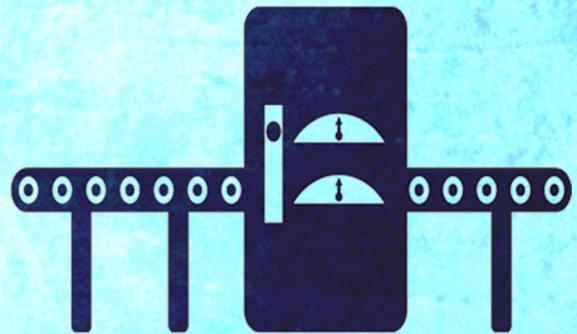
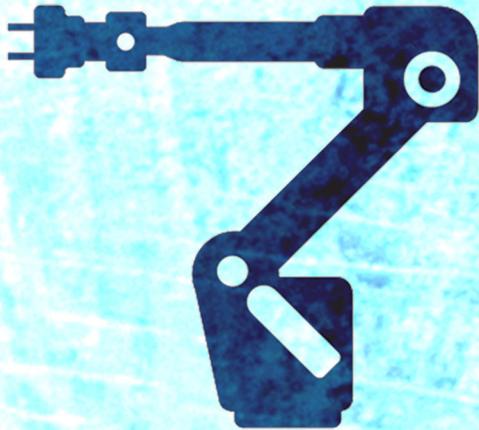


Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)



## Engenharia de Produção: What's Your Plan? 2



 **Atena**  
Editora

Ano 2019

Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)

Engenharia de Produção:  
What's Your Plan? 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia de produção: what's your plan? 2 [recurso eletrônico] /  
Organizador Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta  
Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia de Produção:  
What's Your Plan?; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-254-8

DOI 10.22533/at.ed.548191204

1. Engenharia de produção – Pesquisa – Brasil. 2. Indústria –  
Administração. 3. Logística. I. Machado, Marcos William Kaspchak.  
II. Série.

CDD 620.0072

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos  
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia da Produção: What’s your plan?*” é subdividida de 4 volumes. O segundo volume, com 37 capítulos, é constituído com estudos contemporâneos relacionados aos processos de gestão da produção, desenvolvimento de produtos, gestão de suprimentos e logística, além de estudos direcionados à aplicação dos conceitos da Indústria 4.0.

A área temática de gestão da produção e processos aponta estudos relacionados a gestão da demanda, dimