

SOFTWARE SISCCOH – SISTEMA PARA CÁLCULOS DE COMPONENTES HIDRÁULICOS

Gladstone Alexandre^{1*}; *Márcio Baptista*²; *Márcia Lara*³; *Lucas Brasil*⁴; *Bernardo Mesquita*⁵; *Felipe Rocha*⁶

RESUMO --- O projeto do *software* SisCCoH é fruto de um convênio de desenvolvimento tecnológico envolvendo universidade e empresa. Criado em substituição ao programa HIDROwin 2.1, o *software* SisCCoH configura-se como uma ferramenta computacional que permite o dimensionamento de diversos componentes hidráulicos, quais sejam: condutos forçados, canais em calha lisa, canais em degraus, canais em enrocamento, canais em curva, confluência de canais, bacias de dissipação, bueiros, dentre outros. As otimizações na arquitetura do *software*, bem como os novos módulos desenvolvidos até o presente momento, são reflexos dos bons resultados decorrentes dessa iniciativa de parceria, que vem auxiliando, efetivamente, usuários tanto da área profissional, sobretudo, da engenharia hidráulica, como da área acadêmica. Não obstante, essa ferramenta encontra-se disponível, ainda em caráter preliminar na versão Beta, de maneira gratuita para *download*, nas páginas da *web* <http://www.ehr.ufmg.br/> e <http://www.pimentadeavila.com.br>.

Palavras-chave: SisCCoH, *software*, engenharia hidráulica.

SOFTWARE SISCCOH – SYSTEM FOR CALCULATIONS OF HYDRAULIC COMPONENTS

ABSTRACT --- The project of software SisCCoH is result of technological agreement involving university and enterprise. Created to replace the program HIDROwin 2.1, the software configured as a computational tool that allows the design of various hydraulic components, namely: pipe and closed conduit, smooth channels, stepped channels, riprap channels, curved channels, confluence of channels, stilling basins, culverts, among others. Optimizations in software architecture, as well as new modules developed so far, are reflections of the good results arising from this partnership initiative, which is helping, effectively, both in the professional users, especially, hydraulic engineering, and in the academic area. Despite, this tool is available, even on a preliminary basis in Beta, so free download, web pages <http://www.ehr.ufmg.br/> e <http://www.pimentadeavila.com.br>.

Keywords: SisCCoH, *software*, hydraulic engineering.

¹Engenheiro Civil. PIMENTA DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA. Av. Alameda da Serra, 420 – 2º andar – 34.000-000 – Nova Lima – MG – Brasil. Telefone: (31)3286-1711 – Fax: (31)3286-3307. E-mail: gladstone.alexandre@pimentadeavila.com.br

²Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos, 6627 – 31.270-901 – Belo Horizonte – MG – Brasil. Telefone: (31) 3409-1870 – Fax: (31)3409-1001. E-mail: marcio.baptista@ehr.ufmg.br

³Professora Associada do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais Av. Antônio Carlos, 6627 – 31.270-901 – Belo Horizonte – MG – Brasil. Telefone: (31) 3409-1873 – Fax: (31)3409-1001. E-mail: lara@ehr.ufmg.br

⁴Engenheiro Civil. PIMENTA DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA. Av. Alameda da Serra, 420 – 2º andar – 34.000-000 – Nova Lima – MG – Brasil. Telefone: (31)3286-1711 – Fax: (31)3286-3307. E-mail: lucas.brasil@pimentadeavila.com.br

⁵Programador. PIMENTA DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA. Av. Alameda da Serra, 420 – 2º andar – 34.000-000 – Nova Lima – MG – Brasil. Telefone: (31)3286-1711 – Fax: (31)3286-3307. E-mail: bernardo.mesquita@pimentadeavila.com.br

⁶Engenheiro Civil. PIMENTA DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA. Av. Alameda da Serra, 420 – 2º andar – 34.000-000 – Nova Lima – MG – Brasil. Telefone: (31)3286-1711 – Fax: (31)3286-3307. E-mail: felipe.rocha@pimentadeavila.com.br

1 – INTRODUÇÃO

Em virtude do grande dinamismo observado, sobretudo, no desenvolvimento de trabalhos de consultoria, programas computacionais que visam flexibilizar e facilitar a operacionalização desse processo são ferramentas cada vez mais necessárias, em particular, na solução de projetos de engenharia. Além disso, tais ferramentas têm assumido um papel importante, também, em atividades de ensino, servindo como instrumentos complementares para a aplicação da base teórica de um determinado problema. Nesse sentido, o Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG (EHR-UFMG) tem estabelecido uma parceria de Desenvolvimento Tecnológico do *software* HIDROwin.

O *software* HIDROwin foi desenvolvido ao longo dos anos no quadro de atividades de Iniciação Científica no EHR-UFMG, com o apoio das pró-reitorias de Graduação e Pesquisa da UFMG, da FAPEMIG e do CNPq. A parceria envolvendo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos têm possibilitado a evolução desse programa, consolidando seus objetivos e potencialidades, passando a se denominar SisCCoH (**Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos**). Um breve histórico dos diversos estágios de desenvolvimento desse *software*, até o presente momento, é apresentado na Tabela 1:

Tabela 1 – Síntese do Histórico do Programa

Ano	Nome/ Versão	Linguagem de Programação
2013	SisCCoH Beta	Visual Basic .NET, para ambiente Windows
2009	HIDROwin 2.1	Visual Basic 6.0, para ambiente Windows
2005	HIDROwin 2.0	Visual Basic 6.0, para ambiente Windows
2001 e 2002	HIDROwin	Visual Basic 6.0, para ambiente Windows
1994 e 1995	HIDRO 1	FORTRAN, para ambiente DOS
1992	HIDRO	FORTRAN, para ambiente DOS

O programa SisCCoH, objeto do presente artigo, configura-se como uma ferramenta computacional que possibilita o dimensionamento de diversos componentes hidráulicos, quais sejam: condutos forçados, canais em calha lisa, canais em degraus, canais em enrocamento, canais em curva, confluência de canais, bacias de dissipação, bueiros, dentre outros. Nesse sentido, verifica-se que essa ferramenta tem sido bastante útil para atividades de ensino e para o uso profissional em Engenharia Hidráulica, sendo que a mesma encontra-se disponível, ainda em caráter preliminar na versão Beta, de maneira gratuita para *download*, nas páginas da *web* <http://www.ehr.ufmg.br/> e <http://www.pimentadeavila.com.br>.

Informa-se, ainda, que as referências utilizadas para elaboração das rotinas de cálculo do *software* estão constantes na bibliografia corrente da engenharia hidráulica, tais como: Chow (1959), Baptista e Lara (2010), Ohtsu *et al.* (2004), Chanson (1993), Abt e Johnson (1991), etc.

À luz dessas considerações iniciais, o presente artigo pretende descrever, de maneira sucinta, o projeto para desenvolvimento do *software* SisCCoH.

2 – METODOLOGIA DE TRABALHO

Para o desenvolvimento de novos módulos e/ou adequações no programa HIDROwin 2.1 possibilitando sua evolução para o *software* SisCCoH, tem sido estabelecida uma sequência metodológica de trabalho focada em 6 etapas distintas, quais sejam:

