

HydroC - Biblioteca hidrológica aberta com fins educacionais

HydroC - An open source hydrological library with educational purposes

Leonardo Bacelar Lima Santos
CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO
E ALERTA DE DESASTRES NATURAIS
leonardo.santos@cemaden.gov.br

Roberta Baldo Bacelar, Camila Beltrão Medina
FACULDADE ANHANGUERA
iroberta.baldo@gmail.com, camila.medina@gmail.com

Tiago N. S. Miranda
FACULDADE DE TECNOLOGIA (FATEC),
CRUZEIRO
tiago.n.miranda@gmail.com

Solon V. Carvalho
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
(INPE), SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
solon@lac.inpe.br

Jéssika C. D. Fratari
FACULDADE DE TECNOLOGIA (FATEX),
GUARATINGUETÁ
jessikafratari@gmail.com

Abstract

O objeto físico bacia hidrográfica é tão importante para o monitoramento hidrológico quanto o seu conceito é para a educação em desastres naturais. A biblioteca aberta HydroC promove a delimitação de bacias hidrográficas a partir de funções relativamente simples, desenvolvidas com fins educacionais. Um estudo de caso foi feito com alunos da disciplina de Introdução à Ciência da Computação de um curso de graduação em Engenharia Ambiental. A criação da HydroC e a disponibilização deste conteúdo em ambiente virtual, colaborativo, livre e gratuito, torna esta proposta uma estratégia metodológica alternativa de ensino e de aprendizagem democrática, que viabiliza o acesso de pessoas leigas e de potenciais formadores de opinião e conhecimento a um conteúdo de forte contexto social: desastres naturais.

The physical object of watershed is so important for hydrological monitoring as their concept is for education in natural disasters. The open library HydroC promotes the delineation of watersheds from relatively simple functions, developed for educational purposes. A case study was done with students of Introduction to Computer Science with an undergraduate degree in Environmental Engineering. The creation of HydroC and its delivering in a collaborative, free and open platform make this proposal an interesting alternative education resource about natural disasters.

Keywords: Watersheds, open source software, natural disasters

Palabras clave: Bacias hidrográficas, software livre, desastres naturais

1 Introdução

Do ponto de vista legal, dentre as leis em vigor no país que tratam do tema Recursos Hídricos está a lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Dentre as principais contribuições dessa lei, está a adoção da bacia hidrográfica (e não de limites municipais ou mesmo estaduais) como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A tragédia ocorrida em janeiro de 2011 na Região Serrana fluminense mudou o rumo das discussões sobre desastres naturais no Brasil, destacando definitivamente o papel central da prevenção (Oliveira Filho, 2012). A lei 12.608, de 10 de abril de 2012, institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, dispôs sobre o Sistema e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil e autorizou a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres.

O monitoramento e alertas de desastres naturais hidrológicos também devem ter como base a bacia hidrográfica. A delimitação deste objeto físico é, portanto, fundamental para a efetividade dos estudos científicos e da atuação governamental (Santos et al., 2013; Soler et al., 2013).

A bacia hidrográfica é o conjunto de todos os pontos do espaço que drenam a água que neles pode precipitar para um ponto em comum, chamado exutório. Para o monitoramento de desastres hidrológicos, os exutórios devem ser considerados nas áreas de risco a inundações. Desta forma, é possível monitorar todas as áreas nas quais, se chover, há possibilidade da água que escoar chegar ao local de interesse. A delimitação de bacias hidrográficas pode ser realizada de diversas maneiras. A opção tradicional era manualmente, a partir de cartas topográficas, conectando os pontos de sela e os topos de morro nas isolinhas de altimetria.

Conforme apresentado em Santos e Linhares (2012), há diversas opções disponíveis para delimitação automática, dentre elas, o software livre TerraHidro (Rosim et al., 2008; INPE, 2012a), o módulo livre Hand (Rennó et al., 2008; INPE, 2012b), executável em ambiente IDL e o módulo ArcHydro da solução comercial ArcGIS (ESRI, 2009).

O presente artigo tem como objetivo central apresentar a biblioteca HydroC como instrumento para educação frente a desastres naturais. A HydroC é um conjunto de funções (trechos de códigos computacionais) escritas na linguagem de programação C, para delimitação de bacias hidrográficas. De código aberto, a HydroC pode ser adquirida, utilizada e modificada livremente (HydroC, 2014).

