

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE INCREMENTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA ABASTECIMENTO URBANO DA ILHA DE FERNANDO DE NORONHA

POSSAS, JOSÉ M. C.

Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil, +55 81 3302127, jmcpossas@yahoo.com.br

CORRÊA, MARCUS M.

Professor do Departamento de Tecnologia Rural - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n. Dois Irmãos, Recife, Brasil, +55 81 33021273, metri@tr.ufrpe.br.

PEREIRA JR, CAETANO C.

Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil, +55 81 33021273, caetanopereirajr@hotmail.com

MONTENEGRO, ABELARDO A. A.

Professor do Departamento de Tecnologia Rural - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n. Dois Irmãos, Recife, Brasil, +55 81 33021273, monte@hotlink.com.br.

FRANÇA, MANOEL V.

Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n. Dois Irmãos, Recife, Brasil, +55 81 33021273, manocostanetto@bol.com.br.

LIMA, GÉSSICA S.

Graduanda em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil, +55 81 33021273, gessicalima@hotmail.com

Resumo

Em geral, as ilhas oceânicas têm disponibilidade limitada de recursos hídricos para abastecimento urbano. Em Fernando de Noronha, o principal manancial utilizado para o abastecimento está situado na bacia hidrográfica do Xaréu. Objetivando-se aumentar a disponibilidade hídrica da Ilha, foi analisada a possibilidade de interligação da bacia do Xaréu com a bacia do Aeroporto. O estudo foi realizado considerando os dados de precipitação pluviométrica do ano hidrológico de 2007. O deflúvio superficial foi estimado pelo método do número da curva (CN) do Serviço de Conservação de Solo (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA). A análise permitiu constatar a presença de 23 eventos capazes de gerar escoamento superficial, os quais representaram um incremento de 52,38% ao volume de água capitado pela bacia do Xaréu, resultando em significativo aumento na disponibilidade hídrica a ser utilizada para consumo da população local.

Palavras-Chave: Escoamento superficial, interligação de bacias, Método CN, precipitação, ilhas oceânicas.



1 INTRODUÇÃO

Fernando de Noronha é um arquipélago isolado do Atlântico Equatorial, formado por uma ilha principal com o mesmo nome, e por mais vinte ilhotas, totalizando uma área de 26 Km².

Dos conjuntos insulares brasileiros, Fernando de Noronha destaca-se pela longa história de ocupação humana, responsável pela degradação ecológica e relativa alteração dos ecossistemas primitivos, pelo montante de investimentos públicos e privados no setor turístico, além do crescente número de trabalhos técnico-científicos sobre seu patrimônio natural (BATISTELLA, 1993).

Devido à grande demanda de água pela população e ao aumento no fluxo de turistas na ilha, tem ocorrido, com freqüência, limitações de abastecimento, com adoção de racionamentos, em particular no verão. O abastecimento é prioritariamente desenvolvido a partir de fontes superficiais, particularmente de represamentos, destacando-se o açude do Xaréu, com reforços do açude da Pedreira, bem como de poços profundos. Cabe salientar que a Ilha dispõe de outros mananciais, os quais não vêm sendo explorados atualmente, principalmente devido a problemas de assoreamento, por sedimento e por vegetação.

Considerando as restrições de abastecimento já mencionadas, o Governo do Estado de Pernambuco tem considerado a possibilidade de reabilitação de açudes assoreados, de modo a incrementar a oferta hídrica.

O planejamento, projeto e operação de qualquer obra relacionada com o aproveitamento, controle e proteção dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica baseiam-se na avaliação da demanda frente à disponibilidade de água em bacias hidrográficas. Para uma gestão adequada, notadamente nas atividades de administração, a disponibilidade hídrica na bacia precisa ser bem conhecida. Essa disponibilidade é avaliada através da aplicação de um balanço hídrico, no qual é imprescindível o conhecimento das principais variáveis hidrológicas, notadamente a precipitação e o deflúvio superficial (TUCCI e CLARKE, 1998).

Diversos métodos são utilizados para se estudar o escoamento superficial. Alguns fornecem as vazões máximas que ocorrem em uma bacia hidrográfica tais como a fórmula racional; outros permitem conhecer o volume total escoado superficialmente. Nesta categoria destaca-se o método do Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos (SCS-USDA), denominado método do número da curva, que utiliza a precipitação total diária, incorpora o efeito relativo das características de infiltração de água no solo, uso da terra e práticas agrícolas.

