

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL DE AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS HIDROLÓGICOS

Samuel Beskow¹; Leonardo de Lima Corrêa²; Marlon Mahl²; Matheus Chagas Simões³; Tamara Leitzke Caldeira³; Gabriela Schiavon Nunes^{4}; Edison Hund Lucas²; Lessandro Coll Faria¹; Carlos Rogério de Mello⁵*

Resumo – O manuseio de séries hidrológicas é uma tarefa indispensável para estudos hidrológicos em bacias hidrográficas, mas é uma tarefa que demanda tempo e é susceptível a erros humanos. Os modelos hidrológicos têm se destacado na representação matemática e na discretização de processos hidrológicos que visam fomentar estudos para gestão de recursos hídricos. O modelo hidrológico LASH tem apresentado bom desempenho para simulação em bacias hidrográficas, porém uma demanda é a criação de uma ferramenta que facilite a estruturação do banco de dados e permita a análise dos resultados oriundos da simulação hidrológica. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta computacional, designada como SYHDA, que deverá funcionar tanto integrada ao modelo LASH quanto de forma independente, e testar as suas funcionalidades, tomando como base a série de vazões do Arroio Pelotas-RS. Os resultados encontrados foram consistentes e o SYHDA demonstrou grande potencial para aquisição de séries hidrológicas de vazão, elaboração de séries em diferentes intervalos de tempo e considerando restrições de falhas, cálculo de estatísticas descritivas, análise gráfica e análise de sazonalidade, constituindo uma boa ferramenta para de suporte à tomada de decisões em recursos hídricos.

Palavras-Chave – modelagem hidrológica, séries hidrológicas, software.

DEVELOPMENT OF A COMPUTER SYSTEM FOR HYDROLOGICAL DATA ANALYSIS AND ACQUISITION

Abstract – The use of hydrological series is an indispensable task for hydrological studies in watersheds, however, this is but time-consuming and susceptible to human errors. Hydrological models have received great attention because of their capabilities related to the mathematical representation and discretization of hydrological processes, which support several applications associated with water resources management. The model named as LASH has presented a good performance for hydrological simulation of watersheds. Nevertheless, it lacks a tool which makes it easier both the database compilation and the analysis of results derived from hydrological simulations. This study had as goal to: i) develop a computer system, known as SYHDA, which was intended to work coupled with the LASH model as well as in an independent way; and ii) test its functionalities based on a stream flow series from Pelotas river-RS. The results found in this study were consistent and SYHDA demonstrated to have great potential for acquisition of stream flow series, compilation of series in different time stepstating into account a threshold for missing data, calculation of descriptive statistics, graphical analysis and seasonality analysis, thus constituting a good tool to aid decision making in the field of water resources.

¹Professor Adjunto, Centro de Desenvolvimento Tecnológico/Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Pelotas. samuelbeskow@gmail.com; lessandrofaria@yahoo.com.br.

²Aluno de Graduação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico/Ciência da Computação, Universidade Federal de Pelotas. skllc@hotmail.com; marlon_mahl@hotmail.com; edisonhund@hotmail.com.

³Aluno de Graduação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico/Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Pelotas. matheus.simoehidrica@gmail.com; tamaracaldeira.eh@gmail.com.

⁴Aluna de Pós-graduação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico/Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas. gabriela-schiavon@hotmail.com.

⁵Professor Adjunto, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras. crmello@deg.ufla.br.

Keywords – hydrological modeling, hydrological series, software.

INTRODUÇÃO

A realização de estudos hidrológicos em bacias hidrográficas vem da necessidade de se compreender o funcionamento do balanço hídrico, os processos que controlam o movimento da água e os impactos de mudanças do uso da terra sobre a quantidade e qualidade da água. A tomada de decisão envolvendo recursos hídricos em bacias hidrográficas é complexa e requer o tratamento de grandes quantidades de informações hidrológicas.

Com o advento da computação, modelos hidrológicos começaram a ser desenvolvidos com o propósito de permitir a simulação hidrológica em bacias hidrográficas, sejam monitoradas ou não monitoradas, levando em consideração diferentes processos hidrológicos, possibilitando a gestão de recursos hídricos. Apesar das dificuldades na representação matemática de alguns processos hidrológicos e da necessidade da discretização destes processos, os modelos matemáticos têm a vantagem de permitir a geração de resultados para diferentes situações com alta velocidade de resposta. Diversos modelos hidrológicos têm sido desenvolvidos e utilizados em diferentes partes do mundo e com variadas finalidades práticas, sendo um destes o “Lavras Simulation of Hydrology” (LASH), no qual alguns pesquisadores do presente trabalho fizeram parte da equipe de desenvolvimento. O LASH é um modelo determinístico, semi-conceitual, distribuído e de longo termo que serve para simular algumas variáveis, representativas de certos processos hidrológicos, difíceis de serem obtidos em bacias sem o monitoramento hidrológico, como evapotranspiração, interceptação, ascensão capilar, disponibilidade de água no solo, escoamento superficial direto, escoamento subsuperficial e escoamento de base (Beskow *et al.*, 2011). Vários artigos publicados recentemente em periódicos nacionais e internacionais têm comprovado o bom desempenho do modelo LASH frente à simulação hidrológica em bacias hidrográficas de diferentes escalas, dentre eles podem ser destacados Beskow *et al.* (2011), Viola *et al.* (2012) e Beskow *et al.* (2013).

Por meio de projetos de pesquisa em andamento, uma segunda versão do modelo hidrológico LASH está sendo desenvolvida (Lucas *et al.*, 2011; Lucas *et al.*, 2012), onde diversas atualizações e ampliações foram projetadas visando tornar mais ampla as aplicações deste modelo e atender as demandas crescentes de utilização do mesmo por outros usuários. Uma demanda facilmente perceptível durante as várias aplicações do LASH foi com relação ao manuseio de séries históricas de dados hidrológicos para serem usados na simulação hidrológica em diferentes bacias hidrográficas, tendo em vista que a análise e o processamento de dados hidrológicos, seja manual ou com software de propósito geral, são tarefas laboriosas e despendem muito tempo, além de poder incorrer em erros humanos, acarretando prejuízos irreparáveis na simulação hidrológica. De forma complementar, também tem sido observada a necessidade de dispor de uma ferramenta para analisar os dados de saída do LASH, tornando mais rápida e proveitosa a extração de informações imprescindíveis resultantes do processo de calibração, validação e/ou simulação.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar uma ferramenta computacional de aquisição e análise de dados hidrológicos tanto para trabalhar de forma integrada ao modelo LASH, facilitando a montagem do banco de dados de entrada para simulação e a exploração dos resultados de saída, como também de forma independente para auxiliar na tomada de decisão em recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

A ferramenta computacional “System of Hydrological Data Acquisition and Analysis”, denominada SYHDA, vem sendo desenvolvida, desde agosto de 2012, no Laboratório de Simulação

Hidrológica e Processamento de Dados, do Curso de Engenharia Hídrica – Universidade Federal de Pelotas (UFPel). A ideia central é desenvolver um aplicativo que forneça suporte para aquisição e análise de dados hidrológicos, sendo totalmente planejado no ambiente de programação Delphi, funcionando tanto integrado ao modelo hidrológico LASH quanto de forma independente. A estruturação dos algoritmos do SYHDA foi realizada de acordo com as seguintes etapas gerais: aquisição de séries hidrológicas de acordo com diferentes formatos de banco de dados, organização das séries em intervalos de tempo predefinidos e considerando restrições de falhas impostas pelo usuário, exportação de séries organizadas para o ambiente da *Microsoft Office Excel*, cálculo de estatísticas descritivas, representação gráfica de dados hidrológicos, modelagem probabilística das séries hidrológicas e análise de sazonalidade.

Para o desenvolvimento do SYHDA, primeiramente estruturou-se a etapa de aquisição de dados, fundamentada nas séries históricas pluviométricas e fluviométricas de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA), tendo em vista que estas séries apresentam uma estruturação padrão e são armazenadas no formato do *Microsoft Office Access*. Uma das rotinas computacionais de aquisição de dados foi implementada para permitir a conexão direta do aplicativo com o banco de dados da ANA, importando a série histórica no formato personalizado pela Agência e com intervalo diário de observações, enquanto a outra foi criada a fim de possibilitar a importação de um arquivo Access salvo em um diretório do computador. E uma terceira opção foi desenvolvida permitindo que um arquivo no formato *Microsoft Office Excel*, idealizado pelo usuário e em intervalos diários ou mesmo subdiários, seja importado para o SYHDA.

Após a implementação de rotinas para executar a entrada de dados de vazão ou de chuva, o SYHDA foi estruturado para processar essas informações e organizar séries hidrológicas de vazão média, mínima e máxima ou chuva total e máxima diária nos intervalos de tempo semanal, quinzenal, mensal e anual, conforme necessidade do projetista.

Tendo em vista as dificuldades encontradas por projetistas da área de recursos hídricos em utilizar séries hidrológicas com ausência de dados, o SYHDA foi projetado para que o usuário possa, de maneira interativa, controlar as falhas nos registros. A rotina que executa essa tarefa foi idealizada para entender um limiar estabelecido pelo usuário e aplicá-lo à série hidrológica, validando os períodos que estão em conformidade com o imposto e excluindo aqueles que estão em desacordo.

Posteriormente à estruturação do SYHDA para trabalhar com a organização de séries hidrológicas, a próxima etapa foi desenvolver, por meio de algoritmos apropriados, um conjunto de ferramentas para análise de dados hidrológicos, tais como: i) estatísticas básicas – média aritmética, desvio padrão, coeficientes de variação, assimetria e curtose, etc.; ii) gráficos básicos – histograma e curva de permanência; iii) análise de sazonalidade – Seasonality Ratio (Laaha e Blöschl, 2006), Seasonality Index (Burnet. *al.*, 1997) e Seasonality Histogram (Laaha, 2002); e iv) distribuições de probabilidades – Normal, Log Normal 2 e 3 parâmetros, Gumbel, dentre outras.

Para fins de avaliação do SYHDA, foi realizado um estudo de caso com os dados fluviométricos da estação Ponte Cordeiro de Farias, localizada no município de Pelotas-RS. A série histórica de dados diários de vazão, código 88850000, foi obtida junto à base de dados da ANA disponibilizada através do *Sistema de Informações Hidrológicas – Hidroweb* (<http://hidroweb.ana.gov>). As análises consistiram nas etapas de organização da respectiva série hidrológica diária, cálculo das estatísticas básicas, elaboração do histograma de frequências e da curva de permanência, além da análise de sazonalidade.

RESULTADOS

A aquisição dos dados pelo SYHDA é exibida na Figura 1a, onde se visualiza a interface do aplicativo, o menu que executa essa tarefa, os submenus que importam dados de vazão (Streamflow) e de chuva (Rainfall) e as opções de entrada através de arquivos *Microsoft Office Access e Excel*. Neste estudo de caso, a importação se deu através de arquivo *Access*, representando a série fluviométrica da Ponte Cordeiro de Farias, no Arroio Pelotas – RS, o qual estava armazenado em um diretório do computador. O primeiro contato entre o usuário e a série histórica dentro do aplicativo é mostrado na Figura 1b, exemplificado pelos dados de vazão da referida estação fluviométrica. A tabela exibida na Figura 1b é semelhante à interface do arquivo padrão da ANA, porém apenas com informações nos campos pertinentes a esta análise, permitindo que, além do mês/ano de observação e os respectivos dados, a situação do período com relação às falhas nos registros seja conhecida. Ainda na Figura 1b é possível observar a interface com as opções disponíveis de intervalo de tempo, na qual o usuário define qual o intervalo que deseja obter a série hidrológica final a partir dos dados diários, considerando um limiar, relacionado à restrição de falhas, informado na mesma interface. Neste aspecto, o SYHDA fornece grande agilidade para elaboração de séries históricas a serem integradas no ambiente do modelo LASH e armazenadas no banco de dados desenvolvido por Lucas *et al.* (2011), facilitando a estruturação de banco de dados para simulação hidrológica.

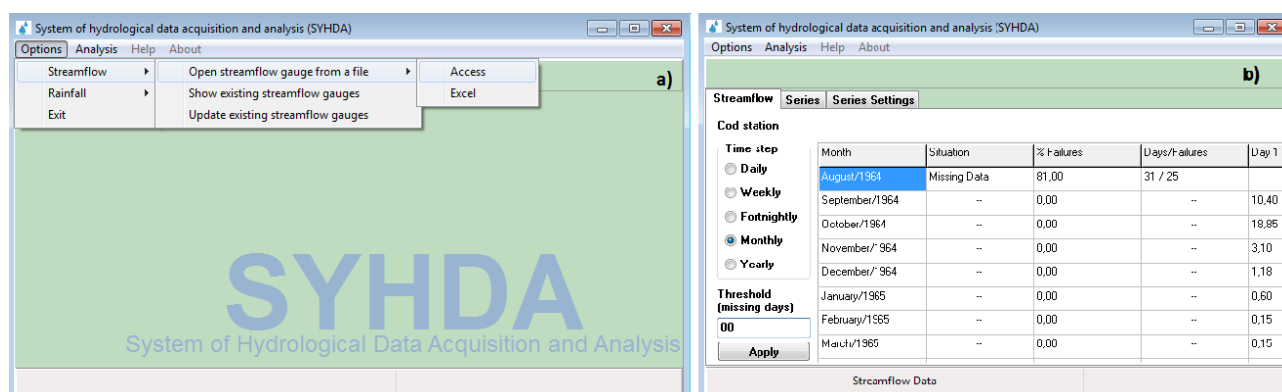


Figura 1 – Interface do SYHDA ilustrando a) as opções de séries hidrológicas a serem analisadas e as maneiras de serem importadas; e b) os dados de vazão da Ponte Cordeiro de Farias, no Arroio Pelotas-RS, importados da ANA para o ambiente do SYHDA através de arquivo Access salvo em diretório.

Foi gerada, para este estudo de caso, uma série hidrológica de dados mensais de vazão média a partir dos dados diários da estação supracitada, obedecendo a um limiar estabelecido de 00 (zero). Este limiar significa que o SYHDA considerou apenas meses que não tinham nenhuma falha, nos dados de vazão diária, para o cálculo da vazão média de cada mês. Após definidos o intervalo de tempo e o limiar de restrição de falhas, um algoritmo específico realizou todo o processamento necessário para gerar a série de dados mensais de vazão média (Figura 2a) que é composta por 540 registros, excetuando 29 meses que apresentaram ausência parcial ou total de dados em virtude do limiar adotado. A possibilidade de considerar um limiar de falhas pode ser entendida como uma das características diferenciais do SYHDA, visto que a manipulação da restrição de falhas através de rotinas computacionais viabiliza a elaboração de séries hidrológicas com diferentes limiares em um curto intervalo de tempo. A transformação de uma série hidrológica de vazões originalmente no intervalo diário para um intervalo maior como, por exemplo, quinzenal ou mensal, demanda esforço e tempo por parte do projetista, caso estas tarefas sejam executadas manualmente ou através de um software de propósito geral, limitando o tempo do profissional e podendo ainda incorrer em erros

devido a falhas humanas. Com o SYHDA, esta tarefa torna-se bastante rápida e simplificada, permitindo que o projetista faça diversas simulações com a série hidrológica em um curto espaço de tempo. Graças a esta funcionalidade, ocorrerão avanços significativos no tratamento de falhas para o módulo de integração banco de dados e mapas no LASH, descrito por Lucas *et al.* (2012).

Apesar de não estar apresentada na forma de figura, a análise da série de vazões médias mensais foi conduzida por meio do SYHDA usando a ferramenta de estatísticas descritivas. Os resultados gerados a partir desta ferramenta foram analisados para verificar a consistência e eficiência de processamento, sendo possível constatar que os resultados foram computados corretamente. As seguintes estatísticas descritivas, referentes à série de vazões médias mensais, foram calculadas: média aritmética e harmônica, variância, desvio padrão, valores máximo e mínimo, amplitude, coeficientes de variação, assimetria e curtose, desvio médio e a mediana. Deve ser ressaltado que é possível, de modo interativo, computar estas estatísticas para um intervalo específico de tempo, definido por um filtro que considera limites anuais, constituindo uma boa alternativa para análise rápida das estatísticas em diferentes períodos da série.

