

IV-045 - GERAÇÃO DE SÉRIES DE VAZÕES AFLUENTES PARA A BARRAGEM SÃO BENTO, SIDERÓPOLIS-SC

Juliano Possamai Della⁽¹⁾

Engenheiro Civil, Mestre em Ciências Ambientais, Companhia Catarinense de Águas e Saneamento- Casan

Álvaro José Back

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Professor do Programa de Pós-graduação em Ciências ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)

Endereço⁽¹⁾: Rodovia BR 470, km 11, bairro Santa Galo, nº 7383, Rio do Sul- Santa Catarina - CEP 89163-020 e-mail: jdella@casan.com.br

RESUMO

A simulação hidrológica dos volumes de água armazenada nos reservatórios sob diferentes demandas é uma ferramenta muito útil para o estabelecimento de critérios de operação destes reservatórios bem como no estabelecimento dos riscos de falhas no atendimento dessas demandas sob diferentes cenários. Para estas simulações há necessidade de longas séries de vazões afluentes, o que geralmente não ocorre. As vazões afluentes podem ser obtidas a partir de modelos de chuva-vazão, o que requer longa série de dados de precipitação diária. Este trabalho teve como objetivo ajustar e avaliar um modelo para obtenção das vazões afluentes para a barragem do Rio São Bento, localizada em Siderópolis, SC. Foram usados os dados do controle hidráulico e do monitoramento hidrológico da barragem do período de 2004 a 2012. Foram calculados os totais decendiais de precipitação e vazão afluente e determinado o coeficiente de escoamento. O valor coeficiente de escoamento (C) obtido pela relação entre o volume afluente e o volume da precipitação registrada da estação meteorológica da barragem foi de 0,76. O modelo ajustado para geração de série de vazões, embora muito simplificado, permitiu simular vazões afluentes semelhantes com as vazões obtidas do controle hidráulico da barragem.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação, simulação, reservatórios, barragem.

INTRODUÇÃO

A escassez generalizada, a destruição gradual e o agravamento da poluição dos recursos hídricos em muitas regiões do mundo, ao lado da implantação progressiva de atividades incompatíveis, exigem o planejamento e manejo integrados desses recursos (CNUMAD, 1992). Com as demandas de água aumentando, especialmente no final do século 20, os inúmeros impactos quantitativos e qualitativos, promoveram e estimularam novas soluções para o gerenciamento de recursos hídricos, a nível local, regional, nacional e internacional (Tundisi, 2003).

Conforme Bravo (2006) a construção e operação de reservatórios possuem como função primordial o desenvolvimento de reservas em épocas de excesso hídrico, para uso posterior em períodos de escassez. Entretanto, diversos fatores cooperam para realização da análise da operação de reservatórios com múltiplos usos se tornar um processo de difícil solução, sendo esses fatores as características estocásticas do processo hidrológico, a quantificação e definição dos objetivos, a necessidade de um processo sequencial de decisões bem como a complexidade do resultante de otimização, pois não segue uma linearidade.

A poluição dos recursos hídricos pelas atividades de mineração do carvão, aliada a crescente demanda de água para abastecimento e uso industrial bem como agricultura, contribui para a escassez de disponibilidade de água na região carbonífera catarinense. Gerando, conflito de interesses pela utilização da água, principalmente nos períodos de estiagem. Devido às condições topográficas favoráveis, a barragem do rio São Bento se constituiu em uma obra de fundamental importância para o abastecimento, humano, industrial e agrícola da região, (Casan-OAS, 2001).

Segundo Casan–MOR (2003), o armazenamento de água no reservatório permitira atender uma demanda de projeto até o ano de 2027 uma população de 730.000 e resolver interesse conflitantes com a irrigação. Possuindo benefícios de ordem social com a garantia de abastecimento a população urbana, garantindo o desenvolvimento da região.

A barragem do rio São Bento deverá atender a múltiplos usos fazendo-se necessárias considerações e alertas a fim de evitar ou mesmo minimizar os conflitos gerados pelo uso da água que será armazenada no reservatório (Casan-OAS, 2001). As definições de múltiplo uso devem atender demandas referentes a abastecimento d'água, irrigação de áreas agrícolas e manter a vazão ecológica a jusante (Casan-Magna, 1993).

A barragem do rio São Bento foi projetada para atender três finalidades principais abastecimento, irrigação e controle de cheias. No entanto, estes usos são conflitantes e por isso há necessidade de estabelecer critérios de operação da barragem, de forma a atender de modo racional as diferentes demandas. Na política básica de operação da barragem foram criadas situações de normal, atenção e emergência tanto para períodos de cheias quanto para períodos de estiagem, porém não estabelece formas de distribuição e quantidades para cada segmento a ser atendido.

Segundo Tucci (1998) o modelo hidrológico constitui uma das ferramentas que a ciência desenvolveu, para melhor entender e representar o comportamento da bacia hidrográfica e prever condições diferentes das observadas. A reprodução dos processos hidrológicos por meio de modelos é a forma encontrada por profissionais da área para observar os diferentes componentes do ciclo hidrológico e as interações antrópicas.

A simulação hidrológica dos volumes de água armazenada nos reservatórios sob diferentes demandas é uma ferramenta muito útil para o estabelecimento de critérios de operação destes reservatórios bem como no estabelecimento dos riscos de falhas no atendimento dessas demandas sob diferentes cenários. Para estas simulações deve-se ter longas séries de vazões afluentes, o que geralmente não ocorre. Nestes casos pode-se estimar as vazões afluentes a partir dos volumes de precipitação na bacia por meio de modelos chuva-vazão.

Este trabalho teve como objetivo ajustar e avaliar um modelo para obtenção das vazões afluentes para a barragem do Rio São Bento, localizada em Siderópolis, SC.

METODOLOGIA

A barragem do rio São Bento, localizada no estado brasileiro de Santa Catarina no município de Siderópolis, está inserida na bacia hidrográfica do rio São Bento sendo definida como uma sub-bacia da bacia hidrográfica do rio Araranguá (Figura 1).

O reservatório possui uma área de inundação no nível máximo normal de 4,50 km² e uma área de drenagem a montante de 112,12 km². Na Figura 2 está identificada a área alagada do reservatório. Conforme Casan (2004), o clima onde esta localizada a bacia hidrográfica em estudo possui clima classificação segundo Köppen como clima Cfa (clima subtropical úmido com verão quente). A precipitação total anual na região Sul de Santa Catarina, varia de 1220 a 1660 mm, com o total anual de dias de chuva entre 98 e 150 dias. A bacia de estudo possui área de drenagem de 112,12 km², constituída por seus afluentes de maior significância o rio Serrinha e rio São Bento, contribuindo 40% e 60% respectivamente.

Conforme informações obtidas no Programa de Gerenciamento de Risco (Casan, 2004) a região encontra-se numa zona de transição entre a escarpa e a planície litorânea onde encontra-se a montante da barragem do rio São Bento é denominada pela unidade geomorfológica Serra Geral, situada no início dos contrafortes da Serra, compreendida por grandes escarpas basálticas.

Conforme Casan (2004), o desnível entre a parte mais elevada da bacia de contribuição até o barramento principal possui é de aproximadamente 1280 m, com declividades decorrentes variando entre 45% a 100% seguindo com classe do relevo escarpado e montanhoso. A jusante da Barragem Principal encontra-se a unidade Geomorfológica Colúvio-Aluvionar, caracterizada como uma planície aluvial com relevo plano a suavemente ondulado, variando a declividade entre 0 a 8%.

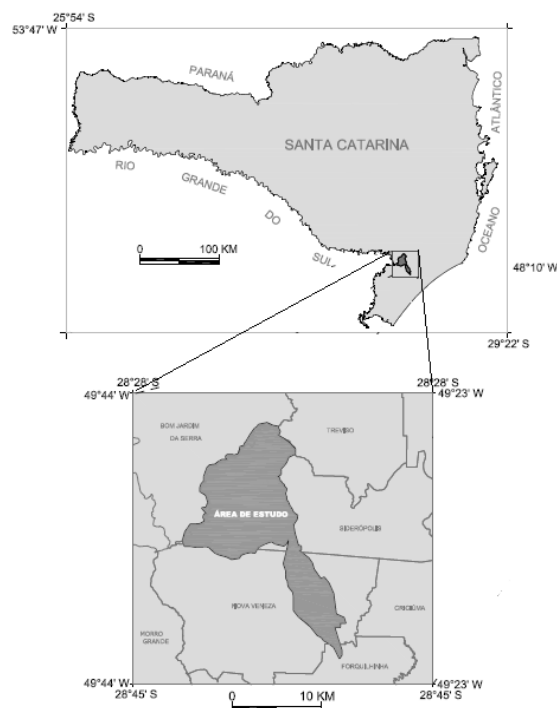


Figura 1: Localização barragem do rio São Bento.



