

---

# ANÁLISE TOPOLÓGICA EM GRANDES DOMÍNIOS DE REDES

---

Lucas Galindo – GSORT – IFBA Campus Salvador – galindo926@hotmail.com

Romildo Martins da Silva Bezerra – GSORT – IFBA Campus Salvador. Email: romildo.martins@gmail.com

**RESUMO:** A questão tratada pelo projeto é como ofertar uma infraestrutura de rede que esteja adaptada ao atual perfil de tráfego, para que os serviços sejam utilizados com a qualidade esperada. Em especial, serão analisados casos em que o perfil de tráfego não é suportado pela infraestrutura ou que a mesma esteja sobrecarregada. Neste caso, a escolha de novos enlaces (*links*) é fundamental para a adequação do tráfego. Entretanto, onde os enlaces serão inseridos é o desafio tratado neste artigo. Estão sendo analisados a largura de banda dos enlaces e o comprimento médio dos caminhos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade de Serviço, Redes de Computadores, Análise de Redes

## 1. INTRODUÇÃO

A Internet pode ser representada como enorme topologia composta de inúmeros computadores e dispositivos interconectados por enlaces de comunicação (KIM, 2009). Estudos anteriores mostram que a topologia da Internet se expande com o passar do tempo, juntamente com a quantidade de seus usuários e serviços. Entretanto, tal crescimento ocorreu de forma descentralizada e não planejada, sem nenhuma relação com os serviços oferecidos e/ou com a quantidade de usuários.

Isso nos faz refletir se a infraestrutura da Internet é capaz de suportar o avanço contínuo de usuários e aplicações, conseguindo manter a sua qualidade de serviço (QoS), atendendo os requisitos esperados dos serviços oferecidos. Vale salientar que o sucesso da Internet se deve primordialmente à gama de serviços oferecidos e à facilidade com que estes são executados na grande rede mundial. Dentre os avanços dos últimos anos, pode-se destacar o compartilhamento de arquivos, áudio e vídeo (KaZaa, BitTorrent, Youtube), telefonia via Internet (Skype), sistemas de email com gigabytes de espaço (Gmail e Hotmail) e sistemas de relacionamento (Orkut e Facebook).

Esta característica é de fundamental importância em redes de computadores, uma vez que a complexidade e imprevisibilidade destes sistemas são altas (GRANVILLE, 2001; KIM, 2009; HUTCHISONI, 2005). Diversos trabalhos na literatura tratam a robustez em função da disposição topológica

e/ou adequação de tráfego (VAN MIEGHEM, 2005; BEYGELZIMER, 2004; NEWMAN, 2008; WETHERALL, 2002; HOCEINI, 2005; SYDNEY, 2008), comprovando a relevância deste tema.

