ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

Arthur Peixoto Marques[1];Rômulo Silva Campos[2]; Marcelo de Miranda Reis[3]; Carlos Alexandre Bastos de Vasconcellos[4];José Carlos César Amorim[5]

Resumo – A água é um recurso natural que tem cada vez mais importância no cenário mundial. Segundo a ONU, 45% da população mundial não terão acesso à quantidade mínima de água em 2050. Desta forma, é de suma importância o estudo das formas alternativas de abastecimento de água. Assim, esse trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade econômica e ambiental do aproveitamento da água de chuva em um condomínio residencial do Rio de Janeiro para fins não potáveis.

Palavras-Chave - Água de chuva, Viabilidade econômica, Meio ambiente

Abstract - Water is a natural resource that is increasingly important on the world stage. According the UN, 45% of the population has no access to the minimum amount of water in 2050. Thus, it is of paramount importance to the study of alternative water supply. For this reason, the study aims to analyze the economic and environmental viability of the use of rainwater in a residential condominium in Rio de Janeiro for non-potable.

Keywords – Rainwater, Economic viability, Environment

[1] Instituto Militar de Engenharia, Seção de Engenharia de Fortificação e Construção. Praça General Tibúrcio, 80, 3º Andar. Praia Vermelha, Urca, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22290-270. Tel: +55 21 8267-8737. Fax: +55 21 2546-7029. E-mail: arthurpmarques@gmail.com;

[2] Instituto Militar de Engenharia, Seção de Engenharia de Fortificação e Construção. Praça General Tibúrcio, 80, 3º Andar, Praia Vermelha, Urca, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22290-270. Tel: +55 21 7687-9625. Fax: +55 21 2546-7029. E-mail: roscampos@hotmail.com

3 Instituto Militar de Engenharia, Seção de Engenharia de Fortificação e Construção. Praça General Tibúrcio, 80, 3º Andar, Praia Vermelha, Urca, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22290-270. Tel: +55 21 2546-7025. Fax: +55 21 2546-7029. E-mail: marceloreis@ime.eb.br;

[4] Instituto Militar de Engenharia, Seção de Engenharia de Fortificação e Construção. Praça General Tibúrcio, 80, 3º Andar, Praia Vermelha, Urca, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22290-270. Tel: +55 21 2546-7028. Fax: +55 21 2546-7029. E-mail: vasconcellos@ime.eb.br;

[5] Instituto Militar de Engenharia, Seção de Engenharia de Fortificação e Construção. Praça General Tibúrcio, 80, 3º Andar, Praia Vermelha, Urca, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22290-270. Tel: +55 21 2546-7026. Fax: +55 21 2546-7026. E-mail: jcamorim@ime.eb.br

1. INTRODUÇÃO

O nome planeta Terra é, no mínimo, um nome contraditório, visto que mais de 71% da superfície terrestre é coberta de água. Como pode ser observado na tabela abaixo, a disponibilidade de água doce no mundo é uma pequena parte de todo o azul que foi visto pelo astronauta russo Yuri Gagarin na primeira viagem do homem ao espaço.

Tabela 1- Disponibilidade de água na Terra. (ANA, 2005)

Tipo de Reservatório	Volume (10^6 m³)	Percentual do Volume Total
Mares e Oceanos	137	94
Geleira e Neves	30	2
Águas Subterrâneas	60	4
Lagos, Rios, Pântanos e Reservatórios Artificiais	0,2	<0,01
Umidade nos Solos	0,07	<0,01
Biosfera	0,0006	Desprezível
Atmosfera	0,01	Desprezível

Com o advento da Revolução Industrial, a humanidade entrou em um novo ciclo de consumo, tornando-se uma sociedade urbana e industrial, o que gerou uma forte pressão sobre os recursos naturais do planeta. A produção das indústrias, visando atender o ávido mercado consumidor, tornou-se uma fonte potente de poluição e destruição da natureza e dos seus recursos naturais.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), as mortes devido à má qualidade ou intoxicação pela água são maiores que todos os tipos de violência existentes, inclusive a guerra, vitimando cerca de três milhões de crianças anualmente. Dentre as inúmeras doenças pode-se destacar a cólera, a esquistossomose, a febre tifóide e as doenças de pele.

Além do fator industrial, há continuamente uma migração de pessoas do campo para as cidades numa tentativa de melhorarem suas condições de vida, porém essas cidades-alvo raramente possuem um planejamento urbano de boa qualidade, gerando bairros sem atendimento de água tratada e muito menos com tratamento de esgotos (ver tabela 2), o que aumenta a poluição dos mananciais e, por conseguinte, o preço do tratamento da água. Como se pode perceber na tabela 3, o número de mortes é assustadoramente alto, o que chama a atenção, visto que a simples cloração da água reduziria drasticamente tais valores de óbitos.

Tabela 2 – População Servida com Tratamento de Esgoto. (HESPANHOL, 2002)

Setor		1990 (Pop. em milhões)			1994 (Pop. em milhões)		
		Tot	Ser	%	Tot	Ser	%
Água	Urbano	1.389	1.145	82	1.594	1.315	82
	Rural	2.682	1.342	50	2.789	1.953	70
	Total	4.071	2.487	61	4.386	3.268	75
Saneamento	Urbano	1.389	936	67	1.594	1.005	63
	Rural	2.682	536	20	2.789	505	18
	Total	4.071	1.472	36	4.383	1.510	34

Tabela 3 - Doenças relacionadas à água. **(**HESPANHOL, 2002)

Doenças	Número por ano (1993)	
	Casos de doenças	Mortes
Cólera	297.000	4.971
Febre tifóide	500.000	25.000
Giardíase	500.000	Baixo
Amebíase	48.000.000	110.000
Doenças diarréicas (idade < ou igual 5 anos)	1.600.000.000	3.200.000
Esquistossomose	200.000.000	200.000

Juntamente com o avanço da poluição e seus impactos nos mananciais hídricos, houve também a intensificação do efeito estufa, o que gera aquecimento do planeta e, conseqüentemente, alterações climáticas. Secas prolongadas, chuvas mais intensas, ciclones extratropicais, aquecimento marinho, morte em massa de corais, queimadas descontroladas além de inúmeros outros acontecimentos refletem o desequilíbrio imposto pelas atividades humanas ao ambiente terrestre.

Dessa forma, a fim de integrar novamente o homem à natureza, promovendo um menor impacto ambiental, um novo termo surgiu: *Green Building* (EPA, 2008).

1.1 *Green Building*: Um novo modo de construir

Green Buildings são edificações nas quais foram aplicadas medidas construtivas e procedimentais que buscam o aumento de sua eficiência no uso de recursos naturais, com foco na redução dos impactos sócio-ambientais. Tal termo orienta a construção de obras com caráter ecológico, ou seja, durante toda a fase de execução do projeto, desde a concepção até a fase final de ocupação há a preocupação com o impacto que a obra terá no meio ambiente.

Dessa forma, foram criadas novas técnicas para esse novo conceito, dentre as quais se podem falar na utilização de materiais alternativos ao concreto e aço, reutilização de materiais antes rejeitados, aproveitamento da energia solar no aquecimento de água e na recarga de baterias, utilização da água

de chuva e de águas servidas, além das antigas, mas desprezadas técnicas arquitetônicas no que diz respeito à forma de projetar, a fim de melhor aproveitar a luz do sol no aquecimento dos ambientes internos e as correntes de ar para a ventilação de ambientes.

Tais técnicas são aprimoradas a cada dia e servem de referência nas boas práticas construtivas, devidamente fiscalizadas para fins de certificação pelas diversas entidades mundo afora, dentre as quais pode-se citar: LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Certification Levels Value, nos Estados Unidos; HK BEAM (Hong Kong Building Environmental Assetment Method), na China; e BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assetment Method) na Inglaterra.

O Brasil ainda não possui uma entidade totalmente direcionada como o LEED, mas já existem esforços no sentido da adaptação deste à realidade do país.

Esta prática traz inúmeros benefícios. Entre os econômicos destacam-se: diminuição de dois dias e meio no tempo de permanência nos hospitais; melhoria de 20% no desempenho nos testes escolares; incremento nas vendas por metro quadrado; incremento de 2-16% na produtividade dos escritórios; e aumento na produção fabril. Os principais ambientais são: proteção dos sistemas ambientais; aumento da qualidade do ar e da água; redução dos alagamentos (caso do uso de águas pluviais); e conservação e restauração dos recursos naturais. Finalmente entre os sociais pode-se citar: melhoria da saúde e do conforto dos ocupantes; elevação da qualidade estética; minimização do esforço em infra-estrutura local; e melhoria da qualidade de vida em geral.

2. DESENVOLVIMENTO

Os novos conceitos de construção preconizam a preocupação com o meio ambiente e suas relações com os homens. Dessa forma, este trabalho irá apresentar um estudo de caso no qual será mostrado a viabilidade econômica e ambiental da utilização da água de chuva em um prédio residencial localizado na cidade do Rio de Janeiro, no bairro Lins de Vasconcelos (Figura 1).

Em se tratando do uso de água de chuva, convém destacar que a legislação brasileira impede seu uso para fins potáveis; a fim de que o Estado não assuma os riscos gerados no caso de falta de qualidade da água no tratamento individual. Desta forma o trabalho focará apenas no uso para fins não potáveis, dentre os quais se destacam: rega de plantas em jardins; utilização em piscinas; chuveiros; descargas sanitárias; e lavagem de roupas e automóveis. Para certos tipos de uso como, por exemplo, em chuveiros e piscinas, torna-se necessário um pré-tratamento dessa água e existem normas que regulam a qualidade da água a ser buscada no tratamento.

Figura 1 – Imagem superior do Residencial Lins de Vasconcelos (RLV)

2.1 Análise dos Dados de Consumo e Precipitação da Região

2.1.1 Precipitação máxima para dimensionamento das calhas e tubulações

A análise da série de precipitação máxima busca verificar qual a precipitação de projeto que deve ser adotada para o dimensionamento. Essa medida torna-se fundamental para que o projeto não esteja vulnerável a sobrecargas.