Figura 2: Reservatório da barragem do rio São Bento.

Para a realização da simulação da operação da barragem e obtenção da série de vazões afluentes o trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira etapa consistiu no ajuste e avaliação do modelo para a geração da série de dados de chuva. A segunda etapa, que é tratada neste artigo, consistiu na avaliação do modelo para transformação da série de chuva em vazão afluente. Na Figura 3 consta o resumo destas etapas do trabalho realizado.

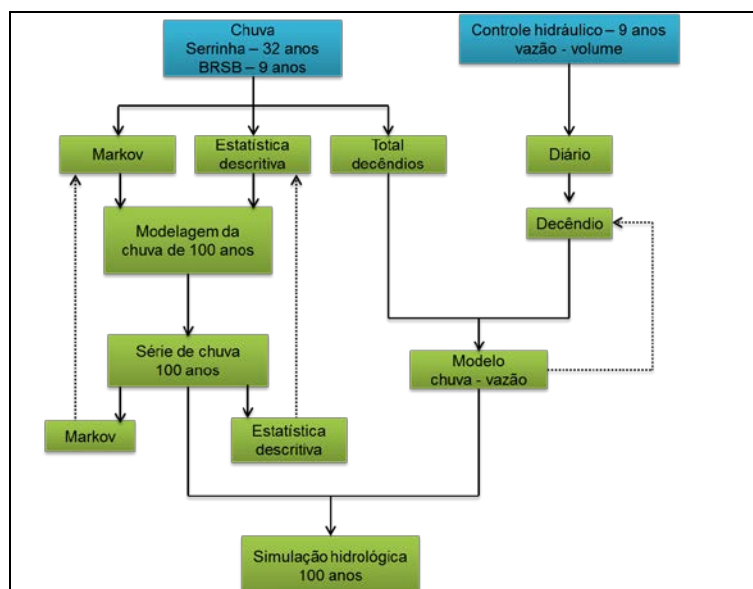


Figura 3: Etapas do trabalho para geração de vazões afluentes.

Para o ajuste do modelo-chuva vazão foram utilizados os dados hidráulicos relativos ao período de 2004 a 2012. Estes dados contam do sistema convencional de leituras, realizado pelos operadores da barragem do rio São Bento. Do formulário do controle hidráulico do reservatório da barragem do rio São Bento foram obtidos os dados para a determinação do balanço hídrico do reservatório, através dos dados da vazão afluente proporcionada através dos rios São Bento e Serrinha e defluente através dos descarregadores de fundo, dispersora, adução para abastecimento e vertedouro. Os valores de vazões foram transformados em volumes com unidades em hectômetros cúbicos (hm³), tendo como base o horário das 09:00 horas, para coincidir com as leituras dos dados de precipitação na estação meteorológica. Os valores diários foram agrupados em intervalos correspondentes aos decêndios do ano (1 a 36).

Um modelo mais simples para estimar a vazão a partir da chuva consiste em multiplicar o volume da precipitação por um coeficiente empírico, conforme:

$$Q = P \times C \quad \text{equação (1)}$$

em que: Q é a vazão;

P é a precipitação;

C é um coeficiente empírico.

Embora o modelo seja muito simplificado, os dados do monitoramento hidráulico não foram suficientes para ajustes de outros modelos chuva-vazão. Considerando que com os dados existentes de precipitação e vazão afluente na barragem, pode-se ajustar o coeficiente para o período do monitoramento por meio da relação:

$$C = \frac{Q}{P} \quad \text{equação (2)}$$

Segundo Tucci (2000), os coeficientes variam em uma mesma bacia, conforme o ano e o evento associado em função da intensidade, distribuição temporal e espacial da precipitação, condições de umidade do solo e retenções, possuindo uma avaliação de valores médios que permite analisar cenários médios com relação ao balanço hídrico da bacia e interferências.

RESULTADOS OBTIDOS

Obteve-se um coeficiente C médio de 0,76. Nas Figuras 4 a 11 encontram-se os resultados do volume observado e do volume simulado com o modelo ajustado. Observa-se que de forma geral o volume simulado apresenta valores próximos com o volume observado. As diferenças observadas se devem em parte a variação na precipitação na bacia, uma vez que somente se tem a observação de um pluviômetro localizado na barragem.

Encontrou-se um resultado satisfatório através da análise dos volumes simulados com coeficiente de escoamento ajustado. Verifica-se pequena variação entre os volumes observados e simulados que pode ser devido a precipitação ocorrer de forma heterogênea na bacia e também pelo fato da observação pluviométrica somente é realizada na estação a jusante barragem.

O valor encontrado de $C = 0,76$ é considerado alto. Segundo Collischonn e Dornelles (2013) o coeficiente de escoamento para maioria das bacias hidrográficas brasileiras varia de 0,1 a 0,5. O valor mais alto encontrado neste estudo pode ser explicado por alguns fatores. O primeiro fator é a área da bacia, que é muito pequena em relação às bacias citadas pelos autores. Em pequenas bacias o coeficiente de escoamento tende a ser maior. Um segundo fator é a geomorfologia da bacia da barragem do rio São Bento, caracterizada pela alta declividade, solos rasos sobre rochas, que favorecem o escoamento superficial e a maiores valores de coeficiente C . Um terceiro e importante fator é o efeito orográfico sobre a precipitação. Existem vários trabalhos que mostram que nas cabeceiras dos rios e na encosta da serra a precipitação pluviométrica é significativamente superior a precipitação registrada a jusante, Uggioni (2005) e Maurici (2001) também relatam este fenômeno em que ocorre um aumento no volume da precipitação pluviométrica próximo as encostas em relação à planície litorânea.

Como o pluviômetro da barragem do rio São Bento e da estação Serrinha estão a jusante, os valores de precipitação que ocorrem na bacia tendem a ser superiores à precipitação registradas nestas estações, e por consequência obtém-se um maior valor do coeficiente C .

No estudo de Regionalização Hidrológica de Santa Catarina (Santa Catarina, 2006) os valores de coeficiente de escoamento C das bacias hidrográficas dos principais cursos d'água de Santa Catarina, variaram de 0,25 a 0,81. Para as bacias hidrográficas com formação geológica e clima semelhantes a bacia de contribuição da barragem do rio São Bento no estudo de Regionalização Hidrológica são citados valores de $C = 0,80$ (Rio Manoel Alves com área de 338 km²), $C = 0,79$ (rio Amola Faca com área de 303 km²), $C = 0,81$ (Rio Itoupava com área de 817 km²), $C = 0,70$ (Rio Mãe Luzia com área de 520 km²). Estes valores mostram que o parâmetro C ajustado está coerente com as características hidrológicas da área em estudo.

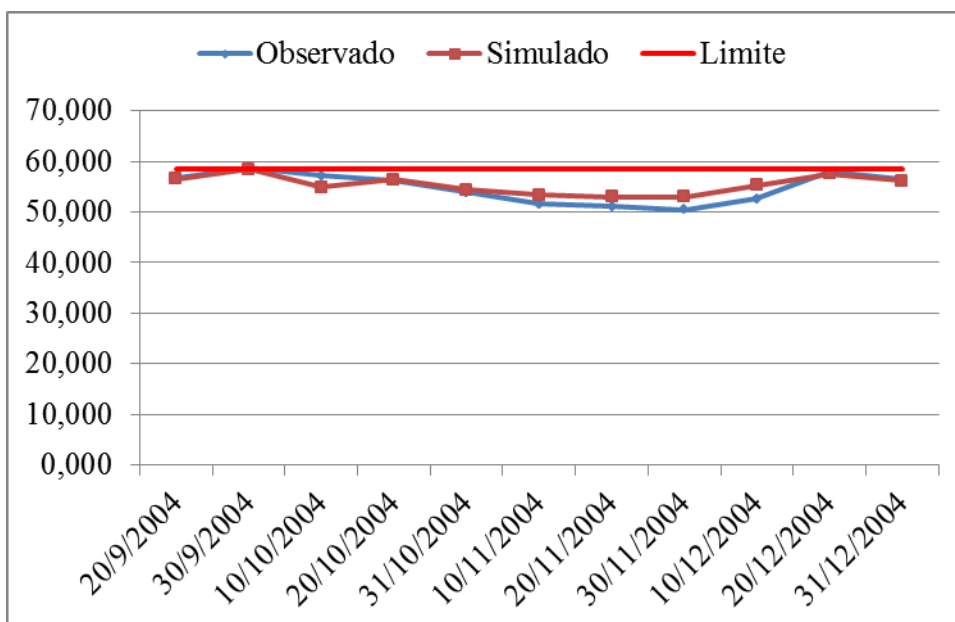


Figura 4: Variação do volume do reservatório observado e simulado no período de 2004

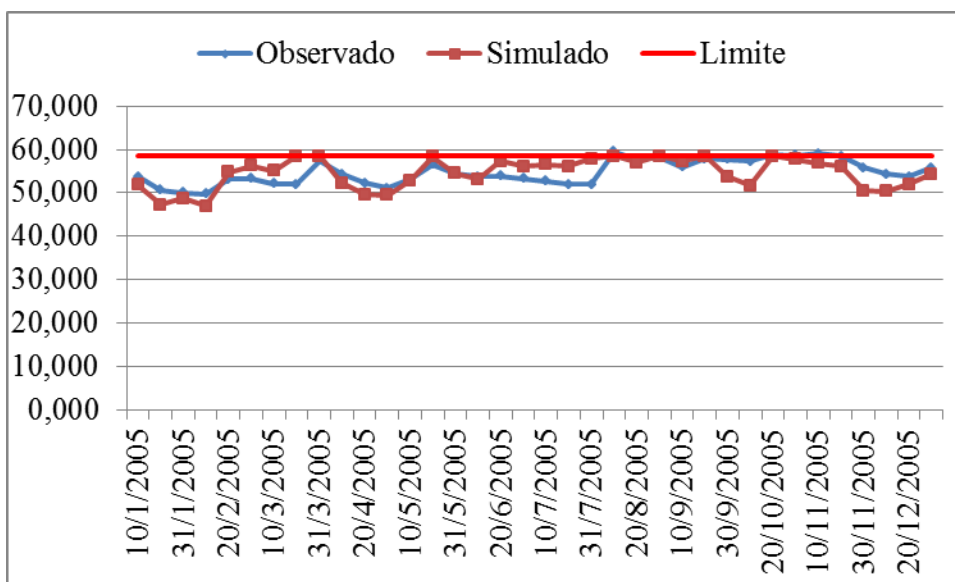


Figura 5: Variação do volume do reservatório observado e simulado no período de 2005

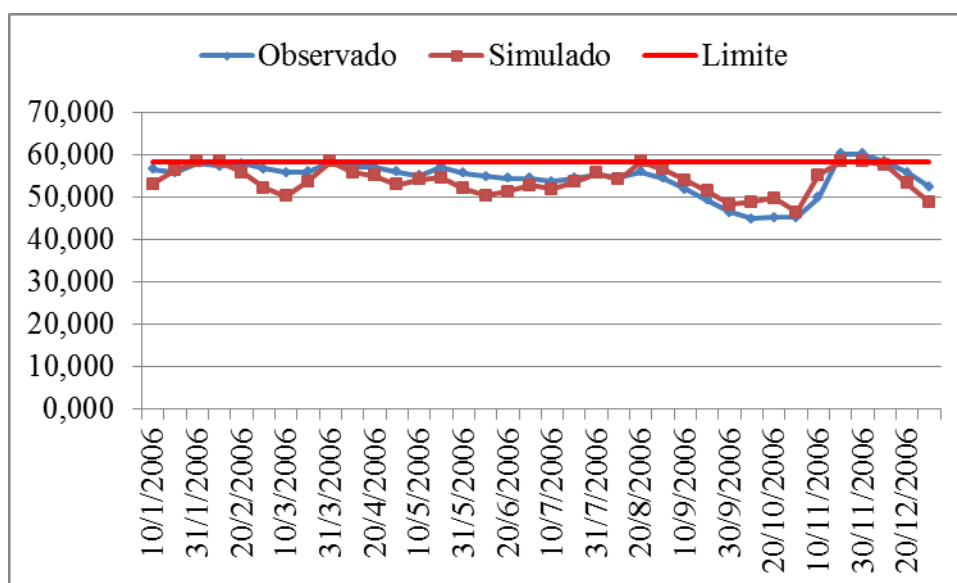


Figura 6: Variação do volume do reservatório observado e simulado no período de 2006