- **Etapa 1: Conhecimento do Problema:** etapa de conhecimento teórico do problema que se deseja analisar, estudando os conceitos e formulações matemáticas que o envolvem. Nesse sentido, o programador é responsável em aprofundar-se nos conceitos do problema, com o apoio técnico dos profissionais envolvidos neste projeto;
- **Etapa 2: Elaboração da Interface Gráfica:** A segunda etapa tem por objetivo a criação de uma interface gráfica que permita ao usuário a visualização das alternativas possíveis de maneira simples e clara, facilitando a entrada de dados. O programador é responsável pela criação das interfaces gráficas, recebendo apoio técnico dos profissionais envolvidos neste projeto;
- **Etapa 3: Validação da Interface Gráfica:** Na terceira etapa o programador apresenta para a equipe técnica envolvida neste projeto a interface gráfica desenvolvida, sendo a sua validação realizada em conjunto;
- **Etapa 4: Elaboração de Rotina de Cálculo/Tratamento dos Erros:** A quarta etapa dos trabalhos consiste na implementação de rotinas matemáticas em função das variáveis em questão no cálculo e na elaboração de tratamento de erros do programa, que tem como objetivo evitar que “*bugs*” ocorram durante a execução do problema. O desenvolvimento desta etapa fica a cargo do programador, recebendo apoio da equipe técnica envolvida neste projeto;
- **Etapa 5: Validação do Sistema – Teste das Rotinas:** A quinta etapa corresponde ao período de testes da rotina implementada, mediante a avaliação de exemplos de problemas associados às variáveis em questão no cálculo, sendo a validação do sistema realizada em conjunto, inclusive, por outros usuários que não fazem parte da equipe deste trabalho (alunos de pós-graduação do EHR-UFMG, por exemplo);
- **Etapa 6: Conclusão do Módulo:** Por fim, na última etapa metodológica prevista, após a validação de todas as etapas precedentes, é feita a conclusão do módulo em questão, mediante a habilitação da rotina de cálculo dentro do programa.

A Figura 1 sintetiza a sequência metodológica adotada no desenvolvimento dos trabalhos.



Figura 1 – Sequência Metodológica do Trabalho

3 – PLANO DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A proposta para o desenvolvimento do *software* SisCCoH consiste, basicamente, em quatro etapas distintas, quais sejam:

- Formalização do convênio de parceria técnica (sem fins lucrativos), mediante a celebração de um convênio interinstitucional por intermédio da Coordenadoria de Transferência e Inovação Tecnológica da UFMG – CTIT/UFMG;
- Mudança da arquitetura do programa;
- Adequação e incorporação de módulos no programa;
- Preparação e oferta de cursos de capacitação.

4 - MUDANÇA DA ARQUITETURA DO PROGRAMA

O *software* HIDROwin 2.1 foi desenvolvido em linguagem *Visual Basic 6.0*, para ambiente Windows. Para o desenvolvimento do programa SisCCoH, a linguagem de programação foi migrada para o *Visual Basic.NET (Visual Studio 2008 Professional Edition)*, também para ambiente Windows. Essa atualização da linguagem de programação permitiu uma otimização tanto da estrutura da rotina de cálculo do programa quanto da interface gráfica com o usuário.

No que tange, ainda, a interface gráfica, de modo a compatibilizar com o novo nome do *software* (SisCCoH), foram alteradas a logo e a ícone do programa.

5 - ADEQUAÇÃO E INCORPORAÇÃO DE MÓDULOS NO PROGRAMA

Atualmente, o programa HIDROwin 2.1 possui 9 módulos habilitados para cálculos hidráulicos, estruturados conforme organograma indicado na Figura 2.

