

Redução de Riscos de Desastres Métodos e Práticas

Jéssica Aparecida Prandel
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2019

Jéssica Aparecida Prandel
(Organizadora)

Redução de Riscos de Desastres: Métodos e Práticas

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

R321 Redução de riscos de desastres [recurso eletrônico] : métodos e práticas / Organizadora Jéssica Aparecida Prandel. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-259-3

DOI 10.22533/at.ed.593191504

1. Conservação da natureza. 2. Impacto ambiental. I. Prandel, Jéssica Aparecida.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra intitulada “Redução de Riscos de Desastres: Métodos e Práticas” possui um conteúdo abrangente sobre o tema, cujos aspectos são abordados de maneira magistral. O mesmo contempla 16 capítulos com discussões sobre os principais processos responsáveis que auxiliam a reduzir os riscos de acidentes ambientais.

A palavra “desastre” é considerada um evento de causa natural ou não, que afeta a normalidade do funcionamento social, provocando danos e prejuízos à sociedade, afetando diretamente os ecossistemas, a economia e por consequência o desenvolvimento humano.

A noção de “riscos” pode ser considerada um conceito atual, aparecendo apenas no século XIX, com as transformações advindas da Revolução Industrial. O risco de desastre é explicado a partir de uma fórmula matemática ($RISCO = \text{ameaças} \times \text{vulnerabilidade}$), onde temos duas variáveis: as ameaças e a vulnerabilidade.

Entende-se como “riscos de desastres” a probabilidade da ocorrência de um evento adverso, que pode causar danos e prejuízos a toda uma comunidade e a um ecossistema, ou seja, para que haja a redução dos riscos de desastres é necessário um trabalho relacionando as ameaças e as vulnerabilidades.

Nos últimos anos o acentuado crescimento populacional associado com o uso desordenado nos grandes centros urbanos representa uma das principais ameaça a conservação dos ecossistemas e da própria humanidade. Esse crescimento explosivo da população urbana se caracteriza por não obedecer a qualquer critério de planejamento voltado aos recursos naturais.

Ao longo do tempo o ser humano ocupou e transformou o meio ambiente, utilizando-se da natureza. A relação entre homem e o ambiente, como o homem percebe este ambiente e como ele se comporta, se expressa na utilização do solo e da terra em determinado espaço. Desta forma, estes usos se tornam pontos de ligações decisivos entre os processos naturais e sociais.

A expansão das atividades humanas contribui diretamente na alteração das paisagens. Sendo assim, é necessário que haja um planejamento adequado que possa contribuir para a elaboração de propostas visando à redução de riscos de desastres ambientais.

Neste sentido, este volume é dedicado aos trabalhos relacionados a métodos e práticas que possam auxiliar na redução de riscos de desastres. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora entendem que um trabalho como este não é uma tarefa solitária. Os autores e autoras presentes neste volume vieram contribuir e valorizar o conhecimento científico. Agradecemos e parabenizamos a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática

apresentada.

Por fim, a Editora Atena publica esta obra com o intuito de estar contribuindo, de forma prática e objetiva, propondo medidas de caráter preventivo e corretivo para subsidiar as ações de gestão e planejamento urbano. Desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Jéssica Aparecida Prandel