A HydroC não foi desenvolvida para uso operacional em delimitação de bacias hidrográficas, mas sim educacional. A compreensão do processo de delimitação pode representar uma ferramenta de educação para desastres. O “público alvo” desta ferramenta é composto por pessoas com noções básicas de programação, que tenham adquirido este conhecimento através de: disciplinas introdutórias nas graduações em ciências exatas, formação técnica em informática e/ou computação ou ainda, este material pode servir de suporte para a realização de treinamentos ministrados a interessados em hidrologia, meio ambiente ou desastres naturais.

Falar de educação para desastres naturais é abrir um leque de possibilidades tendo em vista que diversos públicos podem ser atingidos e atendidos por estas questões. Isto é percebido facilmente se observarmos como fica ampliado o grau de interesse de “pessoas comuns”, mas que foram atingidas por desastres.

Outra forma de pensarmos questões educacionais relacionadas a desastres é o monitoramento de informações através da mídia eletrônica e das redes sociais, conforme demonstra Londe et al. (2013), que apresenta a possibilidade de utilizar redes como Facebook como ferramenta de divulgação e acompanhamento de situações de crise.

Neste sentido, é possível ampliar o conceito de aprendizagem, não o restringindo apenas ao ambiente escolar. Com a institucionalização da educação para todos, decorrente de movimentos políticos sociais do século XVIII, em especial a Revolução Francesa, a transmissão dos saberes produzidos pela humanidade, ou seja, os saberes considerados científicos e verdadeiros ficou a cargo da escola. Assim, a escola tem por função ensinar e, por consequência, fazer com que a futura geração de trabalhadores aprenda. O aprender se transformou na tarefa maior da escola e função exclusiva do docente.

O século XX foi marcado por alterar essa concepção. Diversos teóricos investigam questões relacionadas a desenvolvimento e aprendizagem. Os teóricos das psicologias genéticas rompem a concepção de que o aprender só se efetiva a partir do direcionamento de alguém que domina os saberes, visto que, o sujeito que aprende é uma “tábula rasa”. Aprender é, portanto, um processo cognitivo pelo qual ideias, valores, competências

e habilidades são internalizadas pelo homem como resultado da observação do mundo em que está inserido, raciocínio, experimentação e estudo. Segundo Vigotski (1998), o homem é um ser social e, deste modo, aprende estando em contato com seus pares, nas diversas situações cotidianas. Neste sentido, não exclusivamente o professor é agente promotor da aprendizagem, mas qualquer indivíduo mais experiente que oportunize situações que levem o aprendente do conhecimento instalado, para um nível mais avançado.

O autor define que existe um nível de desenvolvimento real, ou seja, toda ação em que o sujeito é capaz de realizar com autonomia e, também, o nível de desenvolvimento potencial, que são as questões nas quais o sujeito necessita da ajuda de outro para realizar. Esse outro deve ser alguém mais experiente, não exclusivamente um professor, mas alguém que domine a questão a ser aprendida. Nesse sentido, Vigotski (1998, p. 112) apresenta o conceito de nível de desenvolvimento proximal, como:

A distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.

Vale firmar que o nível de desenvolvimento potencial hoje, será o nível de desenvolvimento real amanhã. Ao aprender o sujeito avança, amadurece, ou seja, desenvolve-se. Nesse trabalho abordaremos essencialmente a educação formal, no entanto, deve-se considerar que a concepção de aprender não é algo restrito e exclusivo ao ambiente escolar. As ideias visgotskianas deslocam do professor, até então considerado o detentor absoluto do conhecimento, a responsabilidade por ensinar, para o papel de ouvir as experiências e saberes do aluno, problematizar os conteúdos científicos e promover a reflexão e a interação entre o grupo. Segundo a corrente pedagógica cognitivista-interacionista, é assim que se aprende. Trata-se, portanto de uma atividade não exclusiva do ambiente escolar, nem do professor, mas que pode/deve acontecer neste espaço geográfico. Desta forma, o conhecimento é construído, aquilo que foi aprendido ontem, servirá de alicerce a uma aprendizagem futura. Meu conhecimento potencial será transformado em real.

Os saberes internalizados pelo educando durante todo o seu percurso acadêmico, inclusive no Ensino Superior, constituem elementos que serão úteis em todas as “etapas da existência humana”, valorizando a escola como um local de transmissão e discussão dos saberes humanos, desde que influencie positivamente o indivíduo neste processo. Por isso, estratégias metodológicas devem ser repensadas e revisitadas com a mesma “velocidade” com a que a sociedade (sociedade da informação) solicita.

A criação da HydroC e a disponibilização deste conteúdo em ambiente virtual, colaborativo, livre e gratuito, torna esta proposta uma estratégia metodológica de ensino e de aprendizagem democrática e que viabiliza o acesso de pessoas leigas e de potenciais formadores de opinião e conhecimento a um conteúdo relativo a desastres naturais.

Neste artigo é apresentado um estudo de caso da utilização da biblioteca HydroC na disciplina de Introdução à Ciência da Computação para alunos do primeiro ano de um curso de graduação em Engenharia Ambiental. A seção de Materiais e Métodos traz uma visão geral da HydroC e suas funcionalidades básicas, bem como a descrição do estudo de caso. Os resultados são apresentados e discutidos na seção posterior, e, por fim, a seção Considerações finais tece as conclusões e as perspectivas do trabalho.

2 Materiais e métodos

2.1 A HydroC

A biblioteca HydroC consiste em um conjunto de funções na linguagem C para tratamento de dados hidrológicos. Completamente projetada e desenvolvida não para fins operacionais, mas para fins didáticos, a HydroC utiliza recursos padrões relativamente simples da linguagem C, e está toda documentada em português sendo de fácil compreensão para jovens programadores.

Trata-se de um código aberto, que pode ser livremente adquirido no repositório sourceforge, pelo link:

<http://sourceforge.net/projects/hydroc/>

O arquivo `hydroc.h` contém chamada para todas as funções desenvolvidas, bastando ao programador adicionar esse arquivo ao seu código.

Foram desenvolvidas as seguintes funções para a biblioteca HydroC:

- `dem_f`:
 - `dem_f1(dem, n, y)` - responsável pela criação e tratamento da matriz *DEM* utilizando valores aleatórios, no qual `dem` representa a matriz *DEM* que está sendo criada, `n` representa o número de linhas e `y` representa o número de colunas que serão utilizadas para criação da matriz.
 - `dem_f2(dem, n, y)` - responsável pela criação e tratamento da matriz *DEM* utilizando valores pré-determinados no código de sua função, no qual `dem` representa a matriz *DEM* que está sendo criada, `n` representa o número de linhas e `y` representa o número de colunas que serão utilizadas para criação da matriz.
 - `dem_f3(arq, dem, n, y)` - responsável pela criação e tratamento da matriz *DEM* utilizando valores pré-determinados em um arquivo `.txt`, no qual `arq` representa o arquivo `dem_arquivo.txt`, `dem` representa a matriz *DEM* que está sendo criada, `n` representa o número de linhas e `y` representa o número de colunas que serão utilizadas para criação da matriz.
- `ldd_f(dem, ldd, n, y)` - responsável pela criação e tratamento da matriz *LDD* partindo da matriz *DEM*, no qual `dem` representa a matriz *DEM* usada como base, `ldd` representa a matriz *LDD* que está sendo criada, `n` representa o número de linhas e `y` representa o número de colunas que serão utilizadas para criação da matriz.
- `area_f(ldd, bacia, area, n, y)` - responsável pela criação e tratamento da matriz *AA* partindo da matriz *LDD*, no qual `ldd` representa a matriz *LDD* usada como base, `bacia` representa a matriz *Bacia* utilizada na operação para criação da matriz *AA*, `area` representa a matriz *AA* que está sendo criada, `n` representa o número de linhas e `y` representa o número de colunas que serão utilizadas para criação da matriz.
- `drenagem_f(area, drenagem, n, y, valdng)` - responsável pela criação e tratamento da matriz *Drenagem* partindo da matriz *AA*, no qual `area` representa a matriz *AA* utilizada como base, `drenagem` representa a matriz *Drenagem* que está sendo criada, `n` representa o número de linhas, `y` representa o número de colunas que serão utilizadas para criação da matriz e `valdng` representa o valor passado para ser usado na operação de delimitação na criação da matriz *drenagem*.
- `bacia_f(ldd, bacia, n, y, exui, exuj)` - responsável pela criação e tratamento da matriz *Bacia*, no qual `ldd` representa a matriz *LDD* usada como base, `bacia` representa a matriz *Bacia* que está sendo criada, `n` representa o número de linhas, `y` representa o número de colunas que serão utilizadas para criação da matriz, `exui` representa o número da linha escolhida para delimitar o exutório e `exuj` representa o número da coluna escolhida para delimitar o exutório.