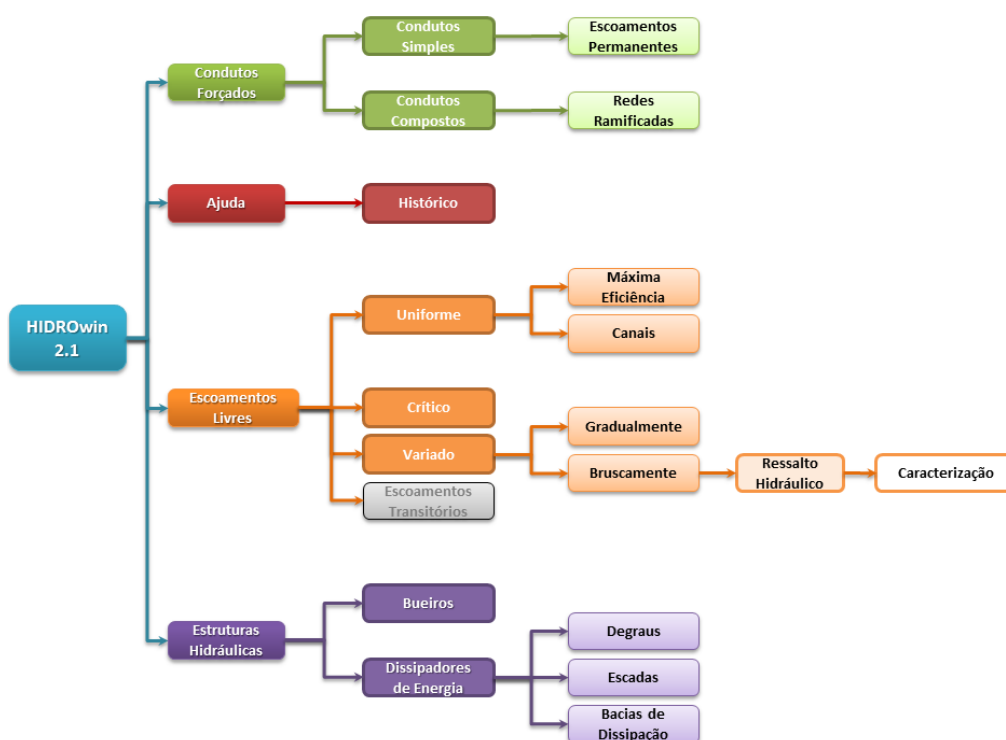


Figura 2 – Organograma da Estrutura dos Módulos do Programa HIDROwin 2.1

O projeto do *software* SisCCoH visa, além de adequar alguns módulos existentes no programa HIDROwin 2.1, a incorporação de novos módulos nesse sistema, seguindo, *a priori*, uma estruturação conforme indicado na Figura 3.