Posteriormente à análise da série de vazões médias mensais por estatísticas descritivas, foi avaliado o potencial e precisão do SYHDA para realizar análises gráficas a partir de informações da mesma série, empregando duas ferramentas clássicas da Hidrologia: o histograma e a curva de permanência. A Figura 2b ilustra a elaboração do histograma gerado pelo SYHDA, analisando a frequência absoluta, para a série hidrológica de vazões médias mensais, onde se considerou o mês de julho e a inexistência de falhas no período. Pode-se observar na Figura 2b que também é possível representar o histograma pela frequência relativa e pela frequência acumulada. Uma grande vantagem do SYHDA, em relação a esta ferramenta de análise gráfica, é que o projetista pode gerar também rapidamente o histograma para vazões máximas e mínimas, dentro do mês de interesse, sem ter que voltar ao início do processo de organização e elaboração da série. Esta característica é fundamental para o projetista porque além do mesmo realizar várias simulações num curto espaço de tempo e com confiabilidade nos resultados para a tomada de decisões, este pode ainda comparar o comportamento de diferentes meses, dentro da mesma interface.

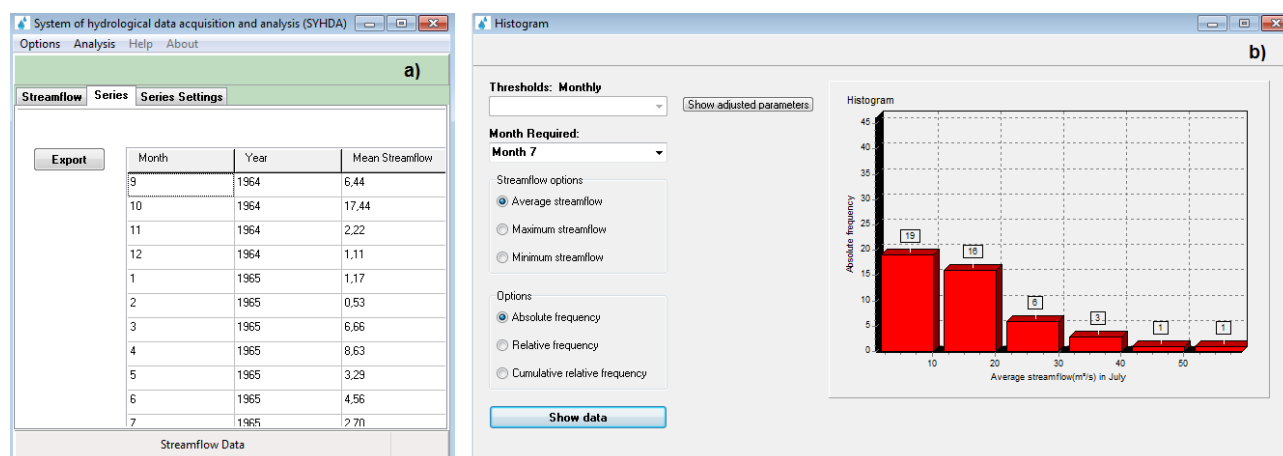


Figura 2 – a) Série de dados mensais de vazão média gerada pelo SYHDA; e b) Interface da ferramenta que executa o histograma de frequências.

No que tange a estruturação do SYHDA para elaboração de curvas de permanência, os projetistas podem utilizá-lo de duas maneiras: i) considerar todo o período da série hidrológica; ou ii) segmentar a série em dois intervalos de tempo cuja definição fica a critério do projetista, em que os meses do ano são usados para a divisão dos períodos. Neste estudo foram testadas as duas opções de curva de permanência, usando os dados diários da estação supracitada, com a opção “Time step”

configurada para “Daily” e adotando um limiar de 15 dias de falhas, ou seja, validando apenas os anos em que houve no máximo 15 dias sem registros.

No caso de considerar todo o período da série, o SYHDA gerou os resultados na forma da tabela apresentada na Figura 3a, onde se pode visualizar a vazão associada à frequência empírica de excedência. Uma funcionalidade interessante é que o sistema permite que o projetista estabeleça um filtro onde o período de interesse, para gerar a curva de permanência, pode ser alterado. Além disso, na aba “Table” o aplicativo possibilita que sejam visualizados os valores de vazão associados a diferentes permanências como, por exemplo, a Q_{90} , que corresponde à vazão que é igualada ou excedida em 90% do tempo e é tida como importante ferramenta para a gestão de recursos hídricos em vários estados do Brasil. A curva de permanência gerada pode ser visualizada na Figura 3b, onde ainda se observa a opção de escala logarítmica para o eixo das ordenadas, resultando na vazão de referência Q_{90} igual a 1,29m³/s.