Para a região do Lins, adotaram-se os dados do Estudo de Chuvas Intensas, fornecidos pelo CPRM – Serviço Geológico do Brasil no Projeto Rio de Janeiro. O estudo divide o Estado do Rio de Janeiro em 4 regiões (com características climatológicas semelhantes) e estima a precipitação máxima para cada região em função da duração da chuva e tempo de retorno esperado.

Para o projeto, o período de retorno adotado foi de 10 anos e a duração da chuva de 30 minutos, o que levou a uma intensidade de chuva de 120 mm/h para o dimensionamento das estruturas hidráulicas. A Figura 2 mostra um comparativo das curvas de intensidade e duração para o tempo de recorrência de 10 anos. Pode-se observar que não existem grandes variações entre os resultados calculados a partir do Projeto Rio de Janeiro do CPRM e os obtidos usando a metodologia do DER ou a do Otto Pfafstetter.

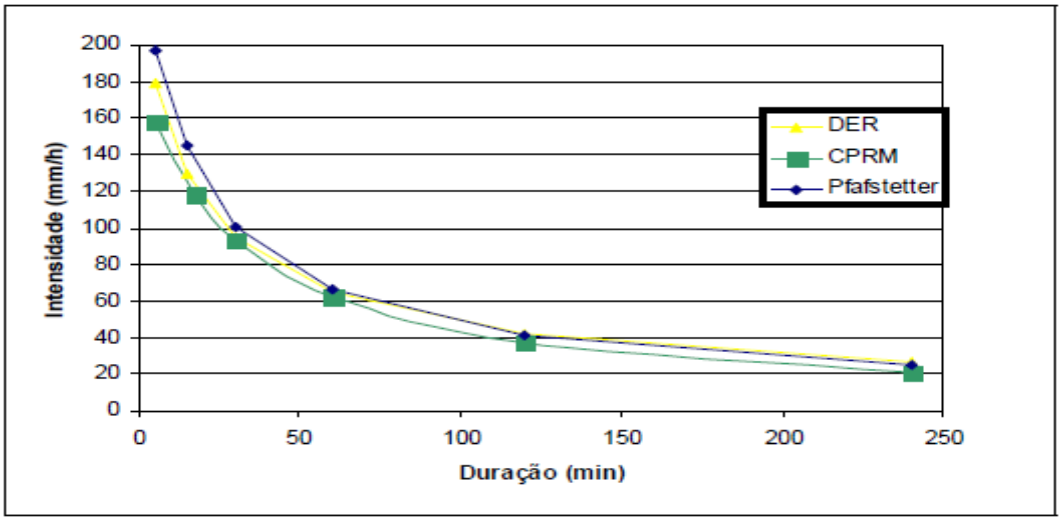

Figura 2 - Intensidade de chuvas.

Estes dados foram usados em todas as estruturas hidráulicas novas. Cabe ressaltar que, visando melhorar a viabilidade do projeto, as estruturas existentes, como as calhas e tubos de queda, não foram dimensionadas nem contabilizadas no fluxo de caixa.

2.1.2 Série histórica de precipitação no local para o balanço hídrico de reservatórios

As séries históricas de precipitações foram obtidas com uso do Hidroweb da Agência Nacional de Águas. Foram utilizadas três estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro, em uma região hidrometeorológica homogênea a do condomínio residencial: Estação 1, localizada em Jacarepaguá; Estação 2, localizada em Benfica; e Estação 3, localizada em Irajá. A Figura 3 mostra a localização dessas estações e do Residencial Lins de Vasconcelos (RLV).

As séries apresentam dados diários de precipitação dessas 3 estações, no período de 1969 a 1994. Os cálculos foram realizados considerando a precipitação média diária dos registros de cada uma das três estações. Foi verificado ainda que variações significativas não ocorreriam caso fossem adotadas precipitações médias ponderadas dessas três estações, seguindo os métodos de Thiessen ou das Isoietas.

Verificou-se que há uma grande variância dos dados observados para cada mês. A Figura 4 resume os dados obtidos, com as barras verticais sinalizando as precipitações mínimas e máximas mensais no período observado (1969 a 1994). Pode-se observar ainda que a região do RLV tem uma precipitação média anual de 1115 mm.

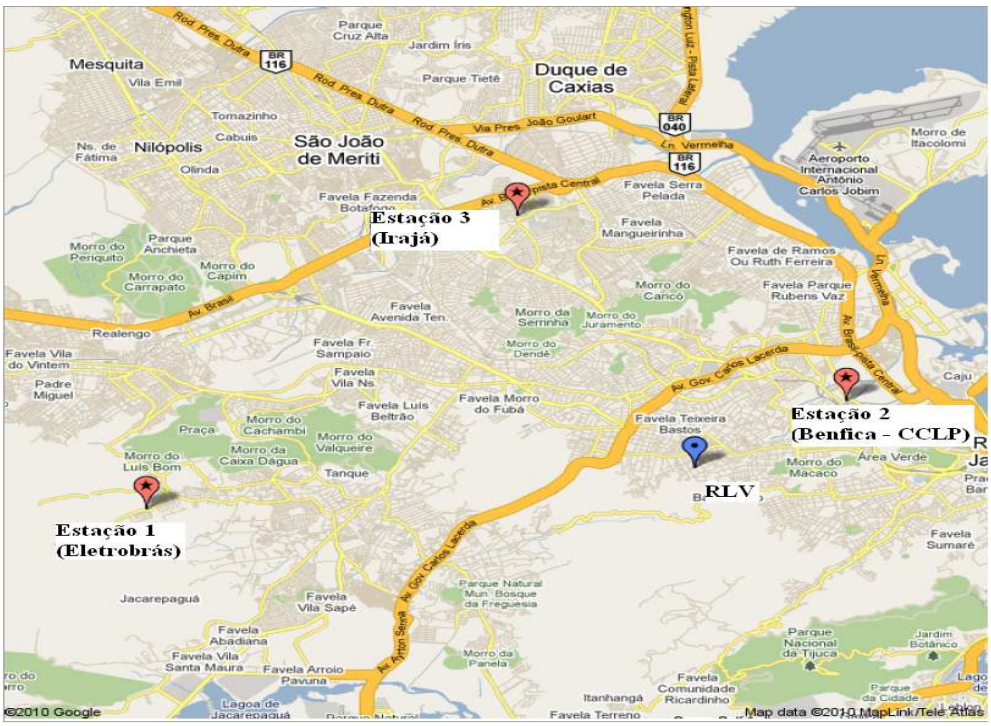

Figura 3 - Localização das Estações Pluviométricas

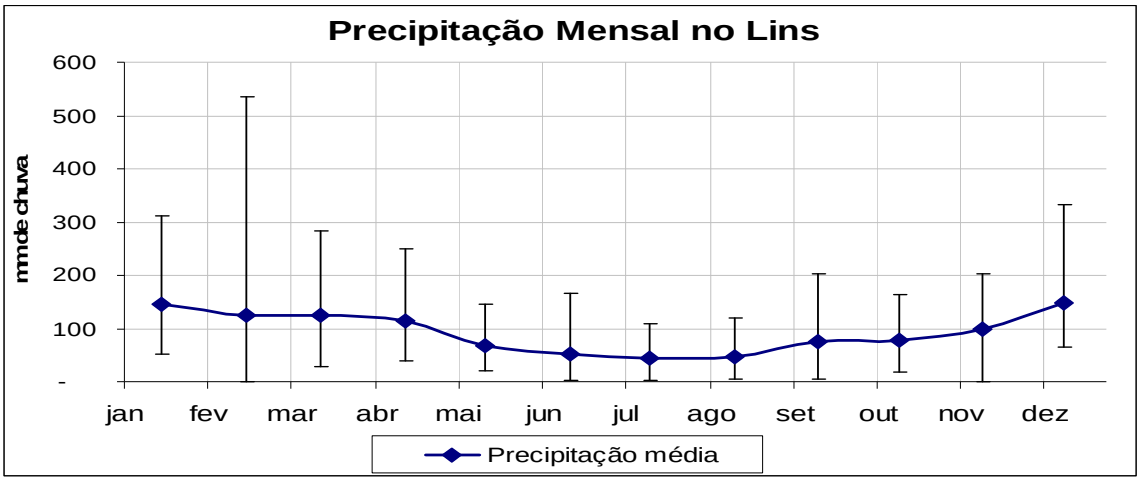

Figura 4 - Precipitação no Bairro Lins

2.2 Consumo

A cada dia que passa torna-se mais evidente que o uso da água é feito de modo displicente em várias partes do mundo. Dessa forma, medir o consumo de uma unidade habitacional é uma tarefa específica para cada região analisada, já que dentro de um mesmo país existem hábitos diferentes quanto ao consumo de água. Ainda assim, existem estudos que contêm o consumo médio de água por atividade humana.

Estes dados de consumo de água são necessários ao dimensionamento dos reservatórios e das áreas destinadas à captação de água pluvial. São utilizados ainda no calculo da economia a partir do aproveitamento da água de chuva.

Neste trabalho, valores médios foram usados para estimar o consumo médio de água não-potável nas áreas comuns do condomínio Residencial Lins de Vasconcelos. A Tabela 4 mostra os cálculos que levaram a um consumo mensal nas áreas comuns de 210 m³, sendo que os consumos por unidade base foram retirados de TOMAZ (2003).

Tabela 4 – Consumo de Água por Atividade Humana.

Descrição	Unidades	Consumo por Unidade Base	Unidades Observadas	Consumo Total (litros)
Manutenção Piscina (por mês)	litros/m²	150	100	15000
Perdas Evaporativas da Piscina (por mês)	litros/m²	150	100	15000
Jardim ou Gramado (12 vezes ao mês)	litros/m²	60	2000	120000
Lavagem de pátios,calçadas e garagens (12 vezes por mês)	litros/m²	60	1000	60000
			TOTAL	210000

Além disso, foi verificado o consumo real de água em áreas comuns através de contas condominiais do ano de 2009. A Figura 5 mostra o consumo realizado em cada mês do ano de 2009. Pode-se contabilizar uma média mensal de consumo de 242 metros cúbicos, valor compatível com a estimativa realizada a partir de dados médios.