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A PARTICIPAÇÃO POPULAR E A ESTRUTURA POLÍTICO-INSTITUCIONAL COMO VARIÁVEIS-CHAVE NA RECUPERAÇÃO APÓS DESASTRES SOCIO-NATURAIS	
Leandro Torres Di Gregorio	
DOI 10.22533/at.ed.5931915041	
CAPÍTULO 2	9
AÇÕES ANTRÓPICAS NA COMUNIDADE DA BOA VISTA, NITERÓI-RJ: UMA AVALIAÇÃO CRÍTICA SOBRE A OCUPAÇÃO INFORMAL	
Alexandre Diniz Breder	
Amanda Almeida Fernandes Lobosco	
Cristiane Tinoco dos Santos	
Regina Fernandes Flauzino	
Marcia Magalhães de Arruda	
DOI 10.22533/at.ed.5931915042	
CAPÍTULO 3	22
ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO E DAS MUDANÇAS DE ESTÁGIO DE ALERTA ENTRE 2015 E 2017 EM BLUMENAU-SC	
Tatiane Reis Martins	
Francine Gomes Sacco	
DOI 10.22533/at.ed.5931915043	
CAPÍTULO 4	32
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA ONDA DIFUSIVA SOBRE UMA ABORDAGEM FUZZY	
Maria Patricia Sales Castro	
Patrícia Freire Chagas	
Karyna Oliveira Chaves de Lucena	
Alice Rocha de Souza	
Silvia Helena Lima dos Santos	
Rejane Félix Pereira	
Fernando José Araújo da Silva	
Raimundo Oliveira de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.5931915044	
CAPÍTULO 5	40
ANÁLISE DOS PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS VOLTADOS PARA A REDUÇÃO DE RISCOS E RECUPERAÇÃO PÓS-DESASTRES NA REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Cláudia Gonçalves Thaumaturgo da Silva	
José Antonio Baptista Neto	
Carlos Machado de Freitas	
Márcia Pinheiro dos Santos	
Marília Teresa Lima do Nascimento	
Ana Dalva de Oliveira Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5931915045	

CAPÍTULO 6	57
CARACTERIZAÇÃO E CUSTOS DOS DESASTRES NATURAIS EM SANTA CRUZ DO SUL – RS	
Markus Erwin Brose Valéria Borges Vaz Bruno Deprá	
DOI 10.22533/at.ed.5931915046	
CAPÍTULO 7	66
DESASTRES POLÍTICOS APÓS DESASTRES NATURAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DA GOVERNANÇA EM DESASTRES ENTRE AS CIDADES DE TERESÓPOLIS- BRASIL E ÁQUILA - ITÁLIA	
Luis Carlos Martins Mestrinho de Medeiros Raposo	
DOI 10.22533/at.ed.5931915047	
CAPÍTULO 8	77
ELABORAÇÃO DE UMA ESCALA DE IMPACTOS DE EVENTOS METEOROLÓGICOS: CASO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO	
Marcelo Abelheira Ivana Soares de Aguiar Kátia Regina Alves Nunes Orlando Sodré Gomes Alexander de Araújo Lima Leandro Vianna Chagas Luis André Moreira Alves Pedro Martins	
DOI 10.22533/at.ed.5931915048	
CAPÍTULO 9	88
GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES E RESILIÊNCIA, MUNICÍPIO DE ENCANTADO - RS	
Renata Pacheco Quevedo Laurindo Antonio Guasselli Alexandra Cruz Passuello Eloisa Maria Adami Giazzon	
DOI 10.22533/at.ed.5931915049	
CAPÍTULO 10	104
MEDIDAS ESTRUTURAIS PARA PREVENÇÃO E COMBATE A INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC	
Simone Malutta Renata Cavion Rafael Bernardo Silveira Amanara Potykytã de Sousa Dias Vieira Dieter Klostermann Nádia Bernardi Bonuma	
DOI 10.22533/at.ed.59319150410	