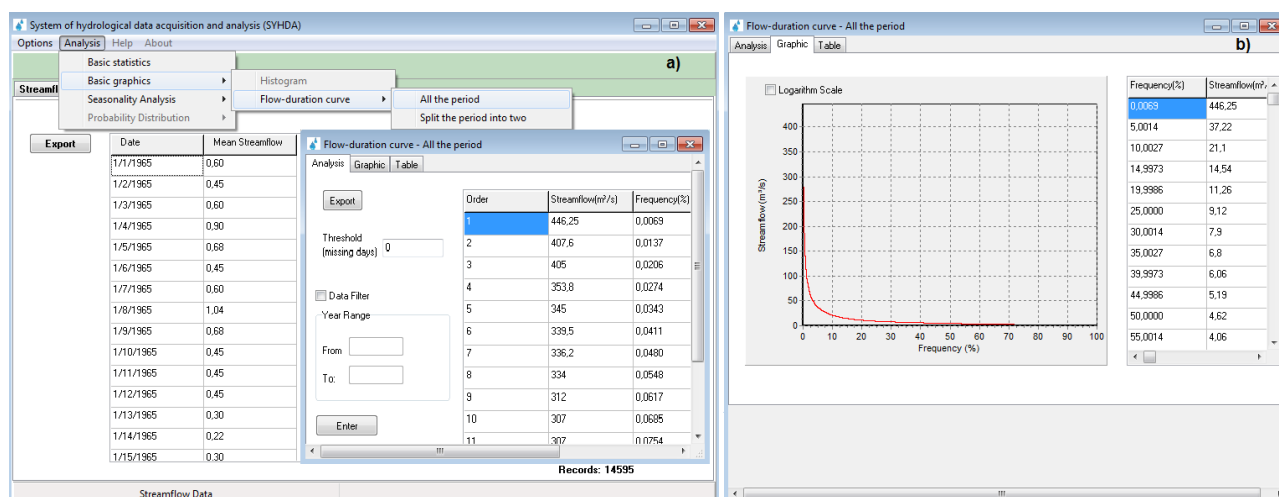


Figura 3 – a) Interface de acesso à ferramenta curva de permanência, usando toda a série, e de visualização dos resultados na forma de tabela; e b) interface para visualização do gráfico representando a curva de permanência para toda a série.

Na segunda opção de curva de permanência, neste estudo de caso no Arroio Pelotas, a série hidrológica foi segmentada em dois períodos de 6 meses, sendo considerado outubro à março como período de verão e abril à setembro como inverno (Figura 4a). Esta abordagem de curva de permanência é extremamente pertinente para analisar a sazonalidade das vazões em um curso d’água, conforme relata Laaha e Blöschl (2006), além de viabilizar a obtenção de vazões de referência como a Q_{90} para ambos os períodos. A Figura 4b ilustra as curvas de permanência geradas considerando dois períodos no ano, tendo sido obtido valores de Q_{90} de 1,13 m³/s e 1,54 m³/s para o período de verão e inverno, respectivamente. Esta é apenas uma das aplicações do programa no que tange à manipulação de séries hidrológicas para o gerenciamento de recursos hídricos.

Nos trabalhos desenvolvidos por Beskow *et al.* (2013) e Viola *et al.* (2012), o modelo LASH não contava com um módulo de análise de dados hidrológicos, portanto estes pesquisadores necessitaram analisar em ambiente externo ao LASH os resultados, oriundos da calibração, validação e simulação de cenários de uso do solo em bacias hidrográficas, de vazões médias, mínimas e máximas, bem como de curvas de permanência. Com o desenvolvimento do SYHDA, estas análises serão facilitadas dentro do próprio ambiente do LASH.

