são os mesmos que os da condutividade, pelas mesmas razões. Palmarejo, Várzea, ASA e Paiol, em comparação com os outros locais, são os que recebem maior percentual da água dessalinizada disponibilizada, permitindo que seus valores de TDS assim como os da condutividade sejam os maiores entre os locais.

A entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro permite uma redução no valor do TDS de $384.2\text{mg}/\text{l}$ para $234\text{mg}/\text{l}$, acto que ocorre em Monte Pensamento, não sendo este o caso de menor valor de TDS, mas sim Eugénio Lima, que corresponde ao primeiro ponto de consumo da água do reservatório de Monte Pensamento.

É menor o seu valor no troço 2, o único onde ocorre entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro, além de também ocorrer tratamento, factor associado à entrada de água bruta no sistema que, devido à sua origem, contém menores valores de TDS,

No que depende do seu valor, de $348.87\text{mg}/\text{l}$, a água do sistema está de acordo com a norma da OMS para o fim a que se destina, mesmo tendo em consideração o valor máximo registado ($538\text{mg}/\text{l}$).

A estrutura do ponto de colheita, e o tipo são factores que distinguem os casos da mesma forma, pois, as canalizações para os reservatórios são todos em ferro fundido, e para os chafarizes, ferro fundido e PVC.

O valor máximo de turvação (3.9UNT) foi registado nos reservatórios, casos cujas condutas são de ferro fundido, que apresenta maior desvio padrão, notado no ano 2008, embora o maior valor médio desse parâmetro encontra nos casos em que as condutas são de ferro fundido e PVC. O valor deste parâmetro para os locais constantes da amostra, tranquiliza os consumidores pois não acarreta riscos para sua saúde, seu valor está conforme com a norma da OMS, para água de consumo humano.

Melhorar o processo de tratamento, e reduzir a condutividade da água na central de produção, são medidas urgentes para assegurar que a qualidade de água distribuída na Praia Urbano esteja adequada ao consumo Humano.

VII. CONCLUSÕES

A partir da análise resultados obtidos, conclui-se que, todos os parâmetros estudados variam ao longo da rede de uma forma ou de outra e/ou ao longo dos anos, excepto o potássio e o ferro que se portaram sem alterações significativas. O valor do sulfato não varia na rede, mas aumentou ao longo dos três anos.

A condutividade e o TDS, consequência do aumento de seus valores no produto final da dessalinização em Electra, vêm aumentando ao longo dos anos, e levando os locais do troço 1, que prolonga de Electra à ASA, e troço 3, que prolonga de Electra à Paiol, à altos valores desses parâmetros comparados com os outros; têm menores valores no local onde se dá a entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro, em Monte Pensamento, sendo, conseqüentemente, menores seus valores no troço 2 que prolonga da Electra a Ponta d'Água.

Os coliformes totais presentes preferencialmente em Eugénio Lima e Monte Pensamento e os coliformes fecais presentes em Eugénio Lima, locais com maiores teores de cloro residual do sistema, fazem com que as águas desses pontos não tenham qualidade para consumo Humano, embora seja única a frequência de detecção desses microrganismos.

Os valores dos compostos azotados encontram-se abaixo do máximo permitido, o nitrato não diferencia entre os locais e tem diminuído com o passar do tempo, o nitrito existe unicamente no reservatório de Monte Pensamento, por este receber água bruta de João Varela e Lapa Cachorro e o azoto amoniacal é maior nos reservatórios em que se realizam tratamentos.

Os reservatórios, em particularmente, o reservatório de Monte Pensamento por receber água bruta de João Varela e Lapa Cachorro, é o caso da amostra com mais cálcio, mais magnésio e com maior valor de dureza.

A alcalinidade é aumentada pela entrada de água bruta de João Varela e Lapa Cachorro, sendo maior no troço 2 o que inclui tal local.

Há mais cloretos nos reservatórios, havendo redução do valor sempre que é misturada à água da Electra águas subterrâneas tanto de Cidade Velha como de João Varela e Lapa Cachorro.

A sílica tem maior valor nos chafarizes casos em que o tipo de tubo é de ferro fundido e PVC, e é maior no troço 4 que vai de Electra a Achada São Filipe.

No que depende dos parâmetros físico-químicos, a água do sistema tem boa qualidade, tal qualidade é ameaçada pelos coliformes fecais e totais, em Eugénio Lima e pelos coliformes totais em Monte Pensamento.