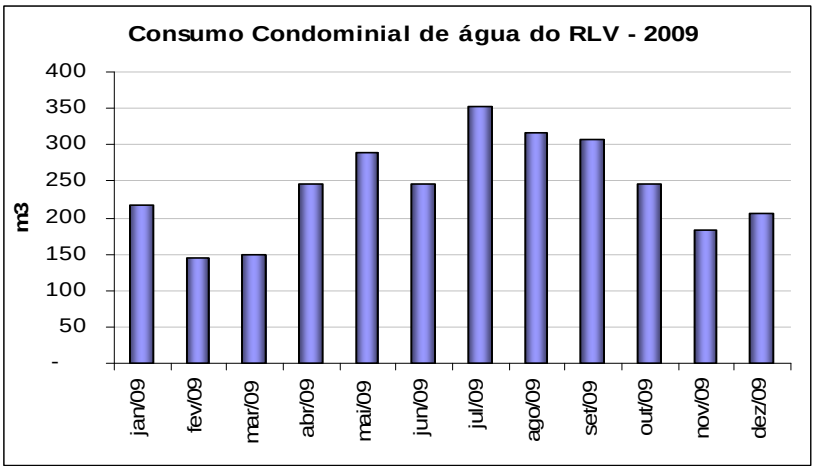

Figura 5 – Consumo Condominial Médio de 2009

Outra conclusão que pode ser tirada dos dados mostrados na Figura 5 é o fato do consumo anual de 2904 metros cúbicos ser superior a disponibilidade hídrica a partir da água de chuva.

Considerando que existe disponível uma área de telhado de 1200 metros quadrados, a chuva necessária para atender a demanda total seria de 2420 mm anuais. Porém, como a média anual de chuvas foi de 1115 mm, o condomínio não pode ser completamente abastecido com água de chuva, sem a criação de novas áreas de captação em complemento aos telhados. Mais uma vez, visando aumentar a viabilidade econômica do empreendimento, optou-se por não colocar novos custos de instalação no fluxo de caixa e desta forma, a fim de fechar o balanço hídrico, retirou-se o abastecimento da piscina das opções para uso da água de chuva. Esta escolha trouxe ainda a economia com o pré-tratamento da água. Logo, nos cálculos o trabalho considera apenas o uso para a lavagem de pátios e jardins.

2.3 Dimensionamento das calhas e condutores

O dimensionamento de calhas e condutores depende basicamente do volume de água captado nos telhados a ser direcionado para os reservatórios do projeto. Na análise devem ser computados ainda alguns empecilhos, como o provável entupimento de condutores; vibração excessiva; vazamentos; vida útil e outros.

2.3.1 Análise de calhas e condutores

O mercado disponibiliza inúmeros tipos de calhas, condutores e filtros. Assim, deve-se analisar as inúmeras opções a fim de que a escolha desses dispositivos seja a melhor possível.

No RLV, todas as calhas e tubos de queda para captação da água já estão instaladas, uma vez que se faz necessário o escoamento da água de chuva do telhado. Porém, não existem ainda os condutores de água de chuva até os reservatórios de água não potável.

No projeto optou-se pela construção de um reservatório único locado próximo do centro de massa de água consumida. Foram calculados ainda os comprimento de tubos necessários para conectar as tubulações de saída dos prédios com o reservatório, o que levou a um comprimento total de 150 metros de tubos. A Figura 6 mostra o esquema de tubos e a localização do reservatório.

2.4 Escolha do tamanho do Reservatório

Estão disponíveis no mercado alguns tamanhos de reservatórios. Neste trabalho optou-se por realizar, para cada tamanho de reservatório do mercado, uma simulação diária dos dados de precipitação e consumo, utilizando o Método de Rippl. Foram utilizados os dados de precipitação entre 1980 e 1994, disponibilizados pela ANA. Para o consumo, considerou-se um uso de água para lavagem de pátios e garagens de 60 l / m² / mês (freqüência de lavagem de 12 vezes ao mês),

mesmo valor usado para a rega de jardins e gramados. Neste caso, quando foi observado um dia chuvoso na base diária de precipitação, o consumo não foi computado, uma vez que a precipitação já evita que a planta atinja o ponto de murchamento. Foram computadas ainda as perdas de água (evaporativas ou não) de 5% do consumo realizado em determinado dia. A área abastecida é de 1000 m² de pátios e garagens e de 2000 m² de jardins e gramados.

A Tabela 6 mostra os resultados obtidos para os tamanhos de reservatório do mercado. Pode-se concluir que para o balanço hídrico local os reservatórios que apresentaram a maior economia de água foi o de 125 m^3. Ajustando os dados da Tabela 6 a uma curva, conforme o apresentado na Figura 7, pode-se verificar que não adiantaria aumentar o tamanho do reservatório, pois os ganhos tendem assintoticamente para uma economia mensal da ordem de 80 m^3.