Inicialmente desenvolvido para uso em áreas agrícolas, atualmente tem sido objeto de estudo, desenvolvimento e aplicação também em áreas urbanas. Este modelo está subdividido em duas partes: 1.^a - estima a partir de informações do tipo, uso e umidade antecedente do solo, o número da curva de escoamento superficial (CN) e com este a parcela da precipitação que resultará em escoamento direto, conhecida como precipitação excedente, excesso de precipitação ou precipitação efetiva; 2.^a - estima a distribuição e o volume do escoamento de uma determinada área de drenagem conhecida a precipitação excedente.

Em função da disponibilidade limitada de recursos hídricos para abastecimento público daquela Ilha e sabendo-se que os solos ali existentes possuem alto potencial para geração de deflúvio, foi estimado o escoamento superficial para as duas bacias através do método CN-SCS, visando à interligação da bacia do Aeroporto com a bacia do Xaréu, objetivando-se incrementar o volume de água armazenado pelo Açude do Xaréu, aumentado assim, a disponibilidade hídrica para abastecimento populacional da Ilha de Fernando de Noronha.

2 A ILHA DE FERNANDO DE NORONHA

O Arquipélago de Fernando de Noronha constitui um complexo turístico-ecológico, que abriga um Distrito Estadual, administrado pelo Governo do Estado de Pernambuco (Brasil), uma Área de Proteção Ambiental e o Parque Nacional Marinho, sob jurisdição do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Segundo ROCHA (1995), o Arquipélago localiza-se entre as coordenadas 3° 50' e 3° 52' de latitude sul e 32° 24' e 32° 28' de longitude oeste, é formado por uma ilha principal, denominada Fernando de Noronha, com aproximadamente 17 km² de extensão, e por mais de duas dezenas de ilhotas ou rochedos (Figura 1). Constituem as porções emersas de um conjunto de montanhas submarinas de 60 km de extensão no sentido norte-nordeste/sul-sudoeste, cuja base repousa a 4.000 m de profundidade.