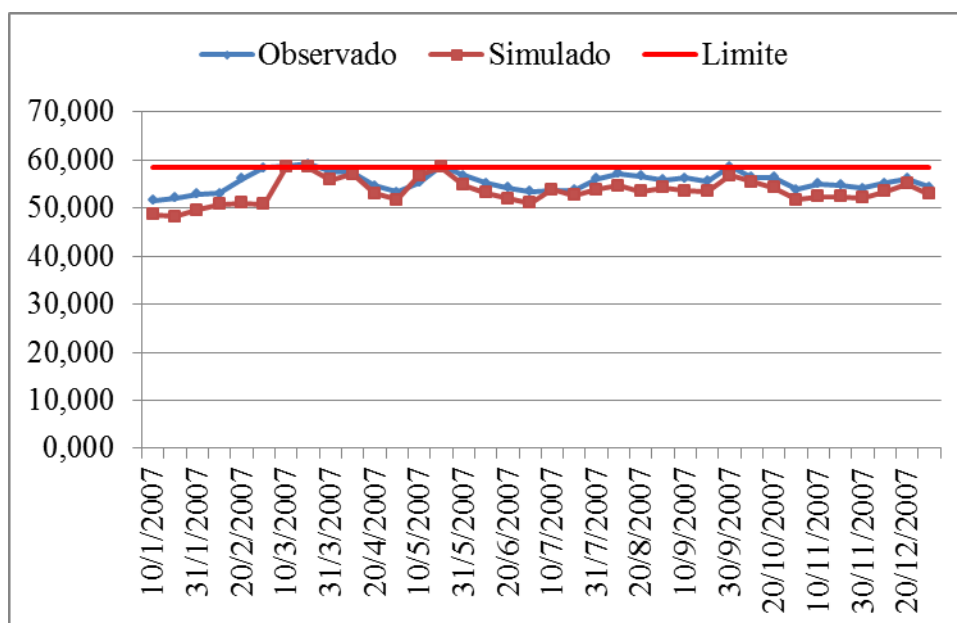


Figura 7: Variação do volume do reservatório observado e simulado no período de 2007

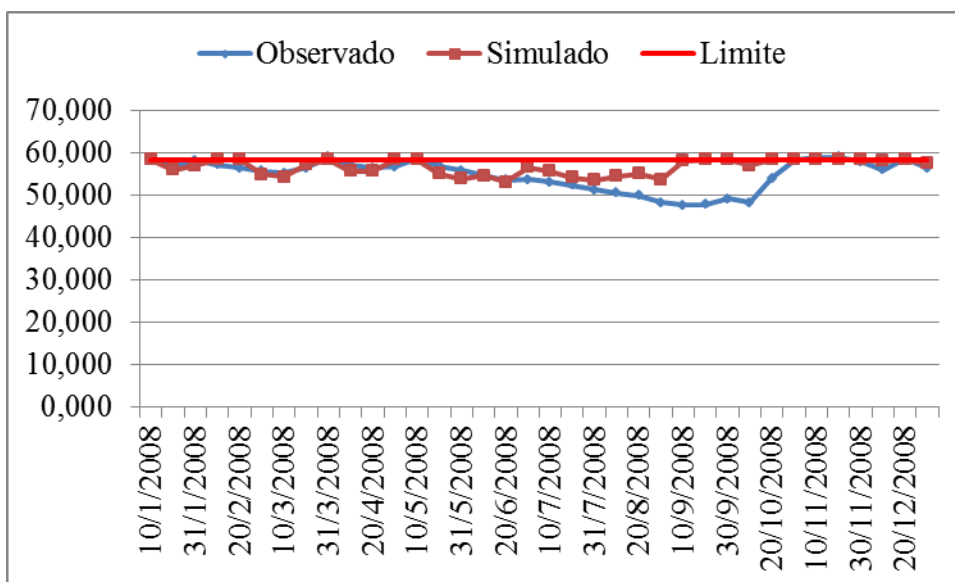


Figura 8: Variação do volume do reservatório observado e simulado no período de 2008