Para incorporar uma nova função à HydroC, é necessário que o arquivo `.h` da função criada, seja colocado na pasta de nome `hydroc`, onde se encontram todos os arquivos `.h` das funções que realizam o tratamento de dados hidrológicos. A pasta `hydroc` é localizada dentro da pasta `include`, que por sua vez, está na pasta onde o compilador a linguagem C foi instalado.

Após colocar o arquivo `.h` da nova função criada, dentro da pasta `hydroc`, este arquivo `.h` precisa ter seu nome inserido no arquivo `hydroc.h`, através do seguinte comando: `#include "hydroc\nome_do_novo_arquivo.h"`, ou seja, comando `#include`, seguido das informações do nome da pasta onde se encontra a nova função e o nome desta função.

Diversas estruturas hidrológicas foram modeladas computacionalmente e constam na lista de estruturas computacionais na HydroC. A Tabela 1 sumariza as principais dessas estruturas.

Todos os testes referentes ao presente artigo foram efetuados no ambiente WINDOWS[®], utilizando o IDE DEV-C++[®] para programação, compilação e execução.

Tabla 1: Significado hidrológico e estruturas computacionais das principais estruturas hidrológicas implementadas na Hydroc.

	Significado hidrológico	Estrutura computacional
<i>DEM</i>	Modelo Digital de Elevação (Digital Elevation Model - <i>DEM</i>). Armazena dados de altimetria.	Matriz com números inteiros não negativos. Cada célula é um elemento da discretização do terreno e possui um, e apenas um, valor de altimetria.
<i>LDD</i>	Direção de fluxo local (Local Drain Direction - <i>LDD</i>). Armazena a informação da direção e sentido do escoamento superficial.	Matriz com um, e apenas um, dentre os números inteiros de 1 a 9 (cada um para uma direção cardinal ou colateral ou fosso). Para construir a matriz <i>LDD</i> é suficiente usar a matriz <i>DEM</i> .
<i>AA</i>	Área acumulada (<i>AA</i>): área de contribuição para cada elemento do terreno.	Matriz com números inteiros maiores ou iguais a 1 (um). Cada valor representa o número de células da bacia hidrográfica à montante do ponto.
<i>DNG</i>	Conjunto de elementos do terreno pelos quais há efetivo escoamento superficial.	Matriz com ou o número 0 (zero), quando não há drenagem, ou o número 1 (um): quando há drenagem. Haverá drenagem quando o valor de <i>AA</i> do elemento for igual ou superior a um valor limiar.
Exutório	Ponto de fechamento da bacia hidrografia.	Ponto do terreno para o qual converge o escoamento.

2.2 O estudo de caso

Para avaliar o uso da HydroC, um estudo de caso foi efetuado no segundo semestre de 2013 na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) da cidade de São José dos Campos-SP. Os alunos do primeiro ano do curso de graduação em Engenharia Ambiental, ao final da disciplina de Introdução à Ciência da Computação, foram apresentados à HydroC e ao desafio de, utilizando a biblioteca, construir novas funções para atender a demandas específicas, como calcular a área e perímetro de uma bacia, e encontrar o caminho que um poluente poderia seguir ao ser despejado em um ponto qualquer da região. Ao final do estudo os alunos foram questionados sobre a importância e a facilidade de uso da ferramenta.

3 Resultados e discussões

A biblioteca HydroC foi utilizada pelos alunos como suporte para o tratamento de dados hidrológicos. Os alunos concentraram seus esforços na modelagem computacional do problema e na análise dos resultados. A etapa intermediária, de desenvolvimento do código, demandou menos tempo de trabalho, uma vez que a biblioteca HydroC já ofertava diversas funcionalidades genéricas, precisando que o programador apenas especificasse os dados de entrada e de saída das funções.

