

CAPTAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA PARA USO INDUSTRIAL

José Alexandre Borges Valle¹, Adilson Pinheiro², Adilvo Ferrari³

Resumo: *Uma fonte alternativa de água é o aproveitamento das águas de chuva, sendo que sua captação e armazenamento são, também, maneiras de prevenir cheias. O objetivo deste trabalho foi estudar a utilização de águas de chuva visando ao seu aproveitamento para fins industriais por meio da sua caracterização. Para a realização do experimento foi instalado um coletor de água de chuva em uma edificação da Universidade Regional de Blumenau-SC/Campus II, e após a coleta, armazenamento e desinfecção foi efetuada a sua caracterização, por meio das análises dos seguintes parâmetros: pH, cor aparente, alcalinidade total, cloretos, dureza total, ferro total, temperatura, turbidez e exame microbiológico (*Escherichia coli* e coliformes totais). Para a realização dos ensaios foram empregadas as técnicas de análise de águas constantes no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. Com base nos resultados obtidos no experimento, foi realizada uma avaliação visando a usos industriais, como geração de vapor e sistemas de refrigeração, aproveitando-se, ainda, a água para diferentes tipos de indústrias. Para uso industrial, a água de chuva do coletor que separa as primeiras precipitações apresentou uma qualidade inferior da caixa de detenção (armazenamento da água de chuva após o coletor), que após a desinfecção se demonstrou de excelente qualidade para diferentes setores industriais devido às baixas concentrações encontradas. Isso pode ser considerado como um referencial, se comparado com águas de outras fontes. Para vários ramos da indústria, que necessitam de água desmineralizada, o aproveitamento da água de chuva pode ser uma solução econômica uma vez que ela possui baixos teores de sólidos dissolvidos e em suspensão.*

Palavras-chave: Água de chuva. Captação. Uso industrial.

1 Introdução

A água tem se tornado um fator limitante para o desenvolvimento industrial, mesmo em regiões nas quais a água é um recurso abundante. O mau gerenciamento pode comprometer a sua qualidade. A escassez não é atributo somente de regiões áridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes podem sofrer por demandas excessivamente elevadas, podendo ser vítimas de conflitos de uso e restrições de consumo. Neste contexto é necessário procurar, ou ter sempre ao alcance novas fontes para complementar a reduzida disponibilidade hídrica ou substituir um recurso por um determinado tempo quando necessário.

Segundo Fendrich (2002), uma fonte alternativa de água é o aproveitamento das águas de chuva, as quais, uma vez captadas e armazenadas, podem, ainda, prevenir cheias.

A água coletada em telhados vem sendo usada para fins não potáveis como descarga de banheiros ou rega de jardins, contribuindo dessa forma, para a diminuição do consumo residencial de água tratada proveniente do sistema público de abastecimento. É na indústria que essa água parece ter o seu maior potencial, por terem áreas de telhado maiores e um grande consumo de água. Necessita-se, neste caso, de análises para determinar seu uso e tratamento com o objetivo de atender à qualidade requerida. É a destacar a importância da água como matéria-prima nos processos das indústrias em geral.

Águas com dureza elevada provocam incrustação, diminuindo a transferência de calor em sistemas de geração de vapor. O emprego direto das águas “in natura”, como água de alimentação de caldeiras, implica um processo de evaporação da fase líquida, com conseqüentes concentrações dos produtos minerais dissolvidos. Certos produtos

¹ Engenheiro Químico pela Universidade Regional de Blumenau; Mestre em Engenharia Química e Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina; Professor do Departamento de Engenharia Química da Universidade Regional de Blumenau, Rua Araçatuba, 83, Itupava Seca, Blumenau/SC, CEP. 89030 080. Fone: 047 221 6056. E-mail: alex@furb.br

² Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina; Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Doutor em Física e Química do Ambiente pelo Institut National Polytechnique de Toulouse (França); Diretor do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA-FURB); Professor do Depto. de Engenharia Civil da FURB. E-mail: pinheiro@furb.br

³ Estudante de Engenharia Química da Universidade Regional de Blumenau.

REA – Revista de *estudos ambientais*
v.9, n.2, p. 62-72, jul./dez. 2007

depositados permanecem na forma de um lodo de fácil remoção, outros se incorporam à própria parte metálica na forma de resíduos resistentes, de remoção mais difícil, constituindo um depósito denominado pelos caldeiros de incrustações (PERA, 1990). Em geral a água de chuva é mole (baixa

concentração de sais de magnésio e cálcio), sendo ótima para ser usada em processos industriais, como geração de vapor (SPERLING, 1996). Nos sistemas de geração de vapor, a qualidade da água para caldeiras é influenciada pela pressão de trabalho a que será submetida (Tabela 1).

Tabela 1 - Especificações para água de alimentação da caldeira.

PARÂMETROS	PRESSÃO DE OPERAÇÃO DA CALDEIRA (psig)						
	0-300	301-450	451-600	601-750	751-900	901-1000	1001-1500
pH	8,3-10	8,3-10	8,3-10	8,3-10	8,3-10	8,8-9,6	8,8-9,6
Dureza total (mg/L)	≤0,3	≤0,3	≤0,2	≤0,2	≤0,1	≤0,05	ND
Ferro total (mg/L)	≤0,1	≤0,05	≤0,03	≤0,025	≤0,02	≤0,02	≤0,01
Sílica (mg/L)	7,5-25	2,5-15	1,3-5,0	1,3-2,5	0,8-2,5	0,2-1,5	0,2-0,3

Legenda: ND = Não detectável ou ausente.

FONTE: Adaptado de Kemmer (1988), Port (1991) e Macedo (2001).

Muitas indústrias aplicam a água como líquido refrigerante na absorção de calor de um corpo quente. A presença de sais de cálcio e magnésio e de microrganismos na água de refrigeração deve ser evitada. A formação de depósitos de silicato e carbonatos de cálcio e magnésio no interior de equipamentos e tubulações provoca a redução da eficiência da troca de calor. Além da corrosão das tubulações causada pela presença de gases dissolvidos e do tratamento inadequado da água, também o crescimento de algas nas linhas afeta a taxa de transferência de calor e,

portanto, a economia do processo (GERMAIN, 1972; BEBER, 2004). Na Tabela 2 são apresentados os limites da qualidade da água para sistemas de refrigeração compostos de aço carbono (torres de resfriamento e condensadores evaporativos) e com capacidade volumétrica de 0,5 a 2,1 m³. Vale salientar que, além desses valores, é necessário que haja um tratamento complementar com a utilização de dispersantes.

Tabela 2 - Especificações para água utilizada em sistema de refrigeração.

PARÂMETROS	Limites
pH	6,8-8,7
Alcalinidade total (mg/L)	≤300
Dureza total (mg/L)	≤300
Sílica (mg/L)	≤180
Condutividade (μS/cm)	≤3500
Cont. microbiológica (Col./mL)	Máx 50000

FONTE: Beber (2004).

Para a indústria alimentícia, devem ser respeitados os padrões de potabilidade vigentes. Cuidados especiais devem ser tomados com relação à contaminação de alimentos por certos produtos utilizados no

tratamento de condensados. A pureza do vapor que entra em contato com os alimentos é de grande importância, pois o vapor produzido por caldeiras pode carregar consideráveis quantidades de óxidos de ferro

indesejáveis na produção de alimentos (BEBER, 2004; GERMAIN, 1972).

Já a qualidade da água requerida para a indústria de cervejas é muito semelhante à da indústria de refrigerantes. A água ideal para a indústria, apesar de ser potável, não pode apresentar cloro nem flúor. Sulfato de cálcio e cloreto de sódio devem ser adicionados à água quando não estiverem nas concentrações desejadas. O cloreto de sódio estimula a ação enzimática e melhora o gosto da cerveja. Ferro e manganês escurecem as cervejas e tendem a produzir bebidas de gosto amargo, conferindo-lhe certa turbidez. Flúor e cloro tendem a matar as leveduras. Muitas cervejas modernas usam, para obter uma constância na qualidade da água e, conseqüentemente, nas cervejas, águas desmineralizadas convenientemente tratadas (SANTOS FILHO, 1985).

Muitas fábricas de refrigerantes empregam água de abastecimento público para produzir bebidas, embora raramente essas águas apresentem condições para essa finalidade. Na maioria das vezes, é preciso realizar um tratamento especial, como remoção de cloro, ajuste de alcalinidade, remoção da matéria em suspensão e redução de dureza total. A alcalinidade é limitada à faixa citada na Tabela 3 para evitar reação com ácido cítrico e, conseqüente, degradação do gosto da bebida. Água de dureza zero é ideal para a lavagem das garrafas a fim de mantê-las em excelente estado de aparência e limpeza (SANTOS FILHO, 1985).

