

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA – CAMPUS UFJF/MG

Celso Bandeira de Melo Ribeiro¹; Marconi Fonseca de Moraes²; Nicole Hastenreiter Rocha³; Silas de Oliveira Coelho⁴

RESUMO --- O reconhecimento da importância da utilização de águas pluviais vem crescendo, devido aos riscos de escassez deste recurso natural, nos corpos d'água superficiais. Sistemas de aproveitamento da água de chuva em locais que possuem desníveis topográficos no terreno favorecem o ganho energético, por não necessitar de sistemas de bombeamento para conduzir a água. Neste sentido, este trabalho desenvolve um estudo do aproveitamento da água de chuva no campus da UFJF. Os resultados apresentaram possíveis ganhos de ordem ambiental, educacional e econômico, advindos do aproveitamento da água da chuva no Campus da UFJF e a conseqüente redução do consumo de água da concessionária de água local.

ABSTRACT --- Recognition of the importance of the use of rainwater has been growing due to the risks of this natural resource shortage in surface water bodies. Systems utilization of rainwater in cities with topographical unevenness favors the energy gain, because it does not require pumping systems to carry water. Thus, this paper develops a study of the use of rainwater on the campus of UFJF. The results showed possible benefits of environmental, educational and economic, arising from the use of rainwater on the campus of UFJF and the consequent reduction of water consumption of the local water supply system.

Palavras-chave: Aproveitamento de água de chuva, recursos hídricos.

¹ Professor adjunto da UFJF, Fac. Eng. - ESA, R: José Lonrenço Kelmer n/s Plataforma 4. (32) 2102 3419 r. 30 E-mail celso.bandeira@ufjf.edu.br

² Professor adjunto da UFJF, Fac. Eng. -ESA, R: José Lonrenço Kelmer n/s Plataforma 4.(32) 2102 3419 r.31 E-mail marconi.moraes@ufjf.edu.br

³ Aluna de graduação da UFJF, Faculdade Engenharia Sanitária e Ambiental, R. Frederico Lage – 139, Mariano Procopio E-mail nicole.rocha@engenharia.ufjf.br

⁴ Aluno de graduação da UFJF, Faculdade Engenharia Sanitária e Ambiental. R. Elmaia Cunha – 125, Jardim de Ala E-mail silas.coelho@engenharia.ufjf.br

1- INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos descreve a água como um recurso natural limitado e dotado de valor econômico e que este recurso é fundamental para a manutenção da vida e para o desenvolvimento econômico, servindo como matéria prima para os diversos usos (BRASIL, 1997).

Atualmente, vê-se uma grande preocupação com a preservação da água, recurso natural já escasso em quantidade e qualidade em algumas áreas. Destaca-se também, que a distribuição da água é desigual sobre os continentes e que há ainda a variação da mesma em um mesmo local ao longo do ano.

Segundo Assis (2002), três quartos da superfície da Terra são compostos de água, a maior parte não está disponível para consumo humano, pois 97% compreendem água salgada, encontrada nos oceanos e mares e 2% formam geleiras inacessíveis. Apenas 1% de toda a água é doce e pode ser facilmente utilizada para consumo do homem e animais. E deste total 97% estão armazenados em fontes subterrâneas. As águas doces superficiais - lagos, rios e barragens - utilizadas para tratamento e distribuição nos sistemas de tratamento vêm sofrendo os efeitos da degradação ambiental que atinge cada vez mais intensamente os recursos hídricos em todo o mundo. A poluição destes mananciais vem tornando cada dia mais difícil e caro o tratamento da água.

Verifica-se assim que água de fácil utilização representa apenas uma pequena parcela do total de água do planeta. Entretanto, esta parcela encontra-se geralmente comprometida em sua qualidade devido aos processos de poluição e contaminação, causados por descartes inadequados de resíduos dos processos industriais, lançamentos de esgotos urbanos, pesticidas e fertilizantes de áreas agrícolas, erosão do solo e assoreamento dos corpos d'água etc., que fazem com que este recurso natural se torne cada vez mais escasso na proximidade de centros urbanos. Desta forma, a população necessita de alternativas de abastecimento para minimizar as pressões sobre os poucos mananciais que ainda abastecem as cidades.

Diante deste cenário, o reconhecimento da importância da utilização de águas pluviais vem crescendo, devido aos riscos de escassez deste recurso natural, nos corpos d'água superficiais.

Como vantagens da utilização da água da chuva destacam-se a redução do consumo de água potável e o custo de fornecimento da mesma e melhora da distribuição da carga de água da chuva no sistema de drenagem urbana, o que reduz, e muito os problemas de inundações.

O aproveitamento da água da chuva vem demonstrar grande potencial em usos domésticos e industriais, como alternativa de abastecimento para fins não potáveis de lavagens de carros, pisos, descarga de vasos sanitários, rega de jardins, entre outros.

Tomaz (2005) relata que alguns países industrializados com a Alemanha e o Japão estão seriamente empenhados em desenvolver projetos de coleta e aproveitamento da água da chuva.

A recente norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15527 de 2007 (ABNT, 2007) trata do aproveitamento de chuva para fins não potáveis.

Para avaliar o potencial de aproveitamento da água de chuva de uma região é necessário realizar uma análise de séries temporais de chuva a partir de estações pluviométricas disponibilizadas pela ANA – Agência Nacional de Águas e do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, possibilitando, assim, conhecer a disponibilidade média de chuva local e auxiliando na avaliação do seu potencial de utilização.

A topografia do terreno pode atuar como um facilitador no fluxo de água, em um sistema de aproveitamento de água de chuva, quando há diferenças significativas de níveis entre dois pontos do conduto.

2- OBJETIVO

Pelo contexto apresentado, este trabalho teve como objetivo avaliar algumas vantagens possíveis de se obter com a utilização de um sistema de aproveitamento da água de chuva em local com desnível topográfico acentuado.

3- METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

O local escolhido para avaliar o sistema de aproveitamento da água de chuva, envolve uma área dentro do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (MG).

Na figura 1 apresenta-se a área demarcada em azul caracterizando o local de estudo no Campus da UFJF abrangendo a Faculdade de Engenharia, Instituto de Ciências Exatas - ICE Instituto de Ciências Biológicas – ICB e o Instituto de Ciências Humanas - ICH.

Cabe ressaltar que a base de dados georreferenciada foi gentilmente cedida pela Prefeitura de Juiz de Fora (PJF). Esta base foi trabalhada no sistema de informações geográficas ArcGis da ESRI®, partir do qual foram gerados os mapas temáticos e o modelo digital de elevação do terreno.