CAPÍTULO 11	114
MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS PARA PREVENÇÃO E COMBATE A INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC	
<p>Simone Malutta Renata Cavion Rafael Bernardo Silveira Amanara Potykytã de Sousa Dias Vieira Dieter Klostermann Nádia Bernardi Bonumá</p>	
DOI 10.22533/at.ed.59319150411	
CAPÍTULO 12	124
MITIGAR E PREVENIR OCUPAÇÕES EM ÁREAS COSTEIRAS VULNERÁVEIS A ALAGAMENTOS: A NECESSIDADE DE UMA ABORDAGEM ECONÔMICA	
<p>Fabiana Salvador Galesi, Tatiana Maria Cecy Gadda,</p>	
DOI 10.22533/at.ed.59319150412	
CAPÍTULO 13	139
O PROGRAMA DEFESA CIVIL NA ESCOLA COMO PRÁTICA PEDAGÓGICA EXITOSA NO ESTADO DE SANTA CATARINA – UMA AÇÃO NO PRESENTE PREPARANDO O FUTURO DAS COMUNIDADES	
<p>Rosinei da Silveira Regina Panceri</p>	
DOI 10.22533/at.ed.59319150413	
CAPÍTULO 14	150
PLANEJAMENTO URBANO E DEFESA CIVIL: UMA ANÁLISE HORIZONTAL E PERFUNCTÓRIA	
<p>Sílvia Santana do Amaral</p>	
DOI 10.22533/at.ed.59319150414	
CAPÍTULO 15	166
PROPOSTA DE MODELO DE ELABORAÇÃO DE PLANOS DE CONTINGÊNCIA DE REFERÊNCIA	
<p>Marcio José de Macêdo Dertoni Airton Bodstein de Barros</p>	
DOI 10.22533/at.ed.59319150415	
CAPÍTULO 16	183
QUANTIFICAÇÃO DE ÁREA, EDIFICAÇÕES E POPULAÇÃO EM ÁREAS DE RISCO NO MUNICÍPIO DE IBIRAMA/SC	
<p>Emanuel Fusinato Juliana Gaspar Fernando Jost</p>	
DOI 10.22533/at.ed.59319150416	
SOBRE A ORGANIZADORA	191

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA ONDA DIFUSIVA SOBRE UMA ABORDAGEM *FUZZY*

Maria Patricia Sales Castro

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza - CE

Patrícia Freire Chagas

Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande
do Norte
Natal - RN

Karyna Oliveira Chaves de Lucena

Instituto Federal do Ceará – Campus Quixadá
Quixadá – CE

Alice Rocha de Souza

Instituto Federal do Tocantins – Campus Palmas
Palmas – TO

Silvia Helena Lima dos Santos

Universidade da Integração Internacional da
Lusofonia Afro-Brasileira
Redenção – CE

Rejane Félix Pereira

Universidade da Integração Internacional da
Lusofonia Afro-Brasileira
Redenção – CE

Fernando José Araújo da Silva

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – CE

Raimundo Oliveira de Souza

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza - CE

da biodiversidade e enchentes são exemplos típicos de problemas cada vez mais crítico e que provavelmente não têm uma única solução. Exigindo assim, um monitoramento contínuo com o intuito de garantir um ambiente apropriado para a comunidade. Neste contexto, a teoria *Fuzzy* surge como uma solução viável para estudar as incertezas de um sistema de prevenção de propagação de cheias. Neste estudo, busca-se compreender o comportamento da propagação da onda difusa *fuzzy*, bem como identificar a influência dos parâmetros hidráulicos número de Manning e declividade, na forma de funções de pertinência, tanto no espaço como no tempo. Com o intuito de se resolver o conjunto de equações diferenciais parciais “*fuzzificadas*” contidas no modelo, utilizou-se o método das diferenças finitas, utilizando um esquema implícito e elaborando um programa computacional para sua solução matemática. A partir dos resultados gerados, pode-se observar que o uso da teoria *Fuzzy* nos modelos de ondas difusas fuzzy pode se tornar uma alternativa viável para a avaliação de incertezas em regiões suscetíveis à propagação de cheias.

PALAVRAS-CHAVE: – Ondas de Cheias, Teoria *Fuzzy*, Modelo da Onda Difusa

RESUMO: - Problemas ambientais, como mudanças climáticas, secas, erosão, redução

ABSTRACT: –Environmental problems such as climate change, droughts, erosion, biodiversity

reduction and floods are typical examples of problems that are unlikely to have a single solution, and increasingly more critical, requiring continuous monitoring and monitoring in order to ensure an appropriate environment for the community. In this context, the *Fuzzy* theory emerges as a viable solution to study the uncertainties of a flood propagation prevention system. In this study, seeks to understand the *fuzzy* diffusive wave flood routing as well as to identify the influence of the hydraulic parameters Manning number and slope, in the membership functions form, both in space and time. In order to find the solution of the “*fuzzified*” partial differential equations contained in the model, the finite differences method was used, using an implicit scheme and elaborated a computational program for its mathematical solution. From the results generated, it can be observed that the use of *fuzzy* theory in the *fuzzy* diffusive wave models can become a viable alternative for the evaluation of uncertainties in regions susceptible to flood propagation.

