



Modelos de Disponibilidade para Infraestruturas de Sincronização de Dados

Aluno: Carlos Alexandre Silva de Melo

Orientador: Paulo Romero Martins Maciel



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

WMoDCS 2016.1 - Recife, 28 de Março de 2016

CIn.ufpe.br



Agenda

- Motivação e Introdução
- Objetivos
- Trabalhos relacionados
- Metodologia da Pesquisa
- Arquitetura Baseline
- Modelos de disponibilidade
- Resultados iniciais





Motivação e Introdução

Em computação **sincronização** é um termo relacionado à manutenção da consistência entre dados distribuídos em múltiplos dispositivos.

Manter informações privilegiadas **seguras** e **atualizadas** de maneira **justa** e **confiável** tornou-se de interesse de *toda* a população, graças ao advento da internet e de tecnologias como **Google Drive**, **One Drive** e **Dropbox**.





Motivação e Introdução

Já para aqueles que desejam arcar com os custos de infraestruturas computacionais necessárias para o fornecimento de serviços através da Internet, é preciso compreender as limitações daquilo que será ofertado. E para tanto, perguntas como estas devem ser previamente respondidas:

- **Quantos clientes deverão ser atendidos pelo meu serviço?**
- **Quando, como e por onde poderão utilizá-lo?**
- **Qual a arquitetura computacional é ideal para a satisfação de ambas as partes (Provedor e Cliente) em um acordo?**



Proposição de modelos hierárquicos para avaliação de disponibilidade de serviços de sincronização de dados.



Objetivo Específicos

- Elaboração de modelos para a avaliação de disponibilidade de uma infraestrutura de serviço de sincronização de dados;
- Propor novas arquiteturas com o objetivo de identificar melhorias na disponibilidade através da aplicação de autoscaling;
- Realizar o levantamento dos custos de implantação para cada arquitetura proposta.





Ao término desta pesquisa pretendemos fornecer a resposta para o seguinte questionamento:

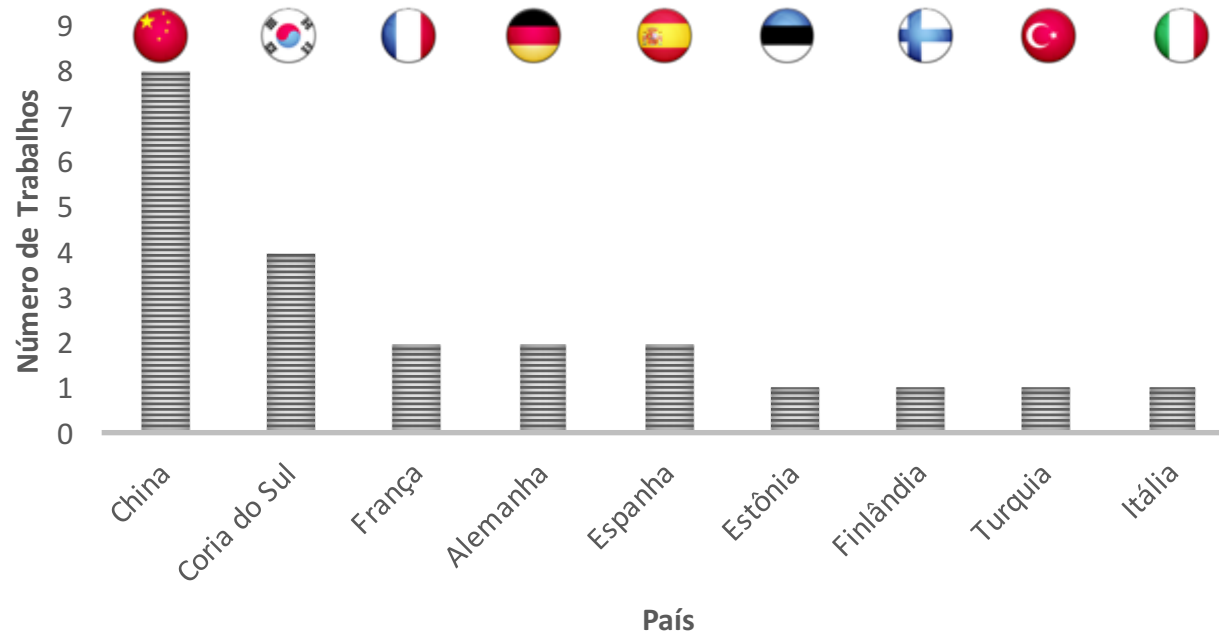
Que tipo de infraestrutura computacional é capaz de prover serviços de sincronização de dados que atendam aos requisitos de disponibilidade almejados por provedoras?





Trabalhos relacionados

Figura 1. Número de Trabalhos Publicados x País





Trabalhos relacionados

Tabela 2: Quantidade de trabalhos publicados por Instituição

Instituição	Quantidade
University of Electronic Science and Technology of China	4
Keimyung University	3
University of Traditional Chinese Medicine	1
Kakaeli University	1
ChongQing Three Gorges University	1
Mines ParisTech	1
Open University of Catalonia	1
Laboratory for Analysis and Architecture of Systems	1
Centre for the Development of Information and Communication Technologies in Asturias	1
Aalto University	1
University of Pavia	1
University of Mannheim	1
Institute of Community Medicine	1
University of Tartu	1
Beijing University of Posts and Telecommunications	1
Korea Institute of Science and Technology Evaluation and Planning	1
Hebei Institute of Communications	1



Trabalhos relacionados

Tabela 3: Quantidade de trabalhos publicados por Evento ou Journal

Evento ou Journal	Quantidade
International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing	4
Computer Methods and Programs in Biomedicine	2
International Conference on IT Convergence and Security	2
International Conference on Computer Application and System Modeling	1
International Conference on Electronics, Computer and Computation	1
International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems	1
International Journal of Industrial Organization	1
Mathematical and Computer Modelling	1
M2M Platform with Autonomic Device Management Service	1
Computer Standards and Interfaces	1
Computers in Industry	1
Technological Forecasting and Social Change	1
Journal of Systems and Software	1
Information Computing and Applications	1
Ubiquitous Information Technologies and Applications	1
International Conference on Computer Engineering and Networks	1
Future Information Technology	1





Metodologia da Pesquisa

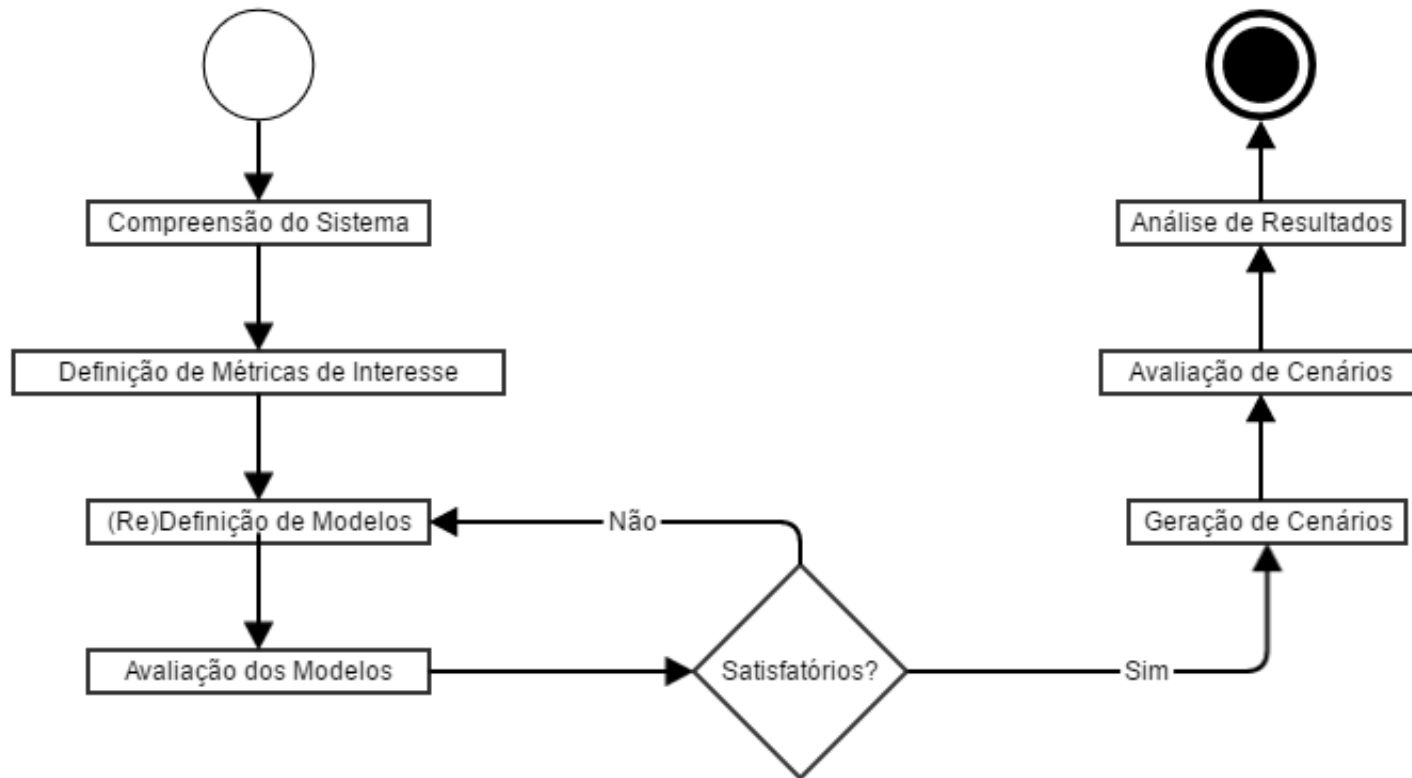


Figura 2. Metodologia



Arquitetura

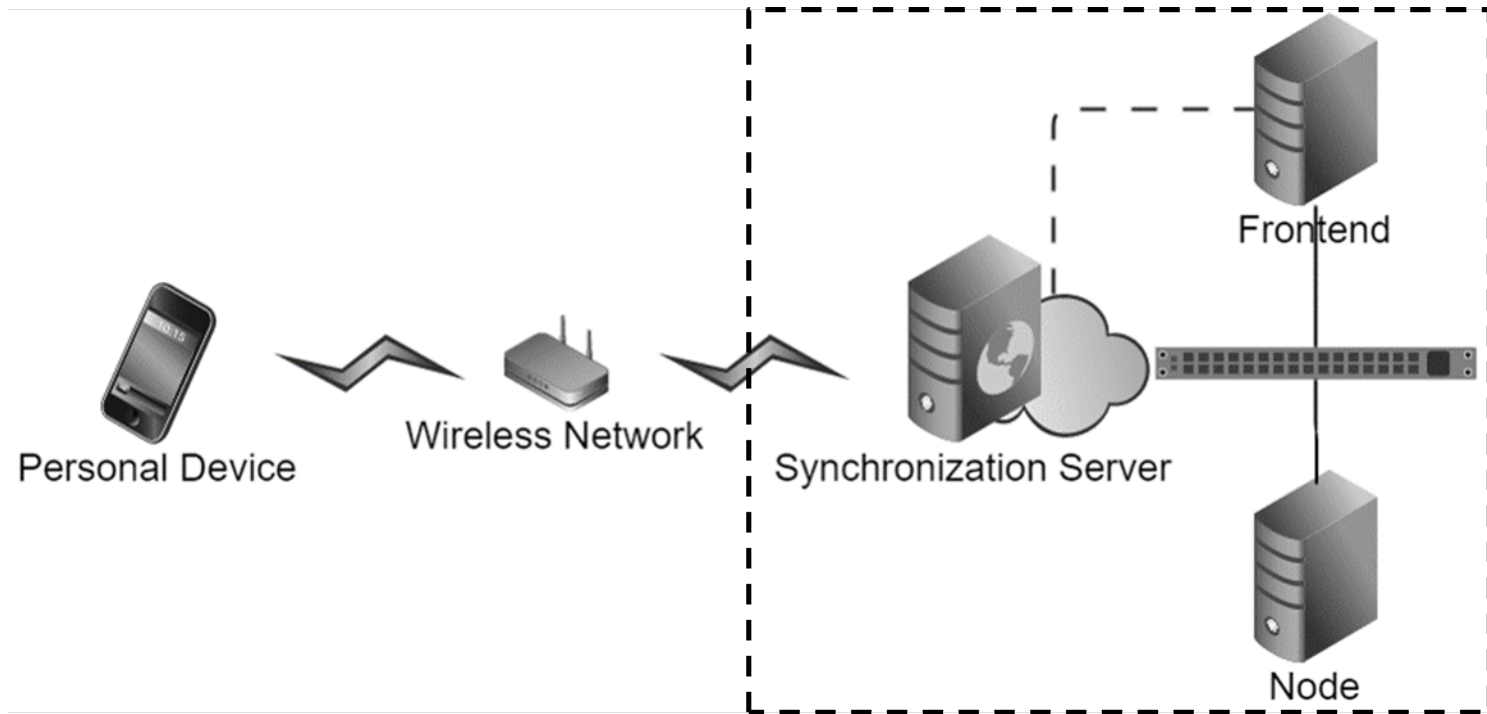


Figura 3. Arquitetura Baseline



Valores e Taxas

- (Dantas, 2012)

MTTF e MTTR: Hardware, Sistema Operacional, Aplicações e Serviços (i.e. Apache)

- (Bezerra, 2015)

Tempo de chaveamento de um node controller em estado de espera.

- (Campos, 2015)

Tempo médio para o reinício de uma máquina virtual.

- e (Costa, 2015)

MTTF e MTTR: Banco de Dados.





Arquitetura Baseline

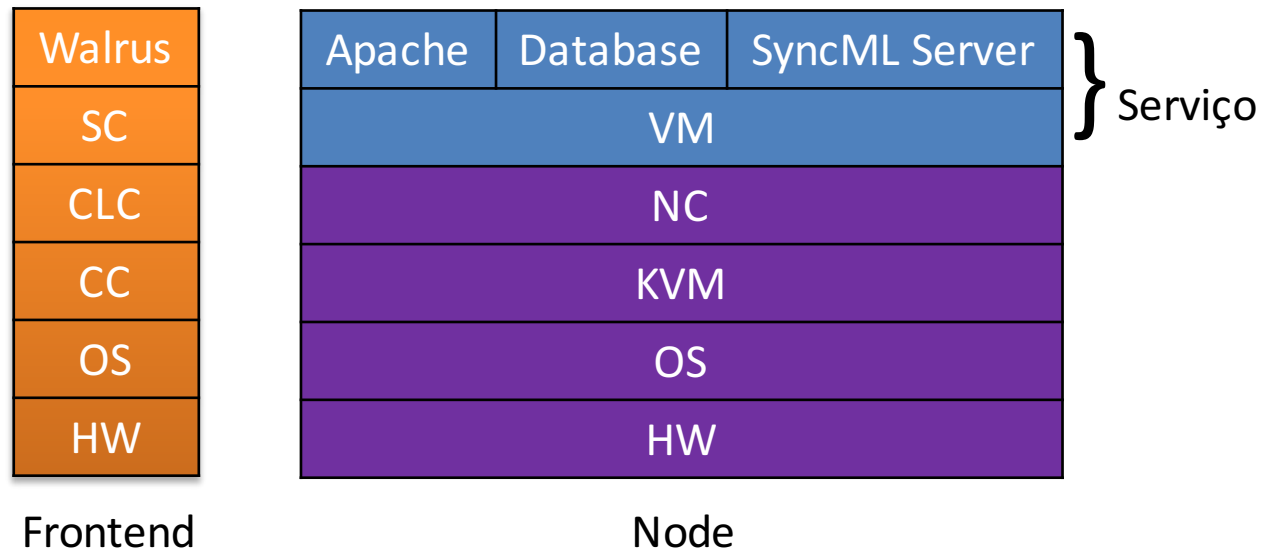


Figura 4. Componentes da Arquitetura



RBD da arquitetura básica

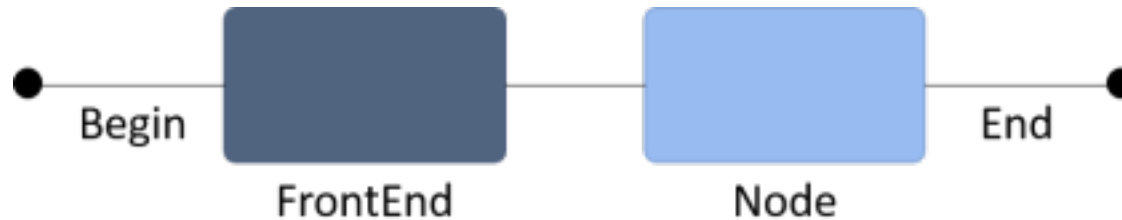


Figura 5. RBD Para Disponibilidade da arquitetura básica

1

Função Lógica:
 $Frontend \wedge Node$

Tabela 3. Valores para arquitetura básica

Métricas	Resultados
Disponibilidade	0.98149003
Indisponibilidade	0.01853775
Número de 9's	1.73259
Downtime Anual	162.254





Submodelo do front-end

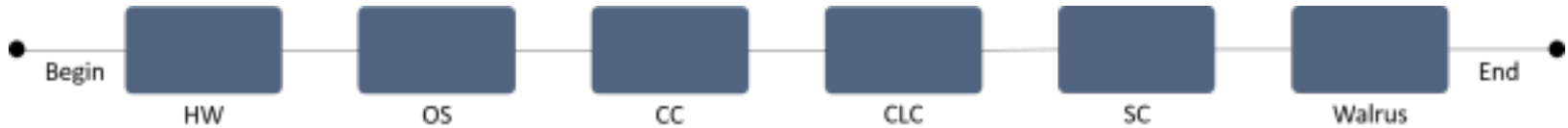


Figura 6. RBD Disponibilidade do Frontend

2

Função Lógica:

$$HW \wedge OS \wedge CC \wedge CLC \wedge SC \wedge Walrus$$

Tabela 4. Valores de MTTF e MTTR dos componentes do frontend

Componente	MTTF(h)	MTTR(h)
Frontend_HW	8760h	100min
Frontend_OS	2893h	15min
CC	788.4h	1h
CLC	788.4h	1h
SC	788.4h	1h
Walrus	788.4h	1h

```
***** Steady-state Results *****
MTTF:      180.72123967079426
MTTR:      0.9687670445777222
Availability: 0.9946680224075539
Number of 9's: 2.273111684370226
Uptime:    8719.073652730784 hours
Downtime:  46.73911726921771 hours
```




Submodelo do Nó

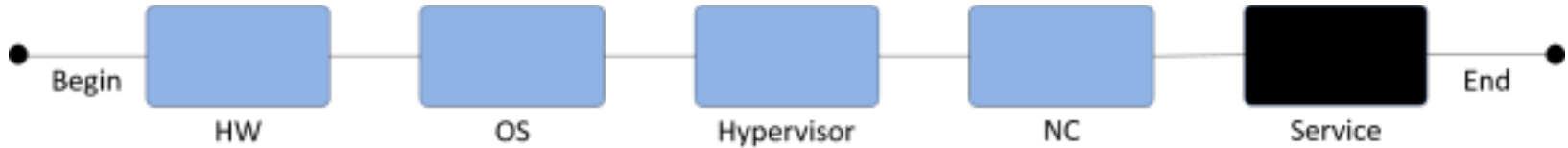


Figura 7. RBD Disponibilidade do Nó

3

Função Lógica:

$$HW \wedge OS \wedge Hypervisor \wedge NC \wedge \textit{Service}$$

Tabela 4. Valores de MTTF e MTTR dos componentes do Nó

Componente	MTTF(h)	MTTR(h)
Node_HW	8760h	100min
Node_OS	2893h	15min
KVM	2990h	1h
NC	788.4h	1h
Service	Calculado a partir de uma CTMC	

```
***** Steady-state Results *****
MTTF:      484.81157249477775
MTTR:      0.9112692932214961
Availability: 0.9981238903859927
Number of 9's: 2.7267417910274094
Uptime:    8749.367144387616 hours
Downtime:  16.445625612384998 hours
```

Para a modelagem do serviço, que inclui o SyncML, a VM, o Apache e o Banco de Dados; diferentemente dos componentes mostrados anteriormente, optou-se pelo uso de Cadeias de Markov de tempo contínuo, onde é proposta uma estratégia de reparo imediato de todos os componentes necessários ao funcionamento do serviço, através de um reboot da máquina virtual.



Submodelo do serviço

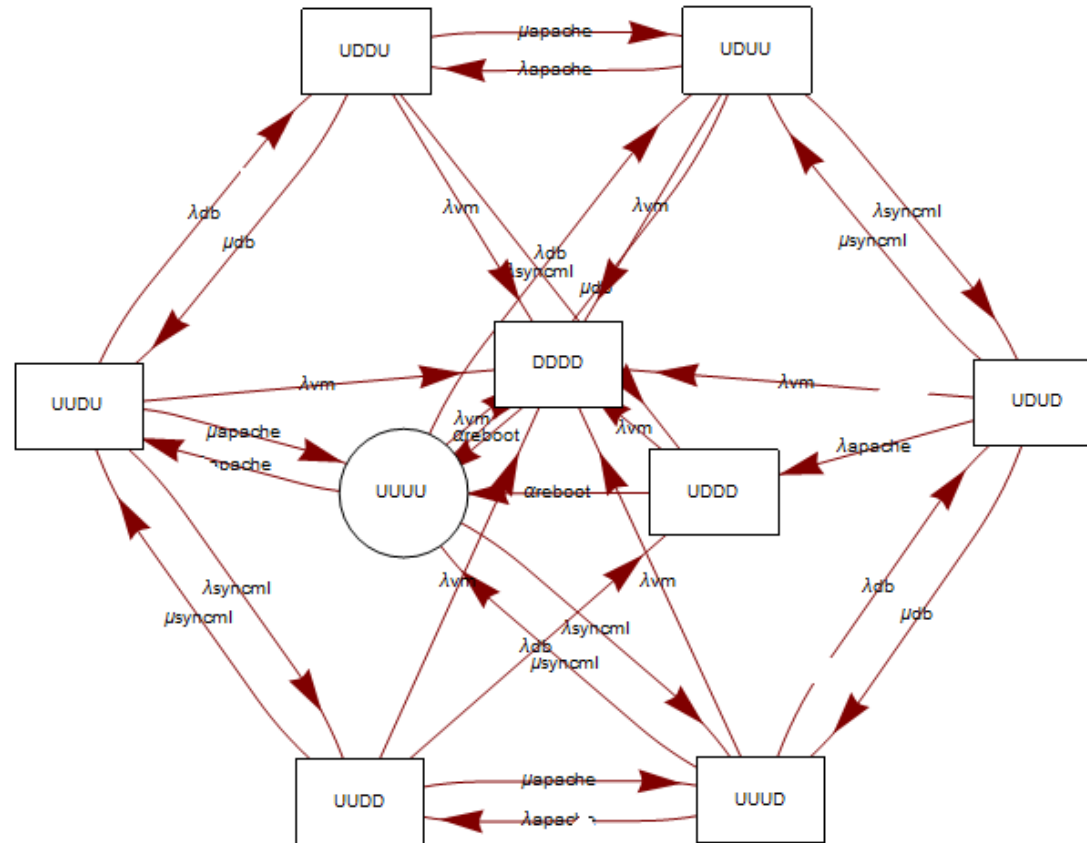


Figura 8. CTMC Disponibilidade do serviço



Modelo de disponibilidade do serviço

Tabela 5. Status do serviço de acordo com a CTMC da Figura 8

Estado	Significado	Status do Serviço
UUUU	VM disponível, Apache disponível, Banco de dados disponível, SyncML disponível.	Disponível
UUUD	VM disponível, Apache disponível, Banco de dados disponível, SyncML indisponível.	Indisponível
UUDU	VM disponível, Apache disponível, Banco de dados indisponível, SyncML disponível.	Indisponível
UDUU	VM disponível, Apache indisponível, Banco de dados disponível, SyncML disponível.	Indisponível
UDUD	VM disponível, Apache indisponível, Banco de dados disponível, SyncML indisponível.	Indisponível
UDDU	VM disponível, Apache disponível, Banco de dados indisponível, SyncML indisponível.	Indisponível
UDDU	VM disponível, Apache indisponível, Banco de dados indisponível, SyncML disponível.	Indisponível
UDDD	VM disponível, Apache indisponível, Banco de dados indisponível, SyncML indisponível.	Indisponível





Modelo de disponibilidade do serviço

Disponibilidade do serviço: 0.98857
MTTF do serviço: 279.365
MTTR do serviço: 3.22

Tabela 6. Valores de MTTF e MTTR dos componentes do serviço

Componente	MTTF(h)	MTTR(h)
SyncML	788.4	1
Apache	788.4	1
Database	1440	13
VM	2880	0.019166



Análise de sensibilidade da arquitetura baseline

Tabela 7. Parâmetros de entrada para análise de sensibilidade

Parâmetro	Valores de entrada
$\lambda_{nc}, \lambda_{walrus}, \lambda_{sc}, \lambda_{clc}, \lambda_{cc}$	788.4
$\lambda_{hypervisor}$	2990
$\lambda_{syncml}, \lambda_{apache}$	1/788.4
λ_{db}	1/1440
μ_{db}	1/13
<i>reboot</i>	1/0.019166
λ_{vm}	1/2880
$MTTR_{nc}, \mu_{syncml}, \mu_{apache}, MTTR_{walrus},$ $MTTR_{hypervisor}, MTTR_{sc}, MTTR_{clc}, MTTR_{cc}$	1
$MTTR_{os}$	0.25
$MTTF_{os}$	2893
$MTTF_{hw}$	8760
$MTTR_{hw}$	1.66



Análise de sensibilidade da arquitetura baseline

Tabela 8. Ranking de sensibilidade para a arquitetura básica

Parameter	Value
λ_{db}	1.05E-02
μ_{db}	8.47E-03
$MTTF_{nc}, MTTF_{walrus}, MTTF_{clc}, MTTF_{sc}, MTTF_{cc}$	1.69E-03
$\lambda_{apache}, \lambda_{syncml}$	1.50E-03
$MTTR_{nc}, MTTR_{walrus}, MTTR_{clc}, MTTR_{sc}, MTTR_{cc}$	1.13E-03
$MTTF_{hw}$	4.85E-04
$MTTF_{hypervisor}$	4.46E-04
$MTTR_{hypervisor}$	2.97E-04
$MTTF_{os}$	2,30E-04
$MTTR_{hw}$	2,03E-04
$MTTR_{os}$	1.54E-04
λ_{vm}	4,05E-05
$reboot$	6.66E-06



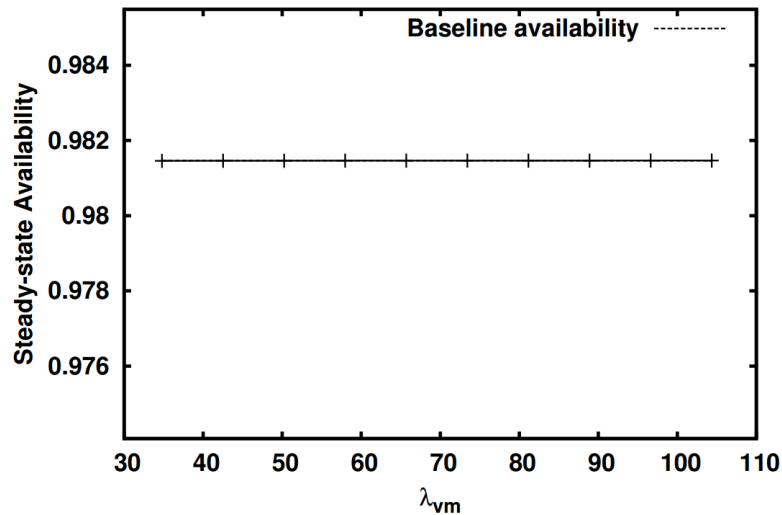
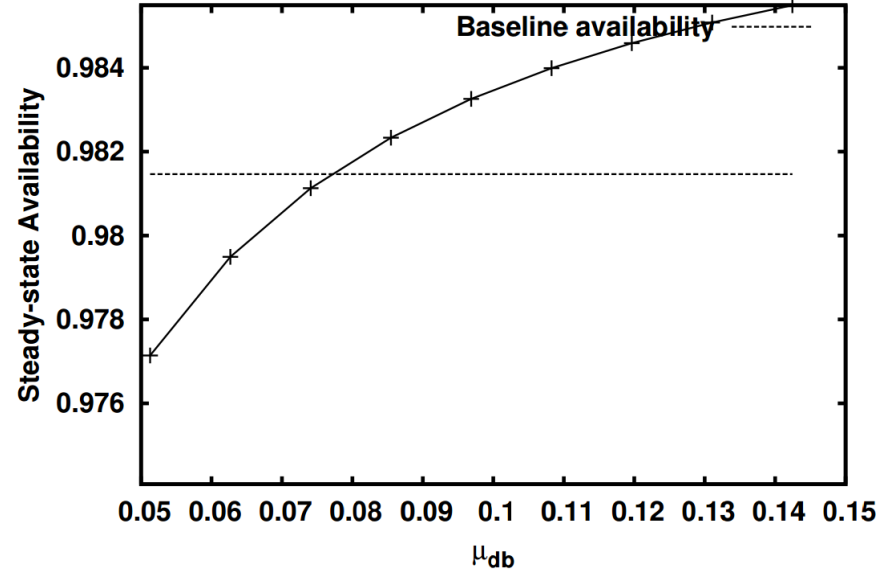
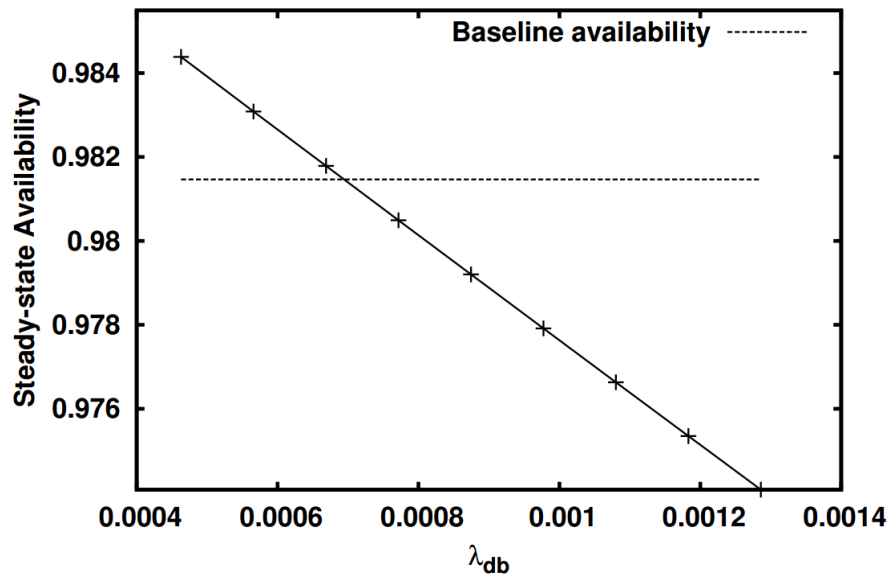
Resultados da Análise de Sensibilidade

Alguns dos componentes no topo do ranking estão relacionados direto ou indiretamente ao serviço e ao nó onde este serviço está em execução, a variação de valores e das taxas destes componentes pode afetar significativamente a disponibilidade do serviço, como pode ser visto nos gráficos a seguir:





Resultados da Análise de Sensibilidade





Replicação

Para a construção de sistemas mais confiáveis e justos uma série de técnicas foram desenvolvidas, dentre elas está a replicação. Neste trabalho dois tipos de replicação foram escolhidos:

- Hot Standby
- Warm Standby





Arquitetura com nó em hot standby

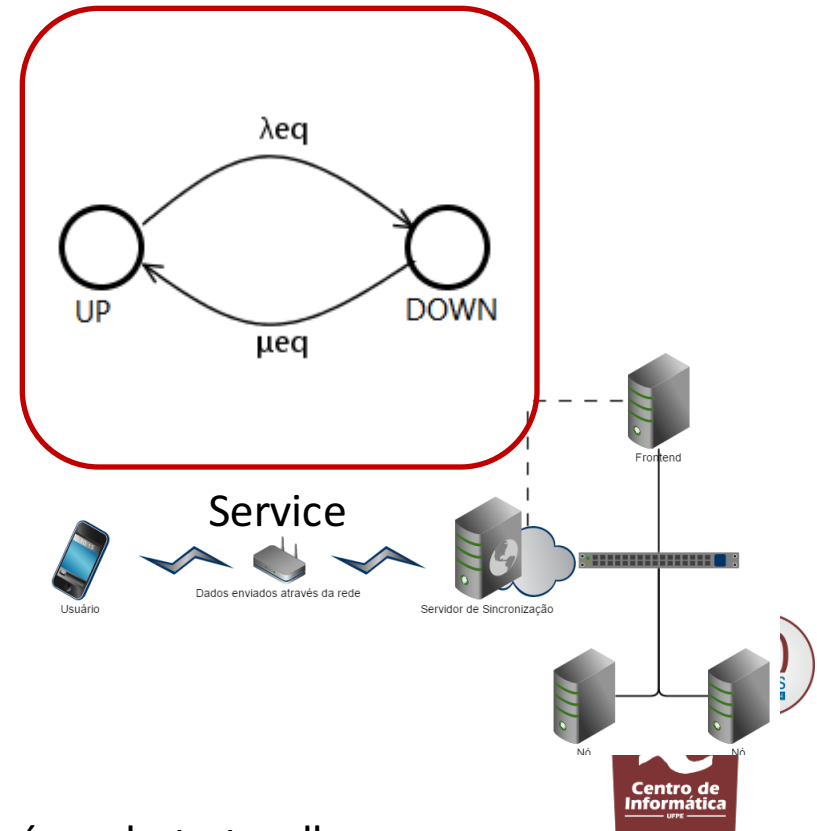
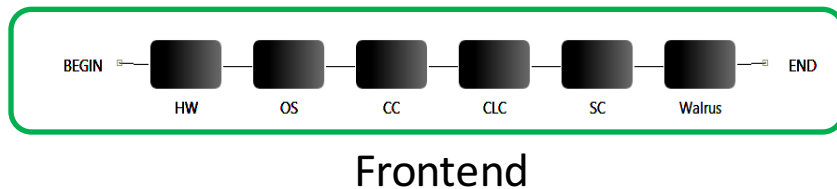
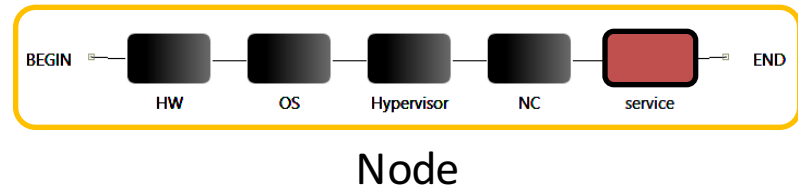
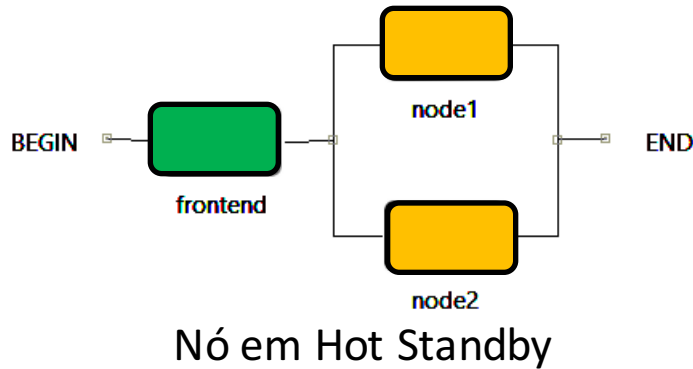


Figura 10. Arquitetura com nó em hot standby



Disponibilidade da arquitetura com nó em hot standby

4

Função Lógica:
 $Frontend \wedge (Node1 \vee Node2)$

Tabela 11. Valores para arquitetura com nó em hot standby

Disponibilidade	0.9944926948789536
Indisponibilidade	0.005505530710820938
Número de 9's	2.2527173348789686
Downtime	48.2284h





Arquitetura com nó e frontend em hot standby

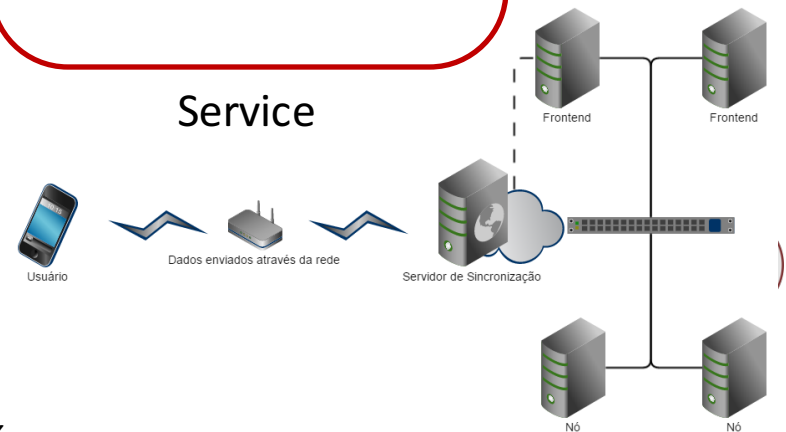
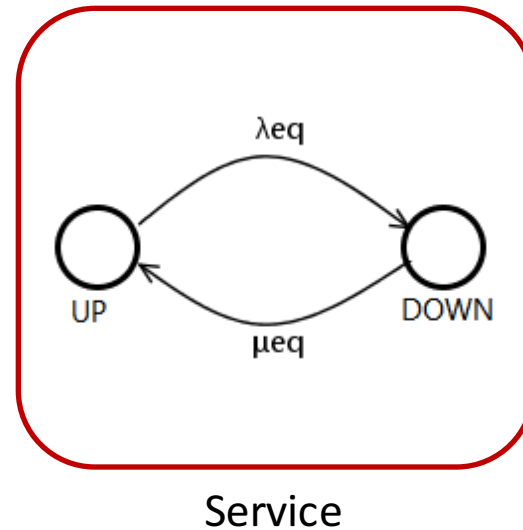
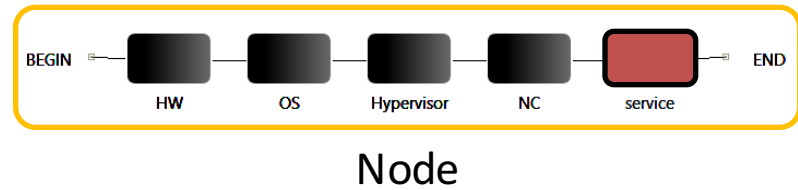
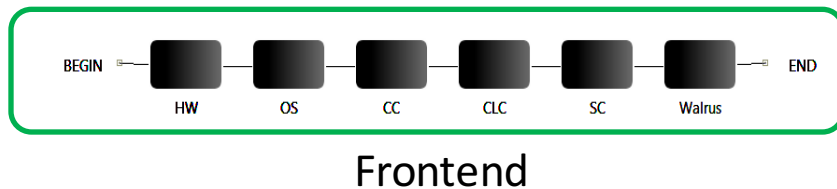
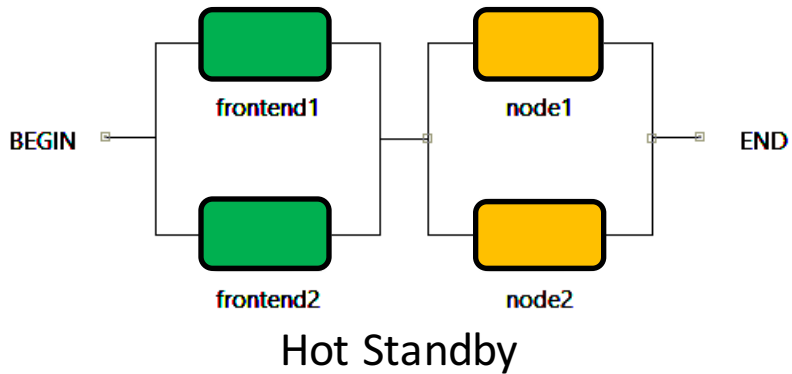


Figura 11. Arquitetura com nó e frontend em hot standby



Disponibilidade da arquitetura com nó e frontend em hot standby

5

Função Lógica:

$$(Frontend1 \vee Frontend2) \wedge (Node1 \vee Node2)$$

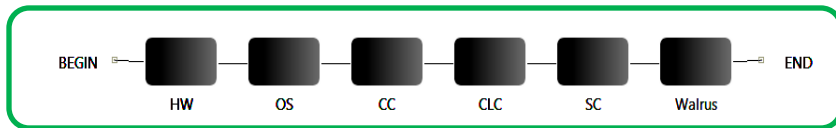
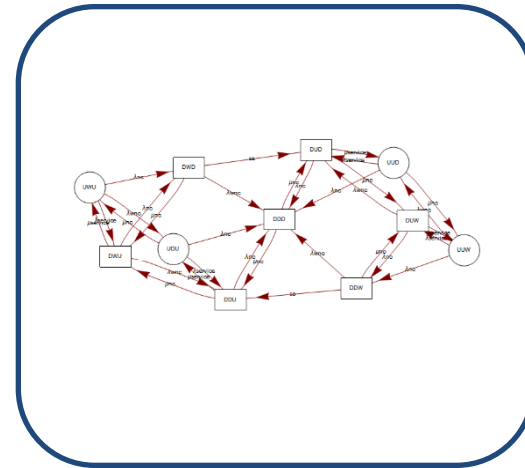
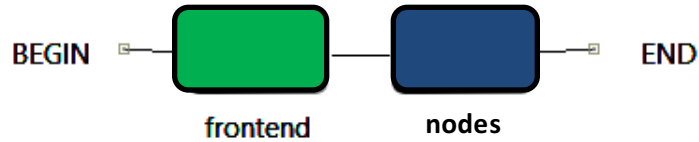
Tabela 12. Valores para arquitetura com nó e frontend em hot

Tabela 12. Valores para arquitetura com nó e frontend em hot standby	
Disponibilidade	0.9997970915152405
Indisponibilidade	2.0290848475945644E-4
Número de 9's	3.690594
Downtime	1.777478





Arquitetura com nó em warm standby



Frontend

Nodes

Tabela 13. Valores para arquitetura com nó em Warm Standby

Disponibilidade	0.994448220475702
Indisponibilidade	0.005551779524297973
Número de 9's	2.25556
Downtime	48.63



Dados enviados através da rede

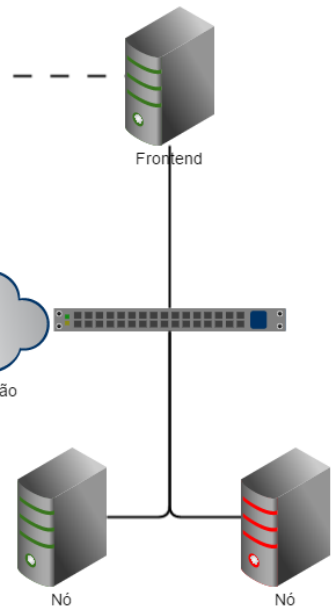


Figura 12. Arquitetura com nó em warm standby



Modelo de disponibilidade do serviço com nó em warm standby

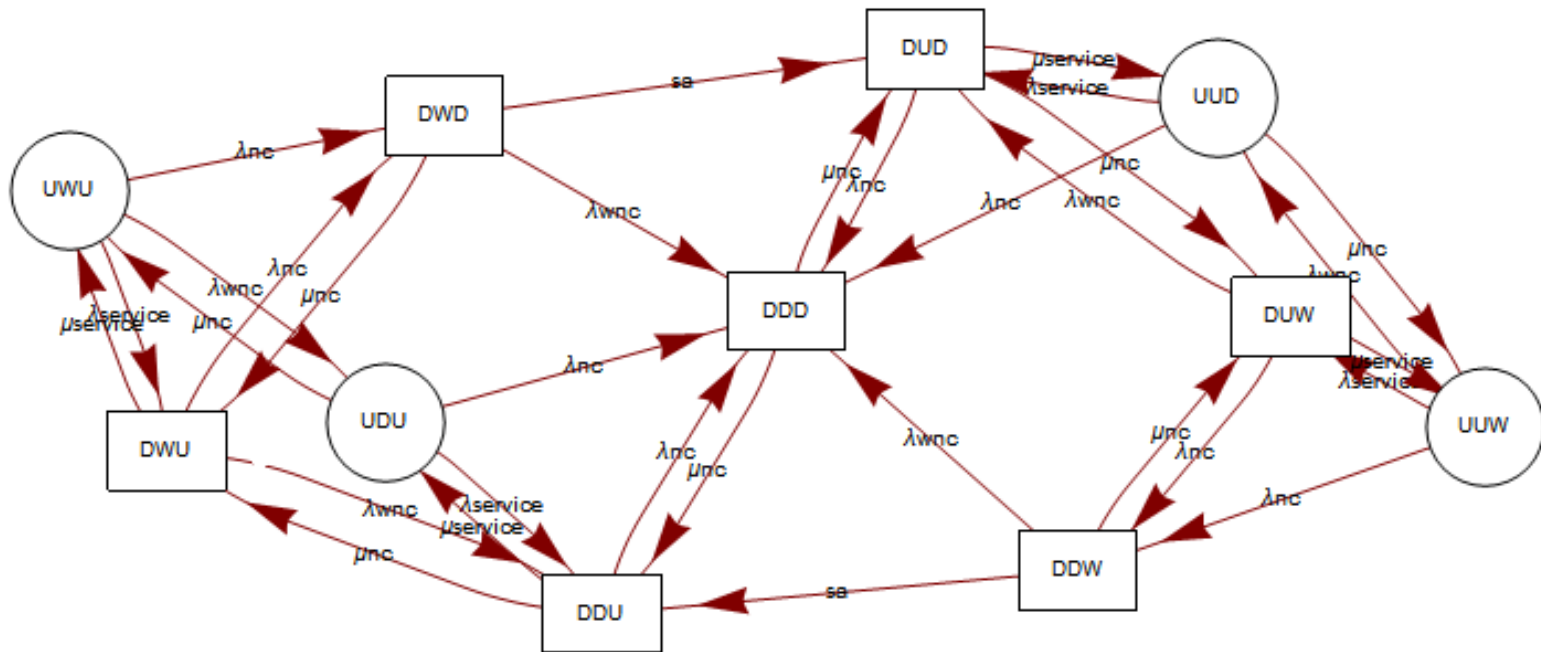


Figura 13. CTMC de Disponibilidade do serviço com nó em warm standby



Equação fechada para a disponibilidade do serviço com nó em warm standby

6

$$\frac{(2 \mu_{nc} (\lambda_{nc} \lambda_{wnc} + (\lambda_{wnc} + \mu_{nc})^2 + s_a (\lambda_{nc} + \lambda_{wnc} + \mu_{nc})) \mu_{service})}{((\lambda_{nc} (s_a + \lambda_{wnc}) (\lambda_{nc} + \lambda_{wnc}) + 2 (s_a (\lambda_{nc} + \lambda_{wnc}) + \lambda_{wnc} (2 \lambda_{nc} + \lambda_{wnc})) \mu_{nc} + 2 (s_a + \lambda_{nc} + 2 \lambda_{wnc}) \mu_{nc}^2 + 2 \mu_{nc}^3) (\lambda_{nc} + \lambda_{service} + \mu_{service}))}$$





Modelo de disponibilidade do serviço

Tabela 14. Valores de MTTF e MTTR dos componentes do nó e serviço

Componente	MTTF(h)	MTTR(h)
Serviço	279.365	0.027
NC	484.811	0.911
WNC	MTTF do NC + 20% 581.773	sa
sa (System Activation)		0.033

Disponibilidade do Serviço: 0.99979
MTTF do Serviço: 197.535
MTTR do Serviço: 0.04
Downtime: 107





Modelo de disponibilidade do serviço

Tabela 15. Status dos componentes da CTMC da Figura 13.

Estado	Significado	Status do Serviço
UWU	Serviço disponível, NC em standby, NC disponível	Disponível
UUD	Serviço disponível, NC disponível, NC em falha	Disponível
UUW	Serviço disponível, NC disponível, NC em standby	Disponível
UDU	Serviço disponível, NC indisponível, NC disponível	Disponível
DUW	Serviço indisponível, NC disponível, NC em standby	Indisponível
DUD	Serviço indisponível, NC disponível, NC indisponível	Indisponível
DDD	Serviço indisponível, NC indisponível, NC indisponível	Indisponível
DDW	Serviço indisponível, NC indisponível, NC em standby	Indisponível
DDU	Serviço indisponível, NC indisponível, NC disponível	Indisponível
DWU	Serviço indisponível, NC em standby, NC disponível	Indisponível
DWD	Serviço indisponível, NC em standby, NC indisponível	Indisponível





Comparativo

Tabela 18. Valores de disponibilidade para cada arquitetura

ID	Arquitetura	Av	Nº de 9's	Downtime anual (h)	Nº de Computadores	Preço USD
A6	Frontend e Nó em Hot standby	0.9997970	3.69059	1.77	4	4598.88
A5	Frontend em Hot e Nó em Warm	0.9997505	3.60292	2.18	4	4598.88
A4	Nó em Hot standby	0.9944926	2.25905	48.22	3	3449.16
A3	Nó em Warm standby	0.9944482	2.25556	48.63	3	3449.16
A2	Frontend em hot standby	0.9866953	1.87688	116.54	3	3449.16
A1	Básica	0.9814900	1.73259	162.25	2	2299.44

Select Components

- 1. COMPONENTS
- 2. SERVICES & SUPPORT
- 3. ACCESSORIES
- 4. REVIEW SUMMARY



PowerEdge T320 Tower Server

Starting Price \$1,665.00
Instant Savings \$515.28

Subtotal \$1,149.72

Chat Online
Now



As low as \$35.00 /month^A

[Dell Business Credit | Apply](#)

[Discount Details](#)

[Ships in 10 - 13 Business Days](#)

[Print Summary](#)

SYSTEM OPTIONS

PowerEdge T320

PowerEdge T320, Intel® Xeon® E-24XX v2 Processors

☒ PowerEdge T320, Intel® Xeon® E-24XX v2 Processors [Included in Price]

PowerEdge T320 Tower Server

Starting Price \$1,665.00
Instant Savings \$515.28

Subtotal \$1,149.72

Chat Online
Now



As low as \$35.00 /month^A

[Dell Business Credit | Apply](#)

[Discount Details](#)

[Ships in 10 - 13 Business Days](#)

[Print Summary](#)

[Continue](#)

40
anos

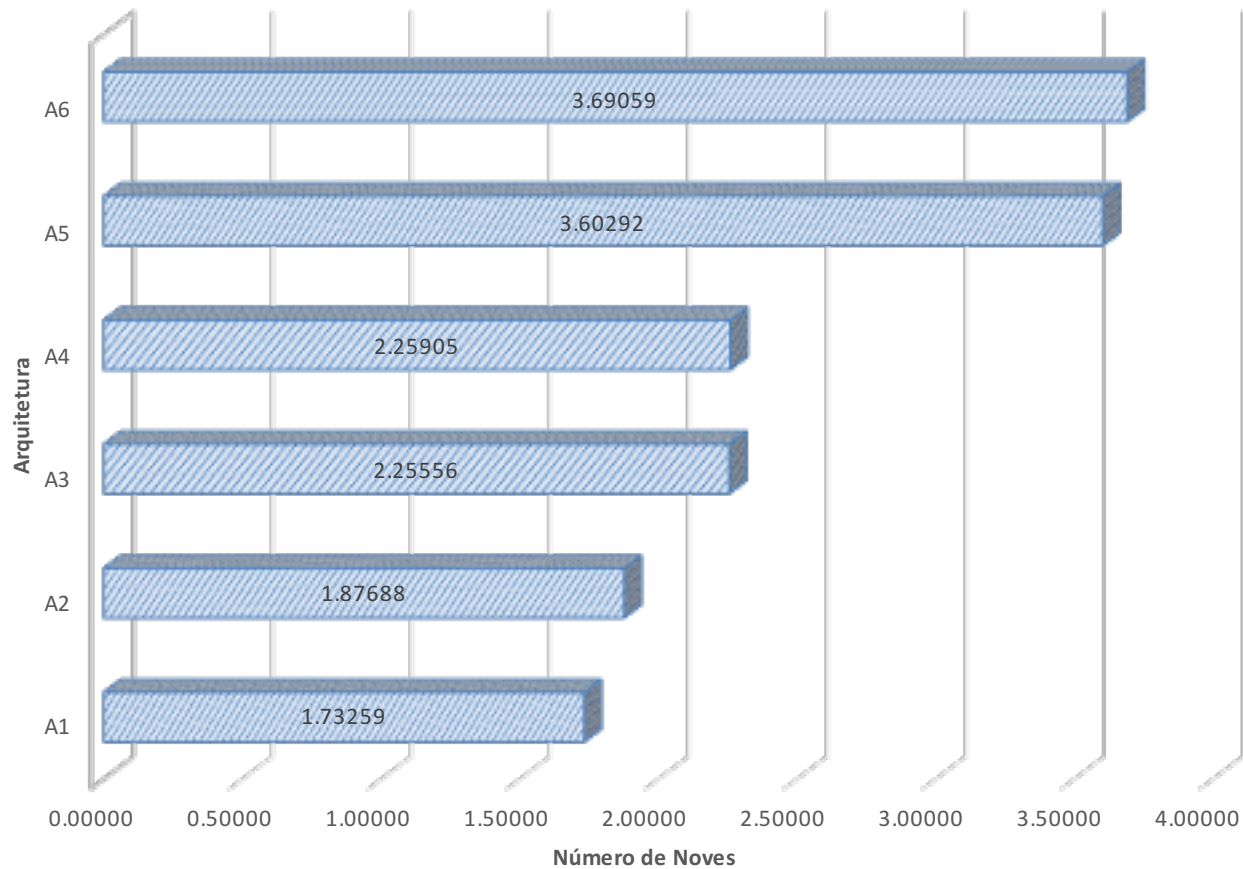
o de
mática

ifpe.br



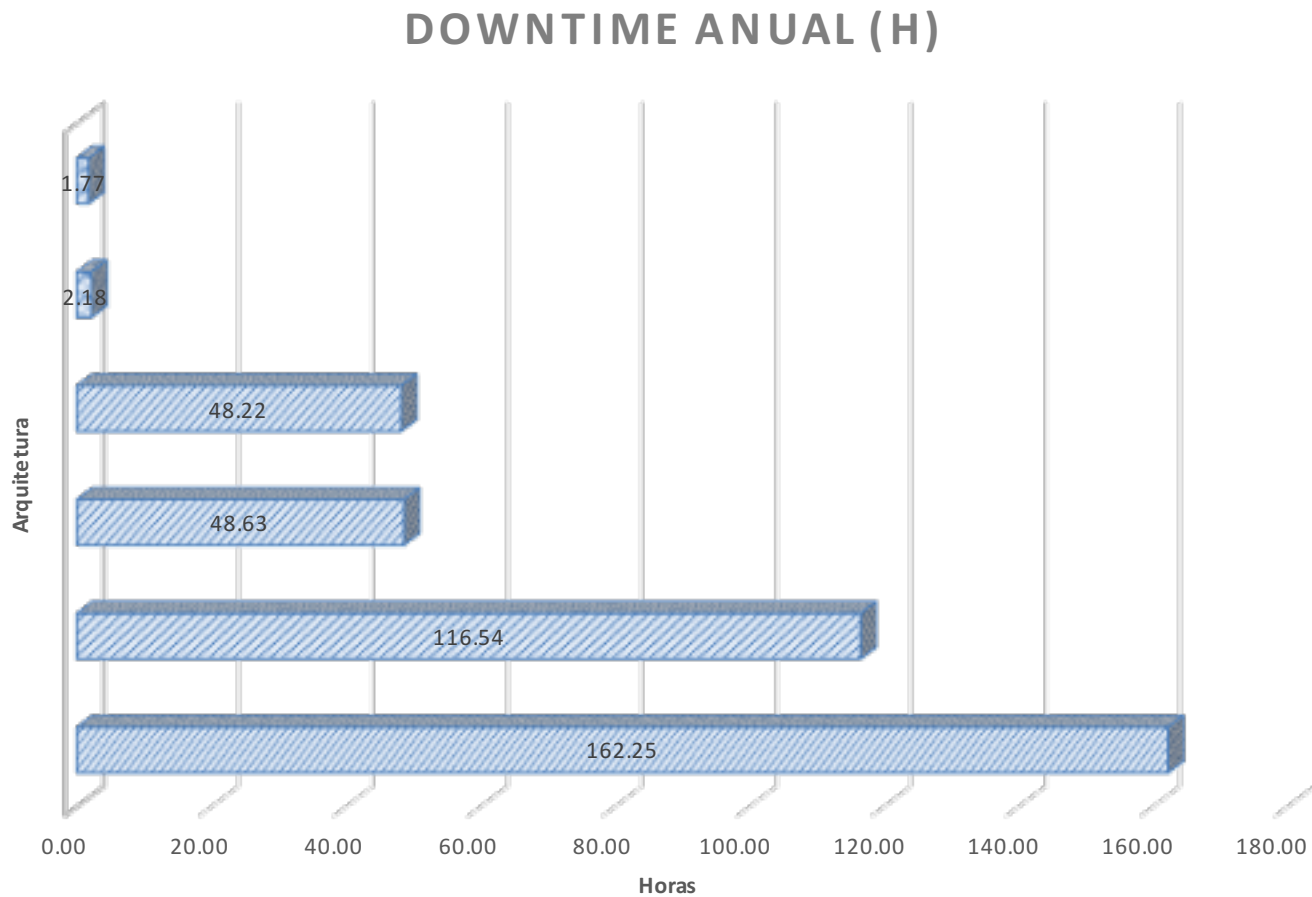
Número de noves por arquitetura

DISPONIBILIDADE





Downtime anual (h) por arquitetura





Normalização

$$NormalizarXY = \frac{NumX - MinNumX}{MaxNumX - MinNumX}$$

$X = \{\text{Custo, Disponibilidade, Downtime}\}$

$Y = \{\text{Arquiteturas: A1 ... A6}\}$

$MinNumX = \{\text{Menor valor das arquiteturas}\}$

$MaxNumX = \{\text{Maior valor das arquiteturas}\}$





Distância

$$Distância_Z = \sqrt{NC^2 + ND^2}$$

$Z = \{\text{Arquitetura: } A1 \dots A6\}$

$NC = \{\text{Normalização do custo}\}$

$ND = \{\text{Normalização do Downtime}\}$

$NA = \{\text{Normalização da Disponibilidade}\}$





Cenários

Com os resultados obtidos, foram elaborados seis cenários com base na importância dada a cada uma das métricas: Custos das arquiteturas e suas disponibilidade ou downtime:

Cenário 1: Custo x Disponibilidade – Ambos com a mesma importância;

Cenário 2: Custo x Disponibilidade – Custo $\frac{3}{4}$ e Disponibilidade $\frac{1}{4}$;

Cenário 3: Custo x Disponibilidade – Custo $\frac{1}{4}$ e Disponibilidade $\frac{3}{4}$;

Cenário 4: Custo x Downtime – Ambos com a mesma importância;

Cenário 5: Custo x Downtime – Custo $\frac{3}{4}$ e Downtime $\frac{1}{4}$;

Cenário 6: Custo x Downtime – Custo $\frac{1}{4}$ e Downtime $\frac{3}{4}$.





Normatização – Custo x Disponibilidade

Tabela 27. Normatização Custo x Disponibilidade

Arquitetura	NC	NA
A1	0,00000	0,98149
A2	0,50000	0,98669
A3	0,50000	0,99444
A4	0,50000	0,99444
A5	1,00000	0,99975
A6	1,00000	0,99979

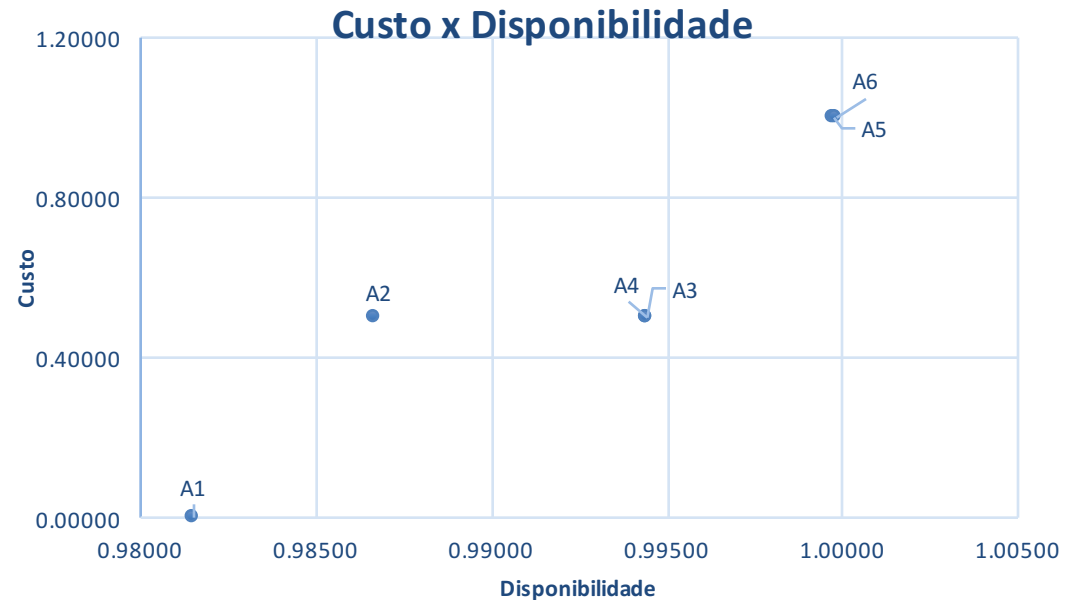




Ranking do Cenário 1

Tabela 28. Custo x Disponibilidade com mesmo peso (Ranking das arquiteturas por Distância Euclidiana)

Posição	Arquitetura	Dist. Euclidiana
1st	A1	0,69402
2nd	A2	0,78217
3rd	A3	0,78706
3rd	A4	0,78706
5th	A5	0,99988
6th	A6	0,99990





Ranking do Cenário 2

Tabela 29. Ranking do cenário 2 Custo > Disponibilidade

Posição	Arquitetura	Dist. Euclidiana
1st	A1	0,24768
2nd	A2	0,66081
3rd	A3	0,66118
3rd	A4	0,66118
5th	A5	0,90138
5th	A6	0,90138



Ranking do Cenário 3

Tabela 30. Ranking do cenário 2 Custo < Disponibilidade

Posição	Arquitetura	Dist. Euclidiana
1st	A1	0,74303
2nd	A2	0,82463
3rd	A3	0,82727
3rd	A4	0,82727
5th	A5	0,90131
6th	A6	0,90132



Normatização – Custo x Downtime

Tabela 31. Normatização Custo x Downtime

Arquitetura	NC	ND
A1	0,00000	1,00000
A2	0,50000	0,71517
A3	0,50000	0,29200
A4	0,50000	0,28944
A5	1,00000	0,00255
A6	1,00000	0,00000

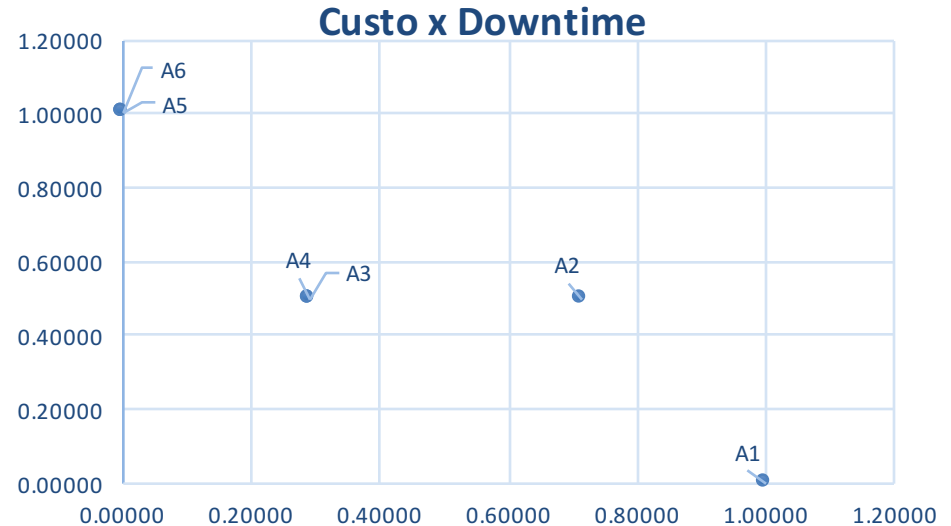




Ranking do Cenário 4

Tabela 31. Ranking do cenário 4 (Custo com mesmo peso do Downtime)

Posição	Arquitetura	Dist. Euclidiana
1st	A4	0,54027
2nd	A3	0,54095
3rd	A1	0,70711
3rd	A5	0,70711
3rd	A6	0,70711
6th	A2	0,71115



Ranking do Cenário 5

Tabela 32. Ranking do cenário 5 (Custo > Downtime)

Posição	Arquitetura	Dist. Euclidiana
1st	A1	0,50000
2nd	A4	0,62924
3rd	A3	0,62954
4th	A2	0,70913
5th	A5	0,86603
5th	A6	0,86603



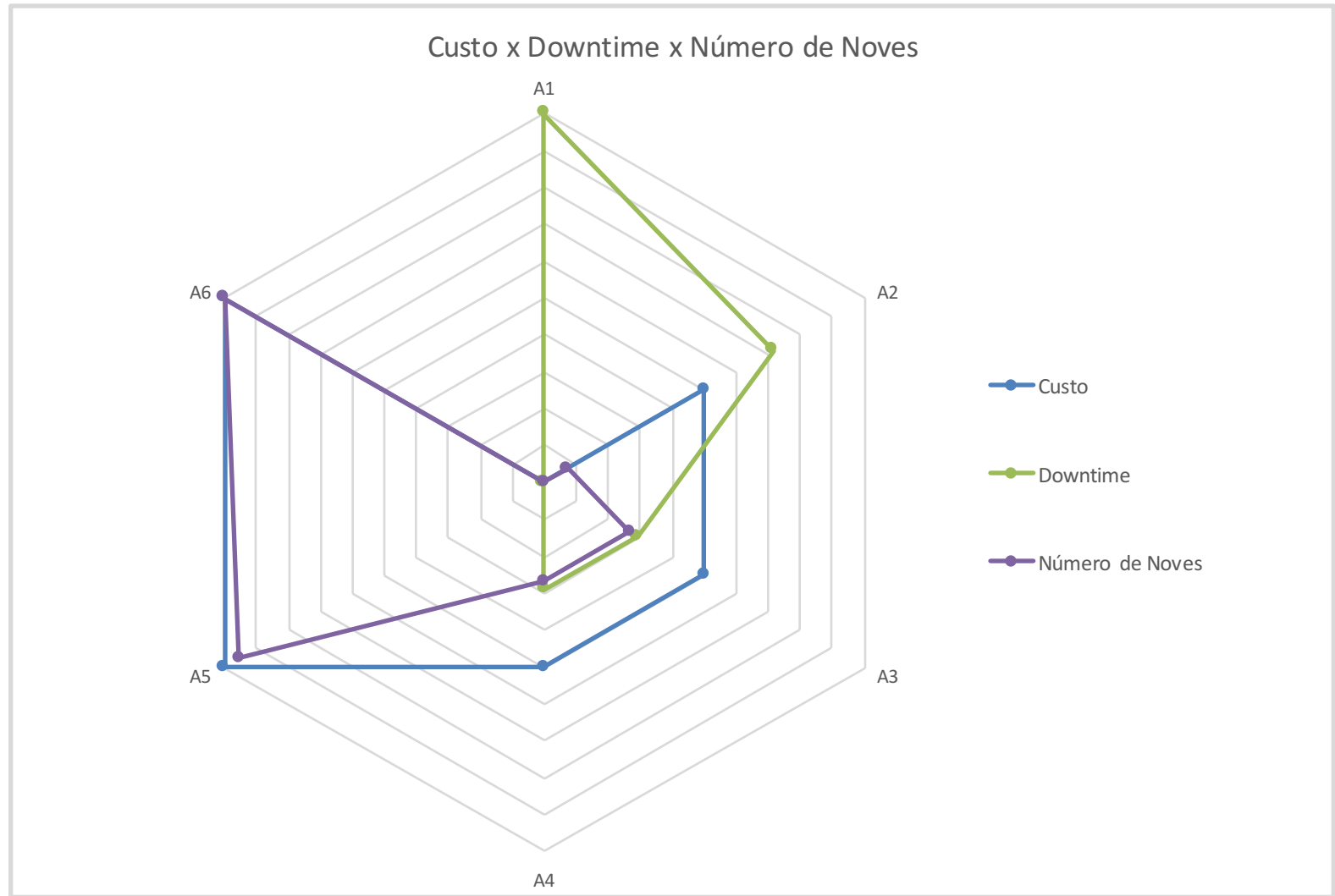
Ranking do Cenário 6

Tabela 33. Ranking do cenário 6 (Custo < Downtime)

Posição	Arquitetura	Dist. Euclidiana
1st	A4	0,43340
2nd	A3	0,43468
3rd	A2	0,71316
4th	A5	0,50000
4th	A6	0,50000
6th	A1	0,86603



Cenário Extra (Normalizados)





Próximos Passos

- Refinamento de modelos em desenvolvimento;
- Adicionar outros custos as arquiteturas e avaliar sua relação com outras métricas;
- Avaliação da necessidade de novos modelos;
- Avaliação de CoA;
- Avaliação Energética;





Referências

- GSMA Intelligence. Global Data. GSMA Intelligence, 2015. Disponível em: < <https://gsmaintelligence.com/>>. Acesso em: 25 out. 2015.
- Kang, J., Ju, H., Choi, M., Hong, J., Kim, J. OMA-DM based remote software fault management for mobile devices. International Journal of Network Management, 5 mai. 2009. 491-511.
- Open Mobile Alliance. About OMA. Open Mobile Alliance, 2015. Disponível em: < <http://openmobilealliance.org/about-oma/>>. Acesso em: 25 out. 2015.
- The Independent. There Are Officially more mobiles devices than people in the world. The Independent, 2014. Disponível em: < <http://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/there-are-officially-more-mobile-devices-than-people-in-the-world-9780518.html/>>. Acesso em: 25 out. 2015.
- OMA Device Management, Microsoft MSDN, <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb737369.aspx>, 2010.





Modelos de Disponibilidade para Infraestruturas de Computação em Nuvem que proveem sincronização de dados com Dispositivos Móveis

Aluno: Carlos Alexandre Silva de Melo

Orientador: Paulo Romero Martins Maciel



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

Wmodcs 2016.1, 28 de Março de 2016