Conclui-se também que uma das recomendações que poderão ser feitas para melhorar a qualidade da água dessa rede, é uma aposta na continuidade do tratamento de coloração recorrendo á tecnologias que permitem injeção continua do desinfectante, segundo o caudal de entrada de água, assim como maior rigor nos programas de controle de qualidade, apostando no aumento da frequência com que é feita diminuindo assim o tempo de resposta a qualquer eventualidade.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caboverdeanos**, A. N. (2003). *Plano ambiental Municipal- Praia*. Plano, Praia.
- Carrasco**, A. A. (1997). *Técnicas de Água* (Vol. 2º). Madrid: Editorial Alcion, S.A.
- Conselho Nacional da Água. (2000). *Visão Nacional sobre a água, a vida e o ambiente no Horizonte 2025*. Praia, Cabo Verde.
- Costa**, V. B. (2006). As melhores estratégias de intervenção para minimizar os riscos para a saúde decorrentes da qualidade de água para consumo. *Tecnologia de Água*. Governo de Cabo Verde. (06 de Fevereiro de 2004). Decreto de lei nº 8/2004 Normas de qualidade da água. *Boletim Oficial*.
- INE. (2002). *Censo 2000*. Praia.
- INE. (2006). *QUIBB 2006*. Estatístico, Praia.
- INGRH. (2004). *Compilação da Legislação actual sobre os Recursos Hídricos*. Cabo Verde.
- Instituto Nacional de Administração e Gestão (2007). *Manual de técnicas de Saneamento e Tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos, Cooperação CE- PALOP*.
- Ministério de Ambiente Agricultura e Pesca. (2004). *Livro Branco Sobre o Estado do Ambiente em Cabo Verde*. Praia.
- Netto**, J. M. (2000). *Tratamento de água* (Vol. 3º). São Paulo, São Paulo, Brazil: EDGARD BLÜCHER LTDA.
- Oliveira**, B. M. (2004). *Qualidade de água para consumo humano*. Lisboa: LIDEL.
- UNICEF. (1999). *Manuel sur l'Eau*. New York: UNICEF.
- Universidade de Campinas. (s.d.). Obtido de unicamp: www.ceset.unicamp.br
- Vieira**, J. M. 2006 A gestão de risco em sistemas de abastecimento de água para consumo humano. *Tecnologia de Água*
- Yves** Gelinas, H. R.-P. (1996). Well water survey in two districts of Konakry (Républic of Guinea) and comparision with piped city water. *Pergamon*.
- Dados recolhidos em Websites (www)**
- Araújo**, F. (2003.). *Ensino Évora*. Obtido em Julho de 2008, do site da Universidade de Évora: www.ensino.uevora.pt

Chambel, S. (2005.). *Ideias ambientais*. Obtido em Agosto de 2008, do site da Ideias Ambientais: www.ideiasambientais.com.pt

Globo online. (20 de Março de 2008).

Instituto da Água. (2004). *Água da Origem ao Consumidor*. Obtido de Site do Instituto da água: www.inag.pt

Instituto Regulador de Água e Resíduos. (2007). *Instituto Regulador de Água e Resíduos*. Obtido em Julho de 2008, do site do Instituto Regulador de Água e Resíduos: www.irar.pt

Sanesul. (2008). Obtido em Agosto de 2008, de site da sanesul: www.sanesul.ms.gov.br

SNatural. (2008). Obtido em Junho de 2008, do site da SNatural: www.tratamentoaguaefluentes.com.br

Anexo 1 – Normas de Qualidade de Água para Consumo Humano I (OMS).

Parâmetro	VMP
Microbiológico	
Água para consumo humano	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam até 40 amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês;

Anexo 2 - Normas de Qualidade de Água para Consumo Humano II (OMS)





Parâmetro	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Amoníaco	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH ⁽²⁾	15
Dureza	mg/L	500
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Odor	-	Não objetável
Gosto	-	Não objetável
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	mg/L	5
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1

Anexo 3 - Caracterização dos Mananciais de Água Subterrânea

Parâmetros	Santa Clara	João Varela	Lapa Cachorro
Data	20-Jun	9-Jun	9-Jun
Condutividade	652,19	394,17	348,92
Salinidade	0,4	0,2	0,2
TDS	355	212	187,2
pH	7,3	7,6	7,3
Temperatura	28,2	28,2	28,8
Cálcio	30	8	6
Dureza total	230	170	230
Alcalinidade	70	60	49
Cloreto	35,5	21,3	35,5
Nitrato	0	0,7	0,4
Nitrito	0	0,1	0
Sódio	0	50,3	61
Potássio	3,8	10,6	6,4
Sílica	-	37,8	61,4
Magnésio	37,66	36,43	52,21
Sulfatos	-	8,9	12
Turvação	-	1,2	2,6
Flúor	-	0,22	0,16
Azoto amoniacal	-	0,39	0
Ferro	<50	<50	<50
Microrganismos viáveis	170,50	49	4
Coliformes totais	33,00	0	27
Coliformes fecais	0,00	0	0
E. Coli	(-)	(-)	(-)

Anexo 4 – Esquema do Sistema de Abastecimento Público de Água para Consumo Humano da Praia Urbano

Legenda:

-  Condutas em ferro fundido
-  Condutas em ferro fundido e de PVC
-  Câmara de quebra de pressão
-  Estação de bombagem

Locais da amostra incluídos em cada troço

Troço1 – Electra, Monte Babosa, Palmarejo, Várzea, ASA

Troço2 – Electra, Monte Babosa, Monte Pensamento, Eugénio Lima, Safende, Ponta d'Água

Troço3 – Electra, Monte Babosa, Paiol

Troço4 – Electra, Monte Babosa, Achada São Filipe

 - Pontos constantes da amostra

Anexo 1 – Esquema do Sistema de Abastecimento Público de Água para Consumo Humano da Praia Urbana