Tabela 5 - Economia Mensal Média Por Tipo de Reservatório

Capacidade do Reservatório (m³)	Economia de água (m³) em 15 anos (1980-1994)	Economia mensal média (m³)	Economia mensal média (R$ tarifa atual)
5	4.795	26,3	387,15
10	6.625	36,3	534,86
25	9.546	52,3	770,76
35	10.654	58,3	860,22
50	11.706	64,1	945,08
75	12.717	69,6	1.026,74
100	13.346	73,1	1.077,54
125	13.844	75,8	1.117,75

Figura 6 - Vista aérea do Residencial Lins de Vasconcellos

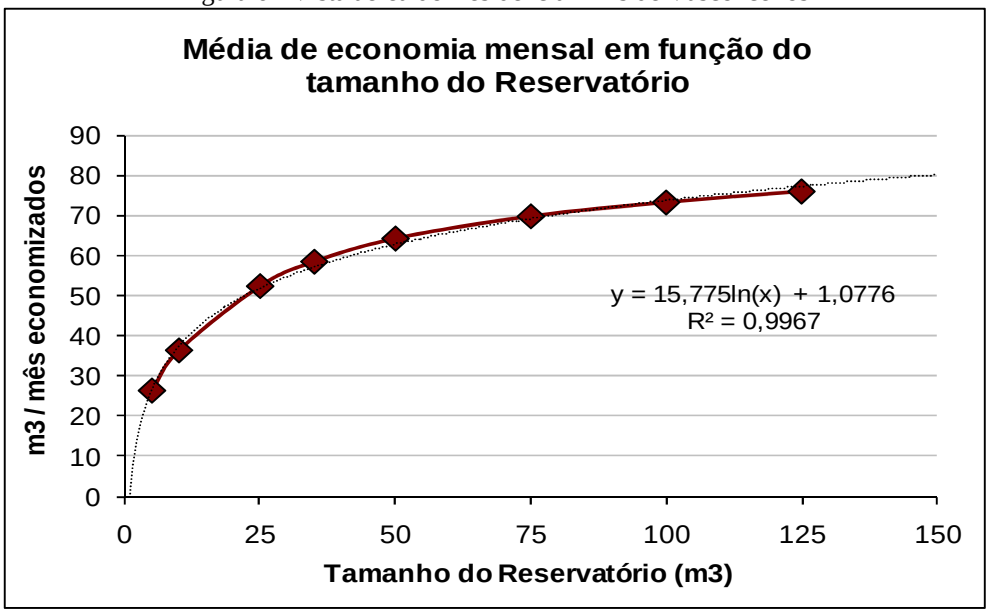

Figura 7 - Curva de economia mensal

2.5 Análise de Custos

2.5.1 Custo da água

A estrutura tarifária atual da CEDAE pode ser observada na Tabela 7.

Tabela 6 – Tarifas CEDAE no Rio de Janeiro

Categoria	Faixa	Multiplicador	Tarifa	Valor (R$)
Domiciliar	0-15	1,00	1,842840	27,64
	16-30	2,20	4,054248	88,45
	31-45	3,00	5,528520	171,37
	46-60	6,00	11,057040	337,22
	>-60	8,00	14,742720	484,64
Comercial	0-20	3,40	7,265656	125,31
	21-30	5,99	11,038612	235,69
	>-30	6,40	11,794176	471,57
Industrial	0-20	5,20	9,582768	191,65
	21-30	5,46	10,061906	292,26
	>-30	6,39	11,775748	527,77
Pública	0-15	1,32	2,432549	36,48
	>-15	2,92	5,381093	278,62

Como o consumo de água do RLV em áreas comuns é de 250 m³ mensais, este se enquadra na faixa de 60 metros cúbicos mensais. Assim, qualquer economia de água que não resulte em um consumo abaixo de 60 metros cúbicos será marginal e possuirá o custo correspondente a essa faixa, que é de R$14,74272 / m³. Para que o consumo mensal em áreas comuns do RLV deixe de ser 250 m³ e passe a ser somente de 60 m³, é necessária uma economia mensal de 190 metros cúbicos. A Tabela 6 mostra que nenhum reservatório de mercado conduz a esta economia, e assim, nenhum reservatório precisa ser descartado da análise econômica, pois todos estão fora da faixa marginal.

Utilizando o valor da tarifa da CEDAE para o consumo em áreas comuns, se pode aferir a economia financeira mensal por tamanho de reservatório do mercado. Estes dados são mostrados na Tabela 8. A figura 8 mostra ainda que a economia mensal na conta de água tende assintoticamente para um valor mensal em torno de R$ 1.200,00.

Tabela 7 - Economia Mensal Média

Capacidade do Reservatório (m³)	Economia de água (m³) em 15 anos (1980-1994)	Economia mensal média (m³)	Economia mensal média (R$ tarifa atual)
5	4.795	26,3	387,15
10	6.625	36,3	534,86
25	9.546	52,3	770,76
35	10.654	58,3	860,22
50	11.706	64,1	945,08
75	12.717	69,6	1.026,74
100	13.346	73,1	1.077,54
125	13.844	75,8	1.117,75

