

Jogos cooperativos na gestão da cadeia de suprimentos

João B. G. Brito, *Esp.*
jbgb@uol.com.br

Michel J. Anzanello, *Phd*
michel.anzanello@gmail.com

14 de abril de 2016

Resumo

No ambiente de uma cadeia de suprimentos (CS) as decisões de cada organização tendem a refletir nos seus elos. A análise destas interações é importante para avaliar a colaboração entre seus membros, sugerir acordos e buscar o equilíbrio mais rentável. Para explorar problemas desta espécie propomos o emprego da teoria dos jogos cooperativos (TJC) com um algoritmo que maximiza a satisfação dos insatisfeitos (*nucleolus*) e outro que pondera a participação nos custos de cada parceiro (*Shapley value*). Para execução, iniciamos com a apreciação dos conceitos da TJC relacionando com a GCS, para então explorar o raciocínio de cada lógica e discutir a comparação deles. Como resultados, encontramos (**adicionar os resultados**). Concluimos que o *nucleolus* e *Shapley value* tem potencial de instrumentar apoio na definição de diretrizes da GCS pois seu emprego oferece recursos para racionalizar o potencial dos relacionamentos, estratégias conflitantes e colaborativas.

Palavras-chave: Teoria dos jogos cooperativos. Gestão da cadeia de suprimentos. Nucleolus. Shapley value.

Introdução

Seguem referências para adicionar:

- Social choice and individual values ([FIGUEIREDO, 1994](#))
- Geometric Properties of the Kernel, Nucleolus, and Related Solution Concepts ([MASCHLER et al., 1979](#))
- Theory of games and economic behavior ([NEUMANN; MORGENSTERN, 1947](#))
- Aplicação de Teoria de Jogos à Alocação de Capacidade Firme em um Sistema Térmico ([AYALA, 2008](#))
- Game Theory in Supply Chain Analysis ([CACHON; NETESSINE, 2004](#))

- Aircraft Landing Fees: A Game Theory Approach ([LITTLECHILD; THOMPSON, 1977](#))
- Teoria dos Jogos Cooperativos: Conceitos Fundamentais ([MOREIRA, 2002](#))
- Teoria Dos Jogos ([FIANI, 2006](#))
- Supply Chain Games: Operations Management and Risk Valuation ([KOGAN; TAPIERO, 2007](#))
- Value Solutions in Cooperative Games ([MCCAIN, 2013](#))
- The Shapley value: essays in honor of Lloyd S. Shapley ([ROTH, 1988](#))
- Social choice and individual values ([ARROW, 2012](#))
- Lloyd Shapley's Matching and Game Theory ([SERRANO, 2013](#))
- Cooperation: Game-Theoretic Approaches ([HART; MAS-COLELL, 2012](#))
- Cooperative Games, Solutions and Applications ([DRIESSEN, 2013](#))
- Collective Rationality: Equilibrium in Cooperative Games ([WEIRICH, 2009](#))
- Introduction to the Theory of Cooperative Games ([PELEG; SUDHÖLTER, 2007](#))
- Cooperative Game Theory and Applications: Cooperative Games Arising from Combinatorial Optimization Problems ([CURIEL, 1997](#))
- Bayesian learning in negotiation ([ZENG; SYCARA, 1998](#))
- Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements ([CHEN; PAULRAJ, 2004](#))
- Quantitative Methods in Supply Chain Management: Models and Algorithms ([CHRISTOU, 2012](#))
- Cooperation in an HMMS-type supply chain: A management application of cooperative game theory= Kooperáció egy HMMS-típusú ellátási láncban: A kooperatív játékelmélet egy menedzsment alkalmazása ([DOBOS; PINTÉR, 2010a](#))
- On axiomatizations of the Shapley value for assignment games ([BRINK; PINTÉR, 2015](#))
- Linearity of unrestrictedly transferable utilities ([AUMANN, 1960](#))
- Game theoretic analysis of a bankruptcy problem from the Talmud ([AUMANN; MASCHLER, 1985](#))
- A Way to Play Claims Problems ([GIMÉNEZ-GÓMEZ, 2014](#))
- Common mistakes in computing the nucleolus ([GUAJARDO; JÖRNSTEN, 2015](#))
- O Dilema do Prisioneiro desde Hegel até Lacan: Tomo 1 ([FAVERET, 2015](#))
- Cooperação e Conflito ([FIANI, 2011](#))
- Teoria dos Jogos([FIANI, 2015](#))

- A Teoria dos Jogos Aplicada ao Processo Penal (ROSA, 2014)
- Teoria dos Jogos (BIERMAN; FERNANDEZ, 2010)
- Teoria dos Jogos (TAVARES, 2009)
- Prática na Teoria. Aplicações da Teoria dos Jogos e da Evolução aos Negócios (MARINHO, 2011)
- Teoria dos Jogos: Crenas, Desejos e Escolhas (BERNI; FERNANDEZ, 2014)
- Game Theory || Cooperative Games with Transferable Utility (PETERS, 2008)

1 Teoria dos jogos cooperativos na cadeia de suprimentos

A chave da cooperação entre empresas está em conseguir a unidade de motivação pelo alinhamento de incentivos (CAO; ZHANG, 2012). Uma cadeia de suprimentos é beneficiada pela colaboração entre seus membros, que pode ocorrer pelo compartilhamento de informações, conhecimentos, custos, riscos e recompensas. Mesmo que as organizações constituam unidades autônomas, temos uma sequência ou rede de relações interdependentes que pode promover alianças estratégicas (CHEN; PAULRAJ, 2004). Em geral, a cooperação vem ganhando cada vez mais importância, principalmente em redes de alta complexidade (DRECHSEL, 2010) onde as decisões de cada um dos membros (agentes) afeta as decisões dos demais e o acordo entre os agentes é a base da cooperação (YOUNG, 1994).

Estudos sobre a aplicação da teoria dos jogos cooperativos no gerenciamento da cadeia de suprimentos abordam como principal questão o gerenciamento harmonioso das decisões entre os elos da cadeia (DOBOS; PINTÉR, 2010b). O pressuposto está na existência de uma estrutura comum entre os agentes de uma cadeia e que o ganho ou custo seja compartilhado seguindo critérios de distribuição (axiomas) (BEZERRA et al., 2009).

1.1 Cálculo de um jogo cooperativo

Alguns conceitos são necessários para desenvolvimento da teoria dos jogos cooperativos.

$$\{x \in \mathbb{R}^n \mid f(x, S) \leq c(S), \forall S \subseteq N\} \quad (1)$$

2 Shapley value

Shapley axiomas para $\varphi(v)$

1. Eficiência: $\sum_{i \in N} \varphi_i(v) = v(N)$. Toda a alocação
2. Simetria: Se i e j são tal que $v(S \cup \{i\}) = v(S \cup \{j\})$ para cada coalisão S não contenha i e j , então $\varphi_i(v) = \varphi_j(v)$
- 3.

DRAFT VERSION

Sendo $\forall S \neq \emptyset$ e $S \subset N$

$$\varphi_i = \sum_{S \subset N} \frac{(|s| - 1)!(n - |s|)!}{n!} [v(S) - v(S - i)] \quad (2)$$

Consideramos

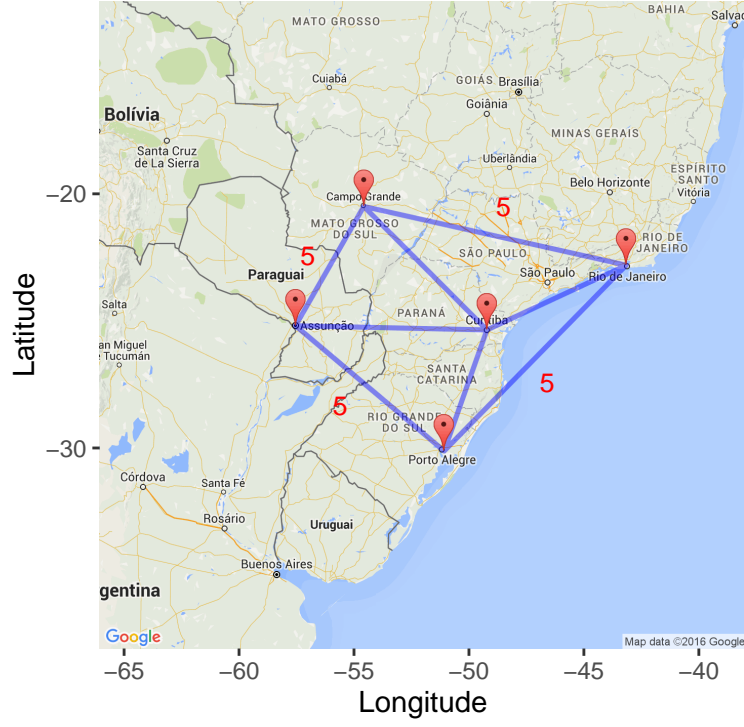


Figura 1 – Itinerários

Tabela 1 – Tabela de combinações de agentes e custo

S	\emptyset	$\{1\}$	$\{2\}$	$\{3\}$	$\{1, 2\}$	$\{1, 3\}$	$\{2, 3\}$	$\{1, 2, 3\}$	N
$v(S)$	0	5	8	5	10	10	10	14	14

Para $i = 1$.

$$x_{[1]} = \frac{0!2!}{3!}(c(\{1\}) - c(\emptyset)) + \frac{1!1!}{3!}(c(\{1, 2\}) - c(\{2\})) + \frac{1!1!}{3!}(c(\{1, 3\}) - c(\{3\})) + \frac{2!0!}{3!}(c(\{1, 2, 3\}) - c(\{2, 3\})) \quad (3a)$$

\therefore

$$x_{[1]} = \frac{2}{6}(c(\{5 - 0\})) + \frac{1}{6}(c(\{10 - 8\})) + \frac{1}{6}(c(\{10 - 5\})) + \frac{2}{6}(c(\{14 - 10\})) \quad (3b)$$

\therefore

$$x_{[1]} = \frac{25}{6} \cong 4,1667 \quad (3c)$$

DRAFT VERSION

Para $i = 2$.

$$x_{[2]} = \frac{0!2!}{3!}(c(\{2\}) - c(\emptyset)) + \frac{1!1!}{3!}(c(\{1, 2\}) - c(\{1\}) + \frac{1!1!}{3!}(c(\{2, 3\}) - c(\{3\}) + \frac{2!0!}{3!}(c(\{1, 2, 3\}) - c(\{1, 3\})) \quad (4a)$$

\therefore

$$x_{[2]} = \frac{2}{6}(c(\{8 - 0\}) + \frac{1}{6}(c(\{10 - 5\}) + \frac{1}{6}(c(\{10 - 5\}) + \frac{2}{6}(c(\{14 - 10\})) \quad (4b)$$

\therefore

$$x_{[2]} = \frac{34}{6} \cong 5,6667 \quad (4c)$$

Para $i = 3$.

$$x_{[3]} = \frac{0!2!}{3!}(c(\{3\}) - c(\emptyset)) + \frac{1!1!}{3!}(c(\{1, 3\}) - c(\{1\}) + \frac{1!1!}{3!}(c(\{2, 3\}) - c(\{2\}) + \frac{2!0!}{3!}(c(\{1, 2, 3\}) - c(\{1, 2\})) \quad (5a)$$

\therefore

$$x_{[3]} = \frac{2}{6}(c(\{5 - 0\}) + \frac{1}{6}(c(\{10 - 5\}) + \frac{1}{6}(c(\{10 - 8\}) + \frac{2}{6}(c(\{14 - 10\})) \quad (5b)$$

\therefore

$$x_{[3]} = \frac{25}{6} \cong 4,1667 \quad (5c)$$

A solução para o vetor x é:

$$x = \left(\frac{25}{6}; \frac{34}{6}; \frac{25}{6} \right) \quad (6)$$

\therefore

$$x \cong (4,1667; 5,6667; 4,1667) \quad (7)$$

Onde:

$$x = \left(\frac{25}{6} + \frac{34}{6} + \frac{25}{6} \right) \quad (8)$$

\therefore

$$\sum_{i=1}^3 x_i = 14 = c(N) \quad (9)$$

```
# Define os custos de coalisoas
coalisoasAgentes <- c(5, 8, 5, 10, 10, 10, 14)

# Nomes dos agentes/jogadores
nomesAgentes <- c("[1] Sapiranga","[2] Porto Alegre","[3] Campo Bom")
```

```
# Define jogo com tres jogadores/agentes
definicaoJogo <- DefineGame(3, coalisoosAgentes)

# Demonstra as coalisoos e respectivos custos
summary(definicaoJogo)

# Calcula o Shapley Value
shapleyValue <- ShapleyValue(x = definicaoJogo, Names = nomesAgentes)

# Guarda o resultado
valorShapley <- summary(shapleyValue)
```

