

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA NUM RESERVATÓRIO EM MACEIÓ-AL E SUAS POSSÍVEIS UTILIZAÇÕES

*Victor Cantalice de Souza*¹ ; *Márcio Gomes Barboza*²; *Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira*³;
*Francisco José Albuquerque Marques*⁴

RESUMO --- A água de chuva é a fonte gratuita de água para toda a humanidade e seu uso para fins potáveis ou não vem se tornando uma forte questão para solução de problemas de escassez hídrica. A utilização da água de chuva contribui para o retardo do pico de cheia do escoamento superficial que aflui na rede de drenagem de águas pluviais, além de reduzir a demanda de água potável. A qualidade da água de chuva é sem dúvida a mais importante ressalva que deve ser feita na adoção dessa prática e neste trabalho pretende-se avaliar a qualidade da água de chuva, inclusive microbiológica, coletada em Maceió-AL em uma habitação de telhado com telhas cerâmicas. A análise da água revelou que ela possui boa qualidade quanto aos parâmetros físico-químicos, comparando com os limites da portaria do Ministério da Saúde n° 518/2004, porém, reprovável quanto aos aspectos microbiológicos exigidos pela mesma norma, necessitando de algum tratamento em caso de uso potável. Para fins não potáveis, verificou-se que é possível a utilização da água de chuva estudada em caldeiras com pressões até 250 psi, desde que sejam feitas adequações quanto à concentração de oxigênio dissolvido.

ABSTRACT --- The rainwater is a free source of water for all humanity and its use for potable or non potable purpose has become a strong issue to solve problems of water scarcity. The use of rainwater contributes to the delay of the peak of the flood runoff inflowing in the network of drainage of rainwater, and reduce the demand for drinking water. The quality of rainwater is undoubtedly the most important caveat that must be made in the adoption of this practice and this study aims to assess the quality of rain water, including microbiological, collected in Maceió-AL in a house with the roof tiles ceramics. The analysis of water revealed that it has good quality on the physical and chemical parameters compared to the limits established on the standard of the Ministry of Health No. 518/2004, however, reprehensible as to microbiological aspects required by the same standard, requiring some treatment in case of using drink. For non-potable, it is possible the use of rainwater studied in boilers with pressures up to 250psi, provided by adjustments on the concentration of dissolved oxygen.

Palavras-chave: água de chuva, qualidade de água, potabilidade, conservação de água.

1) Engenheiro Civil e Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento pelo PPGRHS/UFAL. e-mail: victorcatalice22@yahoo.com.br
2) Prof. Dr. da Universidade Federal de Alagoas e do PPGRHS/UFAL. e-mail: gb.marcio@gmail.com
3) Profa. Dra. da Universidade Federal de Alagoas e do PPGRHS/UFAL. e-mail: ivetelopes@uol.com.br
4) Engenheiro Agrônomo e Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento pelo PPGRHS/UFAL e-mail: sslages@uol.com.br

1 - INTRODUÇÃO

A escassez de água é uma problemática que vem se tornando uma forte questão a ser solucionada no mundo. O enfrentamento dessa crise deve-se principalmente ao super-crescimento populacional acompanhado do desenvolvimento econômico e urbano sem as devidas preocupações com o meio ambiente, resultando, no aumento da demanda por água e na poluição dos recursos hídricos. O reuso de águas servidas e a utilização de fontes alternativas de água, como a água de chuva podem contribuir para mitigação desse quadro.

A água de chuva é a única fonte de água gratuita que toda a humanidade possui, portanto, deve ser aproveitada da melhor maneira possível, seja para fins potáveis ou não. A utilização da água de chuva para fins não potáveis, na rega de jardins, lavagem de quintais ou ruas e no suprimento de água nas bacias sanitárias, por exemplo, além de reduzir a demanda de água potável para tais finalidades, contribui para o retardo do pico de cheia do escoamento superficial que aflui na rede de drenagem de águas pluviais, cooperando assim, para a minimização dos problemas de enchente.

O uso da água de chuva para fins potáveis vem se tornando uma alternativa utilizada no suprimento de água principalmente de pequenas comunidades, seja pela falta de abastecimento através de uma rede adequada ou pela própria escassez devida ao regime hidrológico da região. Um exemplo deste último caso é a utilização de cisternas para armazenamento da água de chuva no semi-árido nordestino, onde muitas famílias na maioria dos meses do ano possuem somente esta fonte de água.

Apesar de ser uma solução muito interessante para os problemas de falta de água, o aproveitamento da água de chuva também tem alguns pontos negativos que devem ser considerados e solucionados. A qualidade da água de chuva é sem dúvida a mais importante ressalva que deve ser feita na adoção dessa prática. Os aspectos físico-químicos da água da chuva podem variar principalmente com a qualidade do ar, mas é na superfície da captação onde se encontram as maiores fontes de poluição, principalmente de organismos patogênicos depositados nessas áreas, sobretudo através de fezes de animais.

Neste trabalho pretende-se avaliar a qualidade da água de chuva, inclusive microbiológica, coletada em Maceió-AL em uma habitação de telhado com telhas cerâmicas, armazenada em um reservatório de fibra de vidro e verificar a possibilidade de utilização desta água para fins potáveis ou não potáveis.

2 - SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA E A PLUVIOMETRIA NA REGIÃO

A captação da água de chuva é feita num protótipo de uma habitação de interesse social no Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Nesta edificação está implantado um sistema de captação de água de chuva, com calhas coletoras, condutores verticais, um reservatório de desvio das primeiras águas (tubo de PVC derivado após os condutos de transporte horizontal, localizado antes do reservatório de armazenamento) com volume de aproximadamente 60L e um reservatório de armazenamento com volume de 10000L. O sistema recebe a água de uma cobertura cerâmica com área para coleta de 65m². A figura 1 ilustra toda a estrutura de captação, transporte e armazenamento da água de chuva.



Figura 1 - Estrutura de captação, transporte e armazenamento da água de chuva.

A média da precipitação pluvial na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió-Al é de 1805mm para o período de 1972-2001 analisado por Souza et al. (2003). Segundo o mesmo autor, os totais anuais no período superam 1300mm na maioria dos anos estudados. O volume de água de chuva armazenado depende da área de captação e do volume precipitado. Com relação a este último aspecto, os valores de precipitação mostrados dão uma indicação do grande volume de água de chuva que pode se armazenado e aproveitado.

3 – METODOLOGIA

As análises físico-químicas e os exames microbiológicos foram realizados no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) da UFAL. A metodologia adotada está estabelecida em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). Algumas metodologias desta referência sofreram variações em virtude dos recursos disponíveis no laboratório. A seguir apresenta-se a tabela 1 com a lista de todos os parâmetros que foram analisados e as metodologias de execução.

Tabela 1 - Parâmetros analisados.

| Parâmetro | Unidade | Método |
|-------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|
| pH | - | Potenciométrico |
| Temperatura (T) | oC | Medição direta |
| Cor aparente (C) | uC | Medição direta |
| Turbidez (Tb) | uT | Nefelométrico |
| Sólidos dissolvidos totais (SDT) | mg/L | Gravimétrico |
| Oxigênio dissolvido (OD) | mg/L | Medição direta: sonda com membrana seletiva de oxigênio |
| Cloreto (CL ⁻) | mgCl ⁻ /L | Titulométrico (Método de Mohr) |
| Dureza (D) | mgCaCO ₃ /L | Titulométrico |
| <i>Escherichia coli</i> (<i>E.coli</i>) | UFC/100ml | Filtração em membrana |
| Coliformes totais (CT) | UFC/100ml | Filtração em membrana |
| Bactérias heterotróficas | UFC/100ml | Filtração em membrana |

Durante treze dias, não consecutivos, nos meses de 03/2009 e 05/2009, foram coletadas amostras do reservatório, apresentado na figura 1, através de uma torneira localizada na parte inferior do mesmo. Antes da coleta, certo volume de água era descartado pela torneira, com o intuito de eliminar possíveis interferências exteriores, além disso, os recipientes de coleta da água foram devidamente ambientados antes da coleta da amostra.

Os equipamentos para medição direta foram os seguintes: Colorímetro AquaColor (Policontrol); Turbidímetro AP2000 (Policontrol) e Oxímetro portátil DO-5510 (Lutron).