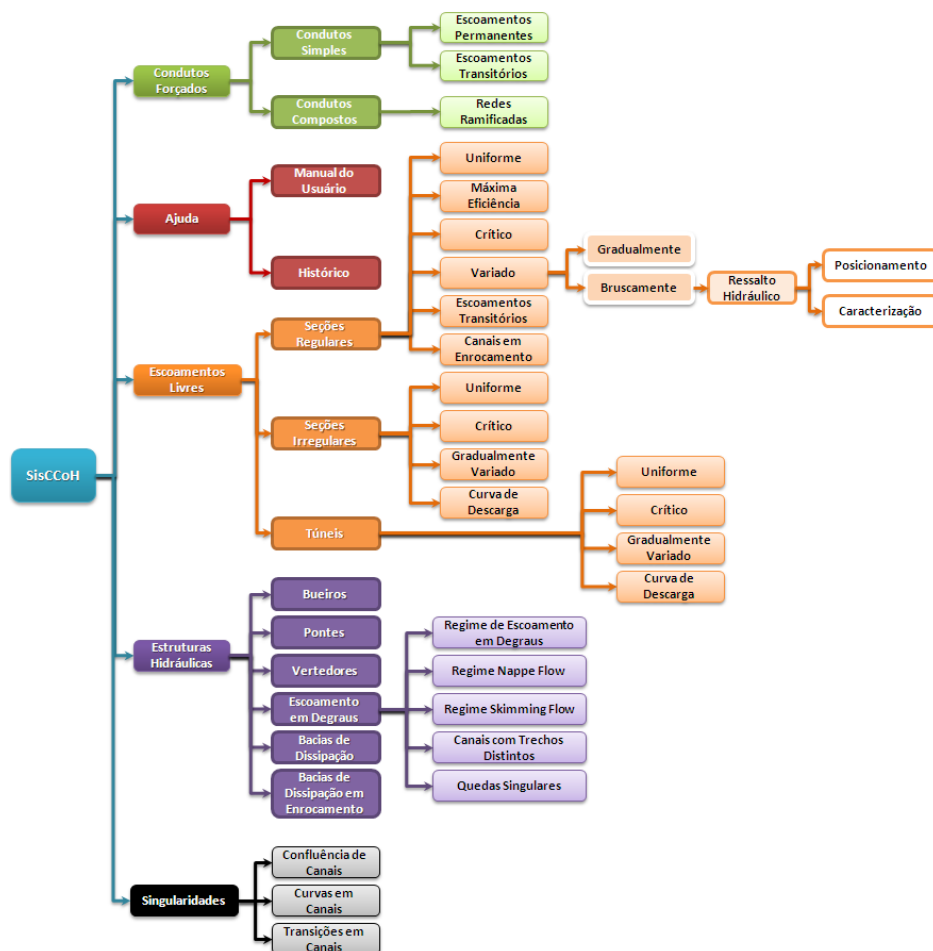


Figura 3 – Organograma da Estrutura do Programa SisCCoH

Já na Tabela 2, são listados os novos módulos propostos para serem incorporados ao longo do desenvolvimento do programa. Ao todo, pretende-se implementar 22 novos módulos no programa SisCCoH, além da elaboração de um Manual do Usuário. Saliente-se que este conterà a descrição das metodologias utilizadas no desenvolvimento das rotinas de cálculo, bem como exemplos práticos, podendo vir a constituir uma publicação específica, em papel ou meio digital.

Tabela 2 – Descrição dos Novos Módulos a Serem Incorporados

Item	Descrição
Módulo 1	Regimes de escoamento de Canais em Degraus
Módulo 2	Regime Nappe Flow
Módulo 3	Regime Skimming Flow (Antigo Escadas com Adequações)
Módulo 4	Canais em Degraus com Trechos Distintos
Módulo 5	Confluência de Canais

Tabela 2 – Descrição dos Novos Módulos a Serem Incorporados (continuação)

Item	Descrição
Módulo 6	Canais em Enrocamento
Módulo 7	Bacias de Dissipação em Enrocamento
Módulo 8	Curvas em Canais
Módulo 9	Seções Irregulares: Uniforme
Módulo 10	Seções Irregulares: Crítico
Módulo 11	Seções Irregulares: Gradualmente Variado
Módulo 12	Seções Irregulares: Curva de Descarga
Módulo 13	Túneis: Uniforme
Módulo 14	Túneis: Crítico
Módulo 15	Túneis: Gradualmente Variado
Módulo 16	Túneis: Curva de Descarga
Módulo 17	Condutos Simples: escoamentos Transitórios
Módulo 18	Seções Regulares: escoamentos Transitórios
Módulo 19	Pontes
Módulo 20	Vertedores
Módulo 21	Ressalto Hidráulico: Posicionamento
Módulo 22	Transições em Canais

Caso necessário, ensaios de laboratório em modelo reduzido podem vir a fazer parte do desenvolvimento dos trabalhos, com o intuito de atestar ou até mesmo indicar o procedimento metodológico a ser adotado para a incorporação de rotinas de cálculo no programa. Nesse sentido, vislumbra-se a possibilidade de extensões de trabalho, sobretudo, de pesquisas de pós-graduação em nível de mestrado e doutorado no EHR-UFMG.

Salienta-se que, apesar do convênio tecnológico encontrar-se em fase de formalização, já foram desenvolvidas diversas atividades deste projeto, tais como: mudança da arquitetura do programa e implementação dos 8 (oito) primeiros módulos indicados na Tabela 2, incorporações essas que já estão disponíveis para *download* na versão Beta do *software*.

De forma ilustrativa, nas Figuras 4 e 5, são apresentadas algumas telas de interface gráfica para o cálculo de escoamento em degraus. A Figura 4 indica a tela principal para a caracterização do tipo de escoamento de um canal em degraus, dando subsídios ao usuário avaliar se o regime de escoamento da estrutura analisada classifica-se como *nappe flow* (escoamento em quedas sucessivas), *skimming flow* (escoamento deslizante sobre turbilhões) ou *transition flow* (zona de transição processada entre os regimes *nappe flow* e *skimming flow*). Já na Figura 5 são apresentadas quatro telas de interface gráfica do módulo “Regime Skimming Flow”, que permite o cálculo das características hidráulicas do escoamento aerado.

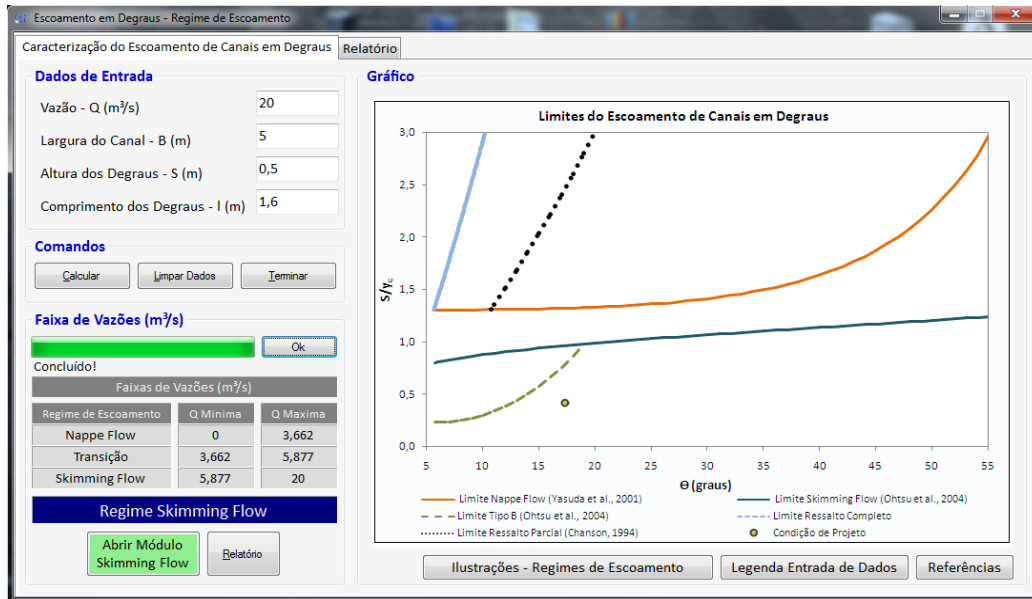


Figura 4 – Tela do Módulo Caracterização do Escoamento de Canais em Degraus

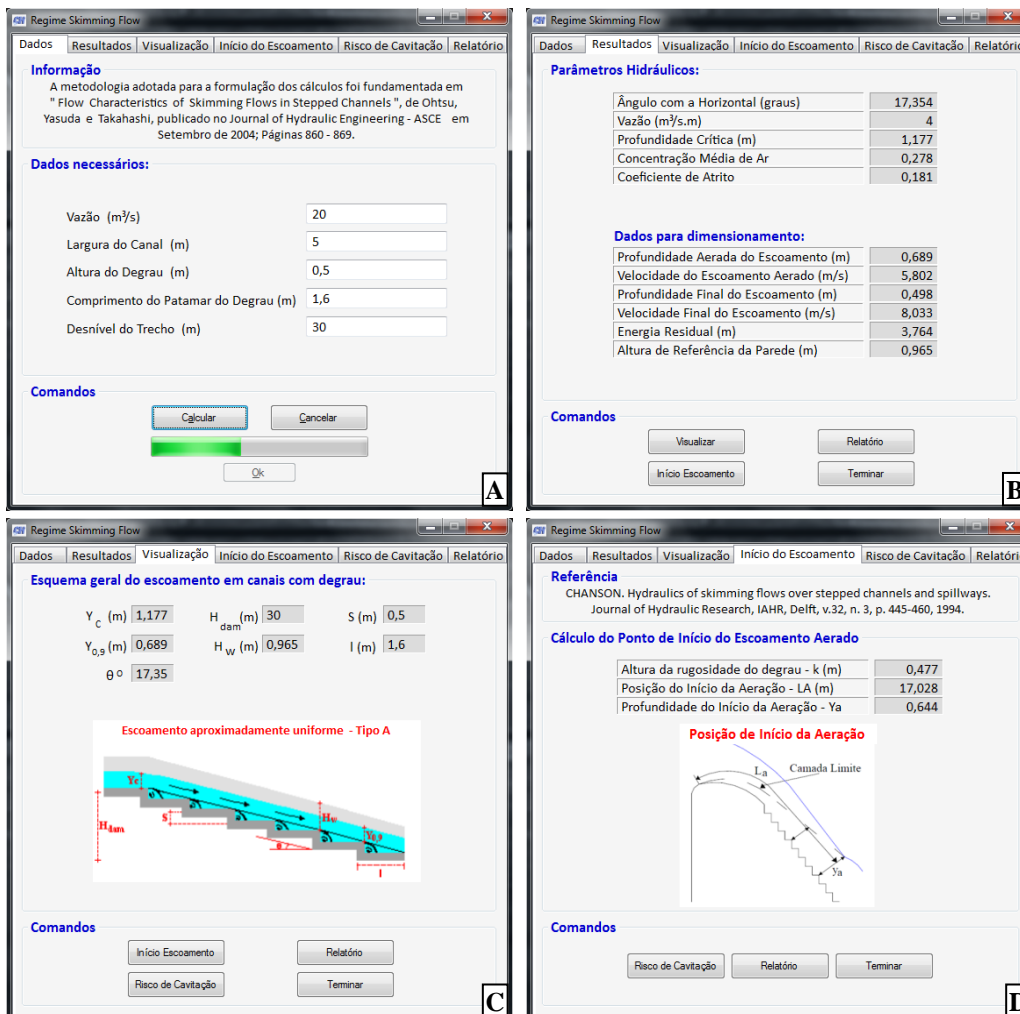


Figura 5 – Tela de Entrada de Dados do Módulo Regime Skimming Flow (A). Tela de Resultados do Módulo Regime Skimming Flow (B). Tela de Visualização dos Resultados do Módulo Regime Skimming Flow (C). Tela de Definição do Ponto de Início do Escoamento Aerado do Módulo Regime Skimming Flow (D)

Salienta-se que a aplicação dos conceitos que envolvem o dimensionamento de canais em degraus tem se tornado quase que uma rotina em projetos de obras hidráulicas, sobretudo, no setor da mineração, visto que a conformação topográfica dessas áreas (grandes desníveis entre o emboque e o desemboque das estruturas hidráulicas), em geral, não permitem a implantação de um canal em calha lisa, em virtude dos limites de velocidade do escoamento estabelecidos, *a priori*, e que devem ser respeitados.

6 - CONCLUSÕES

As otimizações na arquitetura do *software*, bem como os oito novos módulos desenvolvidos até o presente momento são reflexos dos bons resultados decorrentes dessa iniciativa de parceria, que tem auxiliado, efetivamente, usuários tanto da área profissional como da área acadêmica. Dentro desse contexto, e dada a importância de iniciativas dessa natureza, no sentido de busca contínua de aprimoramento e ganho tecnológico, é vislumbrada a continuação e o fortalecimento dessa parceria, fomentando, ainda mais, o envolvimento de cooperação da iniciativa privada com instituições de ensino e pesquisa para o desenvolvimento científico e tecnológico.