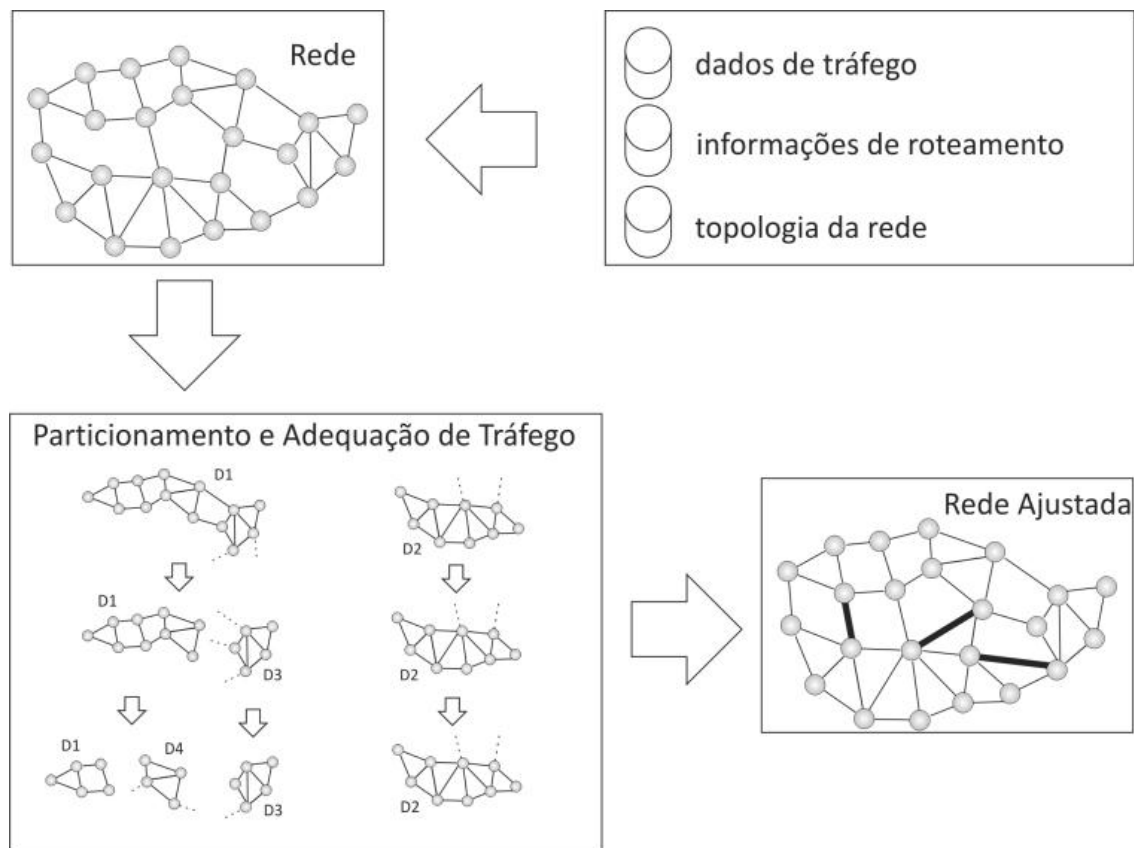
Para tentar alcançar a resiliência em grandes domínios, diversos trabalhos atuais da área (DEKKER, 2005; KIM, 2009; SYDNEY, 2008; SOUSA, 2012) apresentam estudos relativos à definição de métricas de resiliência, modelagem, caracterização e otimização do tráfego, adequação do tráfego em função da topologia, análise de topologias menos susceptíveis a falhas, dentre outros.

Neste artigo, será apresentada uma análise topológica baseada nos dados da rede visando à manutenibilidade da qualidade de serviço, em especial, o gerenciamento da largura de banda dos enlaces.

## 2. METODOLOGIA DA ANÁLISE

A análise topológica deve ser executada visando à minimização do seu tempo de execução. Para tal, foi adotada a estratégia de dividir para conquistar baseada na densidade da rede em questão (BEZERRA, 2009). Com a maximização da densidade, é possível aumentar a quantidade de caminhos possíveis entre vértices.

Uma visualização gráfica da análise está ilustrada na Figura 1.

**Figura 1. Infraestrutura desenvolvida**

A análise começa recebendo os dados da rede em formato de texto com tabelas. Em seguida, a rede original é construída dentro do simulador. A fase crítica é o particionamento (baseado em densidade) e a consequente verificação de adequação do tráfego nos domínios criados.

No exemplo da Figura 1, existem quatro domínios onde será verificado o fluxo máximo entre vértice e comparado ao total de perfil de tráfego pertencente a esta partição da rede. Com isso, é possível determinar onde serão inseridos os enlaces baseado na pior relação entre a capacidade da rede (fluxo máximo entre todos os pares de vértices da rede) e o tráfego alocado nela.

### 3. HOMOLOGAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

Para esse projeto, há duas classes de cenários de testes com dois objetivos distintos:

Testar o funcionamento da solução mediante um stress test com uma rede com

10.000 fluxos, 144 nós e 264 enlaces.

Testar se a solução impacta no comprimento médio dos caminhos.

Em ambos os casos, o algoritmo utilizado para busca de caminhos em todas as simulações é o algoritmo de Dijkstra por ser uma referência na literatura e para padronizar as simulações realizadas.