As coletas foram realizadas em horários semelhantes, no período da manhã, com o intuito de evitar uma grande variação nos dados de temperatura (apesar de sua variação com as condições climáticas do dia) e dos parâmetros que dependem dela, como o pH e o oxigênio dissolvido.

4 – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após as análises laboratoriais das amostras de água foram obtidos os resultados médios apresentados na tabela 2, onde são mostrados os valores médios, o desvio padrão, os valores máximos e mínimos e coeficiente de variação (C.V) dos parâmetros analisados.

Com os valores da tabela 2 percebe-se que dentre os parâmetros físico-químicos, os sólidos dissolvidos totais foi o que apresentou maior variabilidade, seguido pela turbidez e pela cor aparente. O pH foi o que apresentou menor variabilidade, seguido pela temperatura e pelo oxigênio dissolvido. Para os indicadores microbiológicos a *E.coli* foi o que apresentou maior variabilidade, seguido pelas bactérias heterotróficas e pelos coliformes totais.

Tabela 2 – Valores médios dos parâmetros analisados.

| Parâmetro | Unidade | Média | Desvio Padrão | Min | Max | C.V |
|-----------------------------------------|------------------------|----------|---------------|----------|----------|-------|
| pH | - | 7,62 | 1,091 | 6,32 | 9,53 | 0,143 |
| Temperatura (T) | °C | 27,42 | 2,768 | 22,70 | 30,80 | 0,101 |
| Cor Aparente(C) | uC | 10,20 | 4,367 | 0,30 | 17,40 | 0,428 |
| Turbidez (Tb) | uT | 3,69 | 1,831 | 1,95 | 7,79 | 0,496 |
| Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) | mg/L | 66,77 | 60,236 | 10,00 | 198,00 | 0,902 |
| Oxigênio dissolvido (OD) | mg/L | 3,96 | 0,712 | 3,10 | 5,30 | 0,180 |
| Cloreto (CL-) | mgCl/L | 1,91 | 0,995 | 0,48 | 3,35 | 0,521 |
| Dureza Total | mgCaCO ₃ /L | 4,46 | 1,127 | 3,00 | 7,00 | 0,253 |
| <i>E.coli</i> | UFC/100ml | 2,77E+02 | 3,56E+02 | 0,00E+00 | 1,00E+03 | 1,288 |
| Coliformes Totais (CT) | UFC/100ml | 2,83E+03 | 1,02E+03 | 1,50E+03 | 4,10E+03 | 0,361 |
| Bact. Heterotróficas | UFC/100ml | 2,75E+04 | 1,49E+04 | 5,00E+03 | 4,69E+04 | 0,541 |

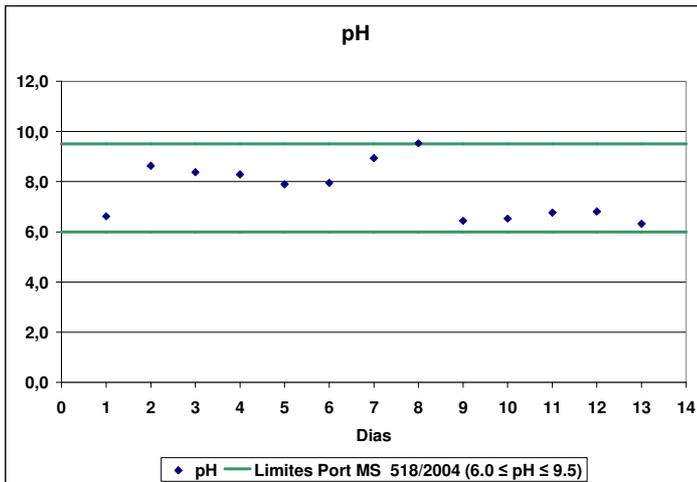
4.1 –Utilização para fins potáveis

Na figura 2 são apresentados os gráficos que apresentam a distribuição dos valores nos dias de análise. Para um possível aproveitamento potável da água de chuva seja cogitado é necessária uma comparação dos resultados expostos na figura 2 com a norma vigente de potabilidade no Brasil. Confrontando os valores obtidos com as recomendações da portaria do Ministério da Saúde (MS) nº 518/2004, que estabelece entre outros aspectos o padrão de potabilidade de água no Brasil, pode-se verificar que:

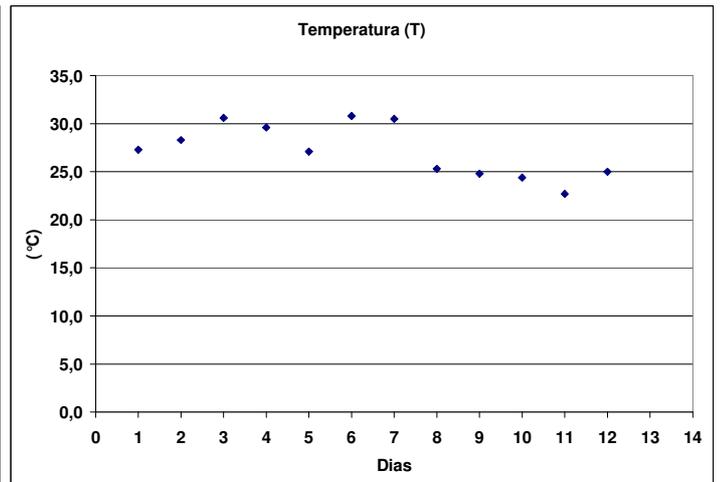
- No caso do pH somente um valor esteve ligeiramente acima do limite máximo estabelecido pela portaria ($\text{pH} \leq 9,5$), representando 7,69% dos valores, ver figura 2 (a). O pH representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , definindo o caráter ácido, básico ou neutro da água. Os valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água.
- Os valores de sólidos dissolvidos totais estão todos abaixo do especificado pela portaria ($\text{SDT} \leq 1000\text{mg/L}$), figura 2 (c). Excetuando-se os gases dissolvidos, todos os contaminantes da água contribuem para a carga de sólidos (Von Sperling, 2005).
- Dos valores obtidos de cor aparente apenas um valor apresentou-se acima do máximo permitido, que é de 15uC, correspondendo a 7,69% do total de pontos obtidos, conforme figura 2 (e).

- Para o parâmetro turbidez quatro valores estiveram acima do máximo estabelecido pela norma ($Tb \leq 5uT$), significa que 30,77% das amostras coletadas não atenderam à norma, figura 2 (f). Assim como a cor, a turbidez é parâmetro estético de importância nas águas de abastecimento.
- Todos os valores obtidos de cloreto estiveram abaixo do máximo permitido pela portaria (Cloreto $\leq 250\text{mg/L}$), figura 2 (g). Os cloretos (principalmente de sódio) estão associados ao sabor desagradável na água e efeito laxativo (Piveli e Kato, 2005).
- Para o parâmetro dureza todos os valores obtidos também situaram-se abaixo do máximo permitido pela portaria (Dureza $\leq 500\text{mg/L}$), figura 2 (h). Este parâmetro tem um aspecto econômico relevante, pois em excesso - presença de cálcio e magnésio - provoca incrustações em instalações e tubulações.
- No parâmetro microbiológico que indica contaminação - *Escherichia coli* (*E.coli*), todos os valores observados ficaram acima do permitido, que é a ausência em 100 mL deste indicador de contaminação exclusivamente fecal. A *Escherichia coli*, bactéria do grupo coliforme é considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos (Ministério da Saúde, 2005).
- Para o indicador de contaminação coliformes totais, a portaria do MS 518/04 admite um valor positivo para sistemas que analisem menos de 40 amostras mensais, logo, como na água de chuva analisada todas as amostras apresentaram contaminação por coliformes totais, há uma desconformidade neste parâmetro. Os coliformes totais (bactérias do grupo coliforme), em sua maioria, pertencem aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo. Agregam espécies de origem não exclusivamente fecal, podendo ocorrer naturalmente em outras matrizes ambientais como solo, água e plantas. Por isso não são indicadores específicos de contaminação fecal, e sua aplicação restringe-se, principalmente, à avaliação da qualidade da água tratada e distribuída (Ministério da Saúde, 2005).
- A contagem de bactérias heterotróficas fornece informações sobre a qualidade bacteriológica da água de uma forma ampla, pois o exame bacteriológico inclui a detecção inespecífica de bactérias ou esporos de bactérias, de origem fecal, da flora natural da água ou resultante da formação de biofilmes. Algumas podem ser patogênicas oportunistas. São utilizadas como indicador auxiliar de contaminação, e estão relacionadas a eventuais alterações na qualidade da água na reservação (Ministério da Saúde, 2005). Os valores obtidos em todas as amostras coletadas estão