KEYWORDS: -Flood routing, *Fuzzy* theory, Diffusive wave.

1 | INTRODUÇÃO

Problemas ambientais como a mudança climática, a erosão, redução da biodiversidade e cheias são exemplos típicos de “péssimos problemas “ (Rittel e Webber, 1973, Churchman, 1967). Eles são difíceis de se ter uma única solução, seus resultados não apresentam como resposta Verdadeiro / Falso, mas sim Melhor / Pior, e a possível discrepância em relação ao problema ou parte deste pode vir a ter várias explicações plausíveis. No entanto, muitos problemas ambientais necessitam de uma certa urgência, e apesar da dificuldade, temos de procurar e encontrar soluções para estes problemas.

Lal (2005) afirmou que estudos mostram que os modelos de ondas difusas podem ser usados com sucesso para simular uma variedade de condições naturais de escoamento. Uma aproximação de onda difusa foi aplicada à área de inundação e vazão em um sistema de canais em loop. (Luo, 2007).

Muitas técnicas foram desenvolvidas para quantificar riscos em vários problemas hidrodinâmicos. Essas técnicas são chamadas “data-driven”. Entre as teorias importantes disponíveis, podemos destacar a teoria probabilística (por exemplo, Frieser, 2004, Kolen et al., 2013) e a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* (por exemplo, Hundecha et al., 2001, Ozelkan e Duckstein, 2001, Chang et al., 2005, Chagas, 2005).

Cheng (1999) realizou um trabalho baseado nas características das enchentes do rio Yangtze na China e nos princípios da teoria dos conjuntos *fuzzy*, onde desenvolveu um modelo *fuzzy* ideal para o controle de inundações nos cursos superior e intermediário deste rio.

Este trabalho desenvolveu uma metodologia que combinou a teoria *fuzzy* com os modelos hidrodinâmico com o intuito de estudar as incertezas e a sensibilidade em relação à variação do parâmetro hidrodinâmico declividade mantendo a rugosidade

como constante ao longo do trecho de um rio durante a propagação da onda difusa.

2 | METODOLOGIA

A metodologia proposta para esta pesquisa consiste no desenvolvimento de um modelo de propagação de cheias usando o modelo de onda difusiva em sua forma *fuzzy*, de modo que a análise de incertezas possa ser desenvolvida. Desta forma, primeiramente foi formulado o modelo de onda difusa na forma determinística. Em seguida, esta equação foi transformada em uma equação *fuzzy* onde a variável de controle foi calculada na forma de função de pertinência.

2.1 Equação da Continuidade

A primeira equação fundamental do escoamento em rios e canais é a equação da continuidade. Na aplicação a rios, como o princípio original referem-se à conservação de massa, os volumes de água serão multiplicados pela massa específica, de maneira que o balanço resultante seja feito em termos de massa através do mesmo elemento de controle. (Andrade, 2006)

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_l \quad (1)$$

sendo: Q= vazão média no interior do canal natural; q_L=contribuição lateral por unidade de comprimento do canal natural; A= área da seção transversal do fluxo; x= comprimento do volume de controle; t= tempo relativo ao volume de controle.

Aplicando a teoria *fuzzy* na Equação (1) e considerando que não há contribuição lateral (q_L=0), a mesma pode ser “fuzzificada” e transformada na seguinte formulação.

$$\frac{\partial \tilde{Q}}{\partial x} + \frac{\partial \tilde{A}}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

onde: Q= função de pertinência para vazão média no interior do canal natural; A= função de pertinência para área da seção transversal do fluxo;

2.2 Equação da Quantidade de Movimento

O enunciado da equação da quantidade de movimento diz que o somatório das forças atuantes sobre um volume de controle é a soma da taxa da variação do momentum dentro do volume de controle e a taxa de fluxo de momentum resultante, através da superfície de controle. Logo, a equação da quantidade de movimento é dada na sua forma diferencial por:

$$\frac{\partial \tilde{Q}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\tilde{Q}^2}{\tilde{A}} \right) + g\tilde{A} \left(\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x} - \tilde{S}_0 \right) + g\tilde{A}\tilde{S}_f = 0 \quad (3)$$

onde: A é a vazão [m³ /s]; x é o comprimento longitudinal [m]; t é o tempo [s]; A

é a área da seção transversal do fluxo [m²]; y é a profundidade da água no canal [m]; S₀ é a declividade de fundo do canal [m/m]; S_f é a declividade de linha de energia; e g é a aceleração da gravidade [m²/s].