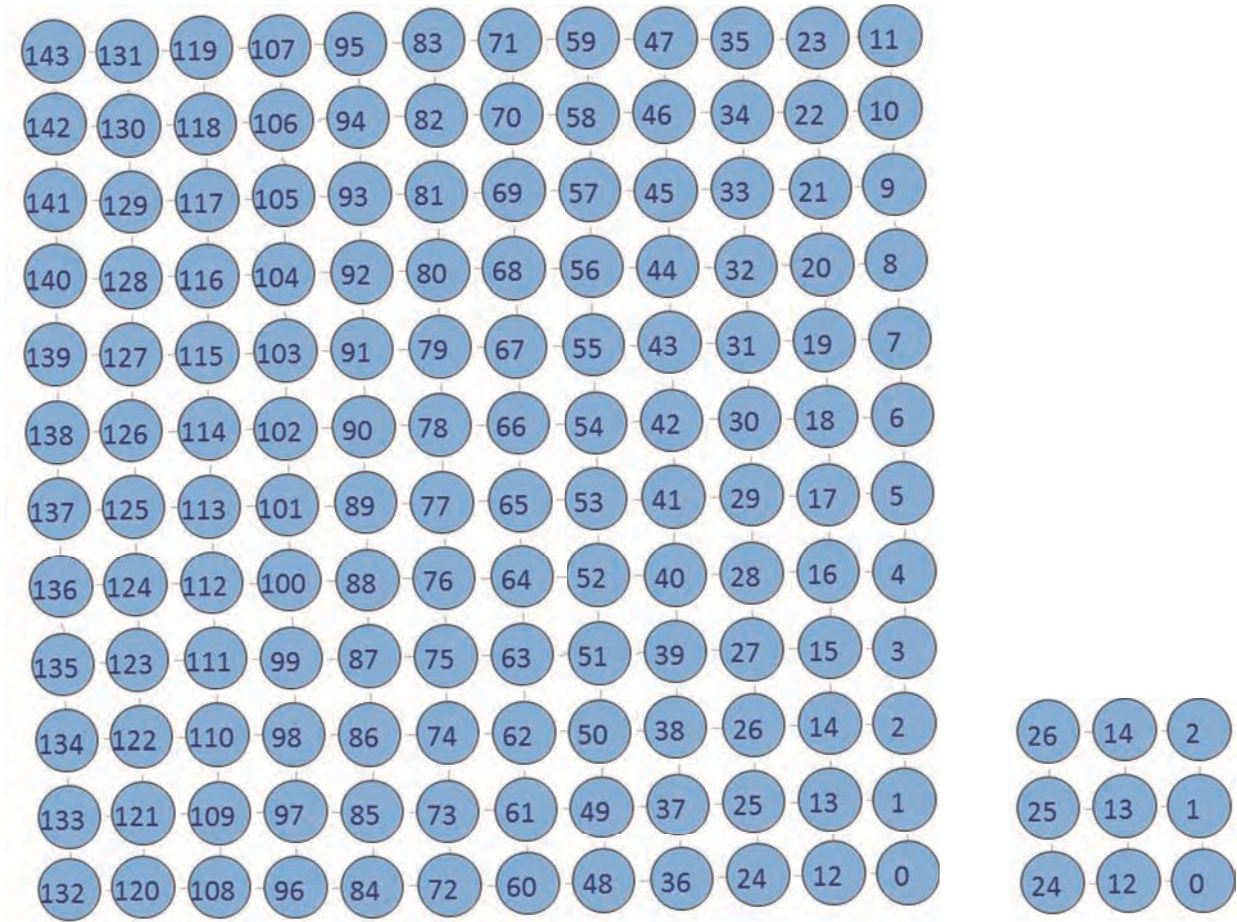
Para que a escolha das topologias simuladas não seja definida pelo administrador – podendo influenciar nos resultados – a rede gerada considera as seguintes premissas:

A rede gerada é conexa;

O grau mínimo de todos os nós (vértices) é maior ou igual a dois, para evitar o roteamento trivial;

A rede é um grafo simples, ou seja, são grafos não direcionados que não contêm loops e nos quais existe mais de uma aresta para cada par de diferentes vértices.

A rede é homogênea, permite particionamento com simetria entre partições. O objetivo é fazer análise comparativa entre partições.



Aplicamos a análise para reduzir a largura de banda da rede em 10% do valor atual. O objetivo é medir se, após tal análise, a meta foi alcançada. Para tal, seguimos os passos:

(a) Inserção da topologia no simulador construído. Todas as simulações utilizaram o compilador R com o pacote igraph;

ção de tráfego aleatória;

(c) Medição e cálculo do desvio padrão da largura de banda dos enlaces e comprimento médio dos caminhos;

(d) Estimativa da redução da largura de banda através de análise teórica (sem simulações);

(e) Confronto dos resultados teóricos e práticos da simulação.

nas Tabelas I, II, III e IV:

Utilização dos enlaces	Simulações										↓	Média	↓
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
mínimo	26176,00	25856,00	25280,00	24288,00	24704,00	25472,00	26560,00	22208,00	25952,00	25600,00	68137,77	25209,60	70894,73
média	69338,42	69365,33	71965,45	68337,82	71157,45	68913,45	69286,55	70657,33	67637,11	68503,59		69516,25	
máximo	99456,00	98688,00	99884,00	98976,00	99920,00	97888,00	98304,00	100608,00	98240,00	97376,00		98934,00	

**Tabela II. Resultados obtidos da alocação de 10.000 fluxos na rede após análise e inserção de novos enlaces. À direita, os valores estimados do intervalo de confiança para 95%. Valores em Mbps.**

Utilização dos enlaces	Simulações										Intervalo de Confiança (95%)		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	↓	Média	↓
mínimo	22400,00	18784,00	22464,00	21152,00	25792,00	25792,00	25376,00	21248,00	20608,00	20480,00	62220,08	22409,60	64737,60
média	61352,25	63242,27	65708,78	62487,88	65136,48	63113,55	63572,78	64853,97	62175,64	63144,84		63478,84	
máximo	94944,00	130528,00	137760,00	132992,00	133472,00	127424,00	130240,00	133888,00	128896,00	127904,00		127804,80	

**Tabela III. Análise dos resultados e suas observações.**

Análise dos Resultados			Observações
Utilização dos enlaces	mínimo	-11,11%	A redução média dos enlaces foi de 8,68% apresentando um erro de 1,32% do valor estimado.
	média	-8,68%	
	máximo	29,18%	
Aumento dos enlaces (De 264 para 268)		1,52%	Esta redução foi obtida com o acréscimo de apenas 1,52%

Observa-se que houve uma redução de largura de banda média de 8,68%, ou seja, um erro de 1,32%, considerando a meta de 10%. Tais resultados foram obtidos com a inserção de apenas 1,52% de novos enlaces (saindo de 264 para 268).

A nova simulação abaixo considera enlaces finitos, ou seja, eles têm uma largura de banda máxima, assim como em redes reais. Foram colocados 100 Mbps nos enlaces (links).

Observa-se que o erro encontrado nos resultados foi de 0,2%, considerando a meta de 10%. Além disso, foi visto que a solução também reduz o caminho mínimo (não houve meta estipulada para este caso).

O lado negativo, que precisa ser investigado, é que alguns enlaces ficaram sobrecarregados (100% de utilização). Certamente, os novos enlaces promoveram uma redução média em função de exercerem centralidade no grafo (rede) e, por consequência, promoverem o caminho mais curto.

**Tabela IV. Comparação entre os resultados antes e depois da inserção de novos enlaces em mais uma rodada de dez simulações, além da comparação do comprimento médio dos caminhos.**

Parâmetros		Original	Pós-Análise	Redução
Largura de Banda	mínimo	25600,00	24256,00	-5,25%
	médio	68894,79	62142,33	-9,80%
	máximo	97376,00	100000,00	2,69%
Comprimento médio dos caminhos		8,08	7,64	-5,55%

## 5. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste projeto, foi possível obter bons resultados em relação à manutenibilidade da QoS. Foi verificado que a análise topológica apresentou um baixo erro percentual. Um ponto positivo verificado como consequência da análise foi também a redução do comprimento médio dos caminhos. Alguns pontos merecem ser estudados, tais como metrologia do tráfego, inserção de falhas baseada em modelos e experimento com redes não homogêneas. Como resultado parcial, foi construída uma coleção de algoritmos que poderá ser utilizada em projetos futuros de redes de computadores como autoadaptação da rede em casos de falhas ou desastres.

Nota-se que o projeto necessita de uma densa fase de pesquisa, diversas atividades experimentais de simulação, estudos de metrologia em redes de computadores (ZIVIANI, 2005) e requisitos relativos à otimização computacional. Este artigo está alinhado com o documento Grandes Desafios da Computação (2006-2016), da Sociedade Brasileira de Computação, incluído no quinto desafio (SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 2006).

## 6. REFERÊNCIAS

- BEYGELZIMER, A., GRINSTEIN, G., AND RISH, I. 2004. **Improving Network Robustness**. In Proceedings of the First international Conference on Autonomic Computing (May 17 - 18, 2004). International Conference on Autonomic Computing. IEEE Computer Society, Washington, DC, 322-323.
- BEZERRA, R. M. S. ; MARTINS, J. S. B. **Network Partitioning and Self-sizing Methods for QoS Management with Autonomic Characteristics**. In: Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), 2009, Jeju-Korea. Lecture Notes in Computer Science (LNCS): Proceeding of the: 12th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2009), 2009. v. 5787. p. 151-160.
- DEKKER, A.H. **Simulating Network Robustness for Critical Infrastructure Networks**. Proceedings of 28th Australasian Computer Science Conference, Newcastle, Australia, January 2005. Conferences in Research and Practice in Information Technology, Vol 38.
- GRANVILLE, L. **Gerenciamento Intergrado de Redes de Computadores**. Tese de Doutorado. 2001. UFRGS.
- HOCEINI, S., MELLOUK, A. AMIRAT, Y. **Improving Scalability and Robustness of NQOSP Algorithm in Dynamic Traffic's Network**. Autonomic and Autonomous Systems and International Conference on Networking and Services, Joint International Conference on, p. 8, Joint International Conference on Autonomic and Autonomous Systems and International Conference on Networking and Services - (icas-icns'05), 2005.
- JAMES P.G. STERBENZ, DAVID HUTCHISON, EGEMEN K. CETINKAYA, ABDUL JABBAR, JUSTIN P. ROHRER, MARCUS SCHOLLER, PAUL SMITH, **Resilience and survivability in communication networks: Strategies, principles, and survey of disciplines, Computer Networks**, In Press, Uncorrected Proof, Available online 17 March 2010, ISSN 1389-1286.
- KIM, S., LEE, H., AND LEE, W. Y. 2006. **Improving Resiliency of Network Topology with Enhanced Evolving Strategies**. In Proceedings of the Sixth IEEE international Conference on Computer and information Technology (September 20 - 22, 2006). CIT. IEEE Computer Society, Washington, DC, 149.
- NEWMAN M E J AND GHOSHAL G, **Bicomponents and the robustness of networks to failure**, 2008 Phys. Rev. Lett. 100 138701
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. **Grandes Desafios para a Computação no Brasil 2006-2016**. Relatório Técnico. 2006, Belo Horizonte, MG, BRASIL.
- SOUSA, L. G.; GALVAO, Y. ; BEZERRA, R. M. S. . **Proposta de uma Metodologia para Determinação da Robustez para Redes de Computadores**. In: Escola Regional de Computação Bahia-Alagoas-Sergipe (ERBASE2012), 2012, Juazeiro - Bahia. Escola Regional de Computação Bahia Alagoas Sergipe (ERBASE2012).

SYDNEY, A., SCOGLIO, C., SCHUMM, P., KO-OIJ, R. **Elasticity: topological characterization of robustness in complex networks**, Proceedings of the 3rd International Conference on Bio-Inspired Models of Network, Information and Computing Systems, November 25-28, 2008, Hyogo, Japan.

VAN MIEGHEM, P. Robustness of large networks. **Systems, Man and Cybernetics**, 2005 IEEE International Conference on , vol.3, no., pp. 2372- 2377 Vol. 3, 10-12 Oct. 2005 doi: 10.1109/ICSMC.2005.1571503

WETHERALL, D., ANDERSON, T. **Design Principles for a Robust Network Infrastructure**. White Paper. Department of Computer Science and Engineering – University of Washington. EUA. 2002.

ZIVIANI, A.; DUARTE, O. C. M. B. . **Metrologia na Internet**. In: Francisco Vilar Brasileiro. (Org.). Minicursos do XXIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores - SBRC'2005. : Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2005, v. , p. 285-329.