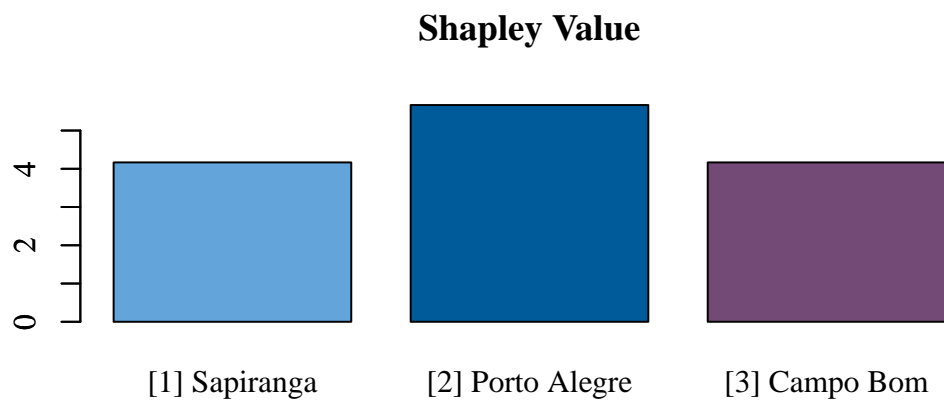


Figura 2 – Cálculo do valor de Shapley

2.1 Conceito

teste

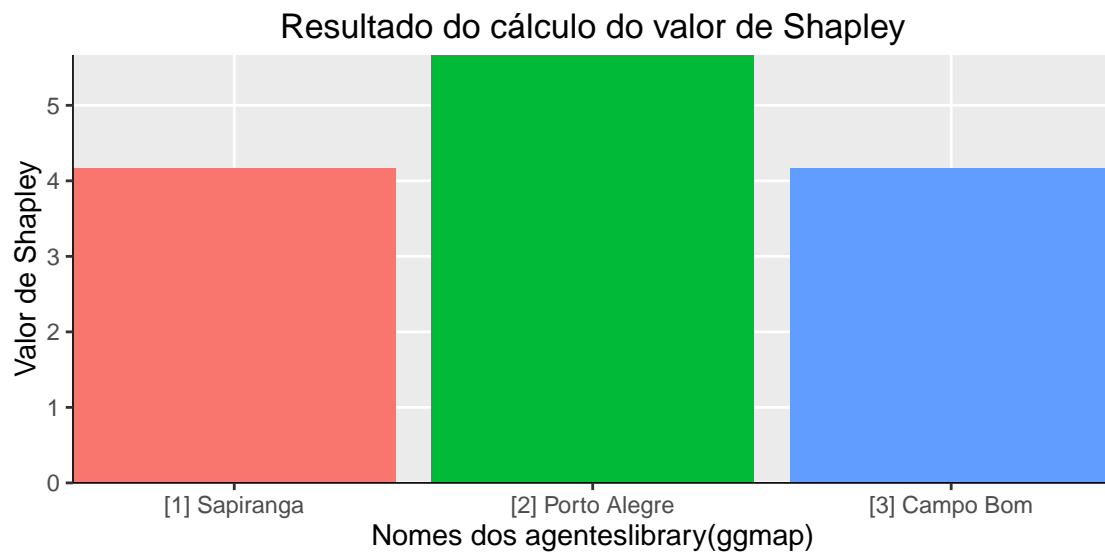


Figura 3 – Cálculo do valor de Shapley

2.2 Aplicação

2.3 Resultados

3 *Nucleolus*

3.1 Conceito

3.2 Aplicação

3.3 Resultados

4 Análise comparativa

Conclusão

Referências

ARROW, K. J. *Social choice and individual values*. [S.l.]: Yale university press, 2012. v. 12.

AUMANN, R. J. Linearity of unrestrictedly transferable utilities. *Naval Research Logistics (NRL)*, John Wiley and Sons, v. 7, 1960.

AUMANN, R. J.; MASCHLER, M. Game theoretic analysis of a bankruptcy problem from the talmud. *Journal of Economic Theory*, Elsevier Science, v. 36, 1985.

AYALA, G. A. A. *Aplicação de Teoria de Jogos à Alocação de Capacidade Firme em um Sistema Térmico*. Dissertação (Mestrado) — Pontífice Universidade Católica do Rio de

Janeiro - PUC-Rio, 04 2008. Disponível em: <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/12366/12366_1.PDF>.

BERNI, D. de A.; FERNANDEZ, B. P. M. *Teoria dos Jogos: Crenas, Desejos e Escolhas*. 1. ed. São Paulo, Brasil: Saraiva, 2014. ISBN 9788502220553.

BEZERRA, F. A.; GRANDE, J. F.; SILVA, A. J. da. Análise e caracterização de modelos de custos que utilizam o valor de shapley para alocação de custos entre departamentos. *Gestão & Produção*, SciELO - Scientific Electronic Library Online, São Paulo, Brasil, v. 16, p. 74–84, 03 2009. ISSN 0104-530X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2009000100008&nrm=iso>.

BIERMAN, H. S.; FERNANDEZ, L. *Teoria dos Jogos*. 2. ed. São Paulo, Brasil: Pearson, 2010. ISBN 9788576056966.

BRINK, R. van den; PINTÉR, M. On axiomatizations of the shapley value for assignment games. *Journal of Mathematical Economics*, v. 60, p. 110–114, 10 2015. ISSN 0304-4068.

CACHON, G. P.; NETESSINE, S. Handbook of quantitative supply chain analysis: Modeling in the e-business era. In: _____. Boston, MA: Springer US, 2004. cap. Game Theory in Supply Chain Analysis, p. 13–65. ISBN 978-1-4020-7953-5. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-7953-5_2>.

CAO, M.; ZHANG, Q. *Supply Chain Collaboration: Roles of Interorganizational Systems, Trust, and Collaborative Culture*. [S.l.]: Springer London, 2012. ISBN 9781447145905.

CHEN, I. J.; PAULRAJ, A. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements. *Journal of Operations Management*, Elsevier Science, v. 22, 2004.

CHRISTOU, I. T. *Quantitative Methods in Supply Chain Management: Models and Algorithms*. New York, USA: Springer London Dordrecht Heidelberg, 2012. ISBN 9780857297662.

CURIEL, I. *Cooperative Game Theory and Applications: Cooperative Games Arising from Combinatorial Optimization Problems*. [S.l.]: Springer Science+Business Media Dordrecht, 1997. v. 16. ISBN 9781475748710.

DOBOS, I.; PINTÉR, M. Cooperation in an hmms-type supply chain: A management application of cooperative game theory= kooperáció egy hmms-típusú ellátási láncban: A kooperatív játékelmélet egy menedzsment alkalmazása. *Vállalatgazdaságtan Intézet*, 2010.

DOBOS, I.; PINTÉR, M. Cooperation in supply chains: A cooperative game theoretic analysis. Budapest, Hungary, 09 2010. ISSN 1786–3031.

DRECHSEL, J. *Cooperative Lot Sizing Games in Supply Chains*. Springer Berlin Heidelberg, 2010. ISBN 9783642137259. Disponível em: <<http://www.springer.com/us/book/9783642137242>>.

DRIESSEN, T. S. H. *Cooperative Games, Solutions and Applications*. [S.l.]: Springer Netherlands, 2013. ISBN 9789401577878.

FAVERET, D. M. *O Dilema do Prisioneiro desde Hegel até Lacan: Tomo 1*. 1. ed. São Paulo, Brasil: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015. 94 p. ISBN 9781519451712.

FIANI, R. *Teoria Dos Jogos*. São Paulo, Brasil: Elsevier Brasil, 2006. ISBN 9788535220735.

FIANI, R. *Cooperação e Conflito*. 1. ed. São Paulo, Brasil: CAMPUS - GRUPO ELSEVIER, 2011. 256 p. ISBN 9788535214338.

