

Universidade de São Paulo
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
Departamento de Sistemas de Computação

Avaliação de Desempenho

Planejamento de Experimentos

Aula 2

Marcos José Santana
Regina Helena Carlucci Santana

Lembrando.....

Etapas a serem consideradas

1. Estudar o sistema e definir os objetivos
2. Determinar os serviços oferecidos pelo sistema
3. Selecionar métricas de avaliação
4. Determinar os parâmetros que afetam o desempenho do sistema
5. Determinar o nível de detalhamento da análise
6. Determinar a Técnica de Avaliação apropriada
7. Determinar a carga de trabalho característica
8. Realizar a avaliação e obter os resultados
9. Analisar e interpretar os resultados
10. Apresentar os resultados

**Planejamento
de
Experimento**

**Técnica de
Avaliação**

**Análise dos
Resultados**

Avaliação de Desempenho

1. Planejamento de Experimentos

- Motivação 😊
- Introdução à Avaliação de Desempenho 😊
- Etapas de um Experimento 😊
- **Planejamento do Experimento**
 - **Conceitos Básicos**
 - Carga de trabalho
 - Modelos para Planejamento de Experimento

2. Análise de Resultados

3. Técnicas para Avaliação de Desempenho

Planejamento de Experimentos

- Deve ser utilizado em qualquer experimento
- É uma técnica muito importante para a indústria pois seu emprego permite resultados mais confiáveis economizando dinheiro e tempo
- Requer uma quantidade exaustiva de cálculos tornando fundamental o emprego de ferramentas

Obter a maior precisão estatística possível na resposta a um menor custo

Planejamento de Experimentos

Terminologia

- Variável de Resposta – Saída de um experimento
- Fatores – Variável que afeta as variáveis de resposta e que podem assumir diversas alternativas
- Níveis – Os valores que um determinado fator pode assumir
- Fatores Primários – Fatores que causam um grande impacto em uma variável de resposta e que devem ser considerados
- Fatores Secundários – Fatores cujo impacto na variável de resposta não é significativo ou não se tem interesse em quantificar

Planejamento de Experimentos

Terminologia:

- Replicação – Repetição de todo ou de parte de um experimento
- Projeto - Determina o número de experimentos a serem considerados, incluindo o número de fatores e níveis, a combinação entre os níveis e o número de replicações para cada experimento
- Interação – Dois fatores interagem se o efeito de um depende do nível do outro

Planejamento de Experimentos

Terminologia – Exemplo

Empresa de telefonia celular - Sistema pré pago

Objetivo: determinar a influência de uma expansão no serviço prestado, mantendo sistema já utilizado

1. Variáveis de Resposta (métricas):

- Tempo para recuperar uma informação
- Número de informações recuperadas por unidade de tempo
- Taxa de acerto ao cache

Planejamento de Experimentos

2. Definição dos Fatores primários e níveis

Quatro fatores:

Fator 1 – Tamanho do banco de dados

Fator 2 – Quantidade de usuários

Fator 3 – Quantidade de cache

Fator 4 – Forma de armazenamento

Planejamento de Experimentos

2. Definição dos Fatores primários e níveis

Fator 1 – Tamanho do banco de dados:

- 500 mil registros
- 1 milhão de registros
- 2 milhões de registros

Fator 2 – Quantidade de acessos:

- 10 mil acessos/dia
- 20 mil acessos/dia
- 40 mil acessos/dia

Planejamento de Experimentos

2. Definição dos Fatores primários e níveis

Fator 3 – Quantidade de cache:

- 1M byte
- 10M byte
- 20M byte

Fator 4 – Número de discos:

- 5 discos
- 10 discos
- 15 discos

Planejamento de Experimentos

2. Definição dos Fatores Secundários

- Processamento
- Velocidade do disco – 10K RPM

Planejamento de Experimentos

Mais um ponto deve ser considerado....

O que vocês acham do Júpiter?

No período de matrícula...

Durante o semestre...

Nas férias...

Planejamento de Experimentos

Desempenho de um sistema:

- Ruim em qualquer situação
- Bom quando não sobrecarregado
- Bom em qualquer situação

Mais um ponto deve ser considerado....

Carga de trabalho imposta ao sistema

Conteúdo – Parte II

1. Planejamento de Experimentos

- Motivação 😊
- Introdução à Avaliação de Desempenho 😊
- Etapas de um Experimento 😊
- **Planejamento do Experimento** 😊
 - Conceitos Básicos 😊
 - **Carga de trabalho**
 - Modelos para Planejamento de Experimento

2. Técnicas para Avaliação de Desempenho

3. Análise de Resultados

Carga de Trabalho

“Conjunto de todas as informações de entrada que um sistema recebe durante qualquer período de tempo determinado” [MENASCÉ, ALMEIDA, 2003]

Muito importante no planejamento de capacidade e na avaliação de sistemas



Tipos Básicos de Carga de Trabalho

Precisamos agora de uma forma para representar a carga de trabalho.

Basicamente, duas formas:

1. Carga de trabalho **Real**

Observada no sistema real em operação normal.

2. Carga de trabalho **Sintética**

Carga com características similares às reais

Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos

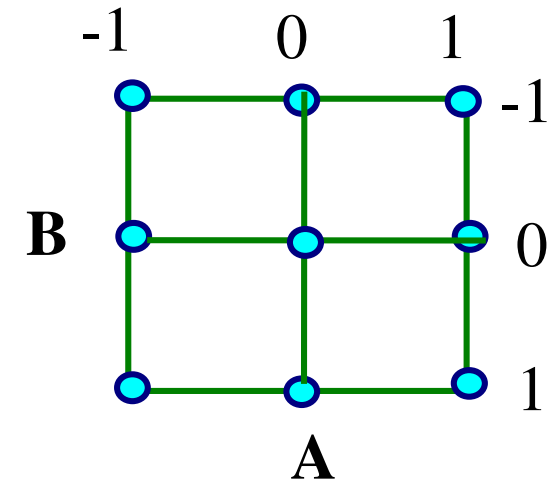
- Motivação 😊
- Introdução à Avaliação de Desempenho 😊
- Etapas de um Experimento 😊
- **Planejamento do Experimento**
 - Conceitos Básicos 😊
 - Carga de trabalho 😊
 - **Modelos para Planejamento de Experimento**

2. Técnicas para Avaliação de Desempenho

3. Análise de Resultados

Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Simples
- Planejamento Fatorial completo
- Planejamento Fatorial parcial



Projeto 3^2

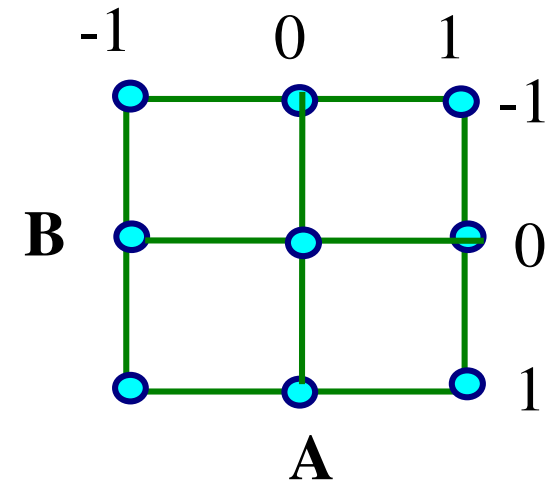
2 Fatores
3 níveis

Tipos de Planejamento de Experimentos

Planejamento Simples

- Iniciar com uma configuração inicial
- Fixar todos os fatores e variar um fator por vez
- Número de experimentos:

$$n = 1 + \sum_{i=1}^K (n_i - 1)$$



Projeto 3^2

2 Fatores

3 níveis

Planejamento de Experimentos

Empresa de telefonia celular - Sistema pré pago

4 fatores:

Fator 1 – Tamanho do banco de dados – 3 níveis:
500 mil, 1 milhão 2 milhões de registros

Fator 2 – Quantidade de acessos – 3 níveis:
10 mil, 20 mil e 40 mil acessos/dia

Fator 3 – Quantidade de cache – 3 níveis:
1M bytes, 10M bytes e 20M bytes

Fator 4 – Número de discos – 3 níveis:
5, 10 e 15 discos

$$n = 1 + (3-1) + (3-1) + (3-1) + (3-1) = 9$$

Tipos de Planejamento de Experimentos

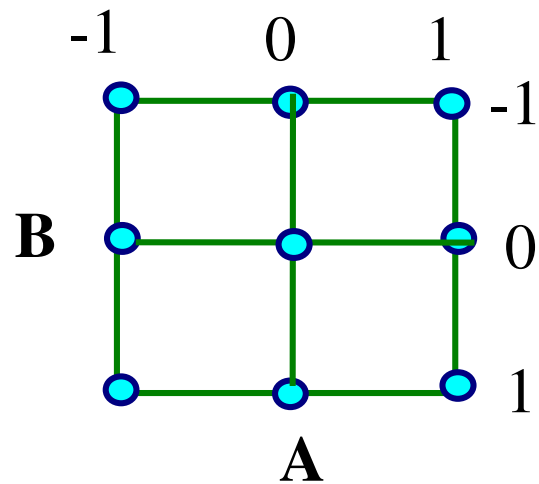
Planejamento Simples

- Não recomendado
- Muito utilizado

Tipos de Planejamento de Experimentos

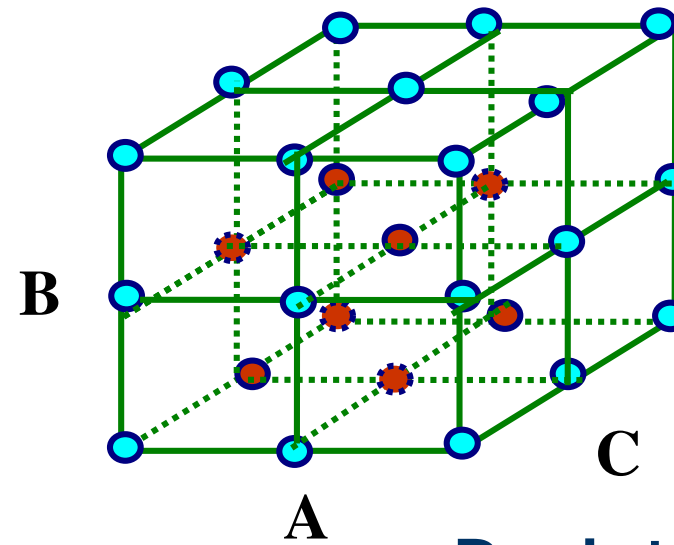
Planejamento Totalmente Fatorial

- Utiliza todas as combinações considerando todos os fatores e todos os níveis



Projeto 3^2

2 Fatores
3 Níveis



Projeto 3^3

3 Fatores
3 Níveis

Tipos de Planejamento de Experimentos

Planejamento Totalmente Fatorial

- Para um experimento com K fatores e n_i níveis no fator i , tem-se:

$$n = \prod_{i=1}^K n_i$$

- Para o exemplo sistema de telefonia tem-se:

$$n = 3 \text{ (tamanho BD)} * 3 \text{ (quantidade de acessos)} * 3 \text{ (cache)} * 3 \text{ (no. discos)}$$

$n = 81$ experimentos

Tipos de Planejamento de Experimentos

Planejamento Totalmente Fatorial

Vantagens

- Todos os fatores são avaliados
- Pode-se determinar o efeito de qualquer fator
- Interações entre fatores podem ser verificadas

Desvantagens

- Grande número de experimentos
- Alto custo para avaliação

Planejamento Totalmente Fatorial

Formas para minimizar custos

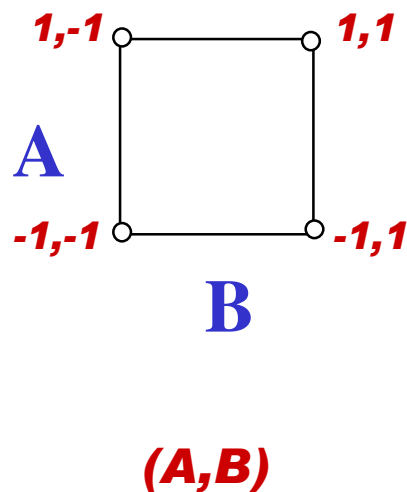
1. Reduzir o número de níveis de cada fator
2. Reduzir o número de fatores
3. Utilização do método do Fatorial Parcial

Método Fatorial

- Pelo método fatorial pode-se ter k fatores com n_i níveis para cada fator i
- Para valores elevados de K e n_i o custo da avaliação pode tornar-se inviável, principalmente lembrando-se que diversas execuções de cada experimento devem ser consideradas.
- Forma recomendada: Selecionar poucos fatores e 2 níveis por fator.

Projeto Fatorial 2²

- Análise através do modelo de regressão
- Considere um problema analisando dois fatores (A e B)
- Quatro experimentos são efetuados obtendo-se os valores y_1, y_2, y_3, y_4
- Os quatro experimentos consideram a seguinte seqüência



Experimento	A	B	y
1	-1	-1	y_1
2	1	-1	y_2
3	-1	1	y_3
4	1	1	y_4

Projeto Fatorial 2²

- Modelo para projeto 2² é dado por:

$$y = q_0 + q_A X_A + q_B X_B + q_{AB} X_{AB}$$

- Substituindo-se as quatro observações no modelo, obtêm-se os valores de q_0 , q_A , q_B , q_{AB}

$$q_0 = \frac{1}{4} * (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)$$

$$q_A = \frac{1}{4} * (-y_1 + y_2 - y_3 + y_4)$$

$$q_B = \frac{1}{4} * (-y_1 - y_2 + y_3 + y_4)$$

$$q_{AB} = \frac{1}{4} * (y_1 - y_2 - y_3 + y_4)$$

Projeto Fatorial 2²

- A partir dos valores de q_0 , q_A , q_B , q_{AB} pode-se determinar a soma dos quadrados
- A soma dos quadrados dará a variação total das variáveis de resposta e as variações devido a influência do fator A, do fator B e da interação entre A e B

- Soma dos Quadrados Total – $SST = \sum_{i=1}^{2^2} (y_i - \bar{y})^2$

ou
$$SST = 2^2 q_A^2 + 2^2 q_B^2 + 2^2 q_{AB}^2$$

Projeto Fatorial 2²

Soma dos Quadrados devido a influência do Fator A

$$SSA = 2^2 q_A^2$$

**Influência do Fator
A = SSA / SST**

Soma dos Quadrados devido a influência do Fator B

$$SSB = 2^2 q_B^2$$

**Influência do Fator
B = SSB / SST**

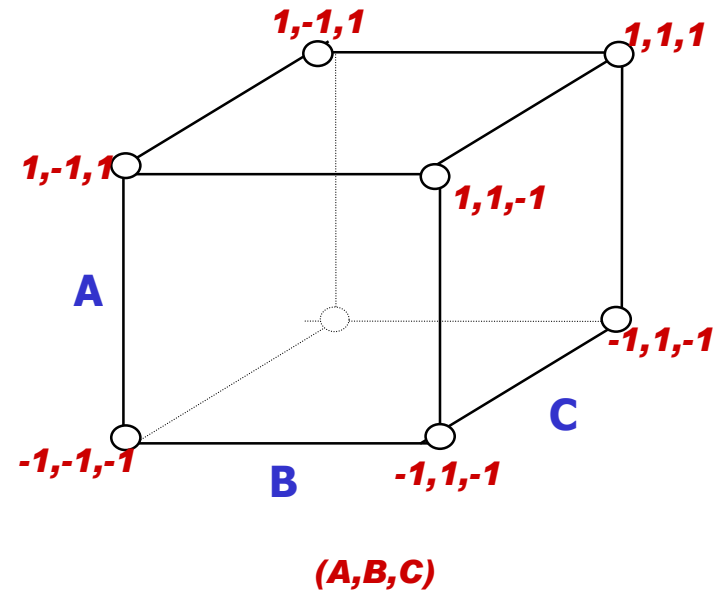
Soma dos Quadrados devido a interação entre os
Fatores A e B

$$SSAB = 2^2 q_{AB}^2$$

**Influência da interação
entre os Fatores A e B
= SSAB/SST**

Projeto Fatorial 2^k

- Utilizado para avaliar experimentos com k fatores com 2 níveis cada
- Análise similar ao 2^2



Para $k = 3$

$$SST = 2^3 (q_A^2 + q_B^2 + q_C^2 + q_{AB}^2 + q_{AC}^2 + q_{BC}^2 + q_{ABC}^2)$$

$$SSA = 2^3 q_A^2$$

$$SSB = 2^3 q_B^2$$

$$SSC = 2^3 q_C^2$$

$$SSAB = 2^3 q_{AB}^2$$

.....

$$SSABC = 2^3 q_{ABC}^2$$

Projeto Fatorial

- Análise através do modelo de regressão
- Utilização de ferramentas para determinar influência dos fatores e interação:
 - MINITAB – fácil utilização
 - SAS – muito poderoso, utilização não trivial
 - SPSS – fácil utilização, utilizado mais por estatísticos
 - R - software gratuito para elaboração de gráficos e computação estatística