No setor têxtil, a água requerida, de modo geral, deve ser de baixa turbidez e livre de matéria orgânica, de ferro e manganês. A produção de "raiom" e de outras fibras sintéticas requer água desmineralizada. Tinturarias requerem águas de baixa alcalinidade e dureza total, e baixas concentrações de manganês e óxido de alumínio. Altos valores de alcalinidade interferem na dissolução dos corantes e podem conferir ao tecido um tingimento não uniforme. Ferro e manganês tendem a conferir aos tecidos cores foscas. As águas para o preparo de soluções de lavagem de tecidos e de fibras, e para soluções de branqueamento devem apresentar dureza total baixa, sendo preferíveis as que apresentem dureza zero (BEBER, 2004; SANTOS FILHO, 1985).

Na indústria de plásticos, a cor da água deve ser baixa e as concentrações de ferro e manganês também. Ferro e manganês em concentrações superiores à mencionada na Tabela 3 podem produzir plásticos manchados. Geralmente é necessário passar a água por resinas catiônicas para reduzir o ferro e o manganês à concentração requerida (SANTOS FILHO, 1985; KEMMER, 1988).

Os EUA, o Japão e a Comunidade Européia adotaram como base para qualquer sistema de purificação para uso farmacêutico a água potável. Esta, quando utilizada como componente de preparações farmacêuticas, deve ser purificada de acordo com os requisitos obrigatórios para água purificada, injetável ou água estéril, logo, a água fornecida à indústria farmacêutica deve inicialmente atender aos padrões de potabilidade (MACEDO, 2001).

Na Tabela 3 são arroladas as características de alguns parâmetros considerados importantes em diferentes tipos de indústrias.

Em geral, a qualidade das águas para a indústria de papel e celulose varia de acordo com a qualidade do produto requerido, podendo utilizar-se desde água potável até água desmineralizada (Tabela 4). A indústria de papelão pode empregar água com certa quantidade de cor. Papéis de qualidade superior, no entanto, exigem água de melhor qualidade. Papéis para a indústria eletrônica, cigarros e material fotográfico exigem água desmineralizada para o seu processo de fabricação. São necessárias águas com baixas concentrações de ferro e manganês para a maioria das indústrias de papel, pois estes metais tendem a produzir manchas nos papéis manufaturados. Além disso, a celulose retém com facilidade o ferro presente em soluções muito diluídas. Águas de lavagem de polpa devem ter dureza zero para evitar a precipitação de sais de cálcio e magnésio que interferem no seu branqueamento (SANTOS FILHO, 1985; KEMMER, 1988).

Neste sentido, este trabalho procura avaliar a qualidade física, química e microbiológica das águas escoadas em cobertura cerâmica, visando ao seu aproveitamento como fonte alternativa em diversos segmentos do setor industrial.

REA – Revista de *estudos ambientais*
v.9, n.2, p. 62-72, jul./dez. 2007

Tabela 3 - Qualidade da água para cada tipo de indústria.

PARÂMETROS	TIPOS DE INDÚSTRIAS					
	Alimentos	Refrigerante	Cerveja	Têxtil	Plástico	Farmacêutica* (Portaria 518/2004)
pH	7,0	7,0	7,0	6,5-7,0	NE	6,0-9,5
Alcalinidade total (mg/L)	NE	50-100	<25	<20	NE	NE
Cloreto de Sódio (mg/L)	NE	NE	200	NE	NE	NE
Cloretos (mg/L)	<250	<250	1 a 20	NE	NE	<250
Cor aparente (uH)	ND	ND	ND	<5	<2	15
Dureza total (mg/L)	<85	<85	18-79	<10	NE	500
Ferro total (mg/L)	ND	ND	<0,2	<0,25	<0,02	0,3
Fluoretos (mg/L)	0,8	0,8	ND	NE	NE	NE
Magnésio (mg/L)	NE	NE	1-6	<0,25	NE	NE
Manganês (mg/L)	ND	ND	<0,2	<0,25	<0,02	0,1
Sabor e odor	Não Objetável	Não Objetável	Não Objetável	NE	NE	Não Objetável
SDT (mg/L)	<500	<500	50-150	NE	NE	<1000
Sulfato de cálcio (mg/L)	NE	NE	100-200	NE	NE	NE
Sílica (mg/L)	NE	NE	1-15	NE	NE	NE
Turbidez (UT)	<5	<5	<4	<5	<2	<5
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	NE	NE	Ausente
Colif. totais (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	NE	NE	Ausente

Obs.: * Valores especificados para água quando submetida a processos de purificação no setor farmacêutico.

Legenda: ND = Não detectável ou ausente,

NE = Não especificado.

FONTE: Adaptado de Santos Filho (1985), Macedo (2001) e Cervesia (2005).

Tabela 4 - Padrão de qualidade da água em processos das indústrias de papel e celulose.