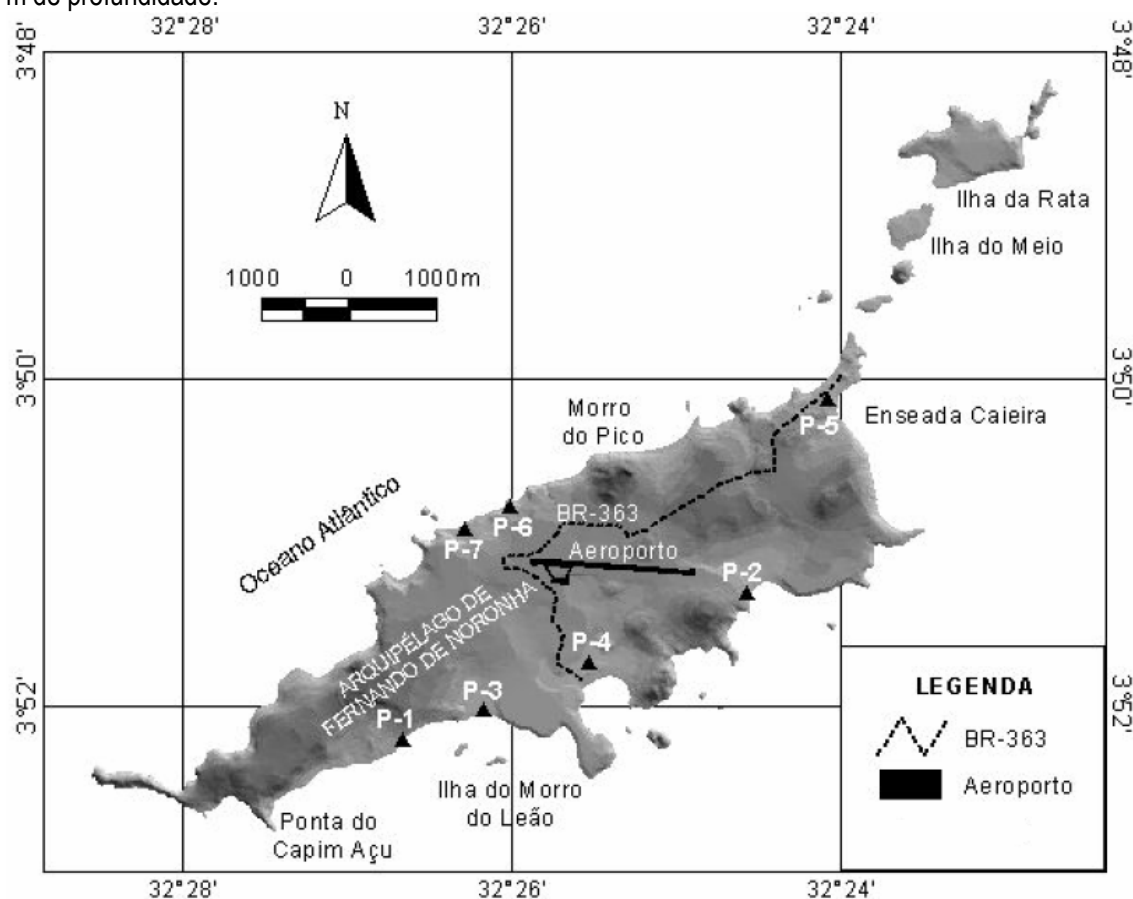


Figura 1 – Mapa do Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil.

Fonte: MARQUES *et al.* (2007).

O clima, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Aw', guardando semelhanças com aquele do Agreste Nordestino, sobretudo pelas estações seca e chuvosa, bem definidas, e pela acentuada irregularidade da precipitação pluvial entre os anos (TEIXEIRA *et al.*, 2003). A precipitação pluvial média anual é de 1.275 mm, estendendo-se a estação chuvosa de fevereiro a julho. A média anual da evapotranspiração potencial alcança 1.942 mm.ano⁻¹, favorecida pela intensidade dos ventos alísios de sul e sudeste, suplantando a precipitação pluvial em dois terços dos meses do ano. A temperatura média anual é de 25 °C (BATISTELLA, 1993).

A ilha principal possui contorno irregular, com muitas reentrâncias e superfície ondulada, constituída por planaltos, morros, depósitos fluviais e baixada litorânea. Em sua porção central encontra-se um planalto de relevo suave, com altitudes entre 50 e 70 m, que constitui uma superfície de erosão decorrente dos processos combinados da ação fluvial e evolução dos interflúvios (ALMEIDA, 1958). Essa superfície de relevo suave se ergue lentamente em direção aos morros fonolíticos e é lateralmente interrompida por relevos forte ondulados ou por falésias, que sofrem a ação da erosão marinha. A pequena espessura dos solos das encostas dos morros e a sua baixa permeabilidade em determinados trechos pouco movimentados do planalto contribuem para um pronunciado escoamento superficial, que alimenta riachos intermitentes e com leito pouco definido, os quais têm seu fluxo interrompido poucos dias após ocorrência das chuvas.

De acordo com ROCHA (1995), predomina no arquipélago uma vegetação sub-xerófila, caracterizada pela perda completa das folhas no período seco. Esse tipo de vegetação, composto por formações arbóreas e arbustivas, foi denominado por TEIXEIRA *et al.* (2003) como sendo uma Mata Estacional Decidual ou Mata Seca, pois caracteriza-se pela mudança de aparência nas diferentes estações climáticas (estacional) com a queda de suas folhas no período seco (decidual).

Adicionalmente, estudos cartográficos foram conduzidos com o objetivo de verificar a possibilidade da expansão das áreas de captação de água na Bacia do Xaréu. Com efeito, verificou-se a possibilidade de interligação de bacias, tendo-se constatado ser viável tal interligação, do ponto de vista hidrológico. Tal iniciativa deve, entretanto, ser precedida de rigoroso estudo de possíveis impactos ambientais. A Figura 2 apresenta esquematicamente o potencial de interligação entre as bacias hidrográficas do Xaréu e Aeroporto..

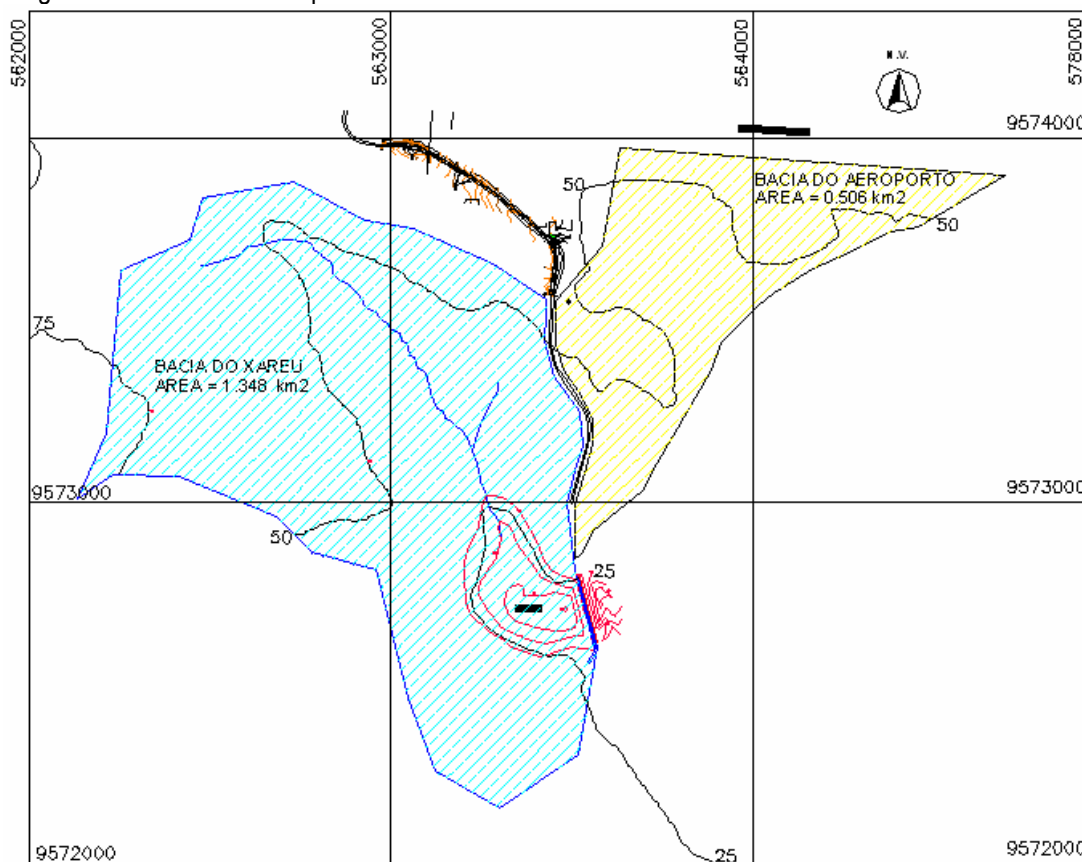


Figura 2 - Interligação entre as bacias hidrográficas do Aeroporto e Xaréu objetivando-se a otimização do manejo dos recursos hídricos na Ilha de Fernando de Noronha.

3 MATERIAL E MÉTODOS

De modo a avaliar o potencial hidrológico das bacias hidrográficas, foi adotado o Método do Número da Curva (SCS – USDA), utilizando-se na obtenção da lâmina de escoamento superficial, dados de precipitação diária registrados na estação climatológica automática, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Admitiu-se para as referidas bacias, a distribuição percentual de solos proporcional àquela estabelecida por MARQUES *et al.* (2007) para o Arquipélago de Fernando de Noronha, estabelecendo-se assim, grupos hidrológicos de solos dos tipos C e D conforme MOCKUS *apud* SARTORI *et al.* (2005), com ligeira predominância do segundo tipo em relação ao primeiro. Como a ocupação agrícola da bacia é regular, foi assumida condições de média drenabilidade.

O escoamento superficial, no Método do Número da Curva, foi estimado por (PRUSKI *et al.*, 2004):

$$ES = \frac{(PT - 0,2S)^2}{(PT + 0,8S)} \quad (1)$$

Em que ES e PT representam respectivamente a lâmina de escoamento superficial e a precipitação total em milímetros e S o armazenamento da bacia, estimado por:

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254 \quad (2)$$

Em que CN é o Número da Curva.

Os valores de CN foram obtidos através de tabelas (RAWLS *et al.*, 1996 *apud* SARTORI, 2004) conforme a combinação do grupo hidrológico do solo, com o tipo de cobertura e tratamento da terra, ambos associados a uma *condição de umidade antecedente* da bacia. Essas condições de umidade referem-se à lâmina precipitada num período mínimo de cinco dias antecedentes ao evento analisado. Esses limites podem ser observados no Quadro 1.

Quadro 1 - Limites da precipitação para a estimativa das condições de umidade antecedente

Condições de Umidade Antecedente	Precipitação acumulada (mm) nos 5 dias antecedentes	
	Estação Seca	Estação Úmida
AMC I	Menor que 13	Menor que 36
AMC II	13 a 28	36 a 53
AMC III	Maior que 28	Maior que 53

Fonte: MCCUEN, 1989 *apud* SARTORI, 2004.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação total referente ao ano hidrológico de 2007 foi de 1.171,5 mm e sua distribuição mensal pode ser observada na Figura 3. Durante o referido ano, foram identificados 23 eventos capazes de gerar escoamento superficial, sendo onze eventos registrados na condição de umidade antecedente 1 (AMC I), seis na situação de AMC II e os outros seis na AMC III. Os valores médios do CN foram estimados através da média ponderada entre os grupos de solos C e D e suas respectivas áreas relativas. Para a bacia do Aeroporto, também foi considerada, a área impermeabilizada relativa à pista. A cobertura do solo considerada foi àquela similar à do agreste nordestino sobre condições de média drenabilidade conforme RAWLS *et al.* (1996). Os valores dos CN's estimados para as duas bacias referente às diferentes condições de umidade antecedente podem ser observados no Quadro 2.



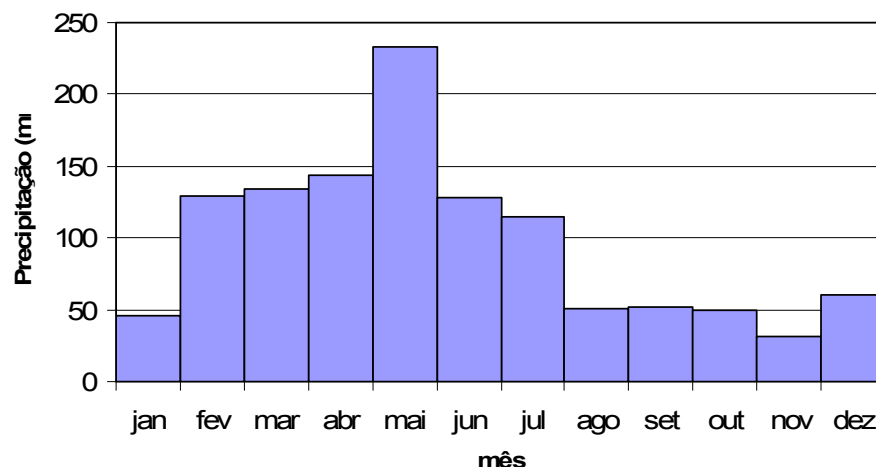


Figura 3 – Precipitação em mm referente ao de 2007 na Ilha de Fernando de Noronha.

Quadro 2 – Valores do CN em função das condições de umidade antecedente do solo

Condições de umidade antecedente	Bacia do Xaréu	Bacia do Aeroporto
AMC I	CN = 71	CN = 75
AMC II	CN = 86	CN = 88
AMC III	CN = 94	CN = 95

Calculando-se a média ponderada entre o número de eventos referente a cada condição e o referido valor do CN encontrou-se para as bacias do Xaréu e Aeroporto, respectivamente, valores de CN iguais a 80,9 e 83,6, respectivamente. TASSI *et al.* (2006) encontraram um valor médio para o parâmetro CN igual 82,5 ao analisarem 41 eventos de precipitação-vazão na bacia hidrográfica Cascata 1, situada numa área urbana na região de Porto Alegre, RS, cuja a área de drenagem é de 8 km², com parcela impermeável de 27% e grupos hidrológicos de solos dos tipos C e D, grupos estes, pertencentes ao mesmo grupo de solos da Ilha de Fernando de Noronha.

As Figuras 4 e 5 exibem o escoamento superficial em função da precipitação, para os eventos registrados nas diversas condições de umidade antecedente do solo, respectivamente para as bacias do Xaréu e do Aeroporto. Pode-se observar nas figuras, que quanto maior a umidade antecedente do solo (AMC), menor será a precipitação necessária para gerar uma mesma lâmina de escoamento superficial. Isto pode ser notado pela proximidade das curvas em relação ao eixo vertical, pois quanto maior a AMC, mais próxima está a curva do eixo das ordenadas. Este comportamento pode estar relacionado com o preenchimento dos macroporos do solo por água, ou seja, quanto maior o teor de umidade do solo, mais propício este solo estará em gerar deflúvio superficial.

Também pode ser observado nas Figuras 4 e 5 que a função polinomial do segundo grau se ajustou bem aos resultados obtidos, promovendo um coeficiente de determinação (R^2) próximo a 1 nas AMC I e AMC II e chegando a 1 na AMC III, isto implica em dizer que praticamente todos os valores referente ao escoamento superficial podem ser explicados pela precipitação incidente nas bacias. O número de eventos analisados nesta pesquisa foi semelhante ao total utilizado por GERMANO e TUCCI (1995) citado por TASSI *et al.* (2006). Os referidos autores determinaram o valor do parâmetro CN para 24 bacias urbanas em Porto Alegre, Joinville, Curitiba, São Carlos e Rio de Janeiro analisando 33 eventos de precipitação-vazão.

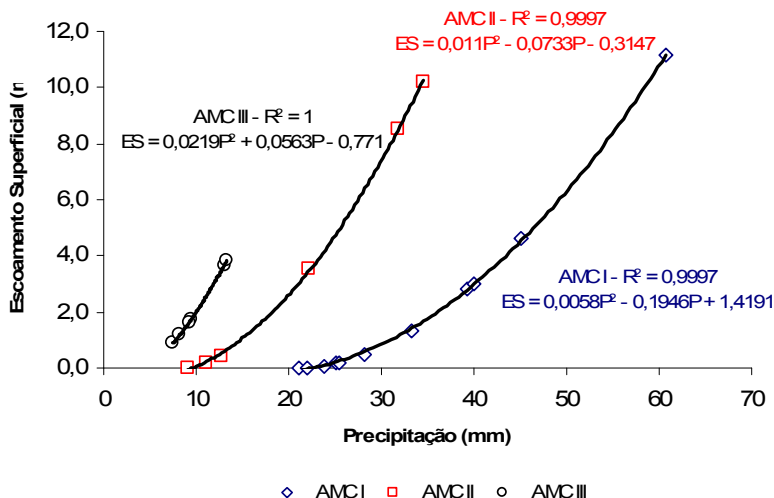


Figura 4 – Escoamento Superficial (mm) em função da Precipitação (mm) para a bacia do Xaréu, referente aos 23 eventos registrados na Ilha de Fernando de Noronha sobre diversos tipos de AMC's.

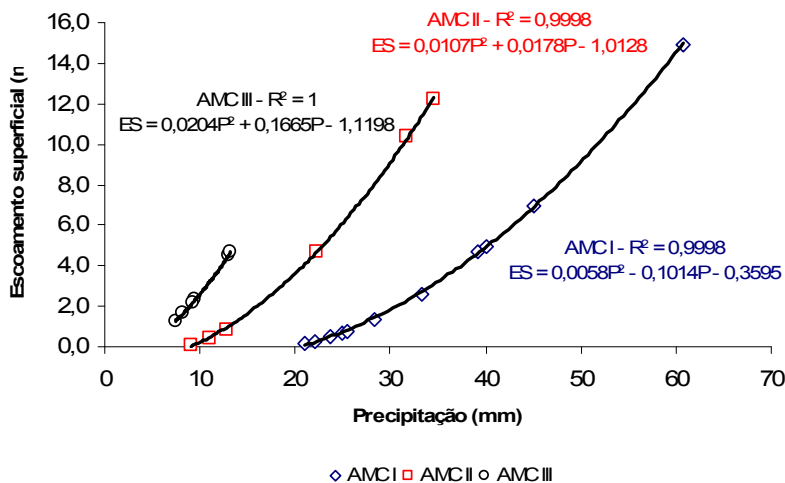


Figura 5 – Escoamento Superficial (mm) em função da Precipitação (mm) para a bacia do Aeroporto, referente aos 23 eventos registrados na Ilha de Fernando de Noronha sobre diversos tipos de AMC's.

Conhecidas as lâminas do deflúvio superficial calculadas através do método do Número da Curva e sabendo-se que as áreas das bacias do Xaréu e Aeroporto são respectivamente 1,348 km² e 0,506 km² foi possível calcular o volume de escoamento superficial produzido por ambas as bacias nos eventos estudados. Estes volumes foram os principais responsáveis pela alimentação do açude do Xaréu, principal manancial da ilha, que segundo MONTENEGRO *et al.* (2007) possui capacidade máxima de armazenamento de aproximadamente 400.000 m³.

Através dos resultados encontrados, o volume de água produzido superficialmente pela bacia do Xaréu, no presente estudo, foi de 80.368,531 m³, enquanto a bacia do Aeroporto gerou um volume equivalente a 42.099,468 m³. Comparando os volumes produzidos entre as bacias, caso houvesse a interligação entre as mesmas, o volume gerado superficialmente pela bacia do Aeroporto representaria um incremento de aproximadamente 52,38 % na oferta de água para a Ilha. Ainda avaliando-se o deflúvio superficial gerado pelas bacias em comparação com a capacidade máxima de armazenamento do açude do Xaréu, estimou-se, em termos percentuais, que a bacia do Xaréu produziu um volume equivalente a 20 % enquanto a do Aeroporto cerca de 10,5 %.

Considerando a limitada disponibilidade de recursos hídricos para abastecimento humano disponível nas ilhas oceânicas, é notório que o volume de água produzido pela bacia do Aeroporto quando comparado à bacia do Xaréu é bastante significativo, requerendo assim um estudo mais detalhado e uma parceria entre o Governo, Órgãos Ambientais e Universidades no intuito de viabilizar a interligação entre as referidas bacias, aumentando assim, a oferta de água para a população local, bem como para os turistas que costumam visitar a ilha.

5 CONCLUSÃO

Do ponto de vista hidrológico, a interligação entre as bacias do Aeroporto e do Xaréu é capaz de possibilitar um considerável incremento no volume de água armazenado no açude, pois através do estudo realizado no ano de 2007, podemos concluir que:

- O volume de água produzido superficialmente pela bacia do Xaréu foi cerca de 20 % do volume total do Açude;
- O volume de água produzido superficialmente pela bacia do Aeroporto foi cerca de 10,5 % do volume total do Açude do Xaréu;
- O volume de água produzido superficialmente pela bacia do Aeroporto em relação à bacia do Xaréu foi de cerca de 52,38 %.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, F.F.M. - "Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha". Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1958. 181p.

BATISTELLA, M. - "Cartografia Ecológica do Arquipélago de Fernando de Noronha". São Paulo, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, SP, 1993. 236p. (Dissertação de Mestrado).

MARQUES, F. A.; RIBEIRO, M. R.; BITTAR, S. M. B.; LIMA NETO, J. A.; LIMA, J. F. W. F. - "Caracterização e Classificação de Cambissolos do Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **31**, 2007, pp. 1023-1034.

MONTENEGRO, A. A. A.; FRANÇA, M. V.; SILVA, E. F. F.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; PONCIANO, I. M. - "Disponibilidade de Recursos Hídricos Superficiais de Fernando de Noronha-PE e Alternativas de Incremento da Oferta". XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo-SP. 2007.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. - *Escoamento Superficial*. 2ª edição, Editora UFV Viçosa, MG. 2004. 87 p.

ROCHA, W.J.S. - "Características hidrogeológicas e hidroquímicas da Ilha de Fernando de Noronha". Recife, Universidade Federal de Pernambuco, PE, 1995. 382p. (Dissertação de Mestrado).

SARTORI, A. - "Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos". Campinas, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2004. 189p. (Dissertação de Mestrado).



SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A.M. – “Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação”. - *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. **10**, 4, 2005, 13 p.

TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; MELLER, A.; MIRANDA, T. C.; HOLZ, J.; SILVEIRA, A. L. L. - “Determinação do Parâmetro CN para Sub-bacias Urbanas do Arroio Dilúvio, Porto Alegre, RS”. I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, Curitiba-PR, 2006.

TEIXEIRA, W.; CORDANI, U. G.; MENOR, E. A.; TEIXEIRA, M. G.; LINSKER, R. - *Arquipélago de Fernando de Noronha o paraíso do vulcão*. São Paulo, Terra Virgem, 2003. 168p.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. - “Environmental issues in the la Plata basin”. *Water Resources Development*. Dublin, **14**, 2, 1998, pp. 157 - 173.