

# Uma Avaliação do Modelo Fuzzy fGrid para Escalonamento de Tarefas em Grades Computacionais\*

Bruno Moura, Renata Reiser, Adenauer Yamin, Maurício Pilla

Universidade Federal de Pelotas - UFPel  
{bmpdmoura, reiser, adenauer, pilla}@inf.ufpel.edu.br  
<http://ufpel.edu.br/>

**Resumo** Neste trabalho é apresentado o módulo proposto para o Escalonamento de Tarefas em Grades Computacionais que emprega Lógica Fuzzy para o tratamento das incertezas extraídas das infraestruturas das Grades Computacionais.

**Keywords:** Lógica Fuzzy, Escalonamento de Tarefas, Grades Computacionais, SimGrid.

## 1 Introdução

A área de pesquisa da Computação em Grade (CG) tem como objetivo resolver problemas que demandam recursos computacionais em grande escala. As Grades Computacionais, enquanto sistemas distribuídos, são ambientes que utilizam a Internet como meio de interconexão compartilhando recursos de processamento.

Na computação em Grade temos a necessidade da implementação de sistemas de escalonamento robustos às incertezas das informações extraídas das infraestruturas das Grades Computacionais. Considerando este contexto, o desenvolvimento do fGrid visa contribuir para melhorar o escalonamento de tarefas na CG, aplicando a abordagem fuzzy na análise da Prioridade de Máquinas (P) tendo em vista a incerteza associada ao Poder Computacional (PC) e ao Custo de Comunicação (CC).

## 2 fGrid: Modelagem e Princípios Operacionais

O fGrid tem como objetivo central realizar o escalonamento estático de tarefas homogêneas do tipo Bag-of-Tasks (BoT) na CG. O mesmo emprega um Sistema Fuzzy (SF) com uma base de regras que atua em três etapas: (i) Fuzzificação, (ii) Inferência, e (iii) Defuzzificação, retornando como saída a P para recebimento das computações.

---

\* Este trabalho é parcialmente financiado pelas agências de fomento brasileiras sob os números de processo: 309533/2013-9 (CNPq), 309533/2013-9 (FAPERGS), 448766/2014-0 (MCTI/CNPQ) e PROCAD/CAPES/Brasil.

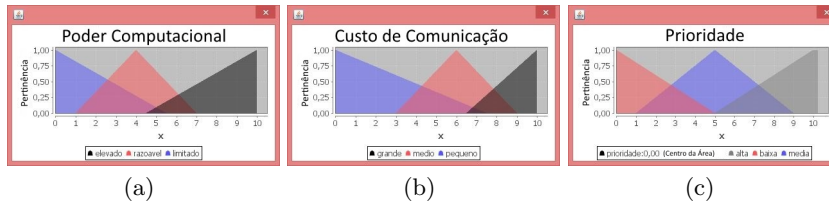
As funções que qualificam as intersecções e uniões fuzzy neste trabalho são modeladas por normas e conormas triangulares, respectivamente. Segundo [1] e considerando-se o intervalo unitário  $U = [0, 1]$ .

Na concepção da Base de Dados do fGrid, cada uma das Variáveis Linguísticas (VLs) foram transformadas em Conjuntos Fuzzy (CFs) usando a representação gráfica triangular para suas Funções de Pertinência (FP).

As definições para PC e CC, são aplicadas e obtidas através das configurações do framework SimGrid[2]<sup>1</sup>. Os valores definidos para PC são ajustados, e então uma escala padrão é adotada como apresentado na Figura 1(a), na obtenção dos Termos Linguísticos (TLs). Os TLs definidos para os CFs dessa variável são: “Limitado” (PCL), “Razoável” (PCR), e “Elevado” (PCE - melhor caso). Sendo  $PC = a$  e  $a \in [0; 10]$  na escala padrão, têm-se as Funções de Pertinência.

Já para os CCs da Grade Computacional (GC), a escala padrão é aplicada conforme exibido na Figura 1(b), os TLs para os CFs definidos para essa variável são: “Pequeno” (CCP - melhor caso), “Médio” (CCM), e “Grande” (CCG). Sendo  $CC = b$  e  $b \in [0; 10]$  na escala padrão, têm-se as FP para CC. É considerado que os CCs dos vários processadores de um mesmo cluster são iguais.

A saída P também é adaptada para uma escala padrão como exposto na Figura 1(c), e os TLs para os CFs usados nesse caso são: “Baixa” (PB), “Média” (PM), e “Alta” (PA - melhor caso). Sendo  $Pr = c$  e  $c \in [0; 10]$  na escala padrão, têm-se as FP para P.



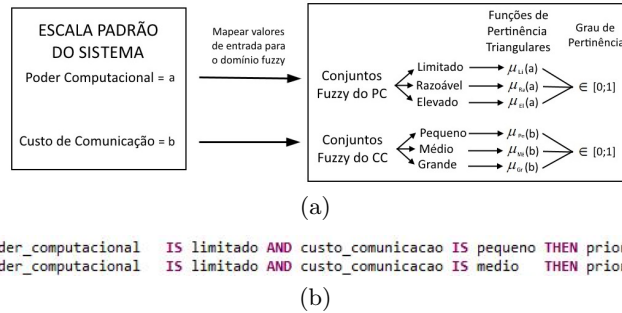
**Figura 1:** (a) PC; (b) CC; (d) P na Escala Padrão.

Na etapa de Fuzzificação, ocorre o mapeamento dos valores de entrada PC e CC para o domínio fuzzy nos seus respectivos CFs, como mostra a Figura 2(a).

A Base de Regras (BR) apresentada parcialmente na Figura 2(b), leva em conta três fatores para sua construção: (i) as VLs nomeiam os CFs, tornando a modelagem do sistema mais próxima do mundo real; (ii) são utilizadas conexões lógicas do tipo “E” para criar a relação entre as variáveis de entrada; (iii) as implicações são do tipo *modus ponens* (modo afirmativo): Se A então B.

No processo de Inferência, é aplicado o método de Mamdani, onde ocorrem efetivamente as operações entre os CFs, combinação dos antecedentes das regras e

<sup>1</sup> Um framework de simulação para emprego em pesquisas de aplicações distribuídas como: Clusters, Grades Computacionais, Algoritmos P2P, Computação Voluntária, Estratégias e Heurísticas para Algoritmos Paralelos.



**Figura 2:** (a) Processo de Fuzzificação; (b) Parte da Base de Regras do fGrid.

implicações utilizando o operador *modus ponens generalizado*. O processo ocorre em três etapas: (i) Aplicação da Operação Fuzzy “E” = (*min*); (ii) Aplicação do Método de Implicação Fuzzy (*min*); (iii) Aplicação do Método de Agregação Fuzzy (*max*).

Na etapa de Defuzzificação ocorre a transformação da região resultado da Inferência em um valor discreto (que representa a P). A técnica utilizada para a modelagem do sistema fGrid foi Centro da Área.

### 3 Resultados e Conclusões

Para a obtenção dos resultados experimentais com o escalonamento gerado pelo fGrid foram desenvolvidas situações de teste considerando os parâmetros operacionais da GridRS, a qual foi simulada empregando o SimGrid. A estrutura da GridRS é composta por clusters de quatro universidades do Rio Grande do Sul, são elas: UFRGS, PUCRS, UFPEL e UFSC.

Cada um desses clusters contem um conjunto de máquinas homogêneas, mas as características de um cluster para outro variam, no que diz respeito a PC e CC, tornando assim a estrutura, como um todo, heterogênea.

Nas execuções dos experimentos, foram considerados conjuntos de 10, 20, 30, 40 e 50 tarefas homogêneas, com o Custo Computacional de 60 Megaflops por segundo (MFLOP/s), e com Custo de Comunicação de 5 Megabyte por segundo (MB/s), divididas entre clusters apresentados na Tabela 2, e com as respectivas características para os CC como é exposto na Tabela 1, partindo que as tarefas são escalonadas a partir do cluster da UFPEL.

Diferentemente do que foi feito [3,4], neste trabalho foi definida uma variação da carga do volume de tráfego dos canais de comunicação, com intuito de avaliar as execuções simulando a utilização dos mesmos no momento da execução do escalonamento, e que variou com valores acima de 50% de suas capacidades.

As avaliações apresentadas na Figura 3, foram realizadas através da comparação da aplicação com algoritmo de seleção aleatória de recursos computacionais, com emprego da P apresentada na Tabela 2, obtida através da aplicação

**Tabela 1:** Características dos CC

Apelido	De	Para	Largura de Banda	Latência
Link 1	UFPEL	UFPEL	1.86GBps	0,000018
Link 2	UFPEL	UFRGS	50MBps	0,000028
Link 3	UFPEL	PUCRS	30MBps	0,000142
Link 4	UFPEL	UFSM	20MBps	0,000219

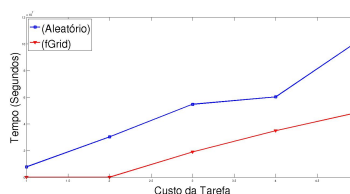
**Tabela 2:** Arquitetura da GridRS

Instituição	CC	Nº. de Máquinas	PC (MFLOPS)	P - Lista de Prioridades
UFPEL	Link 1	10	2,834	8,35
UFRGS	Link 2	15	1,259	7,98
PUCRS	Link 3	15	1,698	6,08
UFSM	Link 4	10	1,865	5,29

do módulo fGrid, o qual, segue pelas etapas do SF de Fuzzificação, Inferência, e Defuzzificação. Os resultados dos tempos de execução obtidos são apresentados na Tabela 3(a), e nos gráficos da Figura 3(b), onde o tempo de execução do fGrid foi comparado com o tempo da solução de alocação randômica de tarefas.

Número de Tarefas	fGrid (Segundos)	Aleatório (Segundos)
10	21,45	7737339,34
20	35,16	30293120,68
30	19050237,89	54721200,16
40	34902443,03	60274861,33
50	48804214,90	102571233,95

(a)



(b)

**Figura 3:** (a) Tabela: Resultados Numéricos; e (b) Gráfico do Resultado da Avaliação.

Na fase atual do trabalho foi realizada a concepção de um modelo fuzzy para o escalonamento de tarefas na CG. Também foi feito um esforço de estudo e pesquisa para simular uma GC empregando o framework SimGrid, potencializando a reprodutibilidade. Na continuidade está prevista a extensão em duas frentes: (i) na abordagem lógica, empregando a Lógica Fuzzy Intervalar, e (ii) computacional, considerando precedência dentre as tarefas, e heterogeneidade em relação ao PC e CC das tarefas.

## Referências

1. E.P. Klement, R. Mesiar, and E. Pap. Triangular norms. position paper I: basic analytical and algebraic properties. *Fuzzy Sets and Systems*, 143(1):5–26, 2004.
2. Henri Casanova, Arnaud Legrand, and Martin Quinson. Simgrid: A generic framework for large-scale distributed experiments. In *Computer Modeling and Simulation, 2008. UKSIM 2008. Tenth International Conference on*, pages 126–131. IEEE, 2008.
3. B. Moura and Y. Soares and L. Sampaio and R. Reiser and A. Yamin and M. Pilla. fGrid: Uncertainty Variables Modeling for Computational Grids using Fuzzy Logic. In *FUZZ-IEEE International Conference*, pages 1–8, Vancouver, CA, July 2016.
4. B. Moura, Y. Soares, L. Sampaio, R. Reiser, A. Yamin, and M. Pilla. *Fuzzy System Modeling for Task Scheduling in Computational Grids*, pages 806–811. World Scientific, 2016.