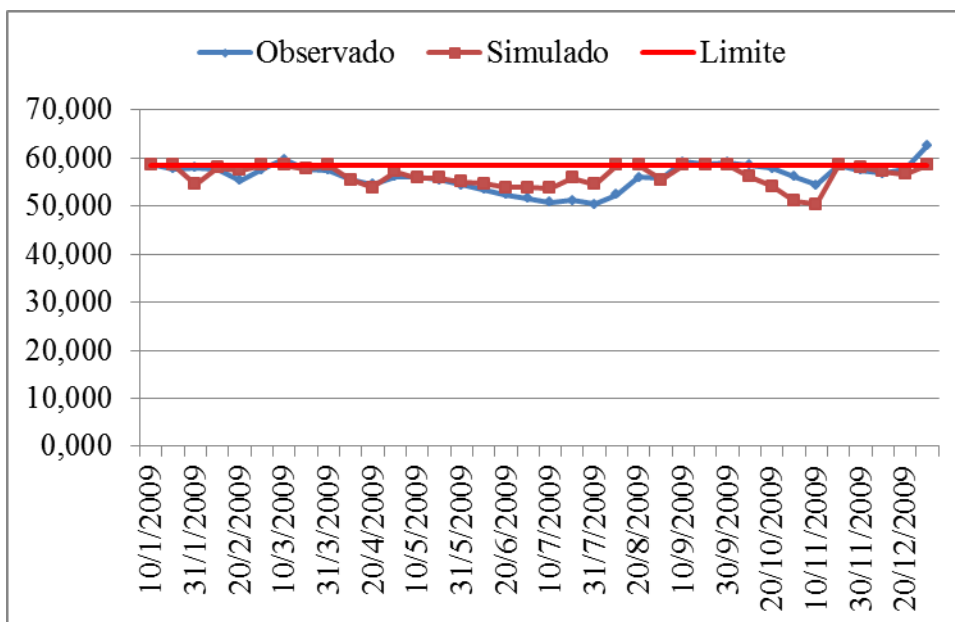


Figura 9: Variação do volume do reservatório observado e simulado no período de 2009

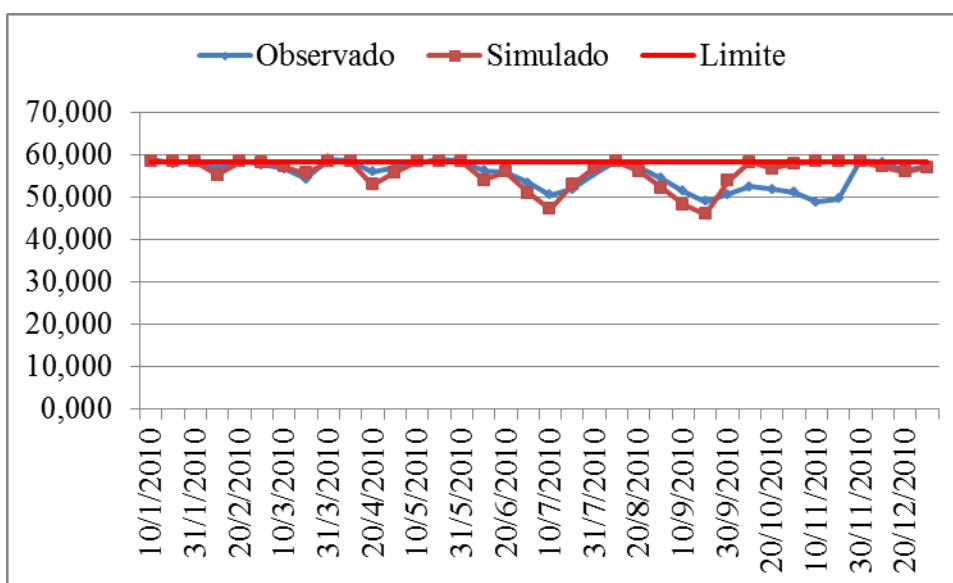


Figura 10: Variação do volume do reservatório observado e simulado no período de 2010