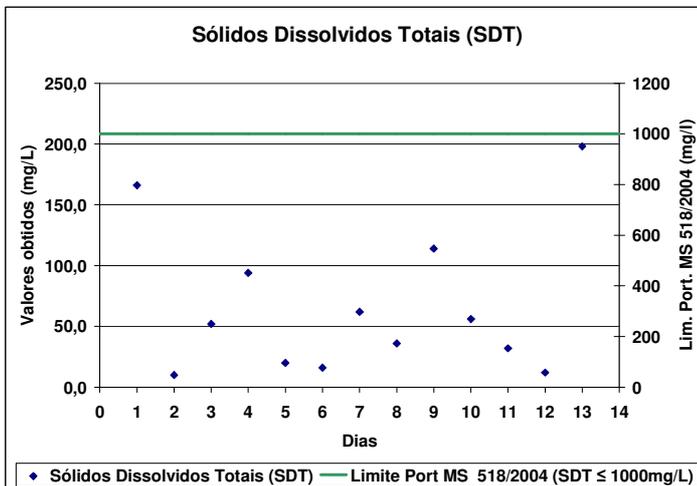
acima dos padrões de potabilidade que é de, no máximo, 500 UFC/mL, conforme indicado na figura 2 (k).



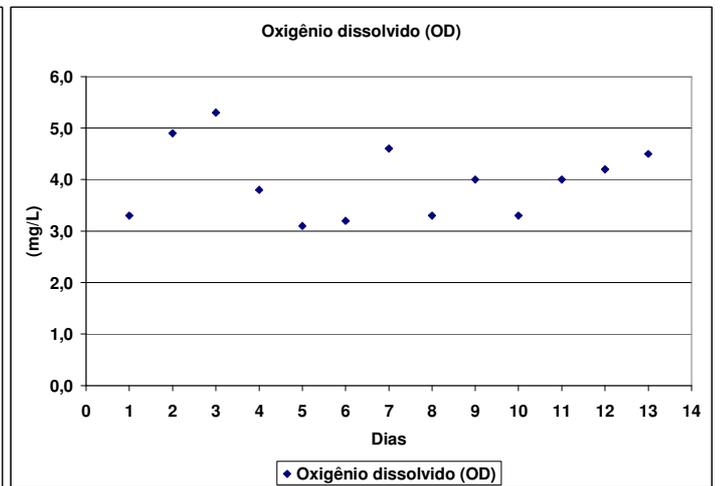
(a)



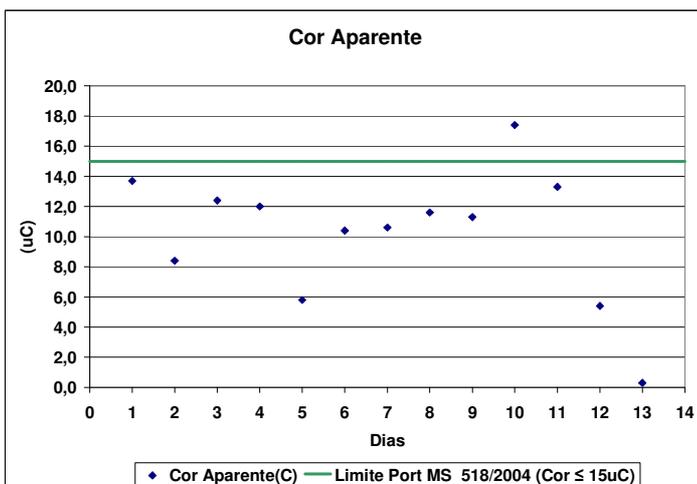
(b)



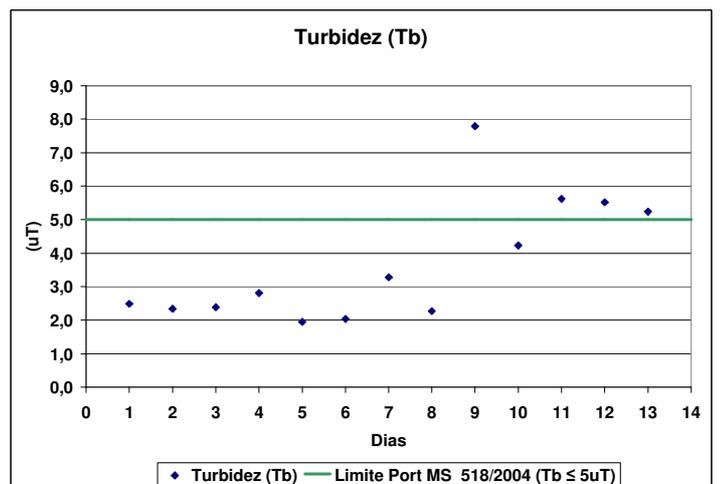
(c)



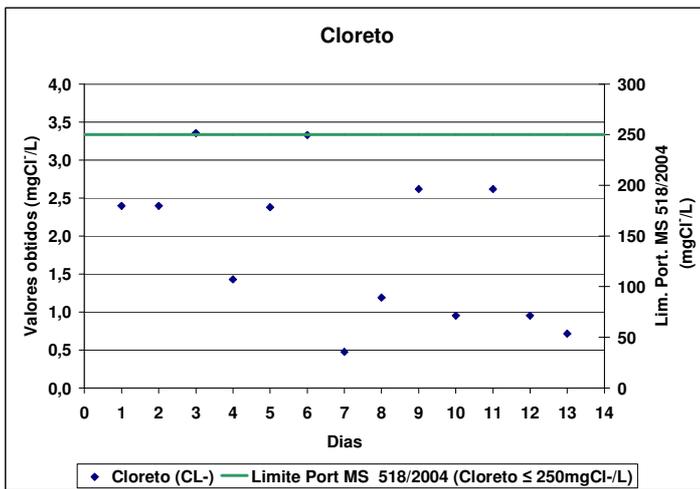
(d)



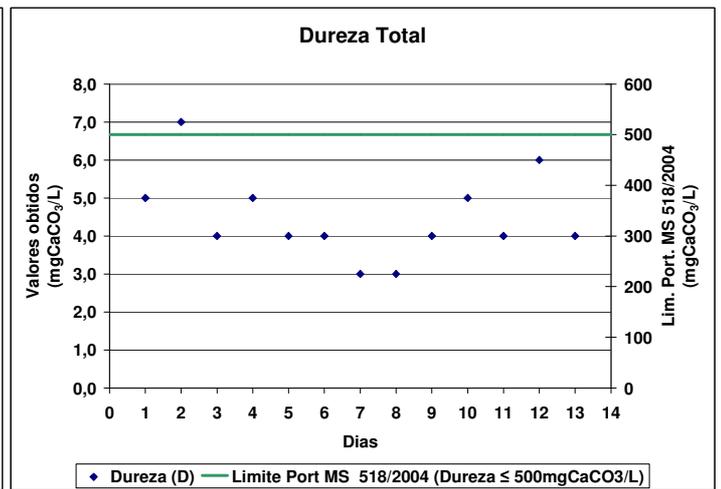
(e)



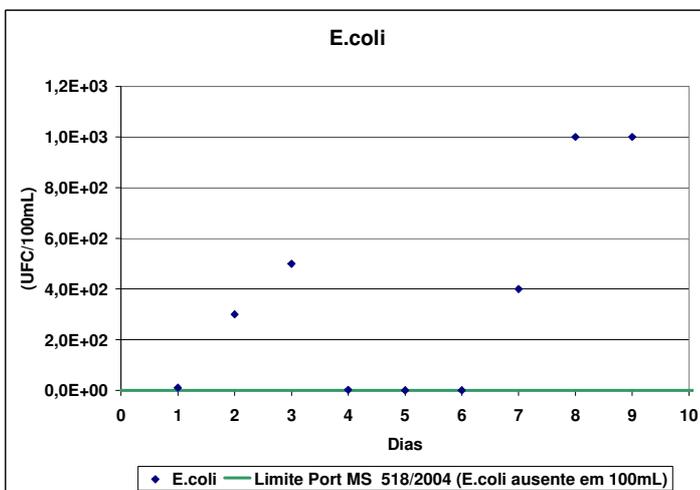
(f)



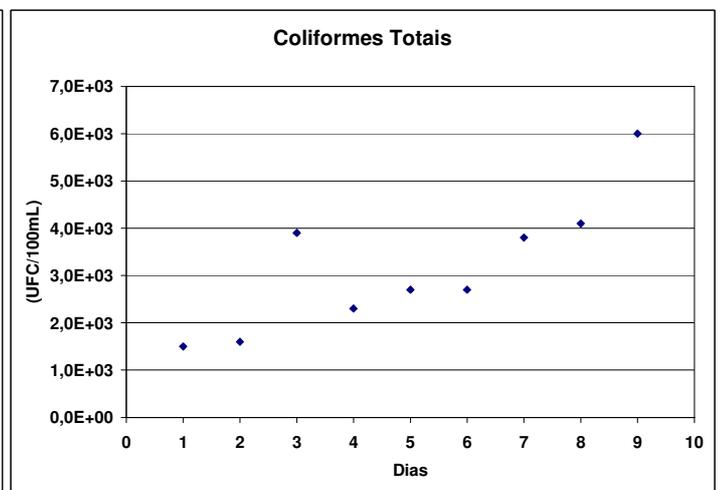
(g)



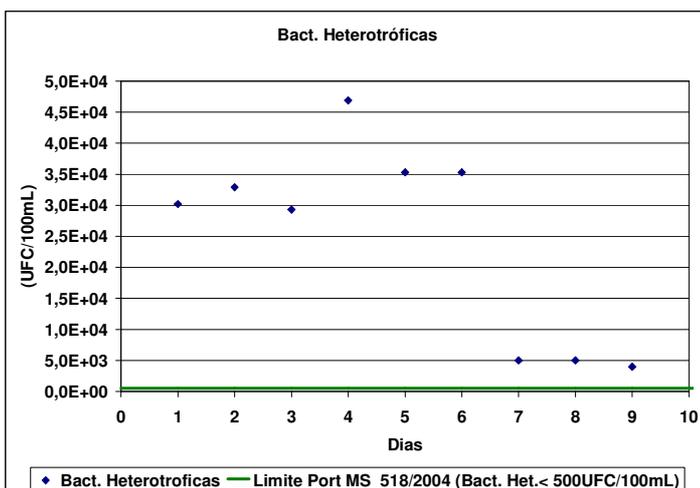
(h)



(i)



(j)



(k)

Figura 2 - Variação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas coletas realizadas.

Ressalta-se que dentre os parâmetros analisados, a portaria do Ministério da Saúde (MS) nº 518/2004 não estabelece padrões para a temperatura e oxigênio dissolvido.

4.1 –Utilização para fins não-potáveis

Visto que a água de chuva analisada tem apresentado índices de contaminação microbiológica, deve-se incentivar a utilização para fins não potáveis. O aproveitamento não potável da água estudada pode existir de diversas maneiras. Uma das formas mais comuns é a irrigação de gramíneas, inclusive a cana-de-açúcar que é a cultura mais cultivada no estado e Alagoas. Além disso, pode-se aproveitar a água para lavagem de carros, quintais e vias públicas.

A utilização da água de chuva nos processos industriais pode ser uma alternativa interessante para auxiliar na conservação de água na planta industrial. Seu aproveitamento torna-se tecnicamente viável, quando os requisitos de água para o processo são atendidos pela água de chuva.

Dentre os vários processos industriais o resfriamento e a geração de vapor em caldeiras é um dos que não apresentam restrições quanto à qualidade microbiológica da água. Na tabela 3, adaptada de Eckenfelder Jr. *et al.* (2008) são apresentados alguns valores ou faixas limites para os parâmetros estudados na água de chuva como requisitos de qualidade para água de resfriamento e geração de vapor na caldeira.

Tabela 3 – Critérios de alguns parâmetros para água de resfriamento e caldeiras. (Adaptada de Eckenfelder Jr. *et al.* (2008)).

| Parâmetro | Unidade | Caldeira | | | | Água de resfriamento |
|-----------------------------------------|---------|-----------|-------------|-------------|-----------|----------------------|
| | | 0-150 psi | 150-250 psi | 250-400 psi | > 400 psi | |
| Cloretos | mg/L | - | - | - | - | 250 |
| Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) | mg/L | 500-3000 | 500-2500 | 100-1500 | 50 | 1300 |
| Dureza Total | mg/L | 80 | 40 | 10 | 2 | - |
| pH | - | 8,0 | 8,4 | 9,0 | 9,6 | 6,5-7,5 |
| Turbidez | uT | 20 | 10 | 5 | 1 | 50 |
| Oxigênio dissolvido | mg/L | 1.4 | 0.1 | 0 | 0 | - |

Com os resultados apresentados na tabela 2 e figura 3 e considerando os requisitos de água na tabela 3, pode-se verificar que é possível a utilização da água de chuva estudada em caldeiras com pressões até 250psi, desde que, adequações sejam feitas quanto à concentração de oxigênio dissolvido, como a adição de algum sequestrante de O₂, pois a alta concentração deste elemento é a principal causa de corrosão segundo Kemmer (1988). No caso do aproveitamento como água de resfriamento deve-se efetuar somente uma neutralização, visto que, o valor máximo alcançado no pH (9,53) excede a faixa recomendada (8,4 a 9,0). O aproveitamento da água de chuva estudada em caldeiras com pressões de trabalho superiores há 250psi, pode se tornar oneroso, pois, intervenções serão necessárias para enquadrar todos os parâmetros. Cabe ressaltar que, as considerações

anteriores são indicativas de uma possível utilização da água de chuva em caldeiras ou como água de resfriamento e que análises de outros parâmetros são necessárias.

6 – CONCLUSÕES

Quanto à utilização para fins potáveis conclui-se que, a água de chuva analisada apresenta uma boa qualidade quanto aos parâmetros físico-químico analisados, apesar de alguns parâmetros se apresentarem fora dos limites da portaria do Ministério da Saúde nº 518/2004 em algumas amostras. No aspecto microbiológico a água é totalmente reprovada para consumo humano direto. Recomenda-se para o caso de uma utilização para fins potáveis, que a água seja submetida a algum processo de baixo custo, como a filtração lenta, visto que, é um processo eficiente na melhoria da turbidez e na remoção de organismos patogênicos.

O aproveitamento da água de chuva estudada para finalidades não potáveis é possível, sobretudo para irrigação de gramíneas ou outros vegetais, além da lavagem de quintais, carros ou atividades similares. Considerando os parâmetros analisados, a utilização da água em caldeiras ou como água de resfriamento não pode ser feita de forma direta, necessitando de algumas adequações dos parâmetros para os limites recomendados. Apesar deste fato, o emprego da água em caldeiras com pressões até 250psi e como água de resfriamento são sem dúvidas as aplicações menos onerosas, visto que necessitam de poucas intervenções para enquadramento dos parâmetros dentro dos limites apresentados.

BIBLIOGRAFIA

APHA, AWWA & WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th Edition, Washington DC, 1999.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria MS 518 de 2004. Procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Brasília, 25 mar. 2004.

ECKENFELDER JR, W.W.; FORD, D.L.; ENGLANDE JR, A.J. *Industrial water quality*. 4th Ed. McGraw-Hill. Nova Iorque. EUA. 2008. 956p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Comentários sobre a Portaria MS n.º 518/2004: subsídios para implementação*. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental, Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 92 p. 2005.

KEMMER, F.N. *The Nalco water handbook*. 2nd Ed. McGraw-Hill. Nova Iorque. EUA. 1989. 1120p.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. (2005). *Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos*. São Paulo: ABES, 2005. 285p.

VON SPERLING, M. (2005). *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. v.1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 452p.