

# TECNOLOGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Coletânea de Artigos

Organizadores:

João da Costa Pantoja  
Márcio Augusto Roma Buzar  
Naiara Guimarães de Oliveira Porto



Universidade de Brasília

	<b>UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA</b>
<b>Reitora:</b> <b>Vice-Reitor:</b> <b>Decana de Pesquisa e Inovação:</b> <b>Decanato de Pós Graduação:</b>	Márcia Abrahão Moura Henrique Huelva Maria Emília Machado Telles Walter Lucio Remuzat Rennó Junior
<b>Diretor da FAU</b> <b>Vice Diretoria da FAU</b> <b>Coordenadora de Pós-Graduação:</b> <b>Coordenadora do LaSUS:</b> <b>Coordenador do LaBRAC:</b>	Marcos Thadeu Queiroz Magalhães Cláudia da Conceição Garcia Luciana Saboia Fonseca Cruz Marta Adriana Bustos Romero João da Costa Pantoja
<b>Coordenação de Produção Editorial, Preparação, Revisão e Diagramação:</b> <b>Capa:</b>	João Vitor Lopes Lima Farias Ana Luiza Alves de Oliveira Stefano Galimi
<b>Conselho Editorial</b>	Humberto Salazar Amorin Varum Osvaldo Luiz de Carvalho Souza Yara Regina Oliveira Paulo de Souza Tavares Miranda
<b>Organização:</b>	João da Costa Pantoja Marcio Augusto Roma Buzar Naiara Guimarães de Oliveira Porto

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Tecnologia, ambiente e sustentabilidade [livro eletrônico] : coletânea de artigos / organização João da Costa Pantoja , Marcio Augusto Roma Buzar , Naiara Guimarães de Oliveira Porto. -- 1. ed. -- Brasília, DF : LaSUS FAU : Editora da Universidade de Brasília-UnB, 2021.  
ePDF

ISBN 978-65-992384-4-4

1. Artigos - Coletâneas 2. Meio ambiente 3. Sustentabilidade ambiental 4. Tecnologia I. Pantoja, João da Costa. II. Buzar, Marcio Augusto Roma. III. Porto, Naiara Guimarães de Oliveira.

21-63042  
CDD-660.02

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Tecnologia 660.02 Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

1ª Edição

FAU - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / LaSUS – Laboratório de Sustentabilidade Aplicada a Arquitetura e ao Urbanismo.  
Caixa Postal 04431, CEP 70842-970 – Brasília-DF. Telefones: 55 61 3107-7458. Email: lasus@unb.br / www.lasus.unb.br

## ORGANIZADORES E AUTORES

João da Costa Pantoja | Organizador e Autor | Brasil

Márcio Augusto Roma Buzar | Organizador e Autor | Brasil

Naiara Guimarães de Oliveira Porto | Organizador e Autor | Brasil

Alexandre M C Dutra | Autor | Brasil

Ana Luiza Alves de Oliveira | Autor | Brasil

Clarice C. D. da Silva | Autor | Brasil

Daniel Richard Sant'Ana | Autor | Brasil

Eduardo Bicudo de Castro Azambuja | Autor | Brasil

Francisco Afonso de Castro Júnior | Autor | Brasil

Hillary Damaceno de Brito | Autor | Brasil

Hugo Rodrigues Pinheiro | Autor | Portugal

Iberê Pinheiro de Oliveira | Autor | Brasil

Igor Rafael Mendes Guimarães Alcantara | Autor | Brasil

Joára Cronemberg Ribeiro Silva | Autor | Brasil

Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa | Autor | Brasil

Louise Boeger Viana dos Santos | Autor | Brasil

Luiza Teixeira Naili | Autor | Brasil

Mafalda Fabiene Ferreira Pantoja | Autor | Brasil

Marcelo Aquino Corte Real da Silva | Autor | Brasil

Márcio Busón | Autor | Brasil

Pedro Pantoja Luz | Autor | Brasil

Philipe Queiroz Rodrigues | Autor | Brasil

Rudi Sato Simões | Autor | Brasil

Thaís Aurora Vilela Sancho | Autor | Brasil

Stefano Galimi | Autor | Brasil

Valmor Cerqueira Pazos | Autor | Brasil

Victor Villar de Queiroz Milani | Autor | Brasil

Vitor Ramos de Quadros | Autor | Brasil

Wender Camico Costa | Autor | Brasil

## ÍNDICE

### Tema 1 - Estruturas e Arquitetura

I - Manutenção de helipontos elevados - Plataformas de distribuição de cargas em estruturas de concreto/aço instaladas em edifícios já construídos .....	07
II - A ponte de ferro de Cachoeiro do Itapemirim.....	28
III - Caracterização dos blocos de apartamento da Colina Velha na Universidade de Brasília: História, arquitetura, pré-moldado, sistemas estruturais e patologias .....	47
IV - Arquitetura de madeira roliça brasiliense: Um estudo de caso, Maloca e academia Unique .....	83
V - Aplicação do método de bielas e tirantes em vigas de equilíbrio na ferramenta Cast .....	97