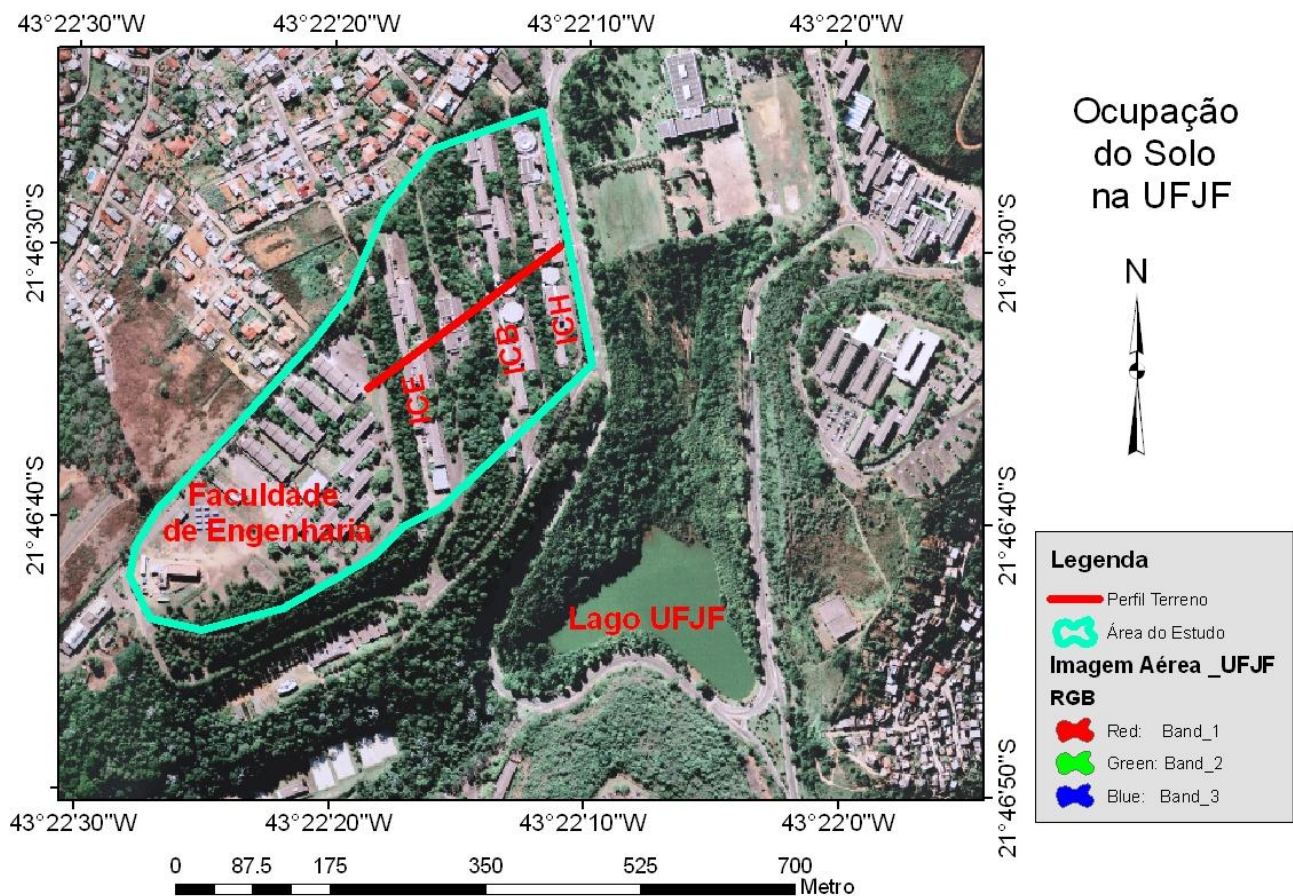


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

Para calcular o desnível topográfico do terreno na área de estudo visando avaliar o aproveitamento da água de chuva foi utilizada a extensão 3D Analyst do sistema de informações geográficas, ArcGis da ESRI®.

A partir das curvas de nível do terreno cedidas pela Prefeitura de Juiz de Fora (PJF), com intervalos de metro em metro, foi possível desenvolver o modelo digital de elevação do terreno (MDE), conforme mostra a Figura 2, onde se destaca a linha em vermelho, utilizada para definir o perfil topográfico do terreno possibilitando, assim, a avaliação dos desníveis topográficos entre os platôs da Faculdade de Engenharia, Instituto de Ciências Exatas – ICE, Instituto de Ciências Biológicas - ICB e Instituto de Ciências Humanas - ICH (Figura 3).

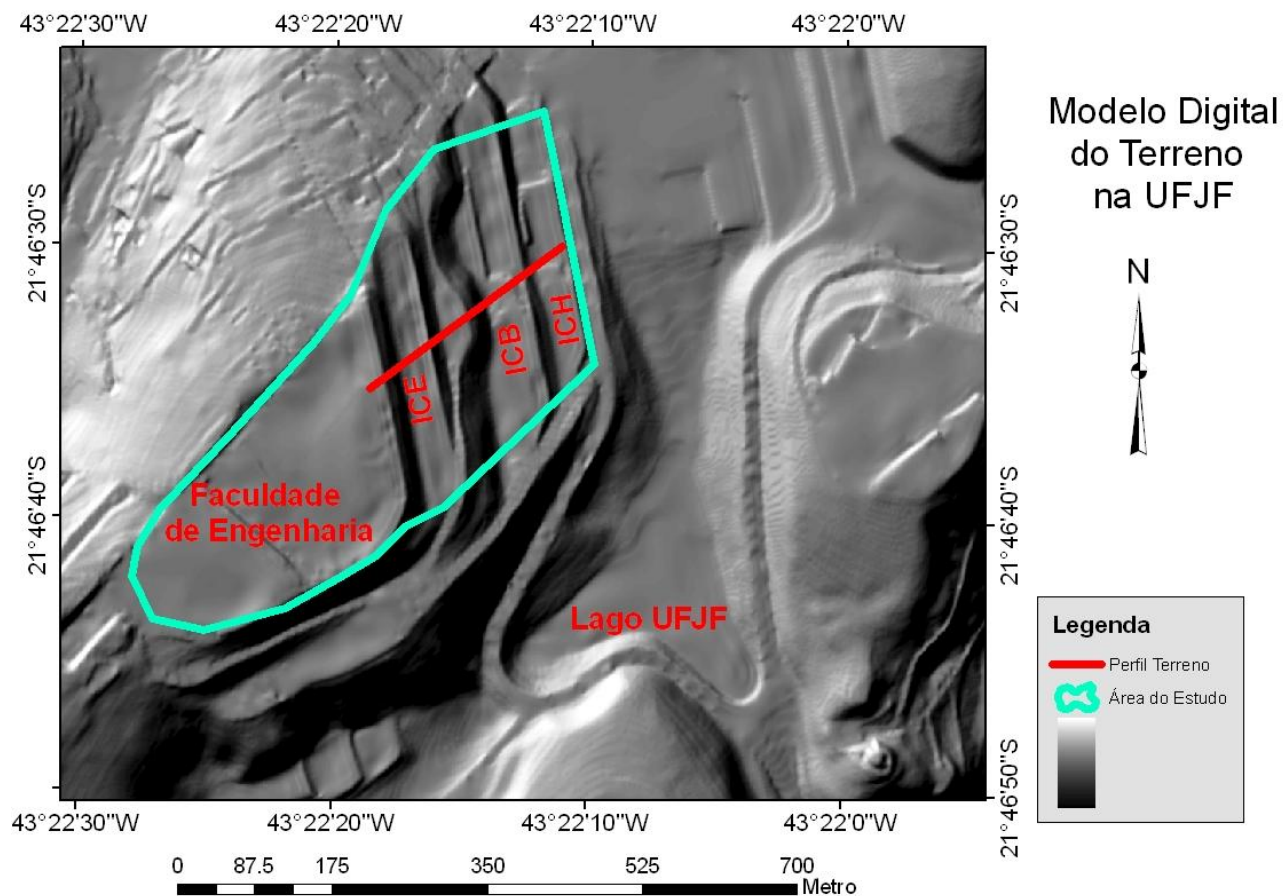


Figura 2 - Modelo digital de elevação do terreno da área de estudo.

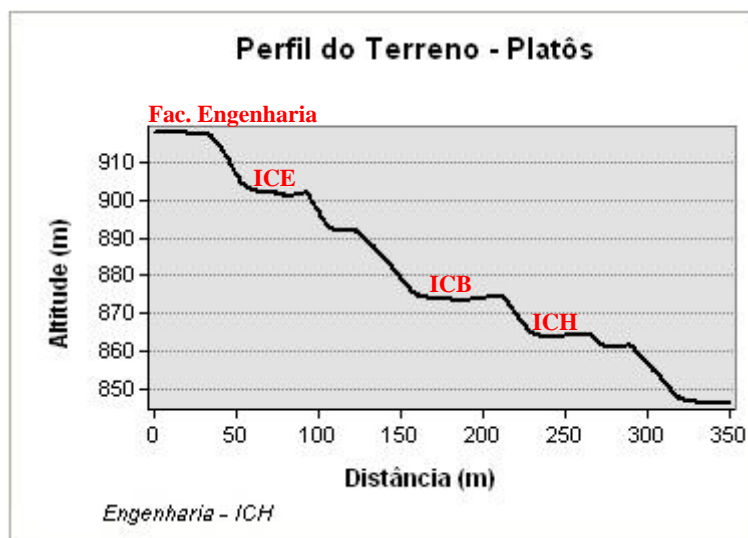


Figura 3 - Perfil topográfico entre os platôs da Faculdade de Engenharia, ICE, ICB e ICH.

Na Tabela 1 são relacionados os desníveis entre os diversos platôs para cálculo do cálculo energético hidráulico entre os mesmos.

Tabela 1 - Desníveis altimétricos entre os platôs.

Desnível	Descrição	Desnível (m)
1	Fac. de Engenharia x ICE	17
2	ICE x ICB	27
3	ICB x ICH	10

3.2 Disponibilidade Hídrica

Para estudar a disponibilidade hídrica anual da água da chuva foram selecionadas 14 estações pluviométricas na região de Juiz de Fora (Tabela 2), com os seus respectivos códigos, nome da estação, e coordenadas geográficas (ANA, 2009 e ANEEL, 2001).

Tabela 2 - Listagem das estações pluviométricas localizadas na região de Juiz de Fora.

Código	Nome da Estação	Latitude	Longitude
02143012	JUIZ DE FORA	-21 45 00	-43 20 00
02143015	FAZENDA SÃO JOSÉ	-21 55 00	-43 22 00
02143016	TORREÕES	-21 52 09	-43 33 20
02143020	CHAPEU D'UVAS	-21 35 39	-43 30 19
02143050	JUIZ DE FORA (DIST.IND.)	-21 44 00	-43 24 00
02143051	FAZENDA SANTO ANT.	-21 54 00	-43 22 00
02143056	JUIZ DE FORA	-21 46 02	-43 18 49
02143064	SE JUIZ DE FORA	-21 46 40	-43 19 11
02143066	PCH PACIÊNCIA	-21 50 00	-43 20 00
02143068	PCH JOASAL	-21 46 00	-43 20 00
02143069	UHE PICADA JUSANTE	-21 54 38	-43 32 10
02143070	JUIZ DE FORA - JUSANTE	-21 46 42	-43 19 31
02143075	JUIZ DE FORA JUSANTE	-21 46 00	-43 19 00
02143076	UHE PICADA – MONT.	-21 48 15	-43 35 30

Fonte: ANA (2009); ANEEL(2001)

A partir dos dados pluviométricos obtidos nas séries históricas das estações pluviométricas foi definida a chuva média mensal para o município de Juiz de Fora conforme mostra a Figura 4.

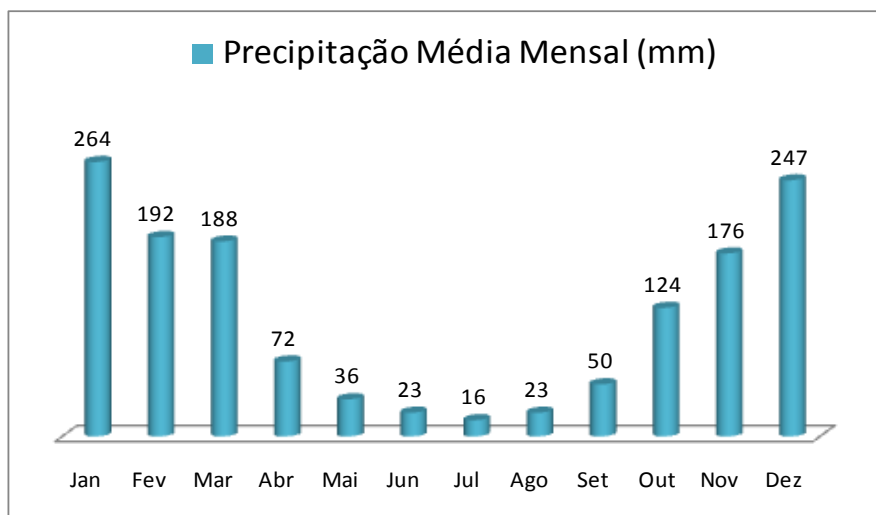


Figura 4: Distribuição da precipitação média mensal no município de Juiz de Fora

Analisando a Figura 4 pode-se constatar que o período chuvoso inicia-se em outubro e vai até março e o período seco vai de maio até setembro.

Para calcular o volume possível de água a ser utilizado, considerou-se toda a área de captação da água da chuva a partir das coberturas dos prédios da Faculdade de Engenharia, do ICE e ICB, totalizando respectivamente áreas de 9.500m^2 , 4232m^2 e 4815m^2 conforme mostram as Figuras 5, 6 e 7 e a Tabela 3.