Equação da quantidade de movimento com características *fuzzy*:

$$\frac{\partial \tilde{Q}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\tilde{Q}^2}{\tilde{A}} \right) + g\tilde{A} \left(\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x} - \tilde{S}_0 \right) + g\tilde{A}\tilde{S}_f = 0 \quad (4)$$

onde: \tilde{Q} = função de pertinência para a vazão [m³ /s]; \tilde{A} = função de pertinência para a área transversal do canal do rio [m²]; \tilde{y} = função de pertinência para a profundidade [m]; \tilde{S}_0 = função de pertinência para a declividade do leito do rio [m/m]; \tilde{S}_f = função de pertinência para a declividade da linha de energia [m/m].

2.3 Equação da Onda Difusa

O modelo da onda difusa emprega a Equação (1) e a Equação (3), De acordo com Cunge et.al. (1980) quando negligenciados os termos de inercia (aceleração local e convectiva), os termos de inercia na equação de Saint-Venant são desprezíveis, a equação será convertida em equação da onda difusiva, dada pela equação (5)::

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + C \frac{\partial Q}{\partial x} = D \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \quad (5)$$

onde $C = dQ/dA$ definido como a celeridade da onda cinemática e $D = Q/2S_0B$ definido como o coeficiente difusivo aparente. Termo este responsável pela amortização do pico da vazão ao longo do canal, e que será em função da declividade do canal.

Equação (5) com características *fuzzy*, temos:

$$\frac{\partial \tilde{Q}}{\partial t} + \tilde{C} \frac{\partial \tilde{Q}}{\partial x} = \tilde{D} \frac{\partial^2 \tilde{Q}}{\partial x^2} \quad (6)$$

2.4 Aspectos Computacionais

Um esquema numérico baseado no Método das Diferenças Finitas Implícito foi utilizado para calcular a equação diferencial parcial da onda difusiva *fuzzy*, isto é, devido ao método de diferenças finitas implícito ser incondicionalmente mais estável. Para este trabalho foi utilizado o Método de Crank-Nicolson pelo fato que este método dispõe de um tipo de discretização que garante a estabilidade numérica no processo de solução (Anderson et. al.,1984).

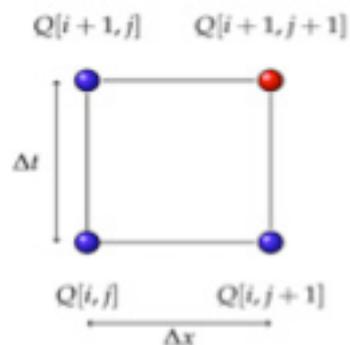


Figura 1 - Malha para a discretização da equação

Para discretizar o problema, considere uma pequena malha mostrada na Figura 1. De acordo com a Figura 1, a linha é representada pelo índice i e a coluna pelo índice j . Os passos no espaço e no tempo são respectivamente iguais a Δx e Δt . O ponto em vermelho significa que o valor é desconhecido. Segundo Gomes (2006) as derivadas discretizadas em suas formas *fuzzy* no tempo e no espaço são dadas por:

$$\frac{\partial \bar{Q}}{\partial t} \approx \frac{\bar{Q}[i, j + 1] - \bar{Q}[i, j]}{\Delta t} \quad (7)$$

$$\frac{\partial \bar{Q}}{\partial x} \approx \frac{1}{2} \left[\frac{\bar{Q}[i + 1, j + 1] - \bar{Q}[i - 1, j + 1]}{2\Delta x} + \frac{\bar{Q}[i + 1, j] - \bar{Q}[i - 1, j]}{2\Delta x} \right] \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 \bar{Q}}{\partial x^2} \approx \frac{1}{2} \left[\frac{\bar{Q}[i + 1, j + 1] - 2\bar{Q}[i, j + 1] + \bar{Q}[i - 1, j + 1]}{\Delta x^2} + \frac{\bar{Q}[i + 1, j] - 2\bar{Q}[i, j] + \bar{Q}[i - 1, j]}{\Delta x^2} \right]. \quad (9)$$

Para se resolver os problemas da equação da onda difusa *fuzzy*, foi desenvolvido um programa computacional em linguagem FORTRAN 90, capaz de resolver as equações contidas no modelo. Assim, sendo possível calcular as variáveis pertinentes ao controle de escoamento de um fluido em um rio.

Para cada declividade do leito foi realizada uma simulação onde se variou a declividade, S_0 , com o intuito de estudar o comportamento do campo de escoamento, ou seja, onde a variabilidade afeta os parâmetros hidráulicos como vazão e profundidade do mesmo.

3 | RESULTADOS

Após o desenvolvimento do programa computacional, em linguagem FORTRAN 90, onde foram estruturadas várias sub-rotinas, dispostas sequencialmente com vistas a obtenção de alguns resultados, um conjunto de simulações foi realizada. Inicialmente, foi considerado um rio com declividade, na sua forma *fuzzy*, definida por $[0,00001; 0,00005; 0,0001]$, coeficiente de rugosidade de Manning, também em sua forma *fuzzy*, definida por $[0,01; 0,05; 0,1]$, comprimento igual a 50 km, largura de 50 m e uma vazão inicial uniforme de 50 m³/s. Nesta simulação foi considerado uma declividade $S_0 = 0,0001$ e $0,0005$ para uma rugosidade $n = 0,1$ e um valor de corte- $\alpha=0,5$.

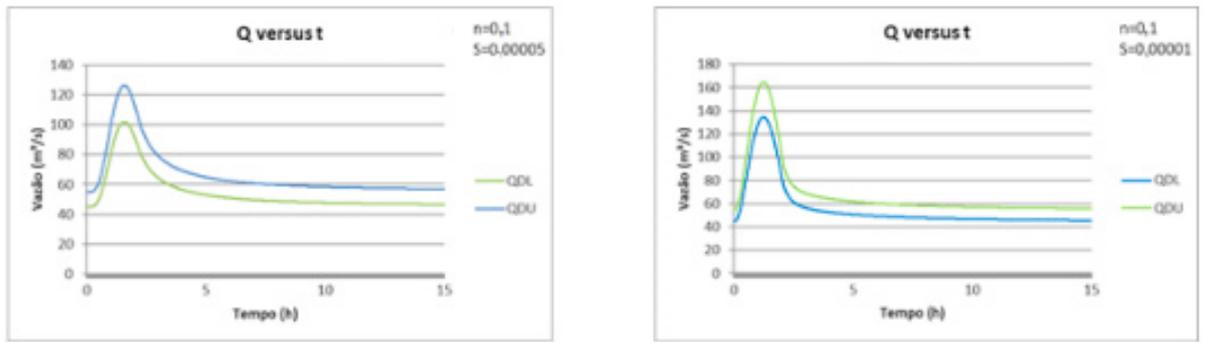


Figura 2 – Perfil da vazão da onda difusa fuzzy ao longo do tempo (fonte: autoria própria).

As Figuras 2 e 3 mostram a distância entre os limites inferiores e superiores de cada vazão difusa triangular, isto é, região de incertezas. Na Figura 2, para $S_0 = 0,0005$, os picos de vazão pertinente são $[101,61; 125,51]m^3/s$ e ocorre no tempo de 2h, já para $S_0 = 0,0001$, os picos de vazão pertinente são $[137,89; 165,31]m^3/s$ e ocorre no tempo de 2h. Para a vazão da onda difusa fuzzy, verifica-se que quanto menor a declividade maior o pico de vazão e menor será a região de incertezas. Isto mostra que o modelo hidrodinâmico é mais sensível com a declividade S_0 .

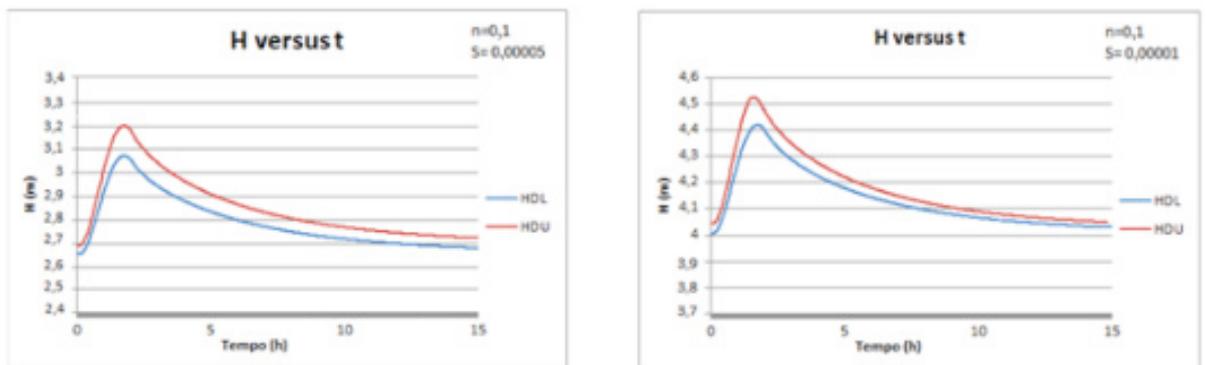


Figura 3 – Perfil da profundidade da onda difusa fuzzy ao longo do tempo (fonte: autoria própria).

Na Figura 3 observa-se que o mesmo comportamento acontece para o perfil da profundidade ao longo do tempo, para $S_0 = 0,0005$, a profundidade pertinente são $[3,08; 3,21]m$ e ocorre no tempo de 2h, já para $S_0 = 0,0001$, a profundidade pertinente são $[4,42; 4,54]m$ e ocorre no tempo de 2h. Assim, quanto maior a declividade, maior é a região de incertezas e menores serão os níveis da cota de água ao longo do canal. Isto ocorre devido às forças gravitacional do escoamento atuam de forma mais intensa. Sabe-se que, canais com baixa declividade a capacidade de transporte do canal natural fica muito pequena, com isso aumenta-se a capacidade de armazenamento, gerando assim uma elevação da superfície livre dos mesmos. Logo, quanto menor a declividade do canal natural, maior será seu grau de pertinência, ou seja, mais susceptível o canal a ter enchentes.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que o modelo de propagação de onda difusiva sofre forte influência do parâmetro declividade do canal, atuando diretamente na amplitude da onda, onde é possível verificar um amortecimento da onda que aumenta à medida que a declividade do canal diminui. O software desenvolvido permitiu avaliar a forma Fuzzy do comportamento da propagação da onda difusiva em aspectos de vazão, área de corte transversal, velocidade e profundidade ao longo do canal para diferentes intervalos de tempo de observação e seções diferentes, para este estudo foi enfatizado os parâmetros vazão e profundidade. Os resultados permitiram concluir que a aplicação da Teoria Fuzzy nos sistemas hidrodinâmicos na avaliação das incertezas é uma alternativa viável para a determinação do risco de inundação e assim ser mais uma ferramenta de apoio nos programas de Gestão de Recursos Hídricos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem, em especial, ao professor Raimundo Oliveira de Souza pelos conhecimentos transmitidos e sua dedicação na construção deste trabalho. Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro que muito tem auxiliado a realizar nossas pesquisas.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, D. A.; TANNEHILL, J. C.; PLETCHER, R. H. (1984). Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer. Hemisphere Publishing Corporation, 3, pp.63-65.

ANDRADE, C. F. (2006). Estudo de planícies de inundação através da análise dos parâmetros hidráulicos do canal principal e sua influência na avaliação do risco fuzzy de enchentes. Tese – Universidade Federal do Ceará, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil - Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pp. 56-66.

CHAGAS, P. F. (2005). Perspectivas da aplicação da teoria fuzzy para o cálculo de risco em sistemas hidrodinâmicos. Ph.D. Tese, Universidade Federal do Ceará.

CHANG, L.; CHANG, F. J.; TSAI, Y. H. (2005). “Fuzzy exemplar-based inference system for flood forecasting”, Water Resources Research, 41.

CHENG, C. (1999). “Fuzzy Optimal Model for the flood control system of the upper and middle reaches of the Yangtze River”. Hydrological Sciences Journal, 44(4), pp. 573-582

CHURCHMAN, C.W. (1967). “Free for all. Guest editorial”. Management Science. Vol.14, 141-142

CUNGE, J. A.; HOLLY, F.; VERWEY, A. (1980). Practical Aspects of Computational River Hydraulics. Pitman Publishing Ltd.

FRIESER, B. (2004). Probabilistic evacuation decision model for river floods in the netherlands. Master’s thesis, Delft University of Technology, Hydraulic Engineering, Faculty of Civil Engineering and Geosciences.

GOMES, V. U. (2006). Estudo comparativo dos modelos da onda cinemática e da onda difusiva na análise de propagação de cheias, em função dos parâmetros hidráulicos da bacia. Dissertação – Universidade Federal do Ceará, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pp.47-49.

HUNDECHA, Y.; BARDOSSY, A.; THEISEN, H. (2001). “Development of a fuzzy logicbased rainfall-runoff model”. *Hydrology Science Journal*, 46 (3), 363-376.

KOLEN, B.; KOK, M.; HELSLOOT, I.; MAASKANT, B. (2013). “Evacuaid a probabilistic model to determine the expected loss of life for different mass evacuation strategies during flood threats”. *Risk Analysis*, 7, pp. 33.

LAL, A. M. W. (2005). Performance Comparisons of Overland Flow Algorithms, South Florida Water Management District, Office of Modeling, “Regional Simulation Model (RSM)”, Theory Manual, May 16, West Palm Beach, Florida 33-40.

LUO, Q. (2007). “A distributed surface flow model for watersheds with large water bodies and channel loops”. *Journal of Hydrology*, 337, 172–186.

OZELKAN, E. C.; DUCKSTEIN, L., (2001). “Fuzzy conceptual rainfall and runoff models”. *Journal Hydrology* 253, 41-68.

RITTEL, H.W.J.; WEBBER, M.M. (1973). “Dilemmas in a general theory of planning”. *Policy Science*. 4, 155-169

SOBRE A ORGANIZADORA

Jéssica Aparecida Prandel - Mestre em Ecologia (2016-2018) pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), campus de Erechim, com projeto de pesquisa Fragmentação Florestal no Norte do Rio Grande do Sul: Avaliação da Trajetória temporal como estratégias a conservação da biodiversidade. Fez parte do laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental da URI. Formada em Geografia Bacharelado pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG, 2014). Em 2011 aluna de Iniciação científica com o projeto de pesquisa Caracterização de Geoparques da rede global como subsídio para implantação de um Geoparque nos Campos Gerais. Em 2012 aluna de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Ponta Grossa, com projeto de pesquisa Zoneamento Ambiental de áreas degradadas no perímetro urbano de Palmeira e Carambeí (2012-2013). Atuou como estagiária administrativa do laboratório de geologia (2011-2013). Participou do projeto de extensão Geodiversidade na Educação (2011-2014) e do projeto de extensão Síntese histórico-geográfica do Município de Ponta Grossa. Em 2014 aluna de iniciação científica com projeto de pesquisa Patrimônio Geológico-Mineiro e Geodiversidade-Mineração e Sociedade no município de Ponta Grossa, foi estagiária na Prefeitura Municipal de Ponta Grossa no Departamento de Patrimônio (2013-2014), com trabalho de regularização fundiária. Estágio obrigatório no Laboratório de Fertilidade do Solo do curso de Agronomia da UEPG. Atualmente é professora da disciplina de Geografia da Rede Marista de ensino, do Ensino Fundamental II, de 6º ao 9º ano, e da Rede pública de ensino com o curso técnico em Meio Ambiente. Possui experiência na área de Geociências com ênfase em Educação, Geoprocessamento, Geotecnologias e Ecologia.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-259-3