Para exemplificar, segue a construção do trabalho cujo objetivo era apresentar uma matriz de risco pontual de escorregamento de massa com base na declividade e na área de contribuição à montante de cada ponto do terreno.

A função `dem_f3(arq, dem, n, y)`, da HydroC, lê do arquivo referente à variável `arq` a matriz que lá estiver, sendo armazenada na variável `dem`, com dimensões `n` linhas e `y` colunas.

Os alunos criaram um arquivo de entrada, com uma matriz na qual cada elemento representava a altimetria do ponto em questão, ou seja, o próprio Modelo Digital de Elevação (*DEM*) (Tucci, 2000). Essa matriz, em

formato `.txt`, foi construída com dados hipotéticos, mas poderia ser obtida a partir de uma imagem de satélite real, no caso de programadores com experiência em Sistemas de Informações Geográficas (Tucci, 2000).

Usando a função `dem_f3` foi possível ler o arquivo e guardar em memória a matriz `dem`.

Para calcular a declividade de cada ponto, os alunos implementaram um cálculo que definia a declividade como a diferença entre as altimetrias do elemento vizinho de maior altimetria e do elemento vizinho de menor altimetria.

Para obter a área de contribuição à montante de cada ponto do terreno, ou seja, quantas células contem a bacia hidrográfica que pode contribuir com água de escoamento superficial, bastou os alunos utilizarem as funções já implementadas na HydroC: `ldd_f(dem, ldd, n, y)` e `area_f(ldd, bacia, area, n, y)`. A primeira recebe o `dem` previamente lido pela função `dem_f3(arq, dem, n, y)`, e gera a matriz de direção de fluxo, `ldd`. A segunda, de posse da `ldd`, determina a bacia à montante de cada ponto, e calcula quantos elementos a constitui.

Por fim, a combinação entre a matriz calculada de declividades e a matriz de área de contribuição (área acumulada) deveria prover o risco de escorregamento de massa em cada ponto do terreno. Quanto maior a declividade e quanto maior a área de contribuição à montante, maior o risco de escorregamento em uma célula. Uma das mais simples expressões que satisfazem essa hipótese é a multiplicação elemento a elemento (não exatamente a multiplicação de matrizes) entre as matrizes. Os alunos ainda promoveram a normalização dos resultados, apresentando todos os valores entre 0 e 1, uma vez que o cálculo simplificado pode servir apenas para ilustrar comparativamente o risco de escorregamento de massa em cada ponto do terreno.

Todos os trabalhos foram apresentados oralmente em sala de aula, com presença de todos os alunos. O foco da discussão foi nas etapas iniciais ? de compreensão e modelagem computacional do problema, e nas finais ? de análise dos resultados e interpretação das limitações e aplicabilidades.

O livro “História, Sociedade e Educação: o Ensino Superior e o desenvolvimento local” organizado por Paulino José Orso, João Carlos da Silva, André Paulo Castanha, Marcela Rebeca Contreras Loera, discute como demonstrar a relação existente entre o processo de desenvolvimento social e econômico de uma nação e a educação sob dois vértices: a socialização de conhecimento e a função social do ensino superior. Para os autores (2011)

O ensino superior, enquanto produto das transformações históricas do homem e da sociedade vai assumindo formas, contornos e características que correspondem à etapa de desenvolvimento, à consciência da época e às exigências e possibilidades sociais. Em função das transformações ocorridas até o momento, a universidade vem ganhando importância, contribuindo significativamente com a apropriação e socialização dos conhecimentos historicamente produzidos, com a produção e compreensão do homem, da história e da sociedade em seus processos de transformação, com o desenvolvimento social e com a melhoria das condições de vida da população.

A aplicação desta metodologia de aula, e o objetivo de envolver alunos ingressantes no Ensino Superior, teve como proposta inicial atender a esta demanda de “socialização dos conhecimentos produzidos”.

Para que os resultados pudessem ser mensurados diretamente, optou-se pela avaliação do projeto através da aplicação de um questionário junto à turma que realizou a elaboração da proposta.

A Tabela 2 sumariza os resultados da entrevista, com questionário não identificado aplicado para os alunos ao final da disciplina, em relação a aspectos como compreensão e utilização da biblioteca HydroC.