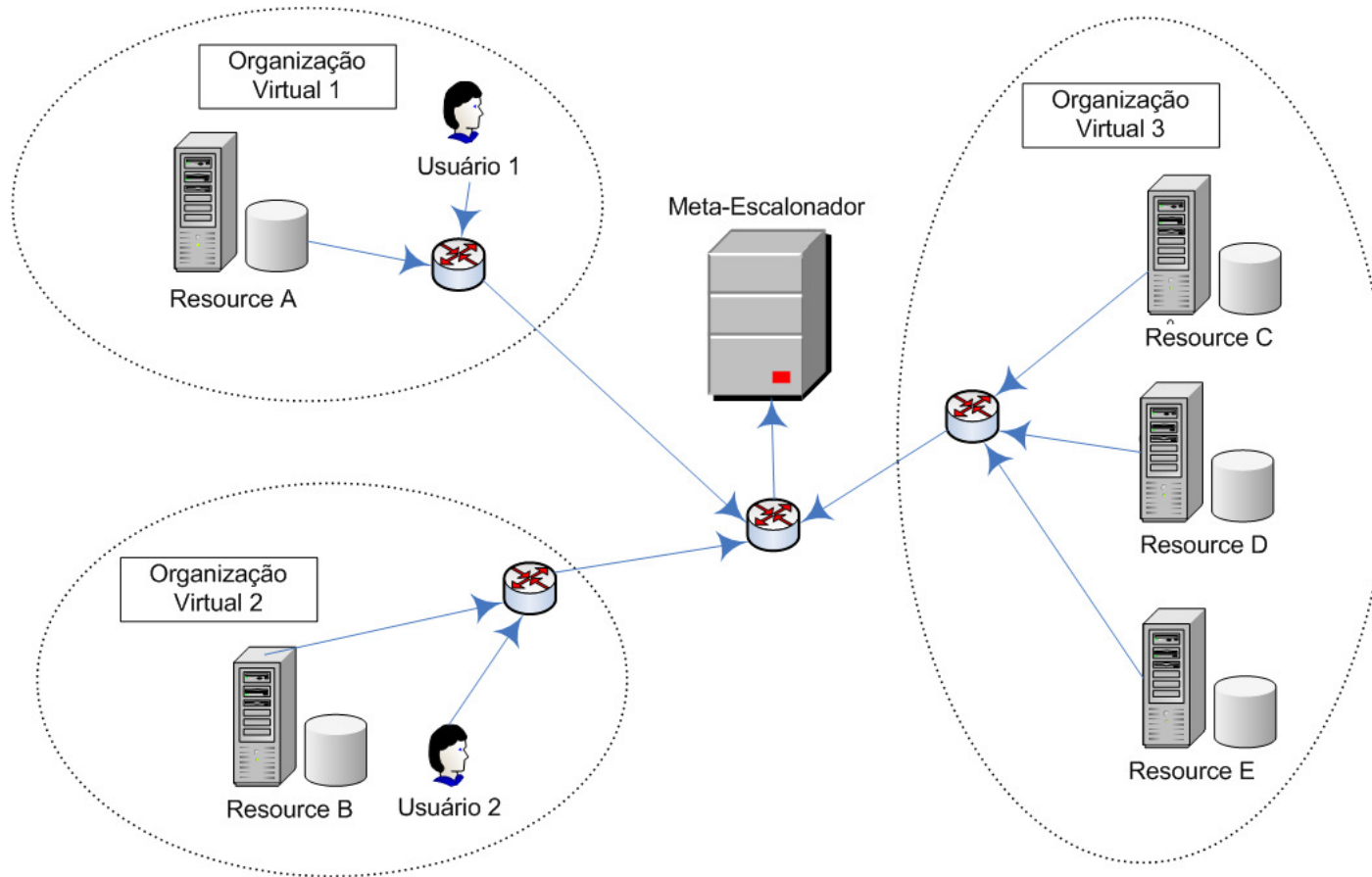
Exemplo...

Avaliação de desempenho de políticas para o meta-escalador em um ambiente Grid

Trabalho desenvolvido na disciplina de Avaliação de Desempenho da pós graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional

Maycon Leone M. Peixoto

Avaliação de Escalonamento em Grades



Avaliação de Escalonamento em Grades

- Escalonamento em Grid é um tema bem discutido atualmente.
 - Algoritmos: RR, Workqueue...
- O Meta-Escalonador exerce as funções de:
 - Gerência das tarefas (submissão, pausa, finalização.).
 - Gerência dos recursos.
 - Adoção de políticas de uso.

Avaliação de Escalonamento em Grades

Objetivo

Utilizar os conceitos adquiridos na disciplina de avaliação de desempenho para determinar o comportamento das políticas utilizadas pelo Meta-Escalonador no ambiente de simulação GridSim.

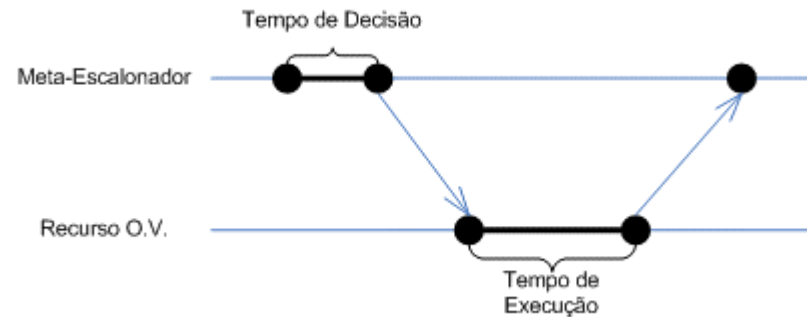
Avaliação de Escalonamento em Grades

- São considerados quatro **fatores** e dois **níveis** para construção do planejamento de experimentos:
 - Número de usuários: 5 e 30
 - Políticas Externas: Round Robin e Counter Load Balanced.
 - Número de Tarefas: 50 e 100
 - Número de Recursos: 2 e 4 (homogêneos)

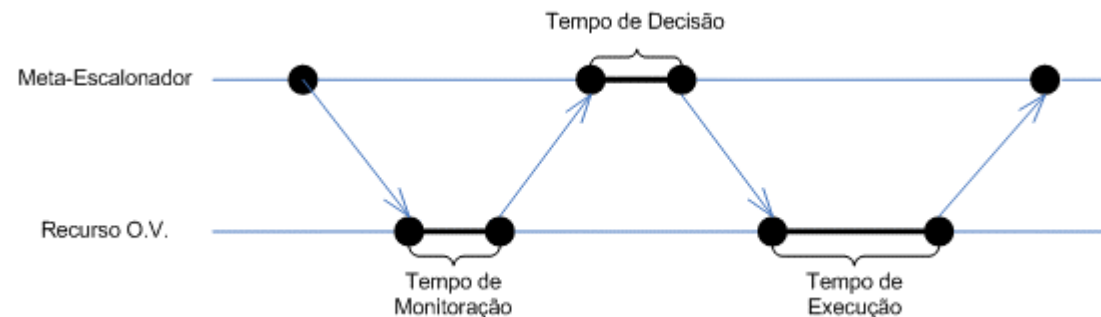
Avaliação de Escalonamento em Grades

Políticas Externas

- RR Round Robin



- CLB Counter Load Balanced



Avaliação de Escalonamento em Grades

- Variáveis de Resposta:
 - Custo = Tempo de resposta x 3\$.
 - Throughput.

Avaliação de Escalonamento em Grades

A **carga de trabalho** é composta por:

- Tamanho (MIPS): representa o total de computação desejado por aquele objeto
- tamanho do arquivo a ser transmitido sobre a rede (bytes)
- tamanho do arquivo de retorno com a resposta (bytes)

Taxa de Chegada: distribuição exponencial negativa com media 2

Avaliação de Escalonamento em Grades

Tabela 2: Configuração do Projeto Fatorial.

FATORES				
	A	B	C	D
Exp	Política	Qtd. Usuario	Qtd. Gridlet	Qtd. Recurso
1	RR	5	50	2
2	RR	5	50	4
3	RR	5	100	2
4	RR	5	100	4
5	RR	30	50	2
6	RR	30	50	4
7	RR	30	100	2
8	RR	30	100	4
9	CLB	5	50	2
10	CLB	5	50	4
11	CLB	5	100	2
12	CLB	5	100	4
13	CLB	30	50	2
14	CLB	30	50	4
15	CLB	30	100	2
16	CLB	30	100	4

Fatores		Níveis
A	Política	RR e CLB 1 e -1
B	Quantidade de Usuários	5 e 30 1 e -1
C	Quantidade de Gridlets	50 e 100 1 e -1
D	Quantidade de Recursos	2 e 4 1 e -1

Avaliação de Escalonamento em Grades

Fatores		Níveis
A	Política	RR e CLB 1 e -1
B	Quantidade de Usuários	5 e 30 1 e -1
C	Quantidade de Gridlets	50 e 100 1 e -1
D	Quantidade de Recursos	2 e 4 1 e -1

Tabela 3: Metodologia para o Projeto Fatorial.

Exp	Fatores															Variáveis de Resposta	
	A	B	C	D	AB	AC	AD	BC	BD	CD	ABC	ABD	ACD	BCD	ABCD	Custo Médio	Throughput
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2776,57	0,02117
2	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1140,095	0,038293
3	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	5373,475	0,022156
4	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1812,129	0,043641
5	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	15690,516	0,00372
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	7927,512	0,006915
7	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	31304,949	0,00374
8	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	15721,839	0,007344
9	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	497,145	0,018023
10	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	455,268	0,017233
11	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	502,133	0,019037
12	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	453,916	0,01815
13	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1869,408	0,003647
14	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	662,126	0,004326
15	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1994,114	0,003719
16	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	675,347	0,004421

Avaliação de Escalonamento em Grades

Fatores		Níveis
A	Política	RR e CLB 1 e -1
B	Quantidade de Usuários	5 e 30 1 e -1
C	Quantidade de Gridlets	50 e 100 1 e -1
D	Quantidade de Recursos	2 e 4 1 e -1

Tabela 4: Influência dos Fatores e suas Interações.

Parâm.	Média Estimada			Soma dos quadrados		Influência	
	Custo	Throughput		Custo	Throughput		
q0			SST	1115643574	0,0024		
qA	4664,8518	0,0037	SSA	348173470	0,0002	31,2083	9,0728
qB	-3927,1925	0,0100	SSB	246765455	0,0016	22,1187	67,9384
qC	-1676,2039	-0,0006	SSC	44954551	0,0000	4,0295	0,2097
qD	1947,5049	-0,0028	SSD	60684404	0,0001	5,4394	5,4093
qAB	-3515,6259	0,0030	SSAB	197754005	0,0001	17,7256	5,9246
qAC	-1658,5085	-0,0003	SSAC	44010407	0,0000	3,9448	0,0583
qAD	1620,4870	-0,0029	SSAD	42015650	0,0001	3,7660	5,5522
qBC	1267,1320	-0,0005	SSBC	25689976	0,0000	2,3027	0,1555
qBD	-1286,5155	-0,0018	SSBD	26481954	0,0001	2,3737	2,1973
qCD	1335,3790	0,0003	SSCD	28531793	0,0000	2,5574	0,0596
qABC	1250,3456	-0,0003	SSABC	25013827	0,0000	2,2421	0,0451
qABD	-982,0211	-0,0022	SSABD	15429848	0,0001	1,3830	3,2315
qACD	-601,6970	0,0003	SSACD	5792628	0,0000	0,5192	0,0624
qBCD	375,0238	0,0002	SSBCD	2250285	0,0000	0,2017	0,0391
qABCD	361,8806	0,0003	SSABCD	2095321	0,0000	0,1878	0,0441

Planejamento de Experimento

- Planejamento de Experimentos designa toda uma área de estudos da **Estatística** que desenvolve técnicas de planejamento e análise de experimentos.
- Existe um grande número de técnicas, com vários níveis de sofisticação e uma grande quantidade de ferramentas visando oferecer as condições necessárias para o planejamento de experimentos.
- Essas técnicas cobrem todas as possibilidades, diversos fatores, diferentes quantidades de níveis , tratamento de replicações, etc.
- Importância dentro de **Avaliação de Desempenho** – saber como utilizar as técnicas/ferramentas e saber analisar os resultados

Erros Comuns em Experimentos

- Uso de apenas um fator por vez – essa opção simplifica a experimentação mas não permite verificar interações
- Execução de muitos experimentos – em um primeiro passo poucos fatores/níveis devem ser considerados. Com as conclusões iniciais, pode-se considerar outros fatores/níveis

Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos

- Motivação 😊
- Introdução à Avaliação de Desempenho 😊
- Etapas de um Experimento 😊
- Planejamento do Experimento 😊
 - Conceitos Básicos 😊
 - Carga de trabalho 😊
 - Modelos para Planejamento de Experimento 😊

2. Análise de Resultados

3. Técnicas para Avaliação de Desempenho