Nesse sentido, de modo a auxiliar na disseminação de utilização do *software*, vislumbra-se oferecer cursos de capacitação, sobretudo, para profissionais da área de Recursos Hídricos, cujo conteúdo programático estará calcado no aprofundamento da modelagem hidráulica dos diferentes módulos que irão compor o programa.

Ainda no quadro da disseminação do programa insere-se o Manual do Usuário, já citado anteriormente, que deverá constituir um referencial importante para projeto e dimensionamento de estruturas hidráulicas não convencionais, frequentes em drenagem de terraplenos e áreas de mineração.

7 - AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CTIT/UFMG – Coordenadoria de Transferência e Inovação Tecnológica da UFMG – pelo apoio no processo de formalização do convênio de Desenvolvimento Tecnológico.

REFERÊNCIAS

- ABT, S. R.; JOHNSON, T. L. (1991). Riprap design for overtopping flow. *Journal Hydraulic Engineering*, v. 117(8), pp. 959–972.
- BAPTISTA, M. B.; LARA, M. (2010). *Fundamentos de Engenharia Hidráulica*. 3º ed. Belo Horizonte: UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, 480 p.
- CHANSON, H. (1993). Stepped spillway flows and air entrainment. *Canadian Journal of Civil Engineering*, v. 20, n. 3, pp. 422-435.
- CHOW, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Book, 680 p.
- OHTSU, I.; YASUDA, Y.; TAKAHASHI, M. (2004). Flow characteristics of skimming flow in stepped channels. *Journal of Hydraulic Engineering*, v. 130, pp. 860-869.