Tabla 2: Sumário dos resultados da entrevista com os alunos.

Você compreende o conceito de biblioteca de funções em linguagem C	SIM - todos os alunos		
	Mínima	Média	Máxima
Nota de 0-10 sobre a utilidade da biblioteca HydroC	6	8	10
Nota de 0-10 sobre a facilidade em usar a biblioteca HydroC	5	6	10
Nota de 0-10 sobre os tutoriais para a biblioteca HydroC	4	8	10

4 Conclusões e perspectivas

A biblioteca HydroC foi acessada e expandida (desenvolvimento colaborativo) por estudantes do primeiro ano de um curso de Engenharia Ambiental, com conhecimentos básicos de computação recém-adquiridos. Tal grupo foi o responsável pelos resultados apresentados na Tabela 2, que aponta para um resultado bastante satisfatório sobre a usabilidade da HydroC.

Além disso, pode-se prospectar a possibilidade de uma ampliação do uso e uma maior democratização do acesso às informações, com fins de educação, tanto para pesquisadores e principalmente alunos da área ambiental, quanto para a sociedade em geral, interessada em conhecimentos na área de hidrologia e desastres naturais, com conhecimentos básicos em programação.

Referências

-  [ESRI \(2009\)](#).
ArcGIS Desktop: Release 9.3.1 São Paulo, SP.
Environmental Systems Research Institute.
-  [HydroC \(2014\)](#).
<http://sourceforge.net/projects/hydroc/>
-  [INPE \(2012a\)](#).
TerraHidro.
<http://www.dpi.inpe.br/alexandre/TerraHidro/>
-  [INPE \(2012b\)](#).
Hand.
<http://www.dpi.inpe.br/camilo/hand>
-  [Londe, L. R. et al. \(2013\)](#).
Informações da mídia eletrônica e redes sociais como subsídio ao monitoramento de desastres naturais.
Geografia (Rio Claro. Impresso), 38 (2), 401–408.
-  [Oliveira filho, G. R. \(2002\)](#).
Os movimentos de massa na região serrana do estado do Rio de Janeiro em 2011: diagnóstico e proposição de medidas para enfrentamento de desastres ambientais.
CES Revista - Juiz de Fora, 26 (1), 149–164.
-  [Orso, P. J. et al. \(2011\)](#).
História, Sociedade e Educação: o Ensino Superior e o desenvolvimento local.
FE/Unicamp: Campinas, ISBN: 978-85-7713-126-6.
-  [Rennó, C. et al. \(2008\)](#).
HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia.
Remote Sensing of Environment, 112 (9), 3469–3481.
-  [Rosim, S. et al. \(2008\)](#).
Uma ferramenta open source que unifica representações de fluxo local para apoio à gestão de recursos hídricos no Brasil.
Informática Pública, 10, 29–49.
-  [Soler, L. S. et al. \(2013\)](#).
Challenges and perspectives of innovative digital ecosystems designed to monitor and warn natural disasters in Brazil.
MEDES, 2013, Luxemburgo. MEDES.
-  [Santos, L. B. L. et al. \(2013\)](#).
Caracterização de bacias hidrográficas por uma abordagem diretamente baseada em operações via bancos de dados geográficos.
XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

-  Santos, L. B. L. e Linhares, C. A. (2012).
Avaliando eficácia e eficiência na delimitação de bacias hidrográficas usando diferentes fontes de dados altimétricos.
Simpósio Brasileiro Sobre Desastres Naturais, 2012, Rio Claro. Anais do Simpósio Brasileiro Sobre Desastres Naturais.
-  Tominaga, L. K., Santoro, J., Amaral, R. (orgs) (2009).
Desastres naturais: conhecer para prevenir.
São Paulo: Instituto geológico. 196 p. ISBN 978-85-87235-09-1.
-  Tucci, C. E. M. et al. (2000).
Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed.
Porto Alegre, ABRH/ Editora da Universidade/UFRGS.
-  Vigotski, L. S (1998).
A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.
Tradução José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. 6ª Edição.
São Paulo: Martins Fontes.

Modelling in Science Education and Learning
<http://polipapers.upv.es/index.php/MSEL>