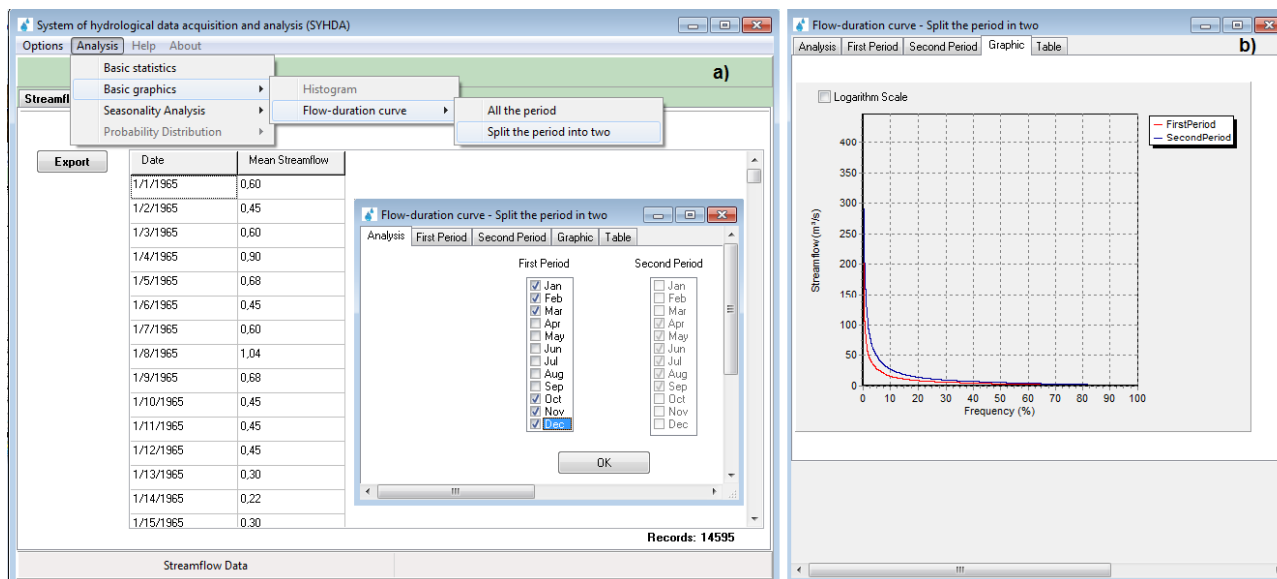


Figura 4 – a) Interface de acesso à ferramenta curva de permanência, dividindo a série em dois períodos; e b) interface para visualização do gráfico representando a curva de permanência para cada período.

A última análise deste trabalho envolvendo o SYHDA foi com relação à sazonalidade das vazões do Arroio Pelotas. Medidas de sazonalidade têm se destacado como ferramentas importantes para auxiliar em estudos hidrológicos, principalmente aplicadas à regionalização de vazões no período de cheias e de estiagem (Burnet *al.*, 1997; Laaha, 2002; Laaha e Blöschl, 2006). Neste estudo foi realizada a análise das três medidas de sazonalidade implementadas no SYHDA, conforme descritas na seção Material e Métodos. A metodologia Seasonality Ratio (SR) (Laaha e Blöschl, 2006), a partir da Q_{90} dos períodos de inverno e verão, resultou em um valor de SR igual a 0,73 e permitiu concluir que há um regime de vazões de estiagem de verão no Arroio Pelotas, visto que SR foi inferior a 1. Utilizando o SYHDA para realizar o teste do Seasonality Index (SI) (Burnet *al.*, 1997), foi constatado que, no Arroio Pelotas, o dia médio de ocorrência de vazões iguais ou inferiores à Q_{90} foi aproximadamente 60, que no calendário Juliano corresponde ao dia 1 de março. A medida da intensidade da sazonalidade (r) foi de 0,59, sugerindo que o Arroio Pelotas apresenta uma forte sazonalidade dos dias em que ocorrem vazões iguais ou inferiores à Q_{90} . Com relação à metodologia Histogram Seasonality (HS) (Laaha e Blöschl, 2006), a aplicação do SYHDA possibilitou quantificar a frequência de ocorrência de vazões abaixo da Q_{90} em cada mês do ano, apontando que os principais meses de estiagem no Arroio Pelotas foram dezembro, janeiro, fevereiro e março.