PARÂMETROS	Papel Fino	Papel Kraft	Papéis Ground-wood	Celulose (Soda e Sulfato)
Alcalinidade total (mg/L)	75	75	150	75
Cor aparente (uH)	5	25	30	5
Cloretos (mg/L)	NE	200	75	75
Dureza total (mg/L)	100	100	200	100
Dureza de cálcio (mg/L)	50	NE	NE	50
Ferro total (mg/L)	0,1	0,2	0,3	0,1
Manganês (mg/L)	0,05	0,1	0,1	0,05
Sílica (mg/L)	20	50	50	20
STD (mg/L)	200	300	500	250
Turbidez (UT)	10	40	50	25

FONTE: Kemmer (1988).

2 Material e métodos

Foi implantado um sistema de captação de água de chuva, composto de um reservatório de autolimpeza (descarte), uma caixa de detenção e um processo de desinfecção com radiação ultravioleta. O sistema recebe a água de uma cobertura cerâmica (edificação da Universidade Regional de Blumenau/SC), cuja área é de 102m².

Na Figura 1 é apresentado o esquema do sistema de captação. A água escoada no telhado escorre para as calhas (A), e daí vai para o condutor. Neste condutor, existe uma derivação (C) para a caixa de detenção e um sistema de descarte (B) de 20 litros da chuva inicial. A caixa de detenção (D) desta água (1000L) possui uma saída para transbordamento "ladrão" (E) e outra para o sistema de tratamento (TORDO, 2004).

Os pontos utilizados para coleta de amostras foram o descarte, a caixa de detenção e, após, a desinfecção. Nas amostras coletadas foram analisados os seguintes parâmetros: pH, alcalinidade total, cloretos, cor aparente, dureza total, ferro total, sílica, temperatura, turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli*. A coleta e a preservação das amostras, bem como as análises, foram realizadas segundo o “Standard Methods for

the Examination of Water and Wastewater” (EATON, 1995).

As diferenças/semelhanças entre as amostras de água de chuva do descarte e da caixa de detenção foram testadas e avaliadas por análise de variância (ANOVA) ao nível de significância de 5%. As análises foram realizadas com 11 medidas de cada parâmetro, determinado entre 11/2003 e 08/2004, utilizando-se o programa Excel.

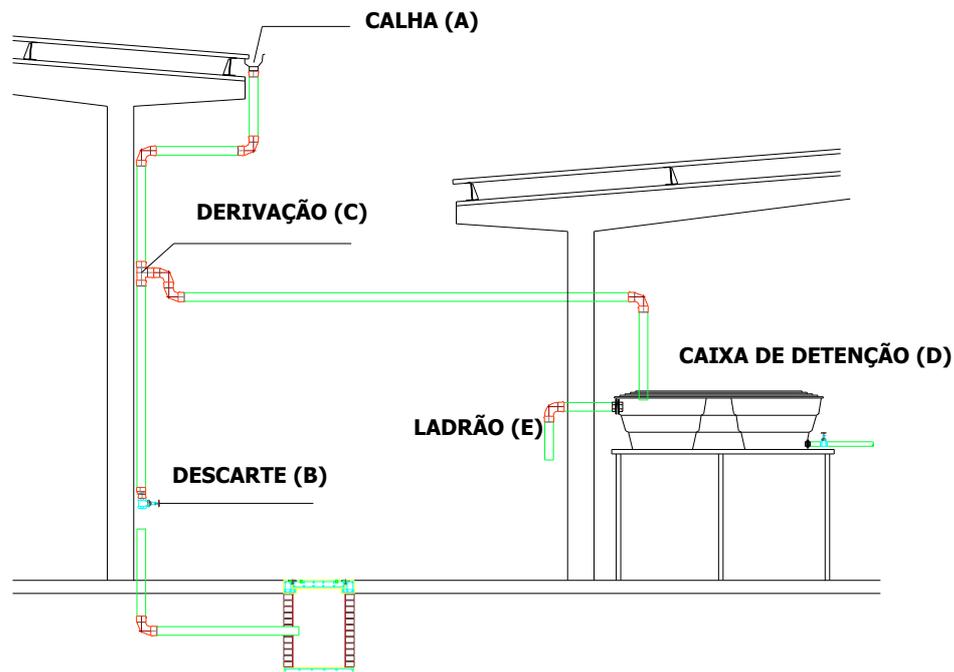


Figura 1 – Desenho esquemático do sistema de coleta de água de chuva.

3 Resultados e discussões

3.1 Coleta e análise da água de chuva

A qualidade da água de chuva coletada em cobertura cerâmica descrita a seguir corresponde ao primeiro fluxo e no reservatório de detenção. O primeiro fluxo refere-se aos primeiros 20L escoados na cobertura de telha cerâmica do bloco F no Campus II da Universidade Regional de Blumenau. Na Tabela 5 são apresentados os valores dos parâmetros analisados da água de chuva armazenada no descarte (20L) e na caixa de detenção, sendo apresentados em termos de valores médios, mínimos e máximos.

Observa-se que a água retida no descarte apresenta características físicas e químicas que a tornam de qualidade inferior àquela armazenada na caixa de detenção, constável através da Figura 2. Assim, constata-se o interesse da eliminação do primeiro fluxo de chuva, como tem sido indicado por Pinheiro et al. (2005), Tomaz (2003), He et al. (2001), Coombes et al. (2001), Zobrist et al. (2000), Liffe (1998) e Yaziz et al. (1989).

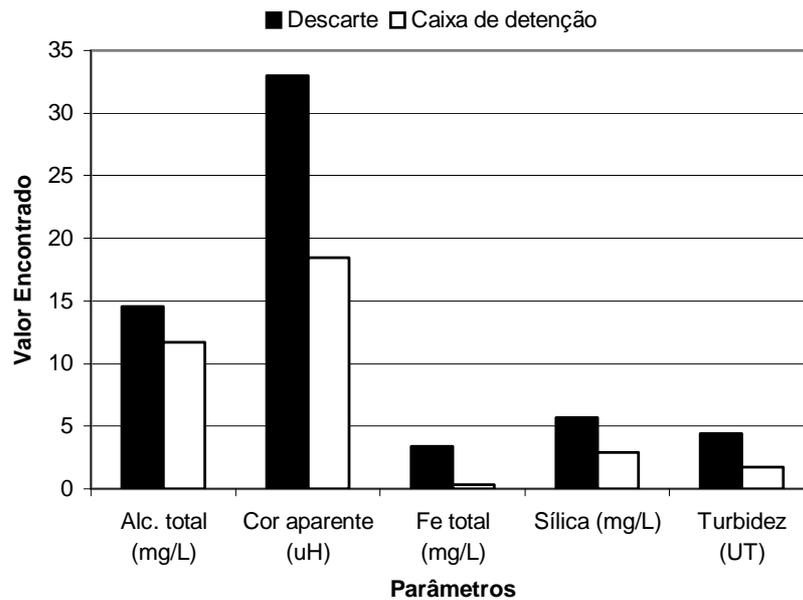


Figura 2 – Diferença de concentração entre o descarte e a caixa de detenção.

Todas as amostras apresentaram como resultado o pH levemente ácido, variando entre 4,86 e 6,35 para as amostras do descarte e entre 5,21 e 6,82 da caixa de detenção, com pH médio de 5,60 e de 5,73, respectivamente. Alguns resultados caracterizam-se como chuva ácida por apresentar valores de pH menores que 5,65, de acordo com a classificação apresentada por Di Bernardo et al. (2002).

Os resultados das amostras não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, segundo ANOVA, para os parâmetros pH,

alcalinidade total, cloretos, dureza total, ferro total, sílica, coliformes totais e *Escherichia coli*. Para os parâmetros cor aparente e turbidez, os resultados apresentam diferença significativa, indicando maior cor e turbidez para a água de chuva no descarte.

Em relação ao exame microbiológico (coliformes totais e *Escherichia coli*), as amostras apresentaram resultados positivos, desqualificando a água da chuva coletada no telhado para consumo humano, sem prévio processo de desinfecção.

Tabela 5 - Valores dos parâmetros da chuva coletada do descarte e da caixa de detenção.

PARÂMETROS	DESCARTE			CAIXA DE DETENÇÃO		
	Valor Médio	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Médio	Valor Máximo	Valor Mínimo
pH	5,60	6,35	4,86	5,73	6,82	5,21
Alcalinidade total (mg/L)	14,52	20,73	10,00	11,73	16,00	8,00
Cloretos (mg/L)	3,81	5,64	2,82	3,72	5,64	2,82
Cor aparente (uH)	33,00	89,00	17,00	18,45	43,00	7,00
Dureza total (mg/L)	23,95	56,00	8,50	21,91	48,00	3,00
Ferro total (mg/L)	3,42	23,00	0,15	0,32	2,02	0,026
Sílica (mg/L)	5,66	28,54	0,651	2,92	13,21	0,212
Temperatura (°C)	25,10	27,00	24,00	25,09	27,00	24,00
Turbidez (UT)	4,38	15,00	1,12	1,70	5,00	0,20
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	3474,02	24000	7	236,93	900	2
Colif. totais (NMP/100mL)	800	50000	387,30	1054,45	≥1600	39,50

Legenda: NE = Não especificado,

* Valor máximo permitido.

A avaliação para o uso industrial foi baseada no valor médio dos parâmetros pH, alcalinidade total, cloretos, cor aparente, dureza total, ferro total, sílica, temperatura, turbidez da caixa de detenção e ausência de coliformes totais e *Escherichia col*, devido à desinfecção por ultravioleta.

3.2 Considerações sobre a Utilização Industrial

No Quadro 1 (Anexo I) é apresentada uma síntese comparativa dos requisitos para diferentes atividades industriais em relação aos resultados obtidos no processo de tratamento estudado.

Para utilização industrial, na maioria dos processos, o pH é um parâmetro que domina a grande parte das reações. O valor de pH encontrado no reservatório de detenção foi de 5,73. Para sistemas de geração de vapor, isso não seria problema, pois, de qualquer maneira, a água de alimentação sofre um tratamento regularizando, com isso, este problema de pH baixo. O valor recomendado é de 10,5 a 11,8 para caldeiras de baixa pressão (10bar), porém, os valores de dureza total, para este processo, ainda ficam superiores aos recomendados, necessitando de um abrandamento para sua diminuição, que, na caixa de detenção, foi de 21,91mg/L, em média. A concentração de sílica encontrada ficou bem abaixo do valor máximo permitido para água de alimentação de caldeiras de baixa pressão, sendo considerada ótima. A combinação da sílica com a dureza total provoca uma incrustação duríssima de difícil remoção em superfícies onde ocorre troca de calor. Também a concentração de cloretos encontrada foi baixa.

Para os sistemas de refrigeração, a qualidade da água obtida no experimento se apresentou adequada, ou seja, dentro dos parâmetros que foram selecionados, exceto o pH, que ficou ligeiramente ácido, caracterizando a presença de somente alcalinidade de bicarbonato (HCO_3). Esta é considerada instável, onde sua decomposição produz CO_2 , contribuindo para o processo corrosivo, por isso a necessidade de um ajuste. A água obtida apresentou baixa dureza total e turbidez, diminuindo com isso a possibilidade de incrustação ou depósitos que podem provocar rupturas em tubulações por

causa do superaquecimento e redução da capacidade de troca de calor. Devido às baixas concentrações que a água de chuva apresentou nos diferentes parâmetros analisados, é possível operar os sistemas de refrigeração citados no Quadro 3, com ciclos de concentração maior, se comparado com uma água de abastecimento público que utiliza como água para *make-up* proveniente de fontes de superfícies, diminuindo com isso o consumo de água e energia. Essas baixas concentrações também contribuem para diminuir a possibilidade de corrosão por erosão, devido aos sistemas operarem com fluxo turbulento (alta velocidade). Através do exame microbiológico, a água de chuva, após a desinfecção com UV, demonstrou ser satisfatória devido à ausência desses microrganismos. Porém, como todo sistema exposto ao ar está sujeito a contaminações e o UV não deixa residual de desinfetante, recomenda-se o uso de biocidas para evitar esse tipo de problema.

Tanto para as indústrias de bebidas como para as de alimentos, o valor de pH obtido (média igual à 5,73) ficou abaixo do desejado (pH = 7,0). A alcalinidade encontrada nas amostras analisadas indica que seu uso não causa nenhum inconveniente para a indústria de cervejas. No entanto, para a indústria de refrigerantes há a necessidade de um ajuste para que se mantenha entre 50 e 100mg/L. Para as indústrias de alimentos e de bebidas, a água da caixa de detenção não se adequou nos parâmetros cor aparente e ferro total, havendo a necessidade de um tratamento para que ela possa satisfazer os requisitos nesses setores. A quantidade de sílica encontrada na caixa de detenção ficou dentro da faixa permitida na indústria de cerveja (1 a 15mg/L).

No setor têxtil, a água de chuva coletada demonstrou a necessidade de ser abrandada devido aos valores de dureza total encontrados. Quanto à alcalinidade total, ela não excedeu o valor máximo permitido, que é de 20mg/L. Para os parâmetros cor aparente e ferro total, as concentrações encontradas ficaram acima dos valores especificados, sendo recomendada a utilização de algum carvão de adsorção, com a capacidade de reduzir a concentração ferro.

Indústrias de plásticos utilizam em seus processos água com valores bastante reduzidos para cor aparente, ferro total e

manganês. Os parâmetros cor aparente e ferro total não se enquadraram na faixa de aplicação, apenas a turbidez se demonstrou adequada para os valores estabelecidos nesse tipo de atividade.

Na caixa de detenção, a água de chuva não atendeu aos valores dos parâmetros pH, cor aparente e ferro total estabelecidos na Portaria 518/2004. Para uso farmacêutico, é requerida água de baixa concentração de sólidos dissolvidos, o que pode ser obtida através de diferentes processos de purificação. A qualidade da água obtida em nosso sistema de captação não pode ser usada como água de alimentação para sistemas de purificação nas indústrias farmacêuticas sem antes realizar uma redução da cor aparente e ferro total. Isto é necessário, pois a água é considerada o ponto de partida para a formulação de produtos farmacêuticos que exigem alta qualidade.

A qualidade da água de chuva apresentou baixas concentrações de alcalinidade total, dureza total, sílica e turbidez, podendo ser utilizada em diferentes processos na indústria de papel e celulose, exceto cor aparente e ferro total, que ultrapassaram os limites máximos permitidos nos diferentes processos apresentados no Quadro 4. Esses parâmetros merecem sua devida atenção quando se utiliza água de chuva nesses processos. Ainda é necessário realizar mais estudos de forma a ter um aproveitamento mais eficaz sem o comprometimento da qualidade dos produtos em cada processo, devido ao grande volume gasto de água nas indústrias de papel e celulose.

Todos os ramos industriais podem ter problemas com os gases gerados nos processos, e os equipamentos utilizados para evitar a emissão atmosférica desses poluentes são os lavadores de gases, que utilizam a água com o objetivo de incorporar esses poluentes no seu meio. A água da chuva pode

ser utilizada sem a necessidade de qualquer tratamento para esta finalidade.

4 Conclusões

A primeira água de chuva coletada em uma cobertura vem contaminada devido à lavagem da poluição atmosférica e da própria cobertura, que, muitas vezes, está carregada de folhas, gravetos, poeira, microrganismos, metais, gases etc. Separando a água inicial, tem-se uma melhora na qualidade da água de chuva para uma posterior utilização, o que ficou comprovado através das análises comparativas entre as caixas de descarte e de detenção.

Ficou claro que a água da chuva, “in natura”, não consegue atender a todos os parâmetros para diferentes processos industriais, mas, devido às baixas concentrações encontradas através dos resultados analíticos, pode-se considerar como um referencial, se comparado com águas de outras fontes, pois é muito mais oneroso remover determinados constituintes do que adicioná-los, e esta adição vai depender da água exigida para cada processo.

Para vários ramos da indústria que necessitam de água desmineralizada, o aproveitamento da água de chuva pode ser uma solução econômica, uma vez que ela possui baixos teores de sólidos dissolvidos e em suspensão, diminuindo com isso a manutenção com membranas que são utilizadas em sistemas de Micro e Ultrafiltração. Apesar das vantagens devido às baixas concentrações citadas, valores reduzidos ou ausência de sais alcalinos e a presença de contaminantes atmosféricos incorporados na água de chuva como CO₂ baixam o pH, causando um dos principais inconvenientes no setor industrial, a corrosão.

5 Capture and evaluation of rainwater for industrial use

Abstract: *Rainwater is an alternative source of supply water; capturing and storing it are also ways to prevent floods. The objective of this work was to study the use of rainwater seeking to take advantage of it for industrial use by means of its characterization. In order to realize this experiment, a rainwater collector was installed in a building of the Universidade Regional de Blumenau-SC/Campus II. After collection, disinfection and storage were effected in order to characterize the rainwater; the following parameters were analyzed: pH, apparent color, total alkalinity, chlorides, total hardness, total iron, temperature, turbidity and microbiology (Escherichia coli and total coliforms). Measurements were carried out using water analysis techniques consistent with the “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. Based on the results obtained in the experiment, an*

evaluation was made seeking out industrial used, as steam generation and in refrigeration systems, thus taking advantage of the water for different types of industry. For industrial use, rainwater from the collector that separates the first precipitations presented inferior quality in the box used to retain the water (storage of water after collection). After disinfection, it demonstrated excellent quality for different industrial sectors due to the low concentrations found. This can be considered as a reference if compared to water from other sources. For the various branches of industry that need de-mineralized water, taking advantage of rainwater can be an economic solution, since it has low levels of solids dissolved in suspension.

Key words: Rainwater. Capture. Industrial use.

