

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

4 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**). 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: 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(??)

- 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)

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 nas 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 (CANO-BERLANGA et al., 2015). 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: $\sum_{i \in N} \varphi_i(v) = v(N)$
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 $S \subset N$

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

Definição do jogo começa pela apuração dos vetores de custo.

Temos então:

$$\begin{aligned} v(\emptyset) &= 0 & v(1) &= 5 & v(1, 2) &= 10 & v(1, 2, 3) &= 14 \\ v(N) &= 14 & v(2) &= 8 & v(1, 3) &= 10 & & \\ & & v(3) &= 5 & v(2, 3) &= 10 & & \end{aligned}$$

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

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

\therefore

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

A solução para o vetor x é:

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

DRAFT VERSION

\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

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

```
# Carrega pacotes de trabalho
library(GameTheory)
library(ggplot2)

# 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)

##
## Characteristic form of the game
##
## Number of agents: 3
##
## Coaliton Value(s)
##
##      v(i)
## 1      5
## 2      8
## 3      5
## 12     10
## 13     10
## 23     10
## 123    14

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

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

##
## Shapley Value for the given game
##
##               Shapley Value
## [1] Sapiranga      4.166667
## [2] Porto Alegre   5.666667
## [3] Campo Bom     4.166667
```

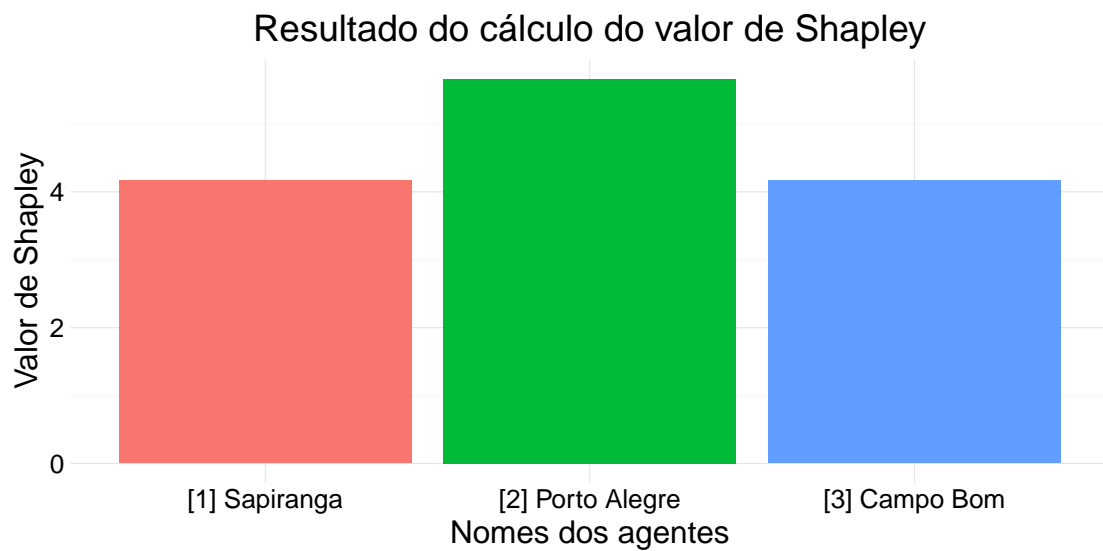


Figura 1 – Gráfico 1

2.1 Conceito

teste

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.

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>.

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>.

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>.

CANO-BERLANGA, S.; GIMENEZ-GOMEZ, J.-M.; VILELLA, C. Cooperation in supply chains: A cooperative game theoretic analysis. *Working Paper No. 06; CREIP; Spain*, 2015.

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.

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

FIANI, R. *Teoria Dos Jogos*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2006. ISBN 9788535220735.

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.

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>.

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. *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.

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

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.