

## 1. Introdução

- Virtualização consiste no compartilhamento de recursos físicos entre redes virtuais, permitindo mais flexibilidade nos protocolos da Internet e uma melhor utilização dos recursos disponíveis. O problema de virtualização de redes consiste em alocar uma ou mais redes virtuais sobre uma rede física. Este problema já foi resolvido heurísticamente, através de metaheurísticas e métodos de arredondamento, e exatamente através do CPLEX. Este trabalho apresenta um novo algoritmo exato para o problema de mapeamento de redes virtuais baseado no método de Branch & Bound.

## 3. Branch & Bound

- Algoritmo base:** consiste em percorrer todas as possíveis soluções de mapeamento e selecionar a que tiver menor custo.
- Inclusão de cortes no algoritmo base:** gera uma redução do espaço de busca e, conseqüentemente, o tempo necessário para encontrar a solução ótima. Foram propostos 8 cortes que analisam o custo mínimo associado ao mapeamento atual e o comparam com a melhor solução já encontrada.

Tabela 1: Tempo de execução (seg) - rede virtual com 6 nodos

Tipo	Nº Nodos	Tempo BB	Tempo CPLEX
denso	20	0.08	0.50
denso	40	1.31	10.37
denso	60	30.71	103.07
denso	80	48.35	951.92
esparso	20	0.02	0.67
esparso	40	0.24	2.41
esparso	60	1.75	7.49
esparso	80	5.17	127.76
esparso	120	48.03	1249.90
esparso	150	144.36	> 3600
esparso	180	682.66	> 3600
esparso	210	828.24	> 3600

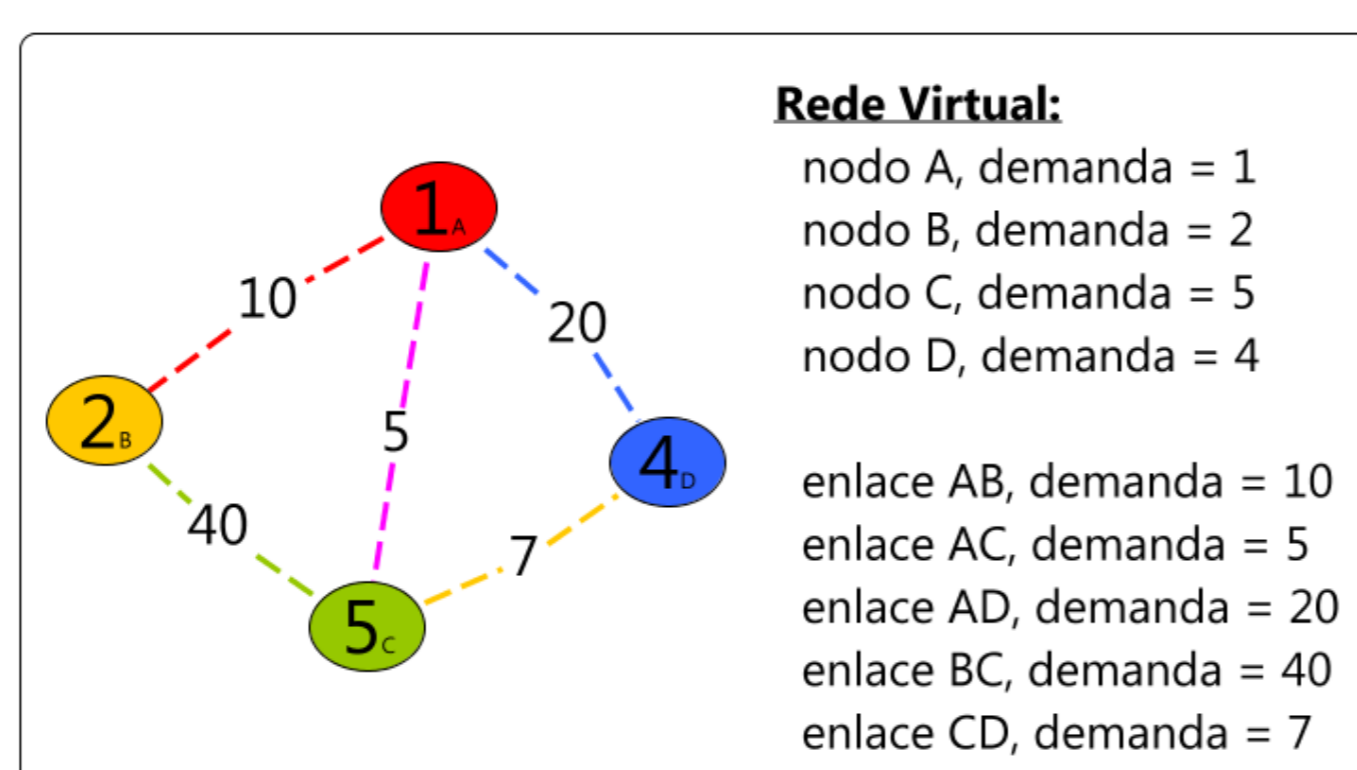


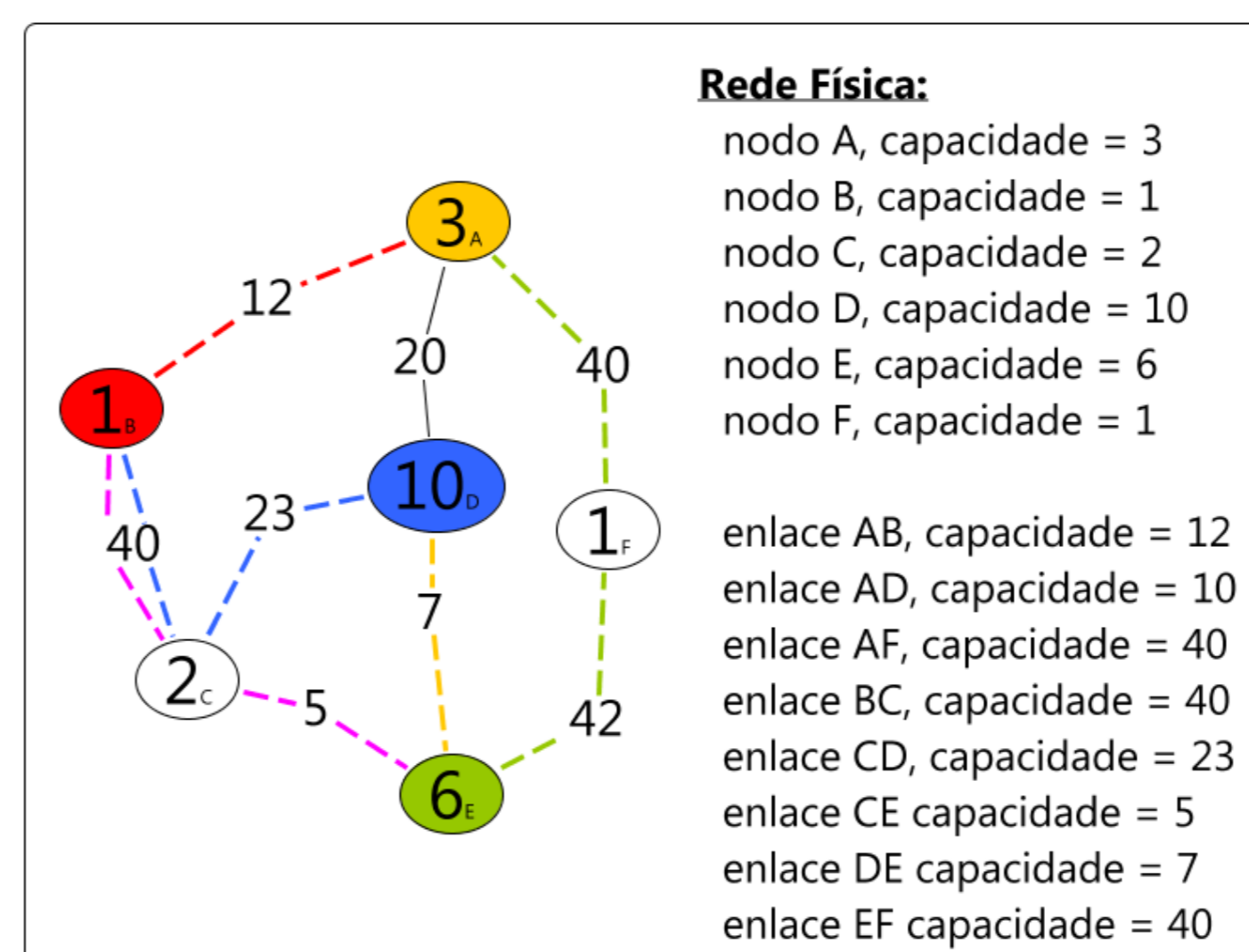
Figura 1: Exemplo de um mapeamento virtual

## 2. Mapeamento de Redes Virtuais

- Objetivo:** mapear uma rede virtual numa rede física utilizando os recursos da melhor maneira possível.
- Uma rede virtual é composta por um conjunto de nodos e arestas que possuem uma demanda de, respectivamente, CPU e banda.
- Uma rede física é composta de nodos e arestas que possuem uma capacidade disponível de CPU e banda, respectivamente.
- Restrições do problema:**
  - Um nodo físico só pode hospedar um nodo virtual por vez e sua capacidade deve ser maior ou igual à demanda do nodo virtual.
  - Um enlace físico pode comportar um número arbitrário de enlaces virtuais, desde que a soma das demandas destes não extrapole a sua capacidade.
  - Um enlace virtual pode ser mapeado em mais de um enlace físico, desde que constitua um caminho único e que as capacidades ainda livres de cada um dos enlaces físicos envolvidos sejam suficientes para a demanda do enlace virtual.
- Custo de um mapeamento:** total de banda física utilizada (somatório do produto das demandas dos enlaces virtuais com o número de enlaces físicos usados para mapeá-lo).
- A figura 1 contém um exemplo de um possível mapeamento da rede virtual (que está à esquerda) para a rede física disponível à direita. Onde cada nodo é representado por um peso e um identificador (A,B,etc) e o mapeamento correspondente na rede física é dado pela relação de cores entre os nodos e os enlaces.

## 4. Resultados

- O algoritmo proposto foi comparado com o CPLEX, sendo mais efetivo para a solução do problema.
- Na tabela 1 são mostrados alguns dos tempos (em segundos) de execução de cada um dos algoritmos, o Branch & Bound (BB) e o CPLEX para a resolução de um problema que continha 6 nodos virtuais envolvidos. Cada linha desta tabela compara os tempos para o mapeamento desta rede virtual para cada dupla (tipo, número de nodos) de diferentes redes físicas.
- Tipos de redes físicas da tabela 1:**
  - Denso:** caracteriza-se por ter um maior número de enlaces, ou seja, maior a probabilidade de dois nodos quaisquer estarem conectados.
  - Esparso:** é o inverso do denso, possuindo um número menor de enlaces.



## REFERÊNCIAS

- Alkmim, G. P., Batista, D. M., and da Fonseca, N. L. S. (2011). Optimal Mapping of Virtual Networks. In Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2011), 2011 IEEE, pages 1–6.
- Bays, L. R., Oliveira, R. R., Buriol, L. S., Barcellos, M. P., and Gaspary, L. P. (2012). Security-aware optimal resource allocation for virtual network embedding. In Network and service management (cnsm), 2012 8th international conference and 2012 workshop on systems virtualization management (svm), pages 378–384.
- Chowdhury, N. M. M. K. and Boutaba, R. (2010). A survey of network virtualization. Computer Networks, 54(5):862–876.
- Fajjari, I., Saadi, N. A., Pujolle, G., and Zimmermann, H. (2011). VNE-AC: Virtual Network Embedding Algorithm Based on Ant Colony Metaheuristic. 2011 IEEE International Conference on Communications ICC, pages 1–6.
- Feamster, N., Gao, L., and Rexford, J. (2007). How to lease the internet in your spare time. SIGCOMM Comput. Commun. Rev., 37(1):61–64.
- Fischer, A., Botero, J. F., Till Beck, M., de Meer, H., and Hesselbach, X. (2013). Virtual Network Embedding: A Survey. Communications Surveys Tutorials, IEEE, 15(4):1888–1906.
- Inführ, J. and Raidl, G. (2011). Introducing the Virtual Network Mapping Problem with Delay, Routing and Location Constraints. In Pahl, J., Reiners, T., and Voß, S., editors, Network Optimization, volume 6701 of Lecture Notes in Computer Science, pages 105–117. Springer Berlin Heidelberg.
- Lischka, J. and Karl, H. (2009). A virtual network mapping algorithm based on subgraph isomorphism detection. In Proceedings of the 1st ACM workshop on Virtualized infrastructure systems and architectures, VISA '09, pages 81–88, New York, NY, USA. ACM.
- Liu, W., Xiang, Y., Ma, S., and Tang, X. (2011). Completing virtual network embedding all in one mathematical programming. In Electronics, Communications and Control (ICECC), 2011 International Conference on, pages 183–185.
- Pages, A., Perelló, J., Spadaro, S., and Junyent, G. (2012). Strategies for Virtual Optical Network Allocation. Communications Letters, IEEE, 16(2):268–271.
- Zegura, E., Calvert, K., and Bhattacharjee, S. (1996). How to model an internetwork. In INFOCOM '96. Fifteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer Societies. Networking the Next Generation. Proceedings IEEE, volume 2, pages 594–602 vol.2.