



TOMADA DE DECISÃO EM IAAS CONSIDERANDO NUVENS PRIVADAS: UMA ABORDAGEM BASEADA EM MODELOS DE DEPENDABILIDADE E MULTICRITÉRIO

Carlos Julian Menezes Araújo
Prof. Paulo Romero Martins Maciel

MOTIVAÇÃO

- Crescente números de serviços na nuvem ([IDC, 2015](#))
- Serviços em nuvem pública ([Gartner, 2016](#))
 - SaaS, PaaS e IaaS juntos movimentaram 51,4 bilhões de dólares
- Para 2016, há uma previsão de crescimento de 25,9%
 - ~64,7 bilhões de dólares
- Empresas como Amazon, Microsoft, Google, IBM, Salesforce etc

OBJETIVO

- Este trabalho apresenta uma abordagem para seleção de IaaS considerando um método multicritério para realizar tomadas de decisão e modelos de dependabilidade.

TRABALHOS RELACIONADOS

Tabela 3.1: Comparação dos trabalhos relacionados.

Autores	Dependabilidade	SLA	Modelo de Decisão
(WEI; LIN; KONG, 2011a)	RBD e GSPN	-	-
(WEI; LIN; KONG, 2011b)	RBD e MC	-	-
(MELO et al., 2013)	RBD e SPN	-	-
(GHOSH et al., 2013)	MC e Redes de Fila	-	-
(SILVA et al., 2013)	RBD e SPN	-	-
(SOUSA et al., 2015)	RBD e SPN	-	-
(BRILHANTE et al., 2014)	SPN	-	-
(UNDHEIM; CHILWAN; HEEGAARD, 2011)	RBD e MC	SIM	-
(CASALICCHIO; SILVESTRI, 2013)	-	SIM	-
(GHOSH; GHOSH, 2012)	-	SIM	-
(GARCÍA; ESPERT; GARCÍA, 2013)	-	SIM	-
(AYADI; SIMONI; AUBONNET, 2013)	-	SIM	-
(BRUNEO, 2014)	SRN	SIM	-
(MACIAS; GUITART, 2014)	-	SIM	-
(ANDRZEJAK; KONDO; YI, 2010)	-	-	SIM
(REHMAN; HUSSAIN; HUSSAIN, 2012b)	-	-	SIM
(MARTENS; TEUTEBERG, 2012)	-	-	SIM
(GARG; VERSTEEG; BUYYA, 2013)	-	-	SIM
(SHIVAKUMAR; RAVI; GANGADHARAN, 2013)	-	-	SIM
(MAITY; CHAUDHURI, 2014)	-	-	SIM
Esta tese	RBD e SPN	SIM	SIM

METODOLOGIA

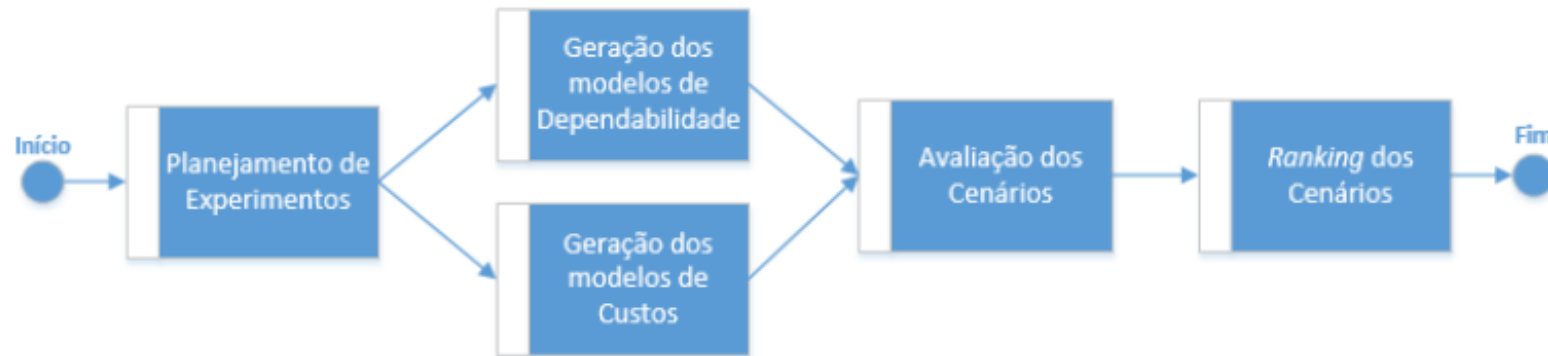


Figura 4.1: Visão geral da metodologia proposta.

METODOLOGIA

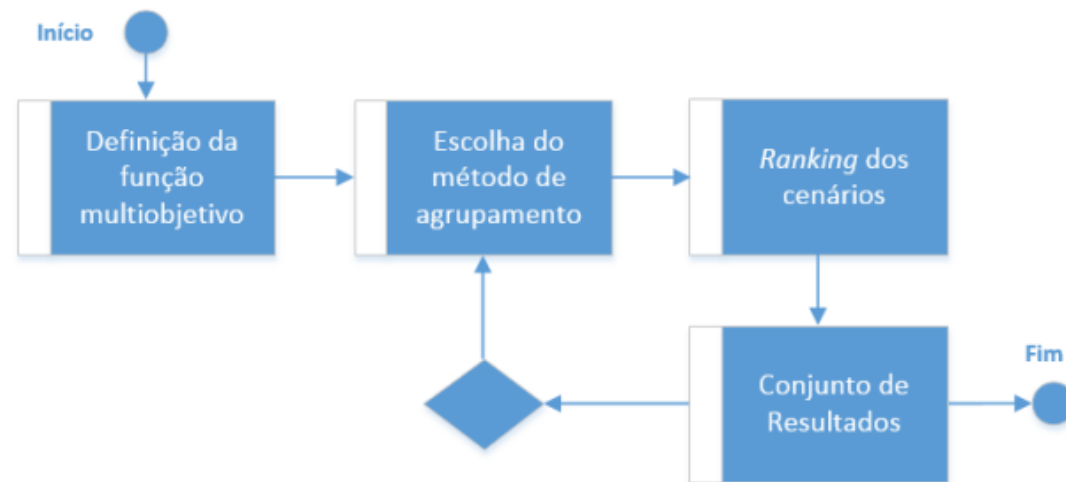


Figura 4.7: *Ranking dos Cenários.*

ESTUDO DE CASO

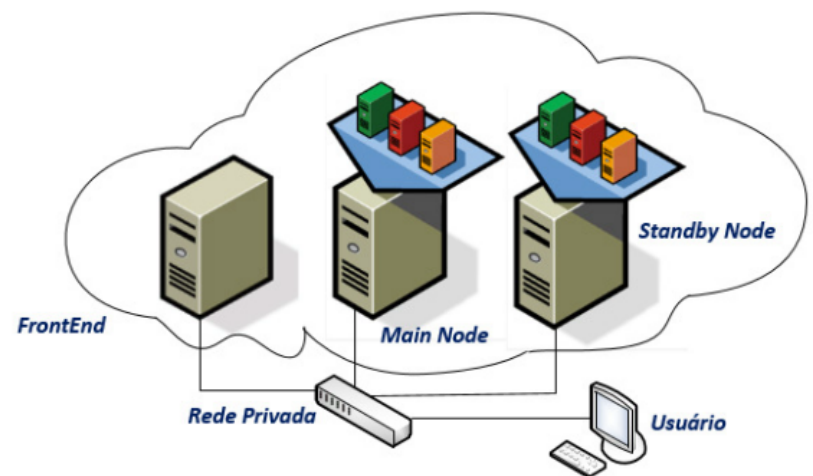


Figura 4.3: Ambiente para experimentação.

Tabela 4.2: Componentes da Infraestrutura.

Nome	Descrição	Processador	RAM	SO
FrontEnd	Gerente da nuvem	Intel Core i3 4 núcleos (3.10 GHz)	4GB	Ubuntu Server 12.04 (kernel 3.2.0-23)
Main Node e Standby Node	Nós da nuvem	Intel Core i3 4 núcleos (3.10 GHz)	4GB	Ubuntu Server 12.04 (Kernel 3.2.0-23)
Usuário	Monitor e Stresser da Nuvem	Intel Core 2 Quad 4 núcleos (2.66 GHz)	4GB	Ubuntu Desktop 12.04 (Kernel 3.5.0-36)

MODELOS

○ Modelos de Dependabilidade

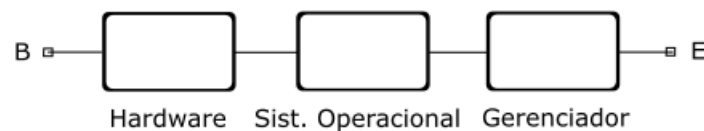


Figura 5.4: Modelo RBD do *Frontend*.



Figura 5.5: Modelo RBD do Nó.

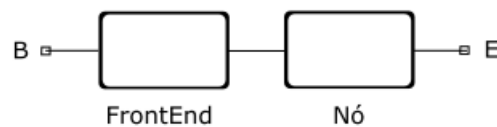


Figura 5.6: Modelo RBD do *Frontend* e Nó.

Tabela 7.2: Parâmetros de dependabilidade

Componente	MTTF(Hr)	MTTR(Hr)
Hardware	8760	1,67
Sistema Operacional	1440	1
Gerenciador	788,4	1
Máquina Virtual	2880	0,17
Biblioteca Digital	6865,3	0,17

MODELOS

○ Modelos de Dependabilidade

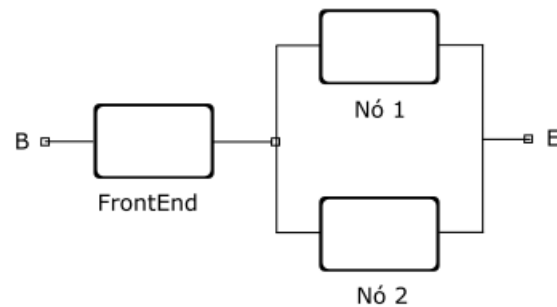


Figura 5.7: Modelo RBD com redund ncia *HotStandby* no N .

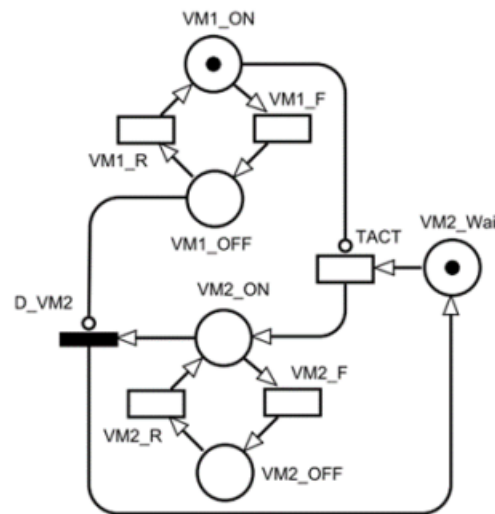


Figura 5.8: Modelo SPN para a redund ncia *coldstandby*.

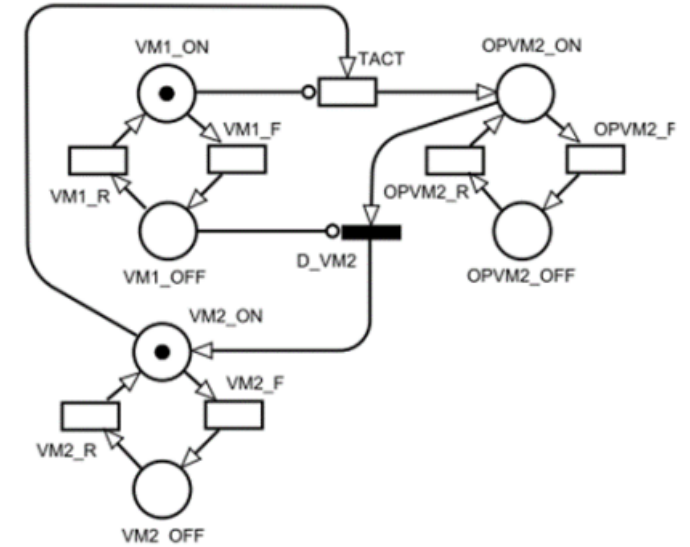


Figura 5.9: Modelo SPN para a redund ncia *warmstandby*.

MODELOS

○ Modelo de Decisão

	Obj1	Obj2
IaaS ₁	Cen ₁₁	Cen ₁₂
IaaS ₂	Cen ₂₁	Cen ₂₂
⋮	⋮	⋮
IaaS _n	Cen _{n1}	Cen _{n2}

Figura 5.10: Matriz de Resultados.

$IaaS_i, i = \{1, 2, \dots, n\}, \text{ Conjunto de IaaS};$ (5.13)

$\text{minimizar } f_m(x), m = \{1, 2\};$ (5.14)

$f_1 = \text{minimizar o custo total da IaaS.}$ (5.15)
 $f_2 = \text{minimizar a indisponibilidade da IaaS.}$

$IaaS_i > 0, \text{ Conjunto de IaaS.}$ (5.16)

MODELOS

○ Algoritmos multicritério

Algoritmo 1: Ordena cenários através de medidas de similaridade.

```
1: Variáveis de Entrada:
2:  $n$  //número de cenários
3:  $q_1, q_2$  //pesos para ponderação
4:  $p$  //p de Minkowski
5:  $matriz\_E = \{x_1y_1, \dots, x_ny_n\}$ 
6: Variável de Saída:
7:  $matriz\_S = \{w_1z_1, \dots, w_nz_n\}$ 
8: Funções Auxiliares:
9:  $CalculaDistancia(ponto\_a, ponto\_b, q_1, q_2, p)$  //Calcula a distância
10: //Euclidiana, Manhattan ou Minkowski entre dois pontos
11:  $Normalize(matriz\_E)$  //função que normaliza a matriz de entrada
12:  $Ordene(matriz\_S)$  //função ordena a coluna  $w$  da
13: //matriz de saída em ordem crescente
14:  $EncontraPivot(matriz\_E)$  //função que encontra o ponto da matriz
15: //com a menor distancia em relação a origem dos eixos
16:
17: Início:
18:  $matriz\_E \leftarrow Normalize(matriz\_E)$ 
19:  $pivot \leftarrow EncontraPivot(matriz\_E)$ 
20: Para  $i$  De 1 Até  $n$  Faça:
21:    $matriz\_S[i][1] \leftarrow CalculaDistancia(matriz\_E[x_i][y_i], pivot, q_1, q_2, p)$ 
22:    $matriz\_S[i][2] \leftarrow i$ 
23: Fim
24:  $matriz\_S \leftarrow Ordene(matriz\_S)$ 
25: Fim
```

Algoritmo 2: Seleciona cenários considerando dominância de Pareto.

```
1: Variáveis de Entrada:
2:  $c$  //número de soluções desejadas (não dominadas)
3:  $matriz\_E = [n][2]$ 
4: Variável de Saída:
5:  $matriz\_P = [m][2]$ 
6: Variável Auxiliar:
7:  $d$  //número de soluções dominadas
8:
9: Início:
10: Enquanto  $d < c$  Faça:
11:   Para  $i$  De 1 Até  $n$  Faça:
12:     Para  $j$  De  $i + 1$  Até  $n$  Faça:
13:       Se  $((matriz\_E[i][1] \leq matriz\_E[i+j][1]) \ \&\&$ 
14:          $(matriz\_E[i][2] \leq matriz\_E[i+j][2]))$ 
15:       Se  $((matriz\_E[i][1] < matriz\_E[i+j][1]) \ ||$ 
16:          $(matriz\_E[i][2] < matriz\_E[i+j][2]))$ 
17:          $matriz\_P[m][1] \leftarrow matriz\_E[i][1]$ 
18:          $matriz\_P[m][2] \leftarrow matriz\_E[i][2]$ 
19:          $d \leftarrow d + 1$ 
20:          $m \leftarrow m + 1$ 
21:       Fim
22:     Fim
23:   Fim
24:   Fim
25: Fim
26: Fim
```

Algoritmo 3: Seleciona cenários considerando valores mín-máx dos objetivos.

```
1: Variáveis de Entrada:
2:  $matriz\_E = [n][2]$ 
3:  $Min\_Obj_1, Max\_Obj_1, Min\_Obj_2, Max\_Obj_2$ 
4:  $s$  //escolha dos casos:  $Obj_1$  ou  $Obj_2$  ou ambos
5: Variável de Saída:
6:  $matriz\_S = [m][2]$ 
7: Variáveis Auxiliares:
8:  $aux1, aux2$ 
9:
10: Início:
11: Para  $i$  De 1 Até  $n$  Faça:
12:    $aux1 \leftarrow matriz\_E[i][1]$ 
13:    $aux2 \leftarrow matriz\_E[i][2]$ 
14:   Escolha ( $s$ )
15:   Caso (1)
16:     Se  $(aux1 \geq Min\_Obj_1) \ \&\& \ (aux1 \leq Max\_Obj_1)$  Então:
17:        $matriz\_S[m][1] \leftarrow aux1$ 
18:        $matriz\_S[m][2] \leftarrow aux2$ 
19:        $m \leftarrow m + 1$ 
20:   Caso (2)
21:     Se  $(aux2 \geq Min\_Obj_2) \ \&\& \ (aux2 \leq Max\_Obj_2)$  Então:
22:        $matriz\_S[m][1] \leftarrow aux1$ 
23:        $matriz\_S[m][2] \leftarrow aux2$ 
24:        $m \leftarrow m + 1$ 
25:   Caso (3)
26:     Se  $((aux1 \geq Min\_Obj_1) \ \&\& \ (aux1 \leq Max\_Obj_1)) \ \&\&$ 
27:        $((aux2 \geq Min\_Obj_2) \ \&\& \ (aux2 \leq Max\_Obj_2))$  Então:
28:        $matriz\_S[m][1] \leftarrow aux1$ 
29:        $matriz\_S[m][2] \leftarrow aux2$ 
30:        $m \leftarrow m + 1$ 
31:   Fim
32: Fim
33: Fim
```

FERRAMENTA

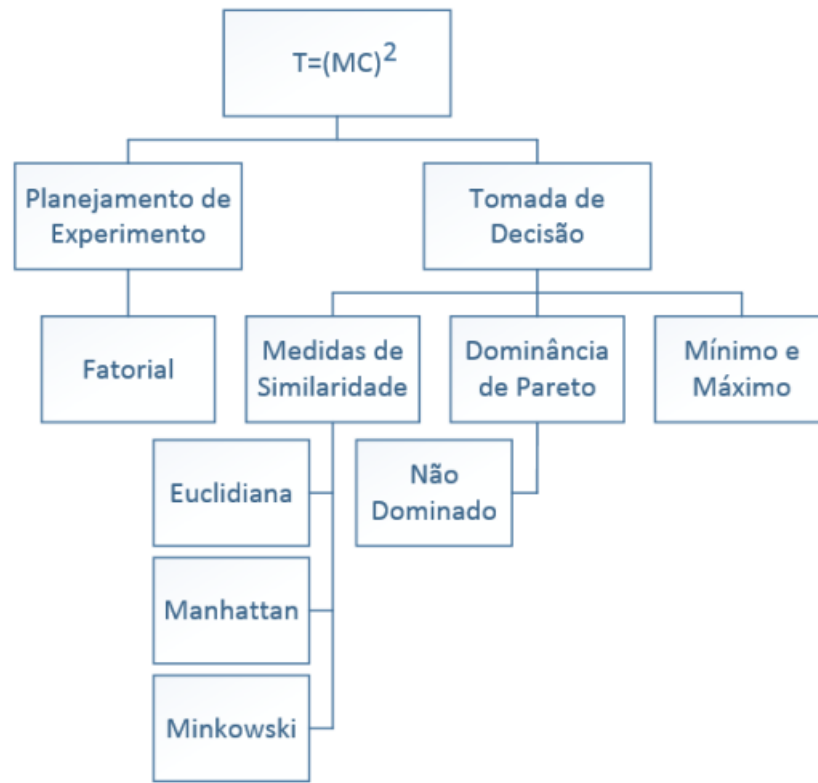


Figura 6.2: Funcionalidades da ferramenta.

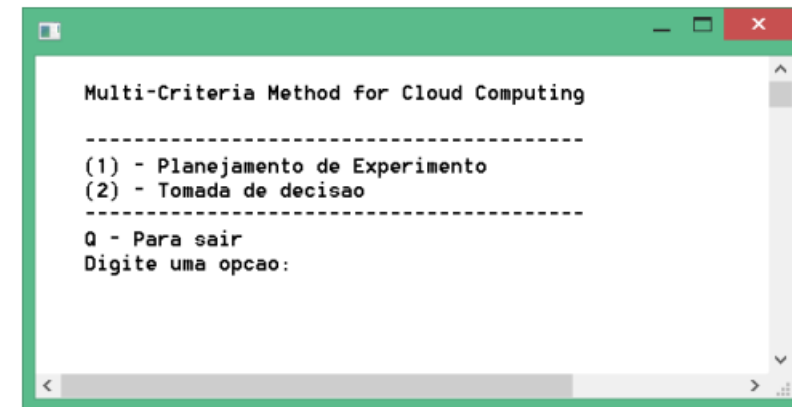


Figura 6.1: Tela de apresentação da ferramenta.

ESTUDO DE CASO

Tabela 4.1: Fatores e Níveis do Planejamento de Experimento.

Variáveis	Níveis			
Número de Nós	1	2		
Número de VMs	1	2	3	
Tipos de Serviço	Ouro	Prata	Bronze	
Mecanismo de Redundância	N/R	<i>Hot</i>	<i>Cold</i>	<i>Warm</i>

ESTUDO DE CASO

Tabela 7.6: Plano de Experimentos das IaaS.

IaaS	Nó	VM	RS	RT	IaaS	Nó	VM	RS	RT
1	1	1	Ouro	N/R	37*	2	2	Ouro	N/R
2*	1	1	Ouro	<i>Hot</i>	38	2	2	Ouro	<i>Hot</i>
3*	1	1	Ouro	<i>Cold</i>	39	2	2	Ouro	<i>Cold</i>
4*	1	1	Ouro	<i>Warm</i>	40	2	2	Ouro	<i>Warm</i>
5	1	1	Prata	N/R	41*	2	2	Prata	N/R
6*	1	1	Prata	<i>Hot</i>	42	2	2	Prata	<i>Hot</i>
7*	1	1	Prata	<i>Cold</i>	43	2	2	Prata	<i>Cold</i>
8*	1	1	Prata	<i>Warm</i>	44	2	2	Prata	<i>Warm</i>
9	1	1	Bronze	N/R	45*	2	2	Bronze	N/R
10*	1	1	Bronze	<i>Hot</i>	46	2	2	Bronze	<i>Hot</i>
11*	1	1	Bronze	<i>Cold</i>	47	2	2	Bronze	<i>Cold</i>
12*	1	1	Bronze	<i>Warm</i>	48	2	2	Bronze	<i>Warm</i>
13*	1	2	Ouro	N/R	49*	3	1	Ouro	N/R
14	1	2	Ouro	<i>Hot</i>	50	3	1	Ouro	<i>Hot</i>
15	1	2	Ouro	<i>Cold</i>	51*	3	1	Ouro	<i>Cold</i>
16	1	2	Ouro	<i>Warm</i>	52*	3	1	Ouro	<i>Warm</i>
17*	1	2	Prata	N/R	53*	3	1	Prata	N/R
18	1	2	Prata	<i>Hot</i>	54	3	1	Prata	<i>Hot</i>

RESULTADOS

Tabela 7.21: Resultados de dependabilidade das IaaS.

IaaS	Disponibilidade (%)	Confiabilidade (%)	Indisp. (Min)
1	99,5509574705	89,4469247967	196,68062793
5	99,5048180576	89,4469247967	216,88969077
9	99,4587108348	89,4469247967	237,08465436
14	99,5706543903	90,2149434700	188,05337705
15	99,5616066096	90,4897545045	192,01630500
16	99,5650001940	90,4925359715	190,52991502
18	99,5280378157	90,2149434700	206,71943671
19	99,5194114138	90,4897545045	210,49780078
20	99,5233822554	90,4925359715	208,75857214
22	99,4854486046	90,2149434700	225,37351118
23	99,4774397512	90,4897545045	228,88138896
24	99,4818832542	90,4925359715	226,93513466
26	99,7846109835	94,7970536818	94,34038921
27	99,7201853569	94,8881075626	122,55881369
28	99,7486208259	94,7885068480	110,10407827
30	99,7638083387	94,7970536818	103,45194767
31	99,6976733870	94,8881075626	132,41905652
32	99,7272945753	94,7885068480	119,44497603

RESULTADOS

- **Caso I (Minimizar Custo e Indisponibilidade)**
- Caso II (Maximizar Confiabilidade e Minimizar Custo)
- Caso III (Minimizar Custo e Maximizar Disponibilidade)
- Caso IV (Maximizar Disponibilidade e Confiabilidade)
- Caso V (Intervalo Mínimo e Máximo)

RESULTADOS

○ Caso I

Tabela 7.24: Ranking das IaaS (minimizar custo e indisponibilidade).

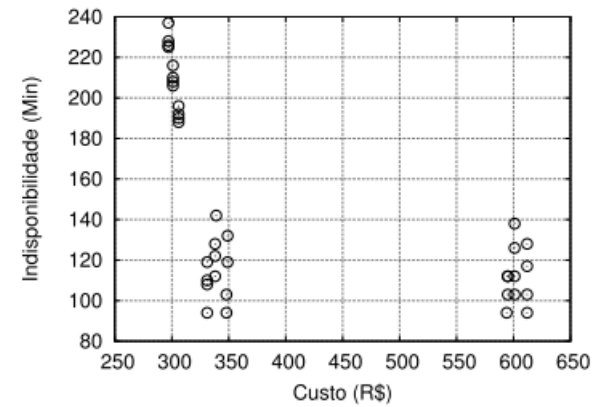
Ranking	IaaS	Ranking	IaaS
1	38	19	19
2	40	20	5
3	28	21	22
4	26	22	24
5	30	23	23
6	34	24	50
7	39	25	54
8	27	26	70
9	32	27	58
10	36	28	66
11	31	29	46
12	35	30	48
13	14	31	62
14	16	32	9
15	15	33	42
16	1	34	44
17	18	35	47
18	20	36	43

Tabela 7.25: Comparação dos parâmetros das IaaS .

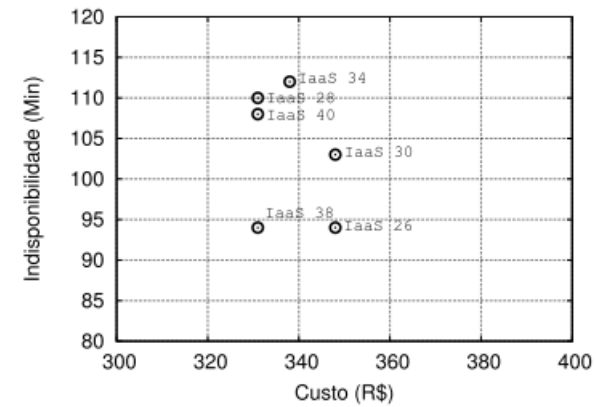
Ranking	IaaS	Nó	VM	RS	RT
1	38	2	2	Ouro	<i>Hot</i>
2	40	2	2	Ouro	<i>Warm</i>
3	28	2	1	Ouro	<i>Warm</i>
...	...	...	...	...	...
36	43	2	2	Prata	<i>Cold</i>

RESULTADOS

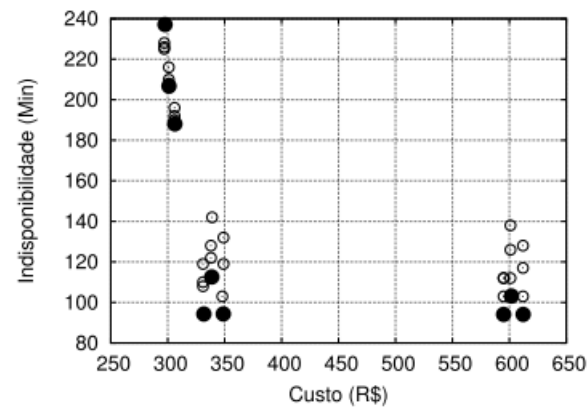
○ Caso I



(a) Visão Geral das 36 IaaS.



(b) Ranking das IaaS (Euclidiana).



(c) Conjunto das IaaS (Pareto).

Figura 7.23: Conjunto das IaaS com menor custo e indisponibilidade.

CONCLUSÃO

Planejamento de experimentos ajuda na descrição dos fatores e níveis e no desenvolvimento do plano de cenários a serem analisados;

Modelos de Dependabilidade são úteis para analisar ambiente na nuvem;

Modelos Multicritério podem auxiliar usuários no processo de tomada de decisão;