Figura 5: Coberturas consideradas no cálculo da área de captação na Faculdade de Engenharia.
Fonte: Google Earth PRO

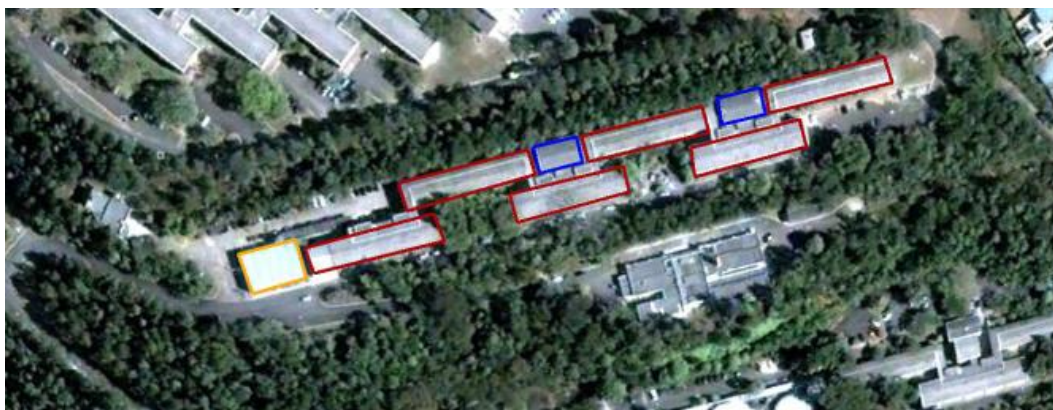


Figura 6: Prédios considerados no cálculo da área de captação a partir de coberturas no ICE.
Fonte: Google Earth PRO



Figura 7: Coberturas consideradas no cálculo da área de captação no ICB.
Fonte: Google Earth PRO

Tabela 3: Áreas de captação de água de chuva dos prédios da Faculdade de Engenharia, ICB e ICE.

Engenharia		ICB		ICE	
Local	Área (m ²)	Local	Área (m ²)	Local	Área (m ²)
Galpões	4500	Prédios	3837	Prédios	3433
Prédios	3390	Cantina	120	Auditório	409
Corredor	576	Corredor	246	Secretaria	390
Anfiteatro	1000	Auditório	612	-	-
TOTAL	9500		4815		4232

Para o dimensionamento do reservatório utilizou-se método de Rippl, obtendo os valores das médias mensais das séries históricas, demonstradas na Figura 4.

Este método pode ser representado pelas seguintes equações:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (1)$$

onde:

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

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

$D(t)$ = demanda ou consumo no tempo t .

$$Q_{(t)} = C.P.A \quad (2)$$

onde:

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

C = coeficiente de escoamento superficial ou de runoff.

(Considerou-se neste trabalho: $C=0,8$)

P = precipitação no tempo t (mm);

A = Área de captação da chuva (m^2).

$$V = \sum S(t) \quad (3)$$

onde:

V = volume do reservatório (m^3);

$S(t)$ = volume de água no reservatório no tempo t .

Para efeito de cálculo adotou-se como hipótese um reservatório subterrâneo de acumulação da água captada na Fac. Engenharia com $50 m^3$ de capacidade.

Os dados para o consumo de água na Faculdade de Engenharia, utilizados para simulação do balanço hídricos (disponibilidade x demanda) em função do número de pessoas é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Valores de consumo de água considerando o total de alunos da Faculdade de Engenharia.

Dados de Consumo – Fac. Engenharia		
Total Alunos 2009*	1692	Estudantes
Consumo /Estudante	40	l/dia
Consumo (Mês letivo)	1354	m^3 /mês
Consumo (Mês Férias)	135	m^3 /mês

*Informações obtidas na página UFJF.
Fonte: UFJF (2009)

Diante das informações apresentadas, para a avaliação do aproveitamento da água da chuva foi considerado dois cenários distintos:

Cenário 1: considerando que o reservatório subterrâneo de acumulação na Faculdade de Engenharia, no ICE e ICB devam abastecer suas próprias instalações, necessitando, para isso, de sistemas de bombeamento para elevar a água acumulada a um outro reservatório superior, localizado 6 m acima do nível do solo e com uma perda de carga total na tubulação de condução da água equivalente a 2 m.

Cenário 2: Considerando que o reservatório subterrâneo de acumulação na Faculdade de Engenharia deva abastecer pela ação da gravidade o ICE, localizado a 17 m abaixo e adotando a mesma consideração entre o ICE e ICB, e entre o ICB e ICH.

4- RESULTADOS

4.1 - Aproveitamento da Água de Chuva

Na Tabela 5 apresenta-se o balanço hídrico de água mês a mês, em função da disponibilidade e demanda de água na Faculdade de Engenharia.

Tabela 5: Balanço hídrico do aproveitamento da água de chuva na Faculdade de Engenharia

Mês	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Volume Chuva (m³)	Overflow (m³)	Suprimento Água Externo (m³)
Jan	264	135	2006	1821	0
Fev	192	135	1459	1324	0
Mar	188	1354	1429	75	0
Abr	72	1354	547	0	757
Mai	36	1354	274	0	1080
Jun	23	1354	175	0	1179
Jul	16	135	122	0	13
Ago	23	1354	175	0	1179
Set	50	1354	380	0	974
Out	124	1354	942	0	412
Nov	176	1354	1338	0	16
Dez	247	135	1877	1692	0
TOTAL	1411	11372	10724	4913	5611

Analisando a Tabela 5 verifica-se nos meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março, não haveria necessidade de suprimento, a não ser para fins potáveis, de água de rede, da concessionária local, ficando a Faculdade de Engenharia auto-suficiente, com o aproveitamento da água de chuva. Outra importante informação consiste no volume total de água de chuva possível de ser captada e armazenada sendo igual a 10724 m³. Da mesma forma, a Tabela 6 apresenta, respectivamente, os volumes de água pluvial possíveis de serem captadas e utilizadas nos Institutos ICE e ICB.

Tabela 6: Volumes de chuva captadas no ICE e ICB.

Mês	Chuva Média Mensal (mm)	Volume Chuva ICE (m³)	Volume Chuva ICB (m³)
Jan	264	894	1017
Fev	192	650	740
Mar	188	636	724
Abr	72	244	277
Mai	36	122	139
Jun	23	78	89
Jul	16	54	62
Ago	23	78	89
Set	50	169	193
Out	124	420	478
Nov	176	596	678
Dez	247	836	951
TOTAL	1411	4558	5437

4.2 - Avaliação Econômica

Considerando o valor da tarifa pública da concessionária de água local no valor de R\$2,11/m³ para o consumo de água e sendo o total de 20.719 m³ de água pluvial captada na área de cobertura da Faculdade de Engenharia, do ICE e do ICB, chega-se a uma economia total de R\$ 43.717,09/ano.

Importante ressaltar que esse trabalho se aplica às outras faculdades e institutos do Campus da UFJF, resultando em um valor economizado substancialmente maior.

5 - CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que o aproveitamento da água de chuva no campus da UFJF proporcionará um ganho econômico e ambiental substanciais para a Universidade.

Além dos ganhos mencionados haverá também um comprometimento educacional e uma conscientização dos alunos, não mensuráveis diretamente.

Com a grande área de captação da Faculdade de Engenharia, os grandes volumes de água precipitada ao longo do ano e os desníveis topográficos existentes entre os Institutos e a Faculdade, a implementação de um sistema de aproveitamento da água da chuva será uma interessante alternativa para o abastecimento de água.

Os resultados desse projeto representam apenas uma parte do potencial de aproveitamento de água da chuva do campus já que com a inclusão dos outros intitutos e faculdades os benefícios seriam maximizados. Esse potencial poderia ser estendido também para o restante da cidade por esta apresentar um relevo acidentado semelhante ao da área de estudo, sendo que cada edificação situada numa cota superior poderia captar água para abastecer por gravidade a edificação de uma cota inferior.

BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*. NBR 15527/2007.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Inventário das Estações Pluviométricas*, ANA, Superintendência de Gestão de Rede Hidrometeorológica, Brasília (DF), SGH, 2009, 332 p.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Inventário Estações Pluviométricas*. Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, Brasília, 2001, 210 p.

ASSIS, J. C. (2002). *Preservação da Água: Questão de Sobrevivência*. CREA/RJ - Rio de Janeiro. 4º ed.

BRASIL, *Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei nº 9.433*, de 8 de janeiro de 1997. MMA/SRH, 1997.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis*. 2ª Edição. São Paulo: Editora Navegar, 2005. 180 p.

UFJF (2009) www.ufjf.br/engenharia, acessado em 2009.