### Tema 2 - Sustentabilidade, Qualidade e Eficiência do Ambiente construído

VI - Edificações de porte monumental de arquitetura modernista: Uma contribuição para a avaliação Acústica .....	119
VII - Técnicas de auditoria do consumo de água: Relatos de experiência em campo .....	142
VIII - Elaboração de algoritmo de uso e ocupação do solo para terrenos do Distrito Federal - Brasill .....	157
IX - Aproveitamento de águas pluviais em edificações públicas: O caso da procuradoria geral da república .....	180
X - Análise de uma cobertura paramétrica de bambu composta por paraboloides hiperbólicos .....	194
XI - Análise da ventilação natural e de qualidade do ar interno: Hospitais Sarah Brasília e Sarah Lago Norte .....	206

### Tema 3 - Tecnologia de Produção do Ambiente Construído

XII - Trincas em sistemas de vedação decorrentes da resistência do concreto .....	229
XIII - Avaliação probabilística do nível de segurança e durabilidade de estruturas existentes em concreto armado .....	241
XIV - A conservação do patrimônio moderno através das práticas de retrofit na infraestrutura urbana de Brasília.....	261
XV - A influência da fabricação digital junto ao design aberto nas novas gerações de produtos .....	283
XVI - Degradação e processo de recuperação de obra de infraestrutura: Viaduto Galeria dos Estados.....	302

## TEMA 2: SUSTENTABILIDADE, QUALIDADE E EFICIÊNCIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Controle e avaliação ambiental integrada e tecnologias eficientes para projeto, construção, operação e reabilitação de edificações e áreas urbanas, revitalização da paisagem. Planejamento estratégico e gestão ambiental urbana e infraestrutura. Condições bioclimáticas e tradições culturais. Qualidade de vida urbana, desempenho ambiental e eficiência: energia, água, materiais e resíduos.

Artigos:

- VI. *Edificações De Porte Monumental De Arquitetura Modernista: Uma Contribuição Para A Avaliação Acústica*  
Oliveira, A.; Pantoja, J.; Silva, C.; Buzar, M.
- VII. *Técnicas De Auditoria Do Consumo De Água: Relatos De Experiência Em Campo*  
Alcantara, I.; Pazos, V.; Boeger, L.; Sant'Ana, D.
- VIII. *Elaboração De Algoritmo De Uso E Ocupação Do Solo Para Terrenos Do Distrito Federal - Brasil*  
Simões, R.; Pantoja, J.
- IX. *Aproveitamento de águas pluviais em edificações públicas: o caso da procuradoria geral da república*  
Galimi, S.; Pantoja, J.
- X. *Análise De Uma Cobertura Paramétrica De Bambu Composta Por Paraboloides Hiperbólicos*  
Quadros, V.; Pantoja, J.
- XI. *Análise Da Ventilação Natural E Da Qualidade Do Ar Interno: Hospitais Sarah Brasília E Sarah Lago Norte*  
Sancho, T.; Pantoja, J.; Silva, J.

IX

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS:  
O CASO DA PROCURADORIA GERAL DA REPÚBLICA**

**USE OF RAINWATER IN PUBLIC BUILDINGS: THE CASE OF THE  
ATTORNEY GENERAL'S OFFICE**

**Stefano Galimi**

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
Brasília – DF, Brasil  
stefanogalimi.arch@gmail.com

**João da Costa Pantoja**

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
Brasília – DF, Brasil  
joaocpantoja@gmail.com

**Resumo:** O presente trabalho aborda uma análise dos usos-finais de consumo da água em uma das edificações principais (bloco A) constituinte a Procuradoria Geral da República, obra prima de autoria do Oscar Niemeyer. O sistema de aproveitamento de águas pluviais (AAP), que não foi previsto na concepção arquitetônica do prédio em questão, seria uma solução sustentável na redução do uso da água da rede principal para usos não potáveis da água de chuva. Através de um cálculo feito em base mensal, será verificada a relação entre a área de coleta (cobertura) e o volume ideal da cisterna, a demanda de água requerida para três cenários (Irrigação + Lavagem de pisos, Descarga sanitária e Irrigação + Lavagem de pisos + Descarga sanitária) e o potencial de redução do consumo de água promovido pelo sistema AAP. Para alcançar o objetivo, foi utilizada a normativa brasileira ABNT NBR 15527:2207 e, na hora do cálculo para dimensionamento do reservatório de água de chuva, o método de Rippl. Nesse método, que consiste no balanço de massa, permitindo o uso de dados de precipitação mensal ou diário, é considerada a demanda de consumo dos usuários.

**Palavras chaves:** Água; Sistema de aproveitamento de águas pluviais (AAP); Usos-finais de água; Conservação de água; Procuradoria Geral da República.

**Abstract:** The present work deals with an analysis of the end-uses of water consumption in one of the main buildings (block A) of the Attorney General's Office, a masterpiece by Oscar Niemeyer. The rainwater harvesting system (AAP), which was not foreseen in the architectural design of the building in question, would be a sustainable solution in reducing the use of water from the main network for non-potable uses of rainwater. Through a calculation made on a monthly basis, the relationship between the collection area (cover) and the ideal volume of the cistern will be verified, the water demand required for three scenarios (Irrigation + Floor washing, Sanitary flush and Irrigation + Water washing) floors + sanitary discharge) and the potential for reducing water consumption promoted by the AAP system. To achieve the objective, the Brazilian standard ABNT NBR 15527: 2207 was used and, at the time of calculation for dimensioning the rainwater reservoir, the Rippl method. In this

method, which consists of the mass balance, allowing the use of monthly or daily precipitation data, users' consumption demand is considered.