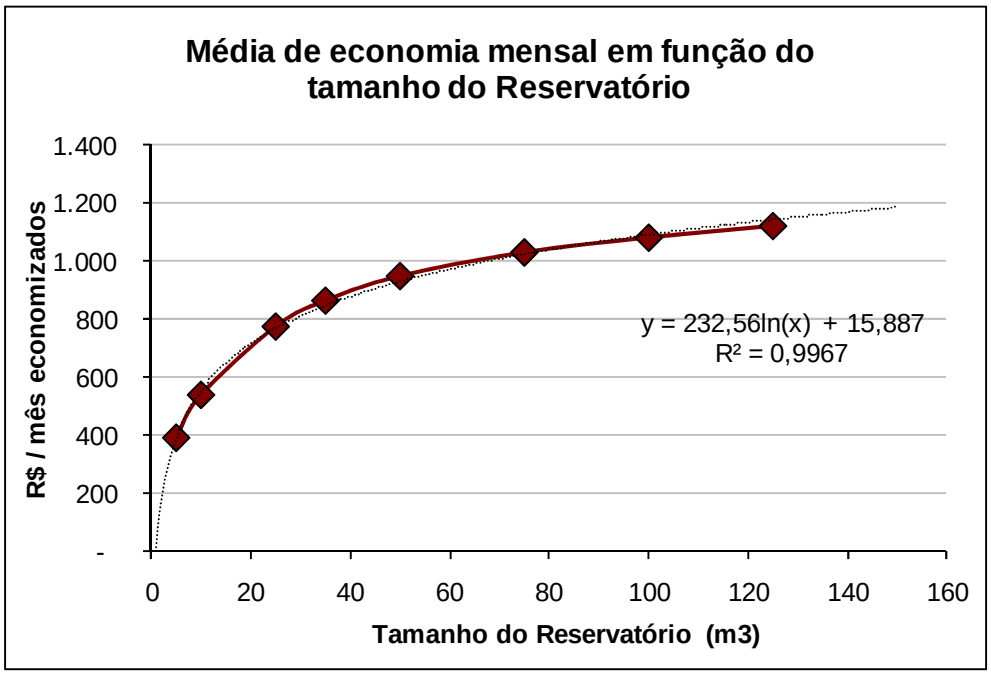

Figura 8 - Economia Mensal Média vs Tamanho do Reservatório

2.5.2 Custo dos Reservatórios

Foi realizada uma pesquisa de mercado entre três empresas do Rio de Janeiro que comercializam reservatórios. As empresas são: Embal, Ecology Glass e Multicaixas. Os resultados para o preço do reservatório em função de seu tamanho encontram-se na Figura 9. Foi ajustada ainda uma curva que contabiliza o custo médio de um reservatório em função de seu volume.

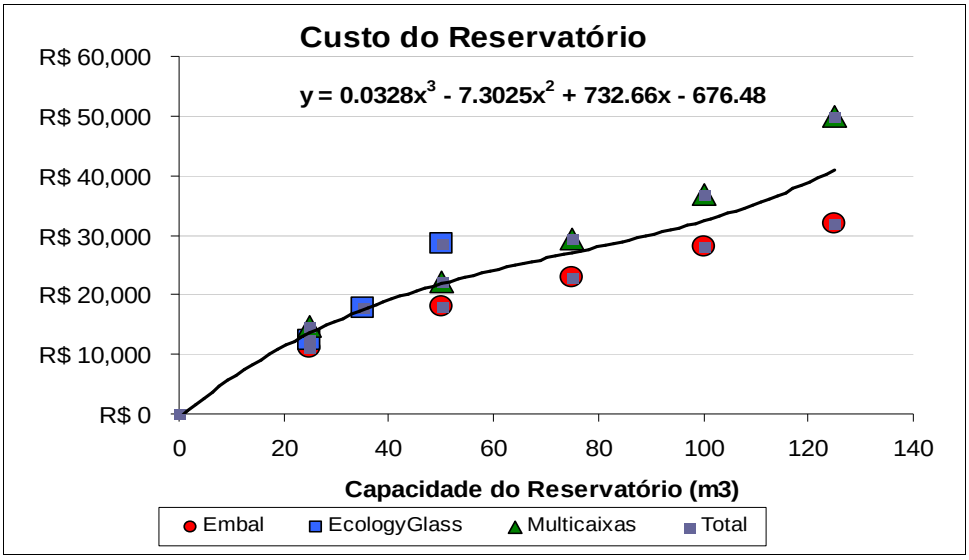

Figura 9 – Custo do Reservatório

2.5.3 Custo das canalizações novas e das instalações acessórias ao reservatório

O custo com os 150 m de tubos e conexões de PVC de 4'' que ligarão as tomadas de água dos três prédios ao reservatório e também das peças para o funcionamento adequado do reservatório (extravasor, filtro, etc) é de aproximadamente R$150,00.

O reservatório será instalado em um suporte de concreto elevado. A altura do reservatório foi determinada considerando uma distância do reservatório até o ponto de abastecimento mais distante de 150 m, o uso de mangueiras de ¾ de diâmetro, uma velocidade máxima de 0,8 m/s na mangueira, e a expressão de Flamant para o cálculo da perda de carga. Dessa forma, o reservatório foi colocado a uma altura de 7,75 metros. Existe ainda uma perda de carga em função da curvatura da mangueira no solo, porém admitiu-se que essa perda de carga é compensada pela altura da linha d'água dentro do reservatório.

Considerando que se use pilares de concreto armado na torre de suporte do reservatório, calculou-se a área de concreto necessária para evitar a flambagem dos pilares pela fórmula de

Johnson, o que levou aos valores por tipo de reservatório mostrados na Tabela 8. Admitiu-se para o custo do concreto armado executado o valor de R$580,00 / m³.