As ferramentas de análise da sazonalidade no SYHDA são consideradas promissoras tanto para análise dos resultados no modelo LASH quanto para análises fora de tal ambiente, visto que medidas de sazonalidade têm sido utilizadas como sustentação técnica para identificação de regiões hidrológicamente homogêneas, com aplicações para regionalização hidrológica.

CONCLUSÕES

A organização de dados de séries históricas é uma tarefa bastante laboriosa que depende tempo e pode acarretar em erros devido a falhas por parte do projetista e, além disso, a manipulação desses dados de forma manual pode ser outro fator limitante. O aplicativo SYHDA foi amplamente testado, permitindo afirmar que os resultados das diferentes etapas foram consistentes. Diante destes fatos e da confiabilidade dos resultados apresentados neste trabalho, pode-se concluir que o SYHDA tem potencial para ser empregado como ferramenta de aquisição e análise de dados

hidrológicos com vistas à gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas. Também foi verificado que o SYHDA tem uma boa integração com o modelo LASH, facilitando e agilizando a estruturação do banco de dados de entrada para simulação hidrológica, bem como disponibilizando excelentes ferramentas de análise dos resultados de saída a fim de extrair o máximo possível de informações dos resultados.

Algumas funcionalidades do SYHDA são mais simples como, por exemplo, as estatísticas descritivas, mas mesmo estas mais básicas são essenciais para análise de dados hidrológicos, entretanto, outras funcionalidades já implementadas como o histograma, a curva de permanência e a análise de sazonalidade, são mais elaboradas. Contudo, deve ser ressaltado que o SYHDA está em fase de desenvolvimento, sendo que outras ferramentas mais complexas de análise hidrológica serão contempladas, tais como modelagem probabilística, testes de aderência, testes estatísticos de independência e estacionariedade e homogeneidade regional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica ao segundo autor e à FAPERGS pela concessão de bolsas de iniciação científica ao quarto e sétimo autores e de mestrado ao sexto autor.

REFERÊNCIAS

- BESKOW, S.; MELLO, C.R.; NORTON, L.D.; SILVA, A.M. (2011). Performance of a distributed semi-conceptual hydrological model under tropical watershed conditions. *Catena* 86(3), pp. 160 – 171.
- BESKOW, S.; NORTON, L.D.; MELLO, C.R. (2013). Hydrological prediction in a tropical watershed dominated by oxisols using a distributed hydrological model. *Water Resources Management* 27(2), pp. 341 – 363.
- BURN, D.D.; ZRINJI, Z.; KOWALCHUK, M. (1997). Regionalization of catchments for regional flood frequency analysis. *Journal of Hydrologic Engineering* 2(2), pp. 76 – 82.
- LAHA, G. (2002). Modelling summer and winter droughts as a basis for estimating river low flows. In *Proceedings of the Fourth International Conference held in Cape Town, FRIEND 2002 – Regional Hydrology: Bridging the gap between research and practice*. South Africa, Mar. 2002. IAHS Publ. 274, pp. 289-295.
- LAHA, G.; BLÖSCHL, G. (2006). Seasonality indices for regionalizing low flows. *Hydrological Processes* 20(18), pp. 3851 – 3878.
- LUCAS, E.H.; BESKOW, S.; MELLO, C.R.; LORETO, A.B.; COLLARES, G.L. (2011). Desenvolvimento de um banco de dados para o modelo hidrológico Lavras Simulation of Hydrology (LASH). In *Anais do XX Congresso de Iniciação Científica/III Mostra Científica da UFPel*, Pelotas, Nov. 2011.
- LUCAS, E.H.; BESKOW, S.; MELLO, C.R.; SIMÕES, M.C.; LORETO, A.B.; FARIA, L.C.; COLLARES, G.L.; MILANI, I.C.B. (2012). Desenvolvimento do módulo de integração de mapas e banco de dados para o modelo Lavras Simulation of Hydrology (LASH). In *Anais do XXI Congresso de Iniciação Científica/IV Mostra Científica da UFPel*, Pelotas, Nov. 2012.
- VIOLA, M.R.; MELLO, C.R.; BESKOW, S.; NORTON, L.D. (2012). Applicability of the LASH model for hydrological simulation of the Grande river basin, Brazil. *Journal of Hydrologic Engineering*, DOI 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000735 (Oct. 31, 2012).