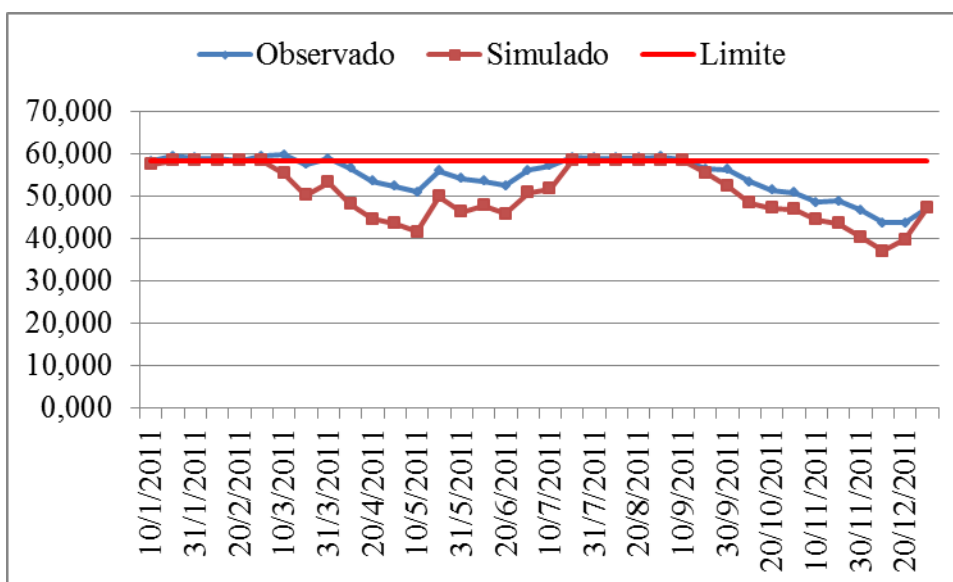


Figura 11: Variação do volume do reservatório observado e simulado no período de 2012

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos da análise dos dados hidrológicos e do controle hidráulico da barragem bem como no estudo de simulações realizadas com diferentes cenários usados neste estudo pode-se obter as seguintes conclusões:

O modelo para geração de série de vazões adotado embora muito simplificado permitiu simular vazões afluentes semelhantes com as vazões obtidas do controle hidráulico da barragem;

O valor coeficiente de escoamento (C) obtido pelo vazão afluente do controle hidráulico e da precipitação registrada da estação meteorológica da barragem foi de 0,76.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAVO, J. M. Otimização da operação de um reservatório para controle de cheias com base na previsão de vazão. 2006. 136f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFGRS - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre 2006.
2. CASAN (Magna)- Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Projeto executivo da barragem do rio São Bento e obras complementares – Siderópolis/SC – relatório de revisão e adequação dos estudos básicos – Volume 1: Memorial Descritivo. Siderópolis, 1993, 92 p.
3. CASAN (MOR) - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Manual de operação do reservatório: Barragem do rio São Bento. Santa Catarina, 2003, Relatório Técnico.
4. CASAN. Programa de gerenciamento de risco da barragem São Bento. Santa Catarina, 2004. Relatório Técnico.
5. CASAN (OAS) - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Projeto Executivo – Volume 1 – Memorial Descritivo. Siderópolis, SC, 2001, 110 p.
6. COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013. 336p.
7. CNUMAD. CONFERENCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO Agenda 21 – capítulo 18. Rio de Janeiro, CNUMAD, 1992.
8. MAURICI, A. M. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. Geosul, Florianópolis, v.16, n.31, p 69-78, jan./jun. 2001.
9. SANTA CATARINA. Estudo dos instrumentos de gestão de recursos hídricos para o estado de Santa Catarina a apoio para sua implementação. Regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do estado de Santa Catarina. Vol. 1. 2006. 143p.
10. TUCCI, C. E. M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 669 p.
11. TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. Rbrh - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p.61-68, Jan/Mar 2000.
12. UGGIONI, A. B. Utilização da modelagem matemática no planejamento ambiental no litoral sul de Santa Catarina. 2005. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma