

# APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA USOS NÃO POTÁVEIS NO CAMPUS CAMPO MOURÃO DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ



OLAM – Ciência & Tecnologia, Rio Claro, SP, Brasil – ISSN: 1982-7784 – está licenciada sob [Licença Creative Commons](#)

Adriana Neres de Lima [1]  
Regiane Cristina Ferreira [2]  
Maria Aparecida Silva Porfírio [3]  
Débora Cristina de Souza [4]  
Fernando Hermes Passig [5]  
Karina Querne de Carvalho [6]

## INTRODUÇÃO

Nem sempre a sociedade tem noção da contribuição do desenvolvimento dos recursos hídricos para a produtividade econômica e o bem-estar social, embora tais objetivos dependam do suprimento e da qualidade da água. Com o crescimento econômico e industrial e a urbanização das cidades, a crescente demanda por água tem agravado ainda mais a má distribuição populacional em função das reservas hídricas e limitado o desenvolvimento econômico de alguns países.

Em vista disso, a tendência global é buscar ações de conservação da água no intuito de garantir a sustentabilidade deste insumo natural, seja por reuso (reaproveitamento) de efluentes ou por aproveitamento de água de chuva. De acordo com Silva e Domingos (2007), a captação de água da chuva com qualidade de maneira simples e efetiva em termos da relação custo-benefício é uma prática muito difundida em países como Austrália e Alemanha.

A utilização da água de chuva em usos não potáveis tem sido investigada por diversos autores: em vasos sanitários, máquina de lavar, irrigação de jardins, lava-

gem de carros, limpeza de pisos e em diversos processos industriais (CIPRIANO, 2004); irrigação de áreas verdes, centros esportivos, campos de golfe, jardins de escolas e universidades; reserva de proteção contra incêndios; fontes e chafarizes, espelhos e quedas de água; descargas sanitárias em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais; lavagem de trens e ônibus; controle de poeira em obras de execução de aterros, terraplanagem e construção civil (MANCUSO; SANTOS, 2003; MAY, 2004; MARINOSKI, 2007). A água de chuva pode ser usada também para fins potáveis se for livre de contaminação microbiológica, na lavagem e cozimento de alimentos, lavagem de louças (VALLE et al., 2005) e na higiene pessoal, banho, escovação de dentes (TORDO, 2004), além da dessedentação de animais.

Segundo Sickermann (2003) e Fendrich e Olynk (2002), a utilização de água de chuva contribui para redução do consumo de água da rede pública e conseqüentemente no custo do fornecimento, pois reduz o volume de produtos químicos usados no tratamento da água; evita utilização de água potável onde esta não é necessária, como na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de pisos; auxilia no abastecimento em diversas regiões que normalmente apresentam escassez de água; ajuda a conter enchentes, enxurradas e sobrecarga da rede de água pluvial, diminuindo as vazões e contribui para redução do volume de captação de mananciais.

A captação de água de chuva é uma opção de fornecimento tão importante como ao abastecimento de águas superficiais e subterrâneas. De acordo com Tordo (2004), esta fonte alternativa pode beneficiar bilhões de pessoas no mundo a custos relativamente baixos, de maneira participativa, passando para as próprias comunidades a responsabilidade de gerenciar seu abastecimento de água e com menor impacto ambiental.

May (2004) e Prado e Muller (2007) destacaram que a coleta de água para fins não potáveis não requer grandes cuidados de purificação. Para tratamento de

água de chuva podem ser aplicados processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração. Em caso de uso da água de chuva para consumo humano, é recomendado utilizar tratamentos mais complexos, como desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa.

No Brasil, o Programa Nacional de Combate ao Desperdício da Água (PNC-DA) promove ações relacionadas à infra-estrutura urbana (sistema de abastecimento de água) como a conservação de água para pequenos e grandes consumidores a nível predial; e o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) apóia o desenvolvimento de pesquisas para aperfeiçoamento de tecnologias de uso racional de água em edificações e manejo de águas pluviais urbanas nas universidades brasileiras.

Embora existam diversas pesquisas e programas de uso racional de água potável em edificações escolares ou universidades no Brasil com enfoque no uso de tecnologias economizadoras de água e conscientização dos usuários para redução do consumo, há ainda poucos estudos reportados na literatura técnica relacionados à implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva nessas instituições de ensino (MARINOSKI, 2007). Segundo Scherer e Fendrich (2003), essas edificações representam fonte potencial para implantação de sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, pois geralmente apresentam grandes áreas de telhado e de outras coberturas.

Kitamura (2004) avaliou quantitativamente e qualitativamente a captação da água de chuva para possíveis usos não potáveis na Pontifícia Universidade Católica do Paraná em Curitiba concluindo que com economia de 25% na água tratada consumida na universidade, era possível implantar uma cisterna com capacidade de 300 m<sup>3</sup> custando R\$ 25.000,00 e em 7 meses já recupera o valor gasto, tornando assim um investimento viável para o futuro. Fernandes (2007) comprovou viabilidade econômica relativa à implantação de uma cisterna para captação da água de chuva

na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Pinheiro et al. (2005) também constataram a possibilidade do uso da água de chuva na Universidade Regional de Blumenau. Os autores das análises das amostras de água de chuva da precipitação livre e do telhado mostraram que essas águas não podem ser utilizadas para fins potáveis, sem prévio tratamento, pois os parâmetros pH, cor, *Escherichia coli* e coliformes totais estavam em desacordo com a Portaria n° 518 de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004). Assim, os autores indicaram a desinfecção da água da chuva, correção do pH e filtração.

Dentro deste contexto, esse artigo teve como objetivo principal caracterizar a qualidade da água de chuva coletada no *campus* Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e indicar usos não potáveis para seu reaproveitamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Ensaio de caracterização da qualidade da água de chuva foram realizados por meio de campanhas de coleta de amostras no período de setembro de 2008 a março de 2009 no *campus* Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), situado na BR-369, saída para Cascavel, em terreno de 63.888 m<sup>2</sup>. O *campus* está localizado nas coordenadas 52°23'06" O e 24°03'40" S.

A estrutura do *campus* é composta por quatro blocos principais (A, C, E e F) divididos em salas de aula, laboratórios, salas de apoio didático, biblioteca, ginásio de esportes, quadra poliesportiva e salas administrativas, com aproximadamente 10.441,57 m<sup>2</sup> de área construída. O abastecimento de água no *campus* é feito por captação em um poço artesiano existente em seu terreno.

Amostras de água da chuva foram coletadas diretamente das calhas dos telhados do bloco A, bloco C, ginásio e da precipitação livre em diferentes intervalos de tempo, ou seja, no início da precipitação e após 10, 30 e 60 minutos de seu início. A escolha dos pontos de coleta e dos intervalos de tempo foi feita a partir dos diferentes tipos de telhados usados na cobertura presentes no *campus* para que fosse possível avaliar a variação da qualidade da água de chuva em função do tipo de telhado utilizado na cobertura dos blocos e do ginásio e do tempo. Os telhados dos blocos A, C e do ginásio são de alumínio e cimento amianto, respectivamente.

As amostras de água de chuva foram coletadas em recipientes plásticos de volume de 2 L, mantidos em refrigeração para conservação das amostras durante a realização das análises de determinação dos parâmetros físico-químicos. A coleta das amostras de água de chuva da precipitação livre foi feita próximo ao bloco C em um recipiente plástico de volume de 25 L. Esse recipiente de maior área de captação foi escolhido para possibilitar coleta mais eficiente da água de chuva nesse ponto.

Os recipientes plásticos contendo as amostras eram encaminhados para o laboratório de Saneamento da UTFPR para realização das análises para determinação dos parâmetros físico-químicos temperatura, pH, turbidez, condutividade, DQO bruta, DQO filtrada, concentração de sólidos totais e concentração de sólidos suspensos totais de acordo com as metodologias estabelecidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* da *American Public Health Association* (EATON et al., 2005). Nessas mesmas campanhas, foram determinados os parâmetros alcalinidade total e concentração de ácidos voláteis segundo metodologia proposta por Dillalo e Albertson (1961) e Ripley et al. (1986), respectivamente. Todas as análises foram realizadas em duplicata. Foram realizadas oito campanhas com coleta de amostras de água de chuva durante aproximadamente 120 dias, sendo cinco campanhas entre o fim do mês de fevereiro e o fim do mês de março (estação chuvosa) e três campanhas no final dos meses de setembro, outubro e novembro (estação de estiagem).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de caracterização de água de chuva das amostras da precipitação livre e dos telhados dos blocos A e C e do ginásio no *campus* Campo Mourão da UTFPR.

**Tabela 1:** Resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de coleta das amostras de água da chuva para os diferentes pontos de coleta.

Parâmetros	Precipitação Livre				Bloco A				Bloco C				Ginásio			
	X	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín	x	DP	Máx	Mín
Temperatura (°C)	21,8	1,3	24,0	19,5	23,8	1,9	26,5	20,0	24,9	1,6	27,0	20,0	24,6	1,6	27,5	21,0
pH	5,5	0,6	6,5	4,6	6,9	0,8	7,8	5,0	7,5	0,3	7,9	7,0	7,2	0,3	7,6	6,9
Turbidez (UNT)	18,0	4,1	24,2	13,3	18,3	15,6	56,9	4,0	34,5	48,2	215,0	6,7	24,5	22,0	78,6	5,1
Condutividade (mS/cm <sup>2</sup> )	16,3	2,4	19,6	11,7	27,4	27,5	82,0	7,3	70,8	32,2	145,6	30,1	39,0	14,5	76,3	18,6
Alcalinidade a bicarbonato (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	2,7	0,6	8,1	3,9	5,3	4,4	23,5	2,1	14,6	17,5	100,1	5,4	8,6	6,7	32,0	3,2
Ácidos Voláteis (mgHAc/L)	3,3	0,3	3,9	3,1	6,7	0,6	8,0	5,9	7,2	0,3	7,8	6,6	6,6	0,6	7,9	5,6
DQO bruta (mg/L)	4,3	7,0	18,1	0,0	11,0	18,2	72,3	0,0	14,9	18,8	68,4	0,0	14,2	13,7	49,1	0,0
DQO filtrada (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sólidos Totais (mg/L)	45,0	20,1	74,0	8,0	52,0	25,5	128,0	14,0	172,0	207,2	666,0	20,0	97,4	94,0	360,0	14,0
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	17,7	10,4	32,0	4,0	28,2	15,8	62,0	4,0	82,9	77,8	246,0	2,0	26,7	16,7	58,0	6,0
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	27,3	16,4	54,0	4,0	23,8	19,1	66,0	4,0	89,1	134,9	420,0	0,0	60,7	90,0	320,0	0,0
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	3,5	1,0	6,0	3,0	6,9	6,4	22,0	4,0	10,9	18,0	70,0	10,0	10,8	17,8	48,0	4,0
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	1,0	0,4	1,5	0,2	0,9	0,5	1,8	2,0	2,1	1,4	4,2	0,4	1,9	1,4	4,2	0,2
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	2,5	0,5	3,2	2,0	6,0	3,5	12,0	2,0	8,8	10,4	34,0	2,0	8,9	8,3	30,2	2,0

x: média aritmética; DP: desvio padrão; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

Fonte: adaptado de Lima et al. (2009).

Na Tabela 1 é possível notar que a temperatura média resultou de  $21,8 \pm 1,3$  °C,  $23,8 \pm 1,9$  °C,  $24,9 \pm 1,6$  °C e  $24,6 \pm 1,6$  °C para as amostras de água da chuva coletadas da precipitação livre e dos telhados dos blocos A, C e do ginásio, respectivamente. Esses valores obtidos foram inferiores ao valor médio de 25 °C reportado por Pinheiro et al. (2005) e Valle et al. (2005) para amostras de água de chuva da precipitação livre do município de Blumenau (SC). Foi possível observar ainda que a temperatura das amostras dos telhados foi maior do que a da precipitação livre, provavelmente devido à transferência de calor dessas superfícies, pré-aquecidas, pela radiação solar para a água. É possível observar ainda, que não houve variação significativa nos valores da temperatura média para os telhados de cimento amianto e de alumínio.

Os valores de pH das amostras de água de chuva da precipitação livre variaram de 4,6 a 6,5. Esses valores podem ser justificados pela presença de gases como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e gás sulfídrico ( $\text{SO}_4$ ), resultantes da queima de combustíveis fósseis dos veículos automotores que passam pela rodovia próxima ao *campus*, que reagem com a água da chuva e formam ácidos carbônico e sulfídrico e conseqüentemente diminuem o pH. Jaques (2005) verificou que o pH das amostras de água de chuva da precipitação livre de Florianópolis (SC) variou de 4,9 a 5,8. O caráter ácido do pH das amostras de água de chuva da precipitação livre é comumente reportado na literatura, mesmo em áreas sem influência industrial.

As amostras de água da chuva coletadas no telhado de alumínio do bloco A e de cimento amianto do ginásio e do bloco C apresentaram valores de pH variáveis na faixa de 5,0 a 7,8, 6,9 a 7,6 e 7,0 a 7,9, respectivamente. Os valores obtidos das amostras coletadas no bloco C e no ginásio foram similares aos valores de pH reportados por Jaques (2005), que variaram de 6,3 a 8,0 para o telhado de cimento amianto. O cimento amianto é composto por mais de 90% de cimento e menos de 10% de fibras de amianto crisotila, cuja fórmula química é  $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ , responsável pelo aumento do pH. Os valores de 5,0 a 7,8 obtidos para as amostras coletadas no



telhado de alumínio foram similares ao descrito por Ponzio-Vaccari et al. (2005) de 6,8 para o mesmo tipo de telhado.

A alcalinidade a bicarbonato média das amostras de água da chuva da precipitação livre resultou de  $2,7 \pm 0,6 \text{ mgCaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ . Ponzio-Vaccari et al. (2005) e Philippi et al. (2005) obtiveram alcalinidade a bicarbonato média de  $1,8 \pm 1,9 \text{ mgCaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$  e  $4,5 \pm 3,1 \text{ mgCaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$  para amostras de água de chuva da precipitação livre das cidades de Vitória (ES) e de Florianópolis (SC), respectivamente.

Houve aumento dos valores médios de alcalinidade a bicarbonato obtidos para as amostras de água da chuva dos telhados dos blocos A, C e do ginásio que resultaram de  $5,3 \pm 4,4 \text{ mgCaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $14,6 \pm 17,5 \text{ mgCaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$  e  $8,6 \pm 6,7 \text{ mgCaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ , respectivamente. Foi possível notar que os valores obtidos para a alcalinidade a bicarbonato média das amostras do telhado de cimento amianto foram superiores àqueles obtidos para as amostras do telhado de alumínio, provavelmente devido à composição do material do telhado e à presença de matéria orgânica proveniente de fezes de aves e roedores, artrópodes e outros animais mortos em decomposição, poeira, folhas, galhos de árvores, revestimento e resíduos do telhado poluentes presentes nos mesmos. O desvio padrão no bloco C apresentou valor superior a média, provavelmente devido à influência da deposição de resíduos sólidos nesse telhado no período de estiagem.

As amostras de água de chuva do telhado de alumínio do bloco A apresentaram alcalinidade a bicarbonato média inferior a  $18,5 \pm 9,8 \text{ mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$  descrita por Ponzio-Vaccari et al. (2005) para esse tipo de telhado. O mesmo comportamento foi verificado para a alcalinidade a bicarbonato das amostras de água de chuva do telhado de cimento amianto do bloco C e do ginásio que resultaram inferiores ao valor de  $21 \pm 3,9 \text{ mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$  observado por Jaques (2005) para o mesmo tipo de telhado.

A turbidez verificada nas amostras de água da chuva coletadas nos telhados dos blocos A ( $18,3 \pm 15,6$  UNT), C ( $34,4 \pm 48,2$  UNT) e do ginásio ( $24,5 \pm 22,0$  UNT) foi superior àquela obtida para as amostras da precipitação livre ( $15,8 \pm 2,2$  UNT), provavelmente devido a lavagem do telhado. A turbidez média do bloco C foi inferior ao seu respectivo desvio padrão, provavelmente porque a turbidez resultou elevada nas primeiras campanhas no período de estiagem devido ao acúmulo de resíduos sólidos nesse telhado; já nas demais campanhas que ocorreram no período chuvoso, a turbidez foi menor devido a lavagem constante.

Os valores médios de turbidez para as amostras de água da chuva da precipitação livre foram superiores àqueles obtidos por Pinheiro et al. (2005) para Blumenau e Gonçalves et al. (2006) para Florianópolis (SC) de, 1,8 e 0,9 UNT, respectivamente. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de que o ponto escolhido para coleta de água de chuva da precipitação livre estava situado próximo à construção de um novo bloco no *campus* da UTFPR e conseqüentemente resíduos desta obra podem ter contaminado as amostras coletadas e influenciado nos resultados obtidos para este parâmetro.

Quanto à condutividade, foi possível notar que as amostras da precipitação livre apresentaram resultados inferiores ( $16,3 \pm 2,4$ ) aos resultados verificados para as amostras coletadas dos telhados A ( $27,4 \pm 27,5$ ), C ( $70,8 \pm 32,2$ ) e ginásio ( $39,0 \pm 14,5$ ). A condutividade média da precipitação livre foi igual a  $16,3 \pm 2,4$  mS/cm<sup>2</sup>. Ponzó-Vaccari et al. (2005) verificaram valores de condutividade mínima e média de 11 mS/cm<sup>2</sup> e 48,9 mS/cm<sup>2</sup>, respectivamente, para amostras de água da chuva da precipitação livre de Vitória (ES). A condutividade média resultou de  $27,4 \pm 27,5$  mS/cm<sup>2</sup> para as amostras do telhado de alumínio do bloco A, apresentando desvio padrão elevado devido aos maiores valores obtidos nas campanhas do período de estiagem e aos menores valores obtidos nas campanhas da estação chuvosa. Para os telhados de cimento amianto, a condutividade média resultou de  $39,0 \pm 14,5$  mS/cm<sup>2</sup> para o ginásio e de  $70,8 \pm 32,2$  mS/cm<sup>2</sup> para o bloco C. A condutividade

média das amostras do telhado de alumínio do bloco A resultou inferior ao valor reportado por Ponzo-Vaccari et al. (2005) de  $98,2 \pm 67,5$  mS/cm<sup>2</sup>. A condutividade média das amostras coletadas nos telhados de cimento amianto descrita por Jaques (2005) foi de  $41,68 \pm 8,7$  mS/cm<sup>2</sup>, superior àquelas obtidas para o ginásio e similares àquelas verificadas para o bloco C.

A concentração média de ácidos voláteis resultou de  $3,3 \pm 0,3$  mgHAc.L<sup>-1</sup> para as amostras da água de chuva da precipitação livre, similar ao resultado obtido por Ponzo-Vaccari et al. (2005) de  $3,7 \pm 1,2$  mgHAc.L<sup>-1</sup> para Vitória (ES) e Phillip et al. (2005) de  $2,29 \pm 2,18$  mgHAc.L<sup>-1</sup> para Florianópolis. Para as amostras de água de chuva do telhado de alumínio do bloco A, a concentração média de ácidos voláteis obtida foi de  $6,7 \pm 0,6$  mgHAc.L<sup>-1</sup>, inferior àquela reportada por Ponzo-Vaccari et al. (2005) de  $7,5 \pm 6,7$  mgHAc.L<sup>-1</sup>. Para os telhados de cimento amianto, a concentração média de ácidos voláteis resultou de  $7,2 \pm 0,3$  mgHAc.L<sup>-1</sup> e  $6,6 \pm 0,6$  mgHAc.L<sup>-1</sup> para o bloco C e ginásio, respectivamente.

A concentração de matéria orgânica (em termos de DQO) para as amostras coletadas nos telhados de cimento amianto do bloco C e do ginásio foram respectivamente de  $14,9 \pm 18,8$  mg/L e de  $14,2 \pm 13,7$  mg/L, inferiores a média registrada por Jaques (2005) de  $35,9 \pm 25,8$  mg/L para o mesmo tipo de telhado em Florianópolis (SC). Para as amostras coletadas no telhado de alumínio do bloco A, a concentração de matéria orgânica registrada foi de  $11,0 \pm 18,2$  mg/L, inferior a média descrita por Ponzo-Vaccari et al. (2005) para o mesmo tipo de telhado na cidade de Vitória (ES), que resultou em  $29,5 \pm 23,9$  mg/L. As baixas concentrações de matéria orgânica nos telhados devem ter ocorrido porque a maioria dessas coletas foram feitas no período chuvoso. A maior concentração de matéria orgânica apresentada foi para o bloco C ( $14,9 \pm 18,8$  mg/L), provavelmente devido a capacidade do telhado desse bloco reter o material depositado em sua superfície rugosa e a maior deposição de material nesse telhado pela proximidade de sua localização em relação a rodovia BR 365.

A concentração de matéria orgânica verificada para a precipitação livre foi de  $4,3 \pm 7,0$  mg/L, inferior a descrita por Ponzo-Vaccari et al. (2005) de  $10,1 \pm 9,3$  mg/L para a precipitação livre de Vitória (ES). Não foram observadas concentrações de matéria orgânica em termos de DQO filtrada das amostras da água de chuva coletadas no bloco A, bloco C, ginásio e precipitação livre, provavelmente devido a limitação de leitura do comprimento de onda na curva de calibração do espectrofotômetro.

As concentrações de sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos totais voláteis das amostras da precipitação livre resultaram em  $45,0 \pm 20,1$  mg/L;  $27,3 \pm 16,4$  mg/L e  $17,7 \pm 10,4$  mg/L, respectivamente. A concentração de sólidos totais para é inferior a concentração de sólidos totais apresentada por Ponzo-Vaccari et al. (2005) de  $111,7 \pm 69,4$  mg/L para Vitória (ES). Os autores justificaram essa concentração de sólidos devido a ocorrência de ventos fortes nos dias de coleta que provavelmente interferiram na quantidade de sólidos presentes nas amostras.

Para o bloco A, a concentração de sólidos totais resultante da coleta da água de chuva do telhado de alumínio foi de  $52,0 \pm 25,5$  mg/L; a concentração de sólidos totais fixos foi de  $23,8 \pm 19,1$  mg/L e a concentração de sólidos totais voláteis foi de  $28,2 \pm 15,8$  mg/L. Esses resultados são inferiores a concentração de sólidos totais registrada por Ponzo-Vaccari et al. (2005) para esse tipo de telhado em Vitória ( $4182,6 \pm 9571,7$  mg/L).

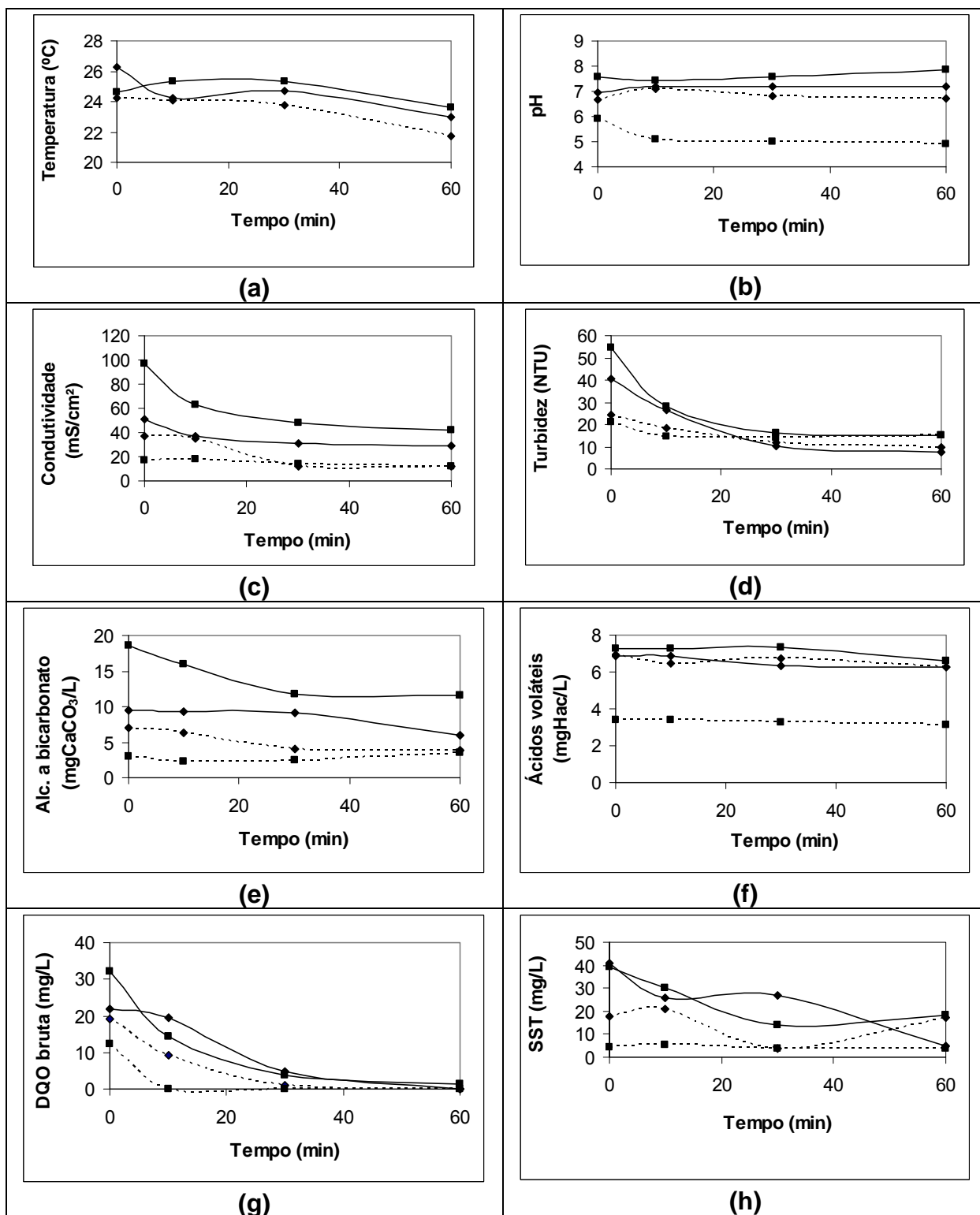
As concentrações de sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos totais voláteis para as amostras do telhado de amianto do bloco C foram de  $172, \pm 207,2$  mg/L,  $89,1 \pm 134,9$  mg/L e  $82,9 \pm 77,8$  mg/L, respectivamente. Para o ginásio, as concentrações de sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos totais voláteis registradas foram de  $97,4 \pm 94,0$  mg/L,  $60,7 \pm 90,0$  mg/L e  $26,7 \pm 16,7$  mg/L, respectivamente. As concentrações de sólidos detectadas nesses telhados foram superiores as detectadas no telhado de alumínio provavelmente devido a capacidade da sua superfície rugosa em acumular sólidos.

A concentração de sólidos suspensos totais para as amostras coletadas na precipitação livre foi de  $3,5 \pm 1,0$  mg/L; a concentração de sólidos suspensos fixos de  $2,5 \pm 0,5$  mg/L e a concentração de sólidos suspensos voláteis de  $1,0 \pm 0,4$  mg/L. Para a cidade de Vitória (ES), Ponzó-Vaccari et al. (2005) relataram concentração média de  $26,1 \pm 21,0$  mg/L para sólidos suspensos totais, devido a coleta de chuvas intensas com presença de ventos fortes que interferiram na quantidade de sólidos suspensos depositados no ponto de coleta.

Nas amostras do bloco A, a concentração de sólidos suspensos totais foi de  $6,9 \pm 6,4$  mg/L, a concentração de sólidos suspensos fixos de  $6,0 \pm 3,5$  mg/L e a concentração de sólidos suspensos voláteis de  $0,9 \pm 0,5$  mg/L. Ponzó-Vaccari et al. (2005) notaram concentração de sólidos suspensos totais igual a  $117,1 \pm 89,7$  mg/L para esse tipo de telhado em Vitória (ES).

As maiores concentrações de sólidos suspensos foram encontradas nas amostras dos telhados de cimento amianto do bloco C e do ginásio, respectivamente. As concentrações de sólidos suspensos totais, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis das amostras de água coletadas no ginásio resultaram de  $10,8 \pm 17,8$  mg/L,  $8,9 \pm 8,3$  mg/L e  $1,9 \pm 1,4$  mg/L, respectivamente. Nas amostras coletadas no bloco C, as concentrações de sólidos suspensos totais, sólidos suspensos fixos e voláteis foram de  $10,9 \pm 18,0$  mg/L,  $8,8 \pm 10,4$  mg/L e  $2,1 \pm 1,4$  mg/L, respectivamente.

Na Figura 1 podem ser observadas as variações temporais de pH, temperatura, turbidez, condutividade, alcalinidade a bicarbonato, concentração de ácidos voláteis, DQO bruta e concentração de sólidos suspensos totais (SST).



**Figura 1.** Resultados das campanhas de coleta de amostras de água de chuva: a) temperatura; b) pH, c) condutividade, d) turbidez, e) alcalinidade a bicarbonato, f) ácidos voláteis, g) DQO bruta, h) sólidos suspensos totais. Legenda: - - ♦ - - bloco A; - - □ - - bloco C, - - □ - - tempo; - - ♦ - - ginásio. Fonte: adaptado de Lima et al. (2009).

Na Figura 1a, foi possível observar maiores temperaturas nas amostras de água da chuva nas amostras coletadas nos telhados. Os valores das temperaturas nessas amostras diminuíram com o tempo, provavelmente pelo resfriamento das superfícies de coleta. O mesmo comportamento foi verificado para a temperatura das amostras de água da chuva da precipitação livre. As temperaturas das amostras de água coletadas dos telhados de cimento amianto do bloco C e do ginásio foram superiores às observadas para o telhado de alumínio do bloco A. A maior absorção dos raios solares nas telhas de cimento amianto é a principal justificativa para obtenção desses valores quando comparados com aqueles obtidos para as telhas de alumínio (SEVEGNANI et al., 1994).

De maneira geral, observou-se diminuição dos valores obtidos para os parâmetros monitorados nos telhados em função do tempo, provavelmente devido a remoção dos resíduos sólidos depositados nessas superfícies pela ação do escoamento superficial resultante da precipitação. Também foi possível notar que os valores obtidos para todos os parâmetros analisados das amostras da precipitação livre foram inferiores aos valores verificados nas demais amostras, já que o primeiro ponto de coleta não tem influência do escoamento superficial.

As amostras do bloco C apresentaram maiores valores para a maioria dos parâmetros devido ao acúmulo de resíduos em sua superfície rugosa, provenientes da rodovia BR 365 que se localiza próxima ao bloco. Os valores máximos ocorrem sempre no tempo 0 desse ponto de coleta: condutividade de 97,41 mS/cm<sup>2</sup> (Figura 1c), turbidez de 54,71 UNT (Figura 1d), alcalinidade de 18,56 mgCaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup> (Figura 1e) e ácidos voláteis de 7,3 mgHAc L<sup>-1</sup> (Figura 1f). Após 10 minutos, há tendência de estabilização dos valores. Isso pode ter acontecido devido ao desentupimento das calhas dos blocos que ocorreu principalmente nesse ponto de coleta nos eventos de chuvas intensas.

Os resultados experimentais obtidos com a determinação dos parâmetros físi-

co-químicos durante a realização das campanhas de coleta de água de chuva da precipitação livre e dos telhados dos blocos A, C e do ginásio em função do tempo são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de coleta das amostras de água da chuva com o passar do tempo

Parâmetros	Tempo (min)			
	0 (min)	10 (min)	30 (min)	60 (min)
Temperatura (°C)	24,4 ± 1,6	23,7 ± 1,8	23,7 ± 2,0	22,3 ± 1,2
pH	6,8 ± 0,7	6,7 ± 1,1	6,6 ± 1,1	6,7 ± 1,3
Turbidez (UNT)	35,2 ± 15,5	21,8 ± 6,6	13 ± 2,6	11,8 ± 3,8
Condutividade (mS/cm <sup>2</sup> )	50,7 ± 34,0	38,1 ± 18,5	26,1 ± 16,5	23,8 ± 14,9
Alcalinidade a bicarbonato (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	60,1 ± 1,8	6,0 ± 1,8	5,9 ± 1,8	5,6 ± 1,6
Ácidos Voláteis (mgHAc/L)	9,5 ± 6,6	8,4 ± 5,7	6,9 ± 4,4	6,2 ± 3,7
DQO bruta (mg/L)	21,4 ± 8,3	10,7 ± 80,3	2,4 ± 2,3	0,3 ± 0,6
DQO Filtrada (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0
Sólidos Totais (mg/L)	123,7 ± 77,0	66,1 ± 99,1	85,3 ± 53,0	63,0 ± 32,1
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	42,7 ± 29,6	36,9 ± 29,5	47,5 ± 44,9	28,4 ± 20,9
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	81,0 ± 68,1	29,2 ± 16,2	37,8 ± 10,6	34,6 ± 17,0
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	12,2 ± 17,7	5,8 ± 10,8	5,2 ± 11,0	4,7 ± 7,8
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	1,7 ± 0,9	1,9 ± 0,8	1,1 ± 0,7	0,9 ± 0,6
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	10,5 ± 6,7	3,9 ± 2,8	4,1 ± 3,3	3,8 ± 1,4

x: média aritmética; DP: desvio padrão; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

Fonte: adaptado de Lima et al. (2009).

Os resultados experimentais obtidos com a realização das campanhas de coleta de água de chuva da precipitação livre e dos telhados dos blocos A, C e do ginásio são apresentados na Tabela 3.



**Tabela 3:** Resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de coleta das amostras de água da chuva no diferentes tipos de telhado

Parâmetros	Ponto de coleta superfície de captação		
	Precipitação Livre	Telhado de cimento amianto	Telhado alumínio
Temperatura (°C)	21,8 ± 1,3	24,6 ± 1,0	23,8 ± 1,9
Ph	5,5 ± 0,6	7,4 ± 0,3	6,9 ± 0,8
Turbidez (UNT)	25,518 ± 4,1	24,8 ± 16,2	18,3 ± 15,6
Condutividade (mS/cm <sup>2</sup> )	16,3 ± 2,4	49,7 ± 22,2	27,4 ± 27,5
Alcalinidade a bicarbonato (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	2,7 ± 0,6	6,9 ± 0,4	5,3 ± 4,4
Ácidos Voláteis (mgHAc/L)	3,3 ± 0,3	11,5 ± 4,0	6,7 ± 0,6
DQO bruta (mg/L)	4,3 ± 7,0	12,2 ± 11,6	11,0 ± 18,2
DQO Filtrada (mg/L)	0,0	0,0	0,0
Sólidos Totais (mg/L)	45,0 ± 20,1	119,4 ± 73,8	52,0 ± 25,5
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	17,7 ± 10,4	55,4 ± 32,2	28,2 ± 15,8
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	27,3 ± 16,4	64,0 ± 48,8	23,8 ± 19,1
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	3,5 ± 1,0	8,4 ± 12,3	6,9 ± 6,4
Sólidos Suspensos Voláteis(mg/L)	1,0 ± 0,4	1,9 ± 0,8	0,9 ± 0,5
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	2,5 ± 0,5	6,5 ± 4,4	6,0 ± 3,5

x: média aritmética; DP: desvio padrão; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

Fonte: adaptado de Lima et al. (2009).

Na Tabela 3 pode-se observar que as maiores concentrações foram registradas para as amostras coletadas sob influência dos telhados de cimentos amianto (bloco C e ginásio). O telhado de cimento amianto possui superfície rugosa com capacidade de acumular resíduos ali depositados. Esses materiais que são carregados com a água da chuva no processo de lavagem dos telhados e conseqüentemente elevam as concentrações dos parâmetros analisados. O telhado de alumínio não acumula grande quantidade de resíduo por possuir superfície lisa. As menores concentrações foram apresentadas nas amostras coletadas na precipitação livre por não sofrer influência dos telhados.

Na falta de legislação específica que regulamenta os padrões de qualidade da

água para o aproveitamento da água da chuva em função dos diferentes usos, torna-se necessário adotar, mesmo em caráter temporário, a legislação disponível atualmente (PHILIPPI et al., 2006).

A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde estabelece padrões de qualidade para a água tratada e destinada ao consumo humano (BRASIL, 2004). Dois outros instrumentos do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) podem servir de base para esta avaliação, a Resolução nº 274/00 que define os padrões de balneabilidade (BRASIL, 2000) e a Resolução nº 357/05 que estabelece os padrões de qualidade para corpos de água (BRASIL, 2005). Além destas, pode-se ainda tomar como referência outro dispositivo normativo como a norma brasileira NBR nº 13.969/97 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997).

Para determinar a qualidade da água de chuva, coletada no *campus* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, os resultados obtidos na caracterização foram comparados aos valores dos parâmetros estabelecidos na Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) e pela *Environmental Protection Agency* (USEPA, 1992) que contempla a água de reuso de água como classe 1.

Os parâmetros turbidez e concentração de sólidos suspensos totais ficaram acima do estabelecido pela Portaria nº 518/04 (BRASIL, 2004) e pela USEPA (1992). A turbidez dos blocos A ( $18,3 \pm 15,6$  UNT), C ( $34,4 \pm 48,2$  UNT), ginásio ( $24,5 \pm 22,0$  UNT) e precipitação livre ( $15,8 \pm 2,2$  UNT) foram superiores àqueles estabelecidos pela USEPA (1992) de  $\leq 2$  UNT e da Portaria nº 518/04 de  $\leq 5$  UNT (BRASIL, 2004). A concentração de sólidos suspensos totais permitida pela USEPA (1992) é de  $\leq 5$  mg/L, enquanto que as concentrações encontradas para o bloco A, bloco C, ginásio e precipitação livre foram de  $6,9 \pm 6,4$  mg/L,  $10,9 \pm 18,0$  mg/L,  $10,8 \pm 17,8$  mg/L e  $3,5 \pm 1,0$  mg/L respectivamente. As maiores concentrações foram registradas nas amostras coletadas no bloco C, por possuir superfície rugosa e localização próxima à rodovia.

A análise da variância dos resultados experimentais obtidos para a determinação dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas na precipitação livre, bloco A, bloco C e ginásio nos diferentes intervalos de tempo são apresentados na Tabela 4 e na Tabela 5, respectivamente.

**Tabela 4:** Análise da variância para comparação entre os parâmetros físico-químicos da água de chuva

Fonte da variação	SQ	GI	QM	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	126184	13	9706,43	17,4009	7,03731	1,767
Dentro dos grupos	117140	210	557,811			
Total	243324	223				

SQ: soma de quadrados; gl: número de graus de liberdade; QM: quadrado médio; F: razão entre variâncias; Valor-P: nível crítico amostral; F crítico: razão crítica entre variâncias.

Fonte: adaptado de Lima et al. (2009).

Na Tabela 4 pode observar que a razão entre as variâncias ( $F=17,4009$ ) é superior a razão crítica entre as variâncias de 1,767 reportada por Zar (1999). Isso indica que há diferença estatística entre as amostras coletadas em termos de parâmetros físico-químicos analisados, conforme observado experimentalmente nas análises físico-químicas.

**Tabela 5:** Análise de variância para comparação entre intervalos e pontos de coleta da água de chuva

Fonte da variação	SQ	gl	QM	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	31482	15	2098,8	2,06074	0,01304	1,7147
Dentro dos grupos	211842	208	1018,47			
Total	243324	223				

SQ: soma de quadrados; gl: número de graus de liberdade; QM: quadrado médio; F: razão entre variâncias; Valor-P: nível crítico amostral; F crítico: razão crítica entre variâncias.

Fonte: adaptado de Lima et al. (2009).

Na Tabela 5, é possível notar que a razão entre as variâncias ( $F=2,02674$ ) é superior a razão crítica entre as variâncias de 1,7147 reportada por Zar (1999), indicando que há diferença estatística entre as amostras em função dos intervalos de tempo e dos pontos de coleta, corroborando novamente os resultados experimentais das determinações físico-químicas realizadas.

A Tabela 6 apresenta os valores dos parâmetros físico-químicos para cada ponto e seu respectivo intervalo de tempo.

**Tabela 6:** Resumo dos resultados experimentais obtidos nas campanhas de coleta das amostras da água de chuva nos diferentes intervalos de tempo e pontos de coleta.

Ponto/tempo (min)	T (°C)	pH	Turb. (UNT)	Cond. (mS/cm <sup>2</sup> )**	Alc. a bicarbonato (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	Ac. voláteis (mgHAc/L)	DQOf (mg/L)	DQOb (mg/L)	ST (mg/L)*	STV (mg/L)*	STF (mg/L)*	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SSF (mg/L)
Precipitação livre/0**	22,5	5,9	21,1	17,4	2,9	3,4	0,0	1,23	35,0	19,0	16,0	3,2	0,7	2,5
Precipitação livre/10**	21,2	5,1	14,4	17,5	2,3	3,4	0,0	0,0	45,0	12,0	33,0	3,9	1,3	2,6
Precipitação livre/30	20,9	5,0	13,9	14,2	2,4	3,3	0,0	0,0	66,0	23,0	43,0	3,4	1,1	2,3
Precipitação livre/60 **	21,0	4,9	15,0	11,7	3,5	3,1	0,0	0,0	48,0	14,0	34,0	3,2	0,7	2,5
Bloco A/0	24,2	6,7	24,4	37,3	7,0	7,0	0,0	19,0	57,6	28,4	29,2	8,5	1,0	7,5
Bloco A/t10	24,1	7,1	18,3	35,0	6,4	6,5	0,0	9,1	47,0	32,5	14,5	9,3	1,3	8,0
Bloco A/30	23,8	6,8	11,6	12,2	4,0	6,7	0,0	0,9	56,8	29,6	27,2	2,2	0,2	2,0
Bloco A/60 **	21,7	6,7	9,9	11,9	3,9	6,3	0,0	0,0	41,3	20,0	21,3	6,0	1,0	5,0
Bloco C/0 *	24,6	7,6	54,7	97,4	18,6	7,3	0,0	32,2	234,5	85,6	148,9	19,3	2,3	17,0
Bloco C/10	25,3	7,4	28,2	62,5	15,9	7,3	0,0	14,2	98,3	79,3	19,0	4,8	2,8	2,0
Bloco C/30	25,3	7,6	16,2	47,6	11,8	7,3	0,0	3,9	164,7	114,7	50,0	4,4	1,4	3,0
Bloco C/60	23,6	7,9	15,0	42,4	11,6	6,6	0,0	1,2	118,2	59,5	58,7	6,7	1,7	5,0
Ginásio/0	26,3	7,0	40,6	50,7	9,5	6,8	0,0	22,2	167,6	37,6	130,0	17,6	2,6	15,0
Ginásio/10	24,2	7,2	26,3	37,2	9,2	6,9	0,0	19,4	74,0	23,6	50,4	5,3	2,3	3,0
Ginásio/30	24,7	7,2	10,3	30,5	9,2	6,3	0,0	4,8	53,6	22,8	30,8	10,8	1,8	9,0
Ginásio/60	23,0	7,2	7,4	29,2	6,0	6,3	0,0	0,0	44,3	20,0	24,3	2,8	0,3	2,5

\* resultados significativos - variável principal.

\*\* resultados significativos - variáveis secundária

Legenda: T – temperatura; Turb. – turbidez; DQOf – DQO filtrada; DQOb – DQO bruta; ST – sólidos totais; STV - sólidos totais voláteis; STF - sólidos totais fixos; SST - sólidos suspensos totais; SSV - sólidos suspensos voláteis; SSF – sólidos suspensos fixos.

Fonte: adaptado de Lima et al. (2009).

Com aplicação do Teste de Tukey (CALLEGARI-JACQUES, 2003) e posterior comparação com os resultados da Tabela 6, pode-se verificar que as concentrações de ST, STF e STV interferiram na qualidade da água de chuva coletada no *campus* durante o trabalho. As amostras de água de chuva coletadas no bloco C no intervalo de tempo 0 minutos se diferem estatisticamente das amostras coletadas na precipitação livre (0, 10 30 e 60 minutos) e no bloco A (60 minutos). Isso pode ter ocorrido porque as amostras foram coletadas em superfícies de captação diferentes: os resultados observados para as amostras do telhado de cimento amianto do bloco C não diferem estatisticamente daqueles obtidos para o telhado do ginásio de mesmo material. Por outro lado, esses resultados apresentam diferença quando comparados aos resultados verificados para o telhado de alumínio do bloco A no tempo 60 minutos. As amostras coletadas no bloco C no tempo 0 apresentam diferença estatística entre a maioria dos intervalos de tempo.

## CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho, foi possível verificar redução dos valores da maioria dos parâmetros físico-químicos avaliados na caracterização da qualidade da água de chuva em função do tempo. Além disso, a área de coleta influenciou na qualidade da água, pois grande parte dos parâmetros avaliados apresentou maiores valores para as amostras dos telhados. Isso demonstra a importância da realização do descarte da água coletada nos primeiros 10 minutos de precipitação para diminuir a concentração de partículas e elementos poluidores localizados nos telhados que influenciam no aumento da concentração de sólidos suspensos e no índice de turbidez.

Percebe-se com os resultados obtidos que há possibilidade de reaproveitamento da água de chuva em termos de qualidade se houver tratamento adequado no *campus*. No tratamento dessa água podem ser utilizados sistemas simples como

telas acopladas nas calhas (para retenção de materiais grosseiros, como folhas) e filtração com areia. A filtração com areia tem como principal finalidade remover a turbidez (substâncias em suspensão) e cor (substâncias dissolvidas) da água de chuva coletada do telhado.

A água de chuva coletada no *campus*, após tratamento adequado, pode vir a ser utilizada para fins não potáveis como a lavagem de pisos, descargas sanitárias e rega de jardins. Em situações em que possa ocorrer o contato do homem com essa água, aconselha-se a colocação de placas indicativas com a inscrição “água não potável” e colocação de pastilhas de cloro como forma de desinfecção. O possível reaproveitamento da água de chuva na instituição visa a redução do consumo de água potável do poço artesiano e conseqüentemente auxílio na preservação da água do manancial subterrâneo.

A água de chuva possui características que permitem tratamento, armazenadas e posterior distribuição. Para que não ocorram riscos a saúde de seus usuários deve-se verificar a qualidade da água de chuva da região em que esta será utilizada, bem como as finalidades de sua utilização.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.969**: tanques sépticos, unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução 357**: classificação dos corpos de água. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução 274**: balneabilidade. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 518**: controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística**: princípios e aplicações. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CIPRIANO, R. F. P. **Tratamento de águas de chuva escoadas sobre telhado e avaliação do seu uso**. 2004. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

DILLALO, R.; ALBERTSON, O. E. Volatile acids by direct titration. **Journal of Water Pollution Control Federation**, New York, v. 33, n. 4, p. 356-365, apr. 1961.

EATON, A.D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E.W.; GREENBERG, A. E. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21<sup>th</sup> ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation, 2005.

FENDRICH, R.; OLIYNK, R. **Manual de utilização das águas pluviais**: 100 maneiras práticas. 1. ed. Curitiba: Livraria do Chain, 2002.

FERNANDES, D. R. M. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN. IN: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2007. v. 1, p.1-9.

JACQUES, R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. 2005. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

KITAMURA, M. C. **Aproveitamento de águas pluviais para uso não potável na PUCPR**. 2004. 68 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2004.

LIMA, A. N. **Estágio desenvolvido no laboratório de saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão**. 2009. 15 p. Relatório de Estágio Curricular (Graduação em Tecnologia em Gerenciamento Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2009.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**. 1. ed. Barueri: Manole, 2003.



MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis- SC.** 2007. 108 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PHILIPPI, L. S. R.; SEZERINO, P. H.; PETERS, M. R.; LAPOLLI, F. R. Reuso combinado de águas cinzas (*grey water*) e água de chuva em uma unidade residencial. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande, **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2005. CD-ROM.

PHILIPPI, L. S.; VACCARI, K. P.; PETERS, M. R.; GONÇALVES, R. F. Aproveitamento de água de chuva. In: Ricardo Franci Gonçalves. (Coord.). **Uso racional da água de chuva em edificações.** 1. ed. Rio de Janeiro: Programa de Pesquisas em Saneamento Básico 4, 2006, v. 1, p. 73-152.

PINHEIRO, A.; VALLE, J. A. B.; TORDO, O. C.; MINATTI, G. Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande, **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2005. CD-ROM.

PONZO-VACCARI, K.; REBOUÇAS, T. C.; BOLSONI, P.; BASTOS, F.; GONÇALVES, R. F. Caracterização da água de chuva para o seu aproveitamento em edificações como fonte alternativa de água para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande, **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2005. CD-ROM.

PRADO, G. S.; MULLER, M. S. K. Sistema de aproveitamento de água para edifícios: como construir. **Revista Techne**, São Paulo, n. 128, p. 77-80, nov. 2007.

RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. **Journal Water Pollution Control Federation**, New York, v. 58, n. 5, p. 406-411, 1986.

SCHERER, F. A.; FENDRICH, R. Aproveitamento das águas pluviais para fins não-potáveis em edifícios escolares. **Revista Engenharia, Ciência Tecnologia**, Vitória, v. 6, n. 5, p. 49-58, 2003.

SEVEGNANI, K. B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I. J. O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 1-7, jan-abr. 1994.

SICKERMANN, M. J. Sistema de aproveitamento de águas pluviais em edificações. **Revista Técnica**, São Paulo, v. 10, n. 59, p. 69-71, 2002.

SILVA, V. N.; DOMINGOS, P. Captação e manejo de água de chuva. **Saúde e Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v. 2, n. 1, p. 68-76, jan-jun. 2007.

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis**. 2004. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency - USEPA. **Small community water and wastewater treatment**: summary report nº 625/R-92/010. Washington: EPA, 1992.

VALLE, J. A. B.; PINHEIRO, A.; CIPRIANO, R. F. P.; FERRARI, A. Aproveitamento de água de chuva: avaliação do seu tratamento para fins potáveis. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande, **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2005. CD-ROM.

---

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Araucária pela concessão da bolsa de iniciação científica das alunas Adriana Neres de Lima e Maria Aparecida Silva Porfírio.

---

## RESUMO

A tendência global é buscar ações de conservação da água para garantir a sustentabilidade deste insumo natural por reuso de efluentes ou por aproveitamento de água de chuva. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de aproveitamento da água de chuva em usos não potáveis na Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Para isso, foram realizadas caracterizações físico-químicas para determinação dos parâmetros temperatura, pH, alcalinidade a bicarbonato, ácidos voláteis, turbidez, condutividade, DQO, concentração de sólidos totais e de sólidos suspensos totais em amostras de água da chuva coletadas

das calhas dos telhados do bloco A e C, ginásio e da precipitação livre em diferentes intervalos de tempo: 0, 10, 30 e 60 minutos. As caracterizações médias das amostras coletadas na precipitação livre e nas calhas dos telhados resultaram em: temperatura de  $21,8 \pm 1,3$  °C e  $24,4 \pm 0,6$  °C, pH de  $5,5 \pm 0,6$  e  $7,2 \pm 0,3$ , turbidez de  $18,0 \pm 4,1$  UNT e  $25,7 \pm 8,2$  UNT, condutividade de  $16,3 \pm 2,4$  mS/cm<sup>2</sup> e  $45,7 \pm 22,5$  mS/cm<sup>2</sup>, alcalinidade a bicarbonato de  $2,7 \pm 0,6$  mgCaCO<sub>3</sub>/L e  $9,5 \pm 4,7$  mgCaCO<sub>3</sub>/L, ácidos volteis de  $3,3 \pm 0,3$  e  $6,8 \pm 0,3$  mgHAc/L, DQO bruta de  $4,3 \pm 7,0$  e  $10,0 \pm 6,9$  mg/L, sólidos totais de  $45,0 \pm 20,1$  mg/L e  $107,1 \pm 60,5$  mg/L e sólidos suspensos totais de  $3,5 \pm 1,0$  mg/L e  $9,5 \pm 2,2$  mg/L, respectivamente. Os resultados obtidos com a análise de variância e o teste de Tukey indicaram que a turbidez e os sólidos suspensos influenciaram nos demais parâmetros. Os valores obtidos para esses parâmetros foram superiores aos limites estabelecidos pela Portaria N.º 518/04 do Ministério da Saúde e pela Agência de Proteção Norte Americana (USEPA). O estudo indicou ainda que a água de chuva coletada no *campus* pode ser utilizada para fins não potáveis em torneiras de jardins, limpeza de calçadas e descargas de vasos sanitários.

**Palavras-Chave:** Captação. Água de Chuva. Caracterização Físico-Química. Aproveitamento de Água de Chuva. Usos Não Potáveis. Viabilidade.

## ABSTRACT

The global tendency is to look forward actions of water conservation in order to guarantee the sustainability of this natural good by effluents reuse or rainwater catchment. Thus, the main goal of this work was to evaluate the possibility of rainwater catchment in non drinking uses in Federal Technological University of Paraná. To this, it was carried out physical-chemical characterizations to the determination of the parameters temperature, pH, bicarbonate alkalinity, volatile acids, turbidity, conductivity, COD, concentration of total solids and total suspended solids in rainwater samples collected from gutters of the roofs of building A and C, gymnasium and free precipitation in different intervals of time: 0, 10, 30 and 60 minutes. The mean characterizations of the samples collected in the free precipitation and gutters resulted in: temperature of  $21.8 \pm 1.3$  °C and  $24.4 \pm 0.6$  °C, pH of  $5.5 \pm 0.6$  and  $7.2 \pm 0.3$ , turbidity of  $18.0 \pm 4.1$  UNT and  $25.7 \pm 8.2$  TNU, conductivity of  $16.3 \pm 2.4$  mS/cm<sup>2</sup> and  $45.7 \pm 22.5$  mS/cm<sup>2</sup>, bicarbonate alkalinity of  $2.7 \pm 0.6$  mgCaCO<sub>3</sub>/L and  $9.5 \pm 4.7$  mgCaCO<sub>3</sub>/L, volatile acids of  $3.3 \pm 0.3$  and  $6.8 \pm 0.3$  mgHAc/L, COD of  $4.3 \pm 7.0$  and  $10.0 \pm 6.9$  mg/L, total solids of  $43.3 \pm 20.1$  mg/L and  $107.5 \pm 66.4$  mg/L and total suspended solids of  $4.2 \pm 1.0$  mg/L and  $24.1 \pm 7.5$  mg/L, respectively. The results obtained with the variance analyses and the Tukey test indicated that turbidity and suspended solids influenced the other parameters. The values obtained to these parameters were higher than those limits reported by Portaria n. 518/04 of Health Ministry and US Environmental Protection Agency (USEPA). The study also indicated that the rainwater collected in the *campus* can be used for non drinking uses as in garden taps, pathways cleaning and toilet flushing.

**Key words:** Collecting. Rainwater. Physical-Chemical Characterization. Rainwater Catchment. Non Drinking Uses. Feasibility.

### Informações sobre os autores:

[1] Adriana Neres de Lima – <http://lattes.cnpq.br/9053451085176442>  
Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental, PIBIC/Fundação Araucária 2008-2009 na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná.

Contato: [adriilima@hotmail.com](mailto:adriilima@hotmail.com)

[2] Regiane Cristina Ferreira – <http://lattes.cnpq.br/1096719224121166>  
Graduanda em Engenharia Ambiental na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná.

Contato: [regibacarinha@hotmail.com](mailto:regibacarinha@hotmail.com)

[3] Maria Aparecida Silva Porfírio – <http://lattes.cnpq.br/1982942799519986>  
Graduanda em Engenharia Ambiental na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná.

Contato: [segtrab\\_ambi@hotmail.com](mailto:segtrab_ambi@hotmail.com)

[4] Débora Cristina de Souza – <http://lattes.cnpq.br/9682347849778341>  
Docente nos cursos de Tecnologia em Gestão Ambiental e Engenharia Ambiental na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná; Gerente de Ensino, Pesquisa e Pós-graduação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná.

Contato: [dcsouzacm@gmail.com](mailto:dcsouzacm@gmail.com)

[5] Fernando Hermes Passig – <http://lattes.cnpq.br/0839069076248628>  
Docente nos cursos de Tecnologia em Gestão Ambiental e Engenharia Ambiental na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná; Gerente de Ensino, Pesquisa e Pós-graduação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná; Membro do Conselho de Ensino, Pesquisa e Pós-graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná.

Contato: [fhpassig@gmail.com](mailto:fhpassig@gmail.com)

[5] Karina Querne de Carvalho – <http://lattes.cnpq.br/8055585859691419>  
Docente nos cursos de Tecnologia em Gestão Ambiental e Engenharia Ambiental na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná; Coordenadora do III Curso de Especialização em Gerenciamento e Auditoria Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná.

Contato: [kaquerne@gmail.com](mailto:kaquerne@gmail.com)