6 REFERÊNCIAS

- BEBER, A. J. **Química Básica da Água e Tratamento de Água de Caldeira**. Santa Catarina, Blumenau, 2004. 45 transparências.
- CERVESIA. **Especificações Físico-Químicas da Água Cervejeira**. Disponível em: <www.cervesia.com.br/agua.asp>. Acesso em: 21 fev. 2005.
- COOMBES, P. J.; KUCZERA, G. Strategic use of storm water. Department of Civil, **Surveying and Environmental Engineering**, University of Newcastle, 2001.
- DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; FILHO, P. L. C. **Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. São Carlos: RiMa, 2002.
- EATON, A., D. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19.ed. Washington, D.C: APHA, 1995. 1 v.
- FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de Utilização das Águas Pluviais**. Curitiba, Livraria do Chain Editora, p. 167, 2002.
- GERMAIN, L.; COLAS, L.; ROUQUET, J. **Tratamento de Águas**. São Paulo: Polígono, 1972.
- GONÇALVES, R. F. **Desinfecção de Efluentes Sanitários**. Vitória, ES : ABES, 2003.
- HE, W.; WALLINDER, I. O.; LEYGRAF, C. A laboratory study of copper and zinc runoff during first flush and steady state conditions. **Corrosion Science**. 43, p.127-146, 2001.
- KEMMER, F. N. **The NALCO Water handbook**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1988.
- LIFFE, D. A. C. Guidance on the Use of Rainwater Tanks - National Environmental Health Forum Monographs. **Water Series**, 3, p. 29, 1998.
- YAZIZ, M. I.; GUNTING, H.; SAPARI, N.; GHAZALI, A. W. Variations in rainwater quality from roof catchments. **Water Research**, v.23, n..6, p. 761-765, 1989.
- MACEDO, J. A. B. de. **Águas & Águas**. São Paulo : Varela, 2001.
- PERA, H.. **Geradores de Vapor: um compendio sobre conversão de energia com vistas a preservação da ecologia**. 2. ed. São Paulo: Fama, 1990.
- PINHEIRO, A., VALLE, J.A.B., TORDO, O. C., MINATTI, G., Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva In: Anais 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, ABES, p.1 – 6, 2005.
- PORT, R. D. HERRO, H. M. **The Nalco Guide to Boiler Failure Analysis / the Nalco Chemical Company**. New York: McGRAW-Hill Inc, 1991.
- PORTARIA N.º 518, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Ministério da Saúde; 24 de março de 2004.
- SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas a ao Tratamento de Esgotos**: 2. ed. Belo Horizonte: DESA, 1996.
- SANTOS FILHO, D. F. **Tecnologia de Tratamento de Água** : Água para Indústria. Rio de Janeiro: Almeida Neves, 1985.
- SANTOS, H. F.; MANCUSO, P. C. S. **Reúso de Água**. São Paulo: Manole, 2003.
- THOMAS, P. R.; GREENE, G. R. Rainwater Quality From Different Roof Catchments. **Water Science Technology**. 28(3-5), p. 291-297, 1993.
- TORDO, O. C. **Caracterização e Avaliação do Uso de Águas de Chuva para Fins Potáveis**. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004. 122p.

ZOBRIST, J. et al. Quality of roof runoff for groundwater infiltration. **Water Research**, v.34, n..5, p. 1455-1462, 2000.

7 Agradecimentos

Os autores agradecem à FUNCITEC o apoio financeiro e, ao Engenheiro Químico Anderson Beber a leitura e os comentários preciosos deste trabalho.

REA – Revista de *estudos ambientais*
v.9, n.2, p. 62-72, jul./dez. 2007

Anexo I

Quadro 1 - Análise de adequação da água de chuva para uso industrial referente aos resultados na caixa de detenção.

PARÂMETROS	Geração de vapor	Água de refrigeração	INDÚSTRIAS						
			Alimentos	Refrigerante	Cerveja	Têxtil	Plásticos	Farmacêutica*	Papel fino
pH	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Inadequado	NE	Inadequado	NE
Alcalinidade total	NE	Adequado	NE	Adequado	Adequado	Adequado	NE	NE	Adequado
Cloretos	NE	NE	Adequado	Adequado	Adequado	NE	NE	Adequado	NE
Cor aparente	NE	NE	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Adequado	Inadequado	Adequado	Adequado
Dureza total	Inadequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Inadequado	NE	Adequado	Adequado
Ferro total	Inadequado	NE	Inadequado	Inadequado	Adequado	Inadequado	Inadequado	Adequado	Adequado
Sílica	Adequado**	Adequado	NE	NE	Adequado	NE	NE	NE	Adequado
Turbidez	NE	NE	Adequado	Inadequado	Inadequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

* De acordo com a Portaria 518/2004.

** Para caldeiras de baixa pressão (0 a 450 psig).

Legenda: NE = Não especificado.