**Keyword:** water, rainwater harvesting system (AAP), end-uses of water, water conservation, Attorney General's Office

### 1. INTRODUÇÃO

Em geral, no Brasil, a oferta de recursos hídricos demonstra uma situação confortável e satisfatória (ANA, 2013). Apesar disso, a distribuição espacial desses recursos está diferente e desigual, evidenciando uma concentração maior (cerca de 80%) na região hidrográfica amazônica. O crescimento demográfico (IBGE, 2012) e a demanda urbana de água sempre em aumento no Distrito Federal (CAESB, 2008; 2011) começou a gerar um interesse sempre maior voltado para programas de conservação de água. Segundo Gonçalves (2007), a utilização de águas “menos nobres” para fins não potáveis é um conceito importante que atua uma otimização real do consumo hídrico, graças ao auxílio de fontes alternativas.

O aproveitamento de águas pluviais (AAP) é uma estratégia que permite de armazenar a água de chuva captada pelo telhado e de utilizá-la para fins não potáveis. A normativa brasileira ABNT NBR 15527:2007 fornece os requisitos fundamentais para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas e prevê o uso exclusivo (após de tratamentos adequados) para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos de água e usos industriais.

#### 1.1 Justificativa

A escassez dos recursos hídricos leva à uma certa mudança do próprio regime das águas (tornando-as de domínio público), focando a atenção na preservação dos cursos d'água e relativa qualidade (FINK & SANTOS, 2003).

O termo “reuso” indica que a natureza do significado se refaz ao próprio uso racional da água (FINK & SANTOS, 2003).

“Reuso de água é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir a necessidade de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações

planejadas ou não”.

(LAVRADOR FILHO, 1987).

A grande demanda de consumo hídrico que afeta as fontes de abastecimento de água, levou o Ministério do Meio Ambiente – MMA (2014) a recomendar a conscientização de um uso racional dos recursos através dos Programas de Conservação de Água.

A Procuradoria Geral da República, obra realizada em 2002, incentivou o presente estudo, que foi feito para verificar a viabilidade técnica e financeira de aplicação de um sistema de AAP em uma edificação pública. Com certeza, a instalação desse tipo de tecnologia seria ideal numa edificação nova, enquanto os retrofits sempre apresentam uma barreira projetual significativa do ponto de vista econômico.

O próprio sistema de AAP é um conceito simples que, ao invés de deixar a água de chuva escorrer pela sarjeta, permite o aproveitamento da mesma para diferentes usos-finais não potáveis (SANT’ANA & AMORIM, 2007).

A qualidade da água de chuva, que representa um ponto focal nesse estudo, deve ser garantida por meio de filtragens e tratamentos químicos/biológicos.

Mesmo sendo pura, a água pluvial contém impurezas devidas ao contato com o ar e com a superfície de captação (telhado).

“Apesar de ser uma alternativa economicamente viável e sócio ambientalmente correta, o aproveitamento de águas pluviais não deve ser implementado de forma irresponsável. Diversas pesquisas demonstram que a água de chuva carrega poluentes (substâncias tóxicas e bactérias), cuja ingestão ou contato com a pele e mucosas pode causar doenças, que vão desde simples irritações cutâneas a severas infecções intestinais.”

(PRADO & MULLER, 2007. p.1).

Ao tratar esse tipo de tema ligado a aplicações (de sistemas de AAP) para tipologias não-residenciais de estudos de caso, não foram feitas muitas pesquisas nacionais no Brasil. Temos algumas análises dos usos-finais do consumo de água em edifícios públicos feitas por KAMMERS & GHISI (2006), e em edifícios escritórios em Florianópolis (PROENÇA & GHISI, 2010). Um outro estudo em ambiente de escritórios do Complexo Central de Tecnologia do Banco do Brasil, realizado por SANT’ANA (2013), mostra o potencial de redução do



consumo de água (em seus usos-finais) e benefícios gerados pelo uso de três diversos sistemas de AAP.

Para a elaboração do artigo foi realizada uma revisão de literatura específica sobre os tipos de sistemas de AAP, qualidade da água e relativa normativa brasileira.

Portanto, esse trabalho pretende avaliar a aplicação de um sistema de AAP em uma edificação pública do Distrito Federal, a Procuradoria Geral da República, e verificar os usos-finais do consumo predial de água.

## 2. METODOLOGIA

A Procuradoria Geral da República (PGR) é um conjunto arquitetônico projetado por Oscar Niemeyer em 1996 e realizado em 2002, formado por 6 blocos. A produção artística do arquiteto na capital federal do Brasil, descrita e analisada por várias figuras em nível tanto nacional quanto internacional, ainda não tem muitos estudos sobre as soluções tecnológicas adotadas pelo arquiteto brasileiro (Fonseca, R., 2007). A obra, consta de uma área construída de aproximadamente 70 mil m<sup>2</sup>. Localizada na via L4 sul (Setor de Administração Federal Sul, quadra 04, lote 03) em Brasília, a PGR (Figura 1) se impõe no entorno através da magnitude e da beleza dos dois edifícios principais envidraçados (bloco A e bloco B).

Esses blocos, interligados por meio de uma passarela, abrigam os gabinetes dos procuradores e representam o fulcro de todo o complexo.

Conectados a estes por meio de uma longa passarela, há dois volumes menores que representam o auditório (bloco C) e o restaurante (bloco D).

Um outro prédio, de volumetria circular e próximo do prédio principal, funciona como plenário dos procuradores (bloco E). O último bloco (F), de planta trapezoidal, contém o próprio departamento administrativo e da engenharia da Procuradoria.



**Figura 1.** Procuradoria Geral da República, fonte: Google Earth

O objeto escolhido para a análise dos usos-finais de consumo hídrico foi o edifício A (Figura 2).



**Figura 2.** Bloco A do complexo da PGR, fonte: arquivo PGR

A pesquisa foi desenvolvida a partir de duas etapas fundamentais: Visita in loco e entrevista a usuário-chave.

Primeiramente, foi feita uma visita in loco para entender a distribuição espacial do ambiente e ter noção do fluxo/número dos usuários da edificação. Nessa etapa foram obtidas todas aquelas informações úteis sobre os dias (5 dias por mês, de segunda à sexta) e os horários de trabalho (9hs – 17hs), frequências das atividades de limpeza (lavagem de piso, 2 vezes por dia, de manhã e de

noite) e de irrigação (1 vez por dia, no período matutino).

A segunda fase foi desenvolvida através de entrevistas aos usuários-chave da Procuradoria (servidores públicos e funcionários). Após dessa operação, efetuada por meio de uma amostra limitada a um número de quatro usuários, utilizou-se uma frequência de uso das bacias sanitárias relativa a 4 vezes ao dia com um volume de descargas sanitárias de 6 litros por fluxo (valor presumido).

Através da obtenção do arquivo DWG das plantas de arquitetura, foi possível medir as áreas de rega de jardim e de lavagem de piso.

Depois de ter feito o levantamento completo de dados primários e das informações necessárias para o desenvolvimento do artigo, foram escolhidos três cenários de usos-finais de consumo hídrico:

- **Cenário 1** (Irrigação e Lavagem de piso);
- **Cenário 2** (Descarga Sanitária, WC);
- **Cenário 3** (Irrigação, Lavagem de piso e Descarga Sanitária).

Obtidas as médias mensais de séries históricas de precipitação da cidade de Brasília, foi considerado um coeficiente de escoamento ( $C_e$ ) = 0,7 (LEGGETT et al., 2001) e um coeficiente de filtragem ( $C_f$ ) = 0,9 de um filtro tipo “Vortex”.

Portanto, com base nesses dados, para conseguir a Oferta de água pluvial no intervalo de tempo  $t$ , foi aplicada a seguinte equação 1:

$$Qt = \frac{PPt \times A \times C_e \times C_f}{1000} \quad (1)$$

Onde:

$Qt$  = Oferta de água pluvial no tempo,  $t$  (m<sup>3</sup>)

$PPt$  = Precipitação no tempo,  $t$  (mm)

$A$  = Área da superfície de coleta (m<sup>2</sup>)

$C_e$  = Coeficiente de escoamento da superfície de coleta

$C_f$  = Coeficiente de filtragem

No Cenário 1 (Irrigação e Lavagem de piso) foram consideradas diferentes demandas mensais.

No caso da irrigação, foram considerados somente os cinco meses da época de seca (maio, junho, julho, agosto e setembro), onde a oferta de água pluvial é consideravelmente escassa.

Para a demanda de lavagem de piso, o cálculo foi feito em base a todos os meses do ano (de janeiro à dezembro).

No Cenário 2 (Descarga Sanitária, WC), todos os meses do ano foram utilizados para o cálculo da demanda para consumo predial de água.

Os indicadores de consumo, que permitiram o cálculo da demanda para irrigação, lavagem de piso e descarga sanitária para todos os cenários, foram obtidos através de TOMAZ (2000).

Achada a oferta de água pluvial  $Q_t$  (m<sup>3</sup>) para todos os meses do ano, foram calculados a demanda de consumo hídrico para cada Cenário e a dimensão do reservatório através do método Rippl (NBR 15527:2007). Neste método, onde podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias, o volume de água que escoar pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo  $t$ . É um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado (SCHILLER & LATHAN, 1982).

Segundo o método Rippl, foi aplicada essa equação 2:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (2)$$

$V = \sum S(t)$ , somente para valores  $S(t) > 0$

Sendo que:  $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Onde:

$S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$Q(t)$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$D(t)$  é a demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$V$  é o volume do reservatório;

No Cenário 3 foi comparada a somatória das demandas cumulativas (irrigação, lavagem de piso e descarga sanitária) com a oferta mensal de água de chuva captada pelo telhado.

### 3. RESULTADOS

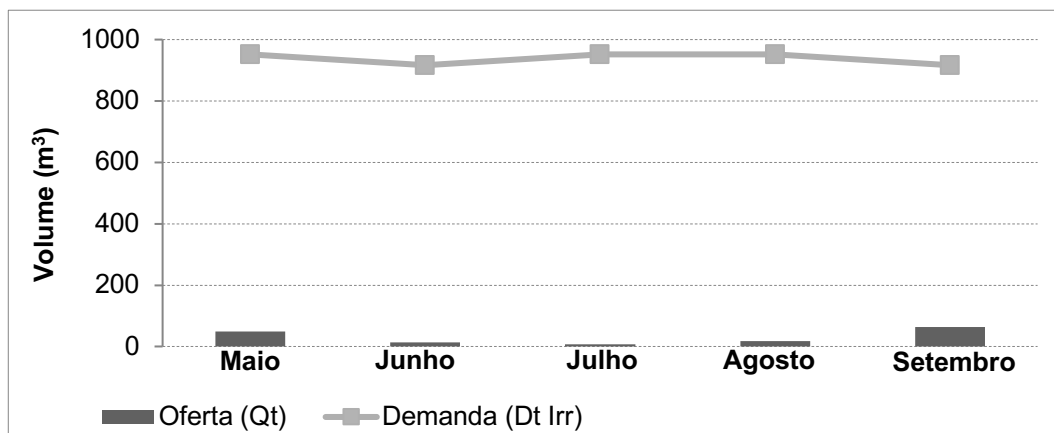
Os resultados demonstraram uma demanda predial cumulativa ( $D_t$ ) com de 115.534 m<sup>3</sup>/ano para irrigação, lavagem de piso e descarga sanitária. Porém, a oferta cumulativa  $Q_t$  com de volume de água de chuva em base anual é de 14.196 m<sup>3</sup>/ano. Como podemos observar na tabela 1 (Irrigação), a demanda mensal  $D_t$  (Irr) para os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro é muito

elevada (4.688 m<sup>3</sup>/ano) para ser suprida pela oferta Qt (2106 m<sup>3</sup>/ano).

**Tabela 1.** Indicadores de consumo mensal para Irrigação

Mês	PP	Irrigação	Indicador	Frequência*	Área	Dias de Uso por mês	Oferta (Qt)	Demanda (Dt Irr)
	mm		litros/m <sup>2</sup> /dia	*por dia de uso	m <sup>2</sup>	dias/uso	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
<b>Janeiro</b>	270	x	1,5	1	23.500	27	361	-
<b>Fevereiro</b>	213	x	1,5	1	23.500	24	284	-
<b>Março</b>	210	x	1,5	1	23.500	27	280	-
<b>Abril</b>	121	x	1,5	1	23.500	26	162	-
<b>Maio</b>	36	v	1,5	1	23.500	27	48	<b>952</b>
<b>Junho</b>	10	v	1,5	1	23.500	26	13	<b>917</b>
<b>Julho</b>	6	v	1,5	1	23.500	27	8	<b>952</b>
<b>Agosto</b>	13	v	1,5	1	23.500	27	17	<b>952</b>
<b>Setembro</b>	48	v	1,5	1	23.500	26	64	<b>917</b>
<b>Outubro</b>	171	x	1,5	1	23.500	27	228	-
<b>Novembro</b>	220	x	1,5	1	23.500	26	294	-
<b>Dezembro</b>	259	x	1,5	1	23.500	27	346	-
<b>Total</b>	<b>1577</b>						<b>2106</b>	<b>4688</b>

A figura 3 abaixo demonstra a relação entre Oferta Q(t) e Demanda Dt (Irr).



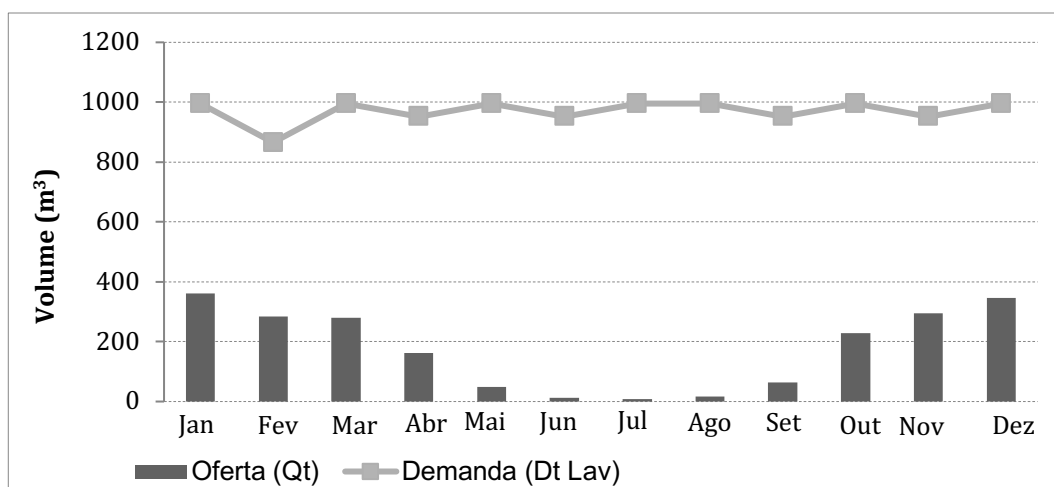
**Figura 3.** Oferta vs Demanda para Irrigação

A tabela 2 abaixo faz um resumo do consumo de água para lavagem de piso. A frequência de limpeza consta em um uso de 2 vezes por dia, por um total de 5 dias por semana. Com uma área construída da 14.427 m<sup>2</sup>, a demanda de água é muito elevada, totalizando um volume de 11.643 m<sup>3</sup>.

**Tabela 2.** Indicadores de consumo mensal para lavagem de piso

Mês	PP	Lavagem de Piso	Indicador	Frequência*	Área	Dias de Uso por mês	Oferta (Qt)	Demanda (Dt Lav)
	mm		litros/m <sup>2</sup> /dia	*por dia de uso	m <sup>2</sup>	dias/uso	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Janeiro	270	v	1,5	2	14.427	23	361	995
Fevereiro	213	v	1,5	2	14.427	20	284	866
Março	210	v	1,5	2	14.427	23	280	995
Abril	121	v	1,5	2	14.427	22	162	952
Mai	36	v	1,5	2	14.427	23	48	995
Junho	10	v	1,5	2	14.427	22	13	952
Julho	6	v	1,5	2	14.427	23	8	995
Agosto	13	v	1,5	2	14.427	23	17	995
Setembro	48	v	1,5	2	14.427	22	64	952
Outubro	171	v	1,5	2	14.427	23	228	995
Novembro	220	v	1,5	2	14.427	22	294	952
Dezembro	259	v	1,5	2	14.427	23	346	995
<b>Total</b>	<b>1577</b>						<b>2106</b>	<b>11643</b>

A demanda de consumo de água para lavagem de piso em relação com a oferta é representada através da figura 4.



**Figura 4.** Oferta vs Demanda para Lavagem de piso

Para alcançar os objetivos do **Cenário 1** (Irrigação e Lavagem de piso) foi feita uma somatória das demandas mensais, que, no caso da irrigação, considera somente os meses da estação de seca (de maio a setembro).

**Tabela 3.** Volumes para dimensionamento do reservatório do sistema

Mês	Demanda Irr e Lav	Oferta (Qt)	D-Q
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
<b>Janeiro</b>	<b>995</b>	<b>361</b>	<b>634</b>
<b>Fevereiro</b>	<b>866</b>	<b>284</b>	<b>582</b>
<b>Março</b>	<b>995</b>	<b>280</b>	<b>715</b>
<b>Abril</b>	<b>952</b>	<b>162</b>	<b>790</b>
<b>Mai</b>	<b>1947</b>	<b>48</b>	<b>1899</b>
<b>Junho</b>	<b>1869</b>	<b>13</b>	<b>1856</b>
<b>Julho</b>	<b>1947</b>	<b>8</b>	<b>1939</b>
<b>Agosto</b>	<b>1947</b>	<b>17</b>	<b>1930</b>
<b>Setembro</b>	<b>1869</b>	<b>64</b>	<b>1805</b>
<b>Outubro</b>	<b>995</b>	<b>228</b>	<b>767</b>
<b>Novembro</b>	<b>952</b>	<b>294</b>	<b>658</b>
<b>Dezembro</b>	<b>995</b>	<b>346</b>	<b>649</b>
<b>Total</b>	<b>16331</b>	<b>2105</b>	<b>14226</b>

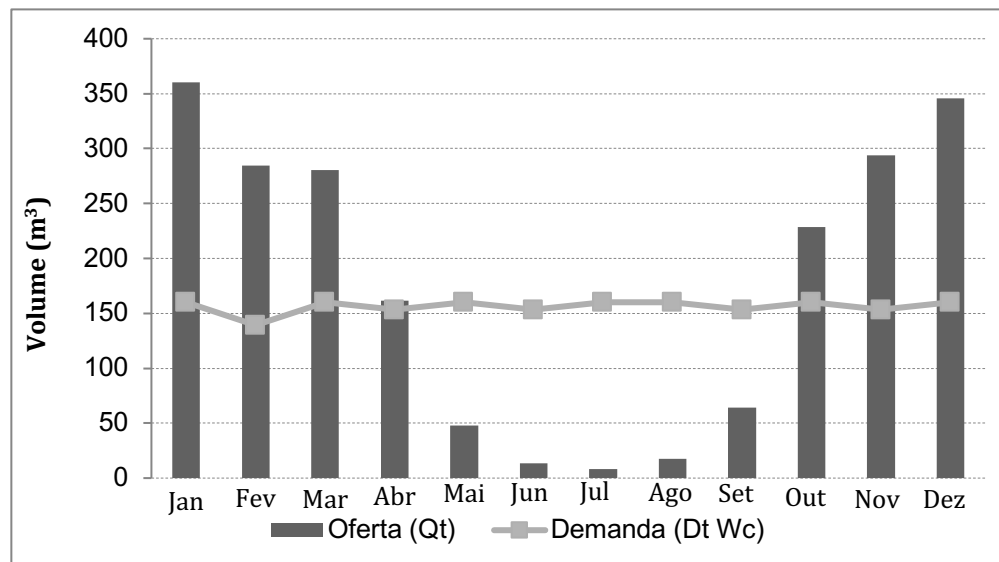
Portanto, o tamanho do reservatório para água de chuva, obtido em base anual segundo o método Rippl (NBR 15527:2007) para atender a demanda de irrigação e lavagem de piso (Cenário 1), deveria ter uma capacidade de 14.226 m<sup>3</sup> de água.

Passando para o **Cenário 2** de descarga sanitária, podemos observar que, na tabela 4, o consumo hídrico para fins não-potáveis em base anual exigido pela demanda (Dt Wc) consta de um volume de 1872 m<sup>3</sup>. E, como a oferta total de água de chuva (2106 m<sup>3</sup>) é superior da demanda, a implementação de um sistema de AAP no edifício considerado seria viável do ponto de vista técnico. O gráfico da figura 5 mostra essa relação de Demanda e Oferta.

**Tabela 4.** Indicadores de consumo mensal para Descarga Sanitária

Mês	PP	Descarga Sanitária (Wc)	Indicador	Frequência*	Usuários	Dias de Uso por mês	Oferta (Qt)	Demanda (Dt Wc)
	mm	fluxos	litros por fluxo	*por dia de uso	peessoa	dias/uso	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
<b>Janeiro</b>	270	v	6	4	290	23	361	<b>160</b>
<b>Fevereiro</b>	213	v	6	4	290	20	284	<b>139</b>
<b>Março</b>	210	v	6	4	290	23	280	<b>160</b>
<b>Abril</b>	121	v	6	4	290	22	162	<b>153</b>
<b>Mai</b>	36	v	6	4	290	23	48	<b>160</b>
<b>Junho</b>	10	v	6	4	290	22	13	<b>153</b>
<b>Julho</b>	6	v	6	4	290	23	8	<b>160</b>
<b>Agosto</b>	13	v	6	4	290	23	17	<b>160</b>
<b>Setembro</b>	48	v	6	4	290	22	64	<b>153</b>
<b>Outubro</b>	171	v	6	4	290	23	228	<b>160</b>

<b>Novembro</b>	220	v	6	4	290	22	294	<b>153</b>
<b>Dezembro</b>	259	v	6	4	290	23	346	<b>160</b>
<b>Total</b>	<b>1577</b>						<b>2106</b>	<b>1872</b>



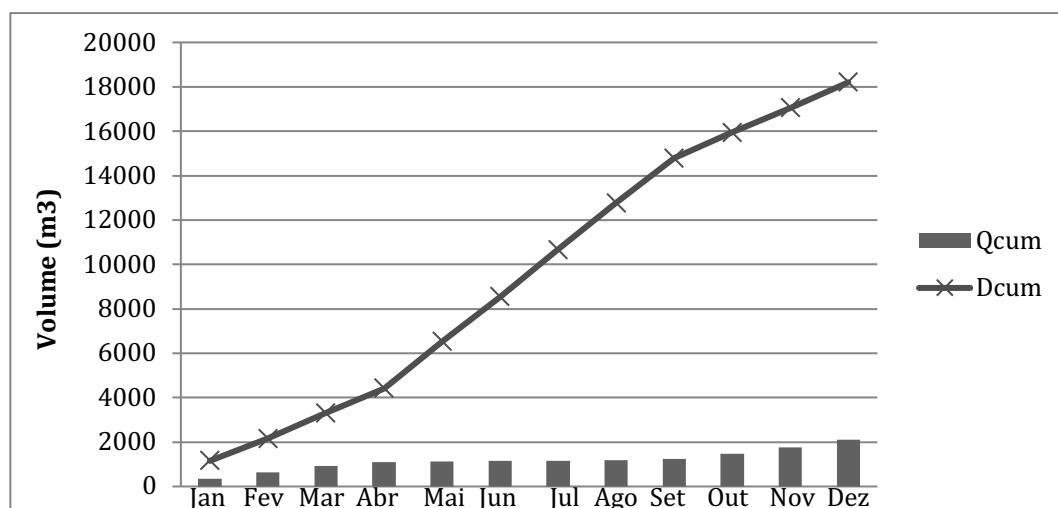
**Figura 5.** Oferta vs Demanda para Descarga Sanitária

O **Cenário 3** propõe as três demandas de irrigação, lavagem de piso e descarga sanitária para verificar a relação existente com a oferta de água pluvial. A tabela 5, das demandas e das ofertas cumulativas, evidencia uma inviabilidade para aplicação de um sistema de AAP enquanto a somatória das demandas é muito mais elevada da mesma oferta.

**Tabela 5.** Cenário 3, Demanda cumulativa vs Oferta cumulativa

Mês	Oferta (Qt)	Demanda Irr, Lav, Wc	Qcum	Dcum
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
<b>Janeiro</b>	361	1156	<b>361</b>	<b>1156</b>
<b>Fevereiro</b>	284	1005	<b>645</b>	<b>2160</b>
<b>Março</b>	280	1156	<b>925</b>	<b>3316</b>
<b>Abril</b>	162	1105	<b>1087</b>	<b>4421</b>
<b>Maio</b>	48	2107	<b>1135</b>	<b>6529</b>
<b>Junho</b>	13	2022	<b>1148</b>	<b>8550</b>
<b>Julho</b>	8	2107	<b>1156</b>	<b>10658</b>
<b>Agosto</b>	17	2107	<b>1173</b>	<b>12765</b>
<b>Setembro</b>	64	2022	<b>1237</b>	<b>14787</b>
<b>Outubro</b>	228	1156	<b>1465</b>	<b>15942</b>
<b>Novembro</b>	294	1105	<b>1759</b>	<b>17048</b>
<b>Dezembro</b>	346	1156	<b>2105</b>	<b>18203</b>
<b>Total</b>	<b>2105</b>	<b>18203</b>	<b>14196</b>	<b>115534</b>





**Figura 6.** Oferta cumulativa vs Demanda cumulativa para Cenário 3 (Irr, Lav, Wc)

#### 4. CONCLUSÕES

Esse presente trabalho, desenvolvido para três diferentes cenários voltados aos usos-finais do consumo de água não-potável, investiga sobre a relação entre a oferta de água pluvial e a demanda exigida pelos usuários da Procuradoria Geral da República, objeto de análise. O estudo, indicou a viabilidade técnica e a aplicabilidade de um sistema de AAP somente em um dos casos avaliados (Cenário 2). Nas diferentes simulações efetuadas, o aproveitamento de águas pluviais voltado ao consumo de água não potável em descarga sanitária (Cenário 2) resultou ser a melhor opção dos três cenários, enquanto o indicador de consumo em bacias sanitárias demonstrou um índice de consumo para o fluxo de descarga (6 litros por fluxo, com uma frequência de 4 vezes ao dia) que consegue ser suprido pelo volume de água de chuva da oferta.

Resultados sugerem que o sistema de AAP não seja aplicado para satisfazer a demanda de irrigação de rega e de lavagem de piso (Cenário 1) e a demanda representada pelo Cenário 3 (irrigação, lavagem de piso e descarga sanitária).

Essa questão vem sendo determinada pela superfície de cobertura que, com uma área de 2119,5 m<sup>2</sup>, resulta insuficiente para um aproveitamento exaustivo da água de chuva para usos-finais não potáveis.

As limitações do presente estudo são principalmente devidas a uma entrevista restrita a uma amostra de quatro usuários. Certamente, um número mais elevado de utentes na hora da obtenção de dados primários através de entrevistas, ajudaria aumentar a precisão da análise efetuada neste artigo.

### REFERÊNCIAS

- ABNT. **Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis**. NBR 15527. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), 2013. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**, 2013. Brasília, DF, 2013. P. 37-38.
- CAESB. **Siágua 2008**: Sinopse do sistema de abastecimento de água no Distrito Federal. 19 ed. Brasília: CAESB, 2008. P. 143.
- CAESB. **Siágua 2011**: Sinopse do sistema de abastecimento de água no Distrito Federal. 19 ed. Brasília: CAESB, 2011. P. 152.
- FEWKES, A. **The technology, design and utility of rainwater catchment Systems: A Literature Review**. In: Water Demand Management Org. BUTLER, D.; MEMON, F. Londres, UK: IWA Publishing, 2006.
- FINK, D. R.; SANTOS, H. F. **A legislação de reúso de água**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de Água, 2003, Barueri, São Paulo: Manole, 2003. P. 261-290.
- FONSECA, R. P. da. **A Ponte de Oscar Niemeyer em Brasília: Construção, Forma e Função Estrutural**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2007.
- IBGE. **Estimativas de população**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2012.
- KAMMERS, P. C.; GHISI, E. **Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis**, SC. Ambiente Construído, v.6, n.1, p. 75-90, 2006.
- LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o Entendimento do Reúso planejado da Água e algumas Considerações Sobre suas Possibilidades no Brasil**. São Paulo, 1987.
- LEGGETT, D.; BROWN, R.; BREWER, D. HOLLIDAY, E. **Rainwater and greywater use in buildings: best practice guidance**. London: CIRIA, 2001.
- OLIVEIRA, L. H. De; ILHA, M. S. de O.; GONÇALVES, O. M.; REIS, L. **Projeto Tecnologias para Construção Habitacional mais Sustentável - Levantamento do estado da arte: Água**. São Paulo: USP, 2007.
- PRADO, G. S.; MULLER, M. S. K. **Sistema de aproveitamento de água para**

- edifícios.** Revista *téchne*, 138. Ed. Novembro de 2007. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/128/artigo285704-1.aspx>>. Acesso em: 1 março de 2015.
- PROENÇA, L. C.; GHISI, E. **Water end-uses in Brazilian Office buildings.** Resources, Conservation and Recycling, v.54, n.8, p.489-500, 2010.
- SANT'ANA, D.; AMORIM, C. N. D. **Reuso de água em edificações: premissas e perspectivas para o contexto brasileiro.** Sistemas Prediais, São Paulo, v.2, n.1, setembro, p.32-37. 2007.
- SANT'ANA, D. **Aproveitamento de água pluvial no Complexo Central de Tecnologia do Banco do Brasil.** Terra. Qualidade de Vida, Mobilidade e Segurança nas Cidades, João Pessoa, Paraíba, Editora Universitária da UFPB, p. 701-714, 2013.
- SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; VILELA, L. **Aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 1: reduções no consumo de água.** Paranoá, Brasília, n.10, p. 77-84, 2013.
- SCHILLER, E.; LATHAM, B. **Computerized methods in optimizing rainwater catchment systems.** In: International Conference on Rainwater Cistern System, 1st, 1982, Honolulu, United States. Honolulu: IRCSA, 1982.
- TOMAZ, Plínio. **Previsão de Consumo de Água. Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os Serviços Públicos.** Ed. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