FIANI, R. *Teoria dos Jogos*. 1. ed. São Paulo, Brasil: CAMPUS - GRUPO ELSEVIER, 2015. 376 p. ISBN 9788535276657.

FIGUEIREDO, R. S. Teoria dos jogos: conceitos, formalização matemática e aplicação à distribuição de custo conjunto. *Gestão & Produção*, SciELO - Scientific Electronic Library Online, São Paulo, Brasil, v. 1, p. 273–289, 12 1994. ISSN 0104-530X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X1994000300005&nrm=iso.

GIMÉNEZ-GÓMEZ, J.-M. A way to play claims problems. *Group Decision and Negotiation*, Springer, v. 23, 05 2014.

GUAJARDO, M.; JÖRNSTEN, K. Common mistakes in computing the nucleolus. *European Journal of Operational Research*, Elsevier Science, v. 241, 03 2015.

HART, S.; MAS-COLELL, A. *Cooperation: Game-Theoretic Approaches*. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2012. ISBN 9783642604546.

KOGAN, K.; TAPIERO, C. S. *Supply Chain Games: Operations Management and Risk Valuation*. Springer US, 2007. ISBN 9780387727769. Disponível em: <http://www.springer.com/us/book/9780387727752>.

LITTLECHILD, S. C.; THOMPSON, G. F. Aircraft landing fees: A game theory approach. *The Bell Journal of Economics*, The RAND Corporation, v. 8, 1977.

MARINHO, R. *Prática na Teoria. Aplicações da Teoria dos Jogos e da Evolução aos Negócios*. Administracao. São Paulo, Brasil: Saraiva, 2011. ISBN 9788502116825.

MASCHLER, M.; PELEG, B.; SHAPLEY, L. Geometric properties of the kernel, nucleolus, and related solution concepts. *Mathematics of Operations Research*, INFORMS, v. 4, 11 1979.

MCCAIN, R. A. *Value Solutions in Cooperative Games*. [S.l.]: World Scientific Publishing Company, 2013. ISBN 9789814417402.

MOREIRA, R. C. Teoria dos jogos cooperativos: Conceitos fundamentais. In: *Simpósio brasileiro de pesquisa operacional - SBPO*. Instituto Militar de Engenharia - IME, 2002. Mini-Curso B. Disponível em: <http://ws2.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2002/minic/minic00.htm>.

NEUMANN, J. von; MORGENSTERN, O. *Theory of Games and Economic Behavior*. [S.l.]: Princeton University Press, 1947.

PELEG, B.; SUDHÖLTER, P. *Introduction to the Theory of Cooperative Games*. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2007. ISBN 9783540729457.

PETERS, H. Game theory || cooperative games with transferable utilities. In: _____. [S.l.: s.n.], 2008. v. 10.1007/978-3-540-69291-1, cap. 10. ISBN 978-3-540-69290-4, 978-3-540-69291-1.

DRAFT VERSION

ROSA, A. M. da. *A Teoria dos Jogos Aplicada ao Processo Penal*. 1. ed. [S.l.]: Letras e Conceitos Ltda, 2014. 152 p. ISBN 9789898305824.

ROTH, A. E. *The Shapley value: essays in honor of Lloyd S. Shapley*. New York, USA: Cambridge University Press, 1988. ISBN 9780521361774.

SERRANO, R. Lloyd shapley's matching and game theory. *The Scandinavian Journal of Economics*, Wiley Online Library, v. 115, n. 3, p. 599–618, 2013.

TAVARES, J. M. *Teoria dos Jogos*. 1. ed. São Paulo, Brasil: LTC - GRUPO GEN, 2009. ISBN 9788521616498.

WEIRICH, P. *Collective Rationality: Equilibrium in Cooperative Games*. [S.l.]: Oxford University Press, 2009. ISBN 9780199741458.

YOUNG, H. P. Cost allocation. In: _____. *Handbook of Game Theory with Economic Applications*. Amsterdam, Holanda: Elsevier North Holland, 1994. v. 2, cap. Equitable core solutions. ISBN 9780444894274.

ZENG, D.; SYCARA, K. Bayesian learning in negotiation. *International Journal of Human-Computer Studies*, Elsevier Science, v. 48, n. 1, p. 125–141, 1998.