Tabela 8 - Custo do Concreto por Volume do Reservatório

Descrição	Volume do reservatório (m³)							
	5	10	25	35	50	75	100	125
Área necessária do pilar (cm²)	87,71	120,4	218,16	283,36	381,3	544,72	708,22	871,75
h (m)	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75
V (m³)	0,07	0,09	0,17	0,22	0,30	0,42	0,55	0,68
Custo (R$/m³)	580,00	580,00	580,00	580,00	580,00	580,00	580,00	580,00
Custo (R$)	39,43	54,12	98,06	127,37	171,39	244,85	318,34	391,85

2.5.4 Custo Total

A Tabela 9 mostra o custo total para implementação do projeto em função do tamanho do reservatório adotado.

Tabela 9 - Custo Total por Tipo de Reservatório

Descrição	Volume do reservatório (m³)							
	5	10	25	35	50	75	100	125
Reservatório (R$)	2808,3	5952,6	13588,4	17427,3	21800,2	270134	32364	40866,9
Tubos(R$)	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Estrutura(R$)	39,43	54,12	98,06	127,37	171,39	244,85	318,34	391,85
Custo total (R$/m³)	2997,7	6156,7	13836,5	17704,7	22121,6	270528	32832,	41408,8

2.5.5 Análise do Retorno do Investimento

Assim como todo investimento, esse projeto também deve contemplar algum retorno econômico além dos ganhos ambientais do reuso da água de chuva. Dessa forma, cruzando o valor gasto com a implementação do projeto com a economia de água ao longo do tempo, tem-se o

período a partir do qual o investimento passa a dar retorno financeiro aos moradores do condomínio. A Tabela 10 mostra os diferentes tempos de *payback* para os diferentes tipos de reservatórios.

Tabela 10 - Tempo de *payback*

Reservatório (m³)	5	10	25	35	50	75	100	125
Economia mensal de água (m³)	26,3	36,3	52,3	58,3	64,1	69,6	73,1	75,8
Economia mensal na conta de água (R$)	387,15	534,86	770,76	860,22	945,08	1.026,74	1.077,54	1.117,75
Economia mensal por apto na conta de água (R$)	5,38	7,43	10,71	11,95	13,13	14,26	14,97	15,52
Custo para implementação (R$)	2.997,72	6.156,73	13.836,62	17.704,92	22.121,93	27.429,12	32.833,18	41.409,12
Custo por apto para implementação (R$)	41,63	85,51	192,18	245,90	307,25	380,96	456,02	575,13
Taxa livre de Risco (ano)	6,17%	6,17%	6,17%	6,17%	6,17%	6,17%	6,17%	6,17%
Payback (meses)	8	12	19	22	25	29	33	41

Após o retorno o investimento passa-se a ter lucro, isto é, cada morador terá uma redução nos valores pagos na taxa de condomínio. Como pode ser observado o reservatório de 50 m³ gera uma economia mensal por apartamento de R$ 13,13.

Em relação ao tempo de retorno do investimento, pode ser observado ainda que, quanto mais rápido ele ocorra, menor a economia, visto que tempos menores decorrem de menores reservatórios e de menos água armazenada.

3 CONCLUSÕES

Após a constatação de que o modelo atual de desenvolvimento tem levado ao aumento da poluição e a degradação da base ambiental, tem sido buscada programas de desenvolvimento sustentáveis em todo o mundo. No Brasil, várias iniciativas têm sido adotadas. Em relação ao uso racional da água uma possibilidade é o aproveitamento da água de chuva. Esta alternativa permite ainda a preservação de outras fontes de abastecimento e a atenuação de chuvas intensas. Neste campo, é necessária ainda uma discussão nacional sobre a possibilidade de uso para fins potáveis.

Especificamente no estudo realizado pode-se observar que de forma geral há um retorno financeiro no curto prazo para todos os reservatórios existentes no mercado.

Um gasto inicial alto gera economia maior após um tempo de *payback* também maior e um gasto inicial baixo gera um tempo de *payback* baixo, porém, com uma economia também baixa.

E, finalmente, quanto maior a disponibilidade de área de captação e os volumes dos reservatórios, maiores as possibilidades de retorno; porém este aumento tem retorno somente até um limite, pois a disponibilidade hídrica e a tarifa mínima da concessionária são fatores limitantes.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EPA. (2008). *Why Build Green?* UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.

TOMAZ, P. (2003). *Aproveitamento de água de chuva*. Navegar Editora. São Paulo.

AGENCIA NACIONAL DE AGUAS (2005). *Conservação e Reuso da água em Edificações*, São Paulo.

GIACCHINI, M. (2008). *Utilização da Água de Chuva nas Edificações Industriais*. Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais.

ZOLET, M. (2005)**.** *Potencial de Aproveitamento de Água de Chuva para Uso Residencial na Região Urbana de Curitiba*.Trabalho de Conclusão de Curso. PUC/PR.

MACYNTIRE, A.J. **(**1990). *Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias.* Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora.

HESPANHOL, I. (2002). *Água e saneamento básico: uma visão realista*. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha.

BRAGA, B. e TUNDISI, J.G. (2006). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3ª Ed., Escrituras Editora, São Paulo.