

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

20 de abril de 2016

Resumo

No ambiente de uma gestão cadeia de suprimentos (GCS) 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**). Concluímos 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: Agentes da cadeia de suprimentos. Otimização. Teoria dos Jogos. Shapley value. Nucleolus.

Introdução

...criar seção...

- Theory of games and economic behavior ([NEUMANN; MORGENSTERN, 1947](#))
- Social choice and individual values ([FIGUEIREDO, 1994](#))
- Teoria dos Jogos Cooperativos: Conceitos Fundamentais ([MOREIRA, 2002](#))
- Teoria Dos Jogos ([FIANI, 2006](#))
- Bayesian learning in negotiation ([ZENG; SYCARA, 1998](#))
- Teoria dos Jogos ([TAVARES, 2009](#))
- Teoria dos Jogos ([BIERMAN; FERNANDEZ, 2010](#))
- Cooperação e Conflito ([FIANI, 2011](#))

- Teoria dos Jogos: Crenas, Desejos e Escolhas ([BERNI; FERNANDEZ, 2014](#))
- A Way to Play Claims Problems ([GIMÉNEZ-GÓMEZ, 2014](#))
- Teoria dos Jogos ([FIANI, 2015](#))
- Entrevista ([Jornal Globo,](#))

1 Teoria dos jogos cooperativos

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 nas decisões dos demais e o acordo entre os agentes é a base da cooperação ([YOUNG, 1994](#)).

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

...seguem referências para seção...

- Linearity of unrestrictedly transferable utilities ([AUMANN, 1960](#))
- Introduction to the Theory of Cooperative Games ([PELEG; SUDHÖLTER, 2007](#))
- Game Theory Cooperative Games with Transferable Utility ([PETERS, 2008](#))

2 Gerenciamento da Cadeia de suprimentos

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](#)).

- Aplicação de Teoria de Jogos à Alocação de Capacidade Firme em um Sistema Térmico ([AYALA, 2008](#))
- Value Solutions in Cooperative Games ([MCCAIN, 2013](#))
- Cooperative Games, Solutions and Applications ([DRIESSEN, 2013](#))
- A Teoria dos Jogos Aplicada ao Processo Penal ([ROSA, 2014](#))
- Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements ([CHEN; PAULRAJ, 2004](#))
- Game Theory in Supply Chain Analysis ([CACHON; NETESSINE, 2004](#))

- Supply Chain Games: Operations Management and Risk Valuation (KOGAN; TAPIERO, 2007)
- Cooperation: Game-Theoretic Approaches (HART; MAS-COLELL, 2012)
- 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 (DOBOS; PINTÉR, 2010a)

3 Estudo de caso

...língua e pacotes da seção...

- R: A Language and Environment for Statistical Computing (R Development Core Team, 2016)
- ggmap: Spatial Visualization with ggplot2 (KAHLE; WICKHAM, 2013)

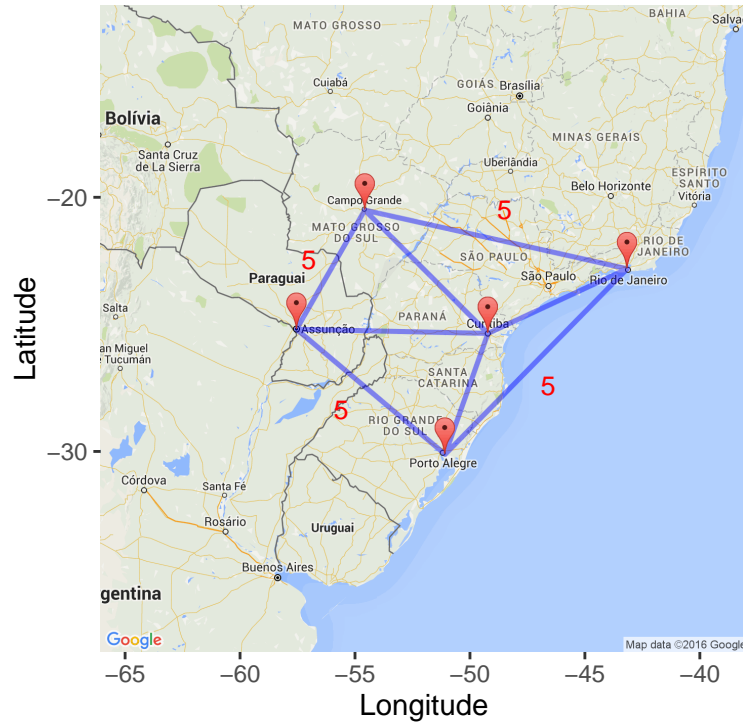


Figura 1 – Itinerários

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

4 Shapley value

4.1 Conceito

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.

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

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

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

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

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

∴

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

A solução para o vetor x é:

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

∴

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

Onde:

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

∴

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

...seguem referências para seção...

- Aircraft Landing Fees: A Game Theory Approach ([LITTLECHILD; THOMPSON, 1977](#))
- The Shapley value: essays in honor of Lloyd S. Shapley ([ROTH, 1988](#))
- Lloyd Shapley's Matching and Game Theory ([SERRANO, 2013](#))
- Cooperative Game Theory and Applications: Cooperative Games Arising from Combinatorial Optimization Problems ([CURIEL, 1997](#))
- On axiomatizations of the Shapley value for assignment games ([BRINK; PINTÉR, 2015](#))

4.2 Código em R

...linguagem e pacotes da seção...

- R: A Language and Environment for Statistical Computing ([R Development Core Team, 2016](#))
- scales: Scale Functions for Visualization ([WICKHAM, 2015](#))
- ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis ([WICKHAM, 2009](#))

```
# 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, coalisoasAgentes)

# Demonstra as coalisoas e respectivos custos
summary(definicaoJogo)

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

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

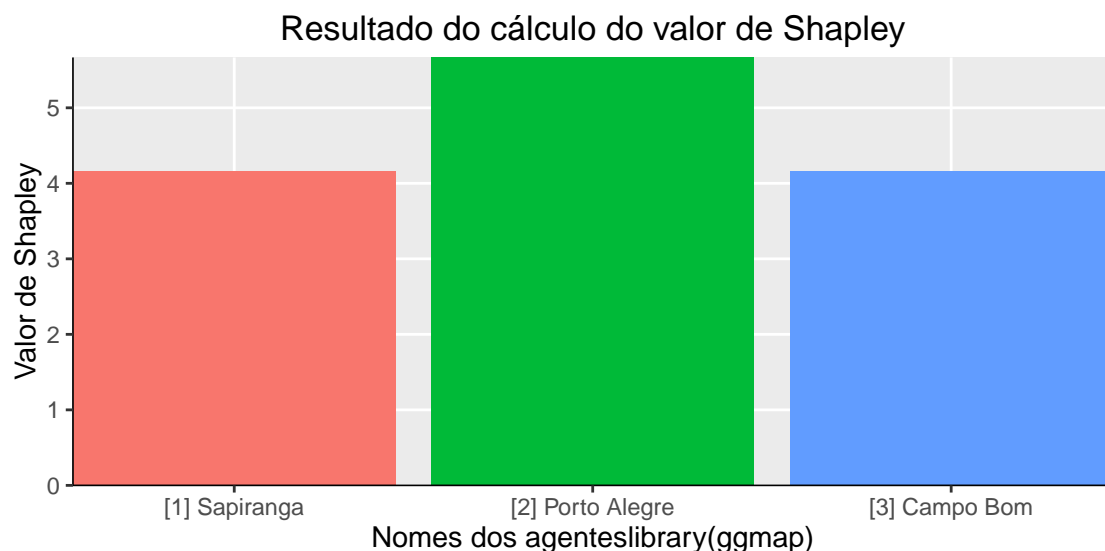


Figura 2 – Cálculo do valor de Shapley

5 *Nucleolus*

...seguem referências para seção...

- The Nucleolus of a Characteristic Function Game ([SCHMEIDLER, 1969](#))
- Geometric Properties of the Kernel, Nucleolus, and Related Solution Concepts ([MASCHLER et al., 1979](#))
- Game theoretic analysis of a bankruptcy problem from the Talmud ([AUMANN; MASCHLER, 1985](#))

- Collective Rationality: Equilibrium in Cooperative Games (WEIRICH, 2009)
- Prática na Teoria. Aplicações da Teoria dos Jogos e da Evolução aos Negócios (MARINHO, 2011)
- Common mistakes in computing the nucleolus (GUAJARDO; JÖRNSTEN, 2015)
- O Dilema do Prisioneiro desde Hegel até Lacan: Tomo 1 (FAVERET, 2015)

6 Análise comparativa

Conclusão

Referências

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.

Jornal Globo. *Entrevista com Bruce Bueno de Mesquita*. Rede Globo, São Paulo: [s.n.], 2 de ago de 2012, Programa de TV, acesso em: 20 de abril de 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Bki4WIM4YQI>>.

KAHLE, D.; WICKHAM, H. ggmap: Spatial visualization with ggplot2. *The R Journal*, v. 5, n. 1, p. 144–161, 2013. Disponível em: <<http://journal.r-project.org/archive/2013-1/kahle-wickham.pdf>>.

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.

R Development Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2016. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>.

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.

SCHMEIDLER, D. The nucleolus of a characteristic function game. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, Society for Industrial and Applied Mathematics, v. 17, 11 1969.

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.

WICKHAM, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2009. ISBN 978-0-387-98140-6. Disponível em: <<http://had.co.nz/ggplot2/book>>.

WICKHAM, H. *scales: Scale Functions for Visualization*. [S.l.], 2015. R package version 0.3.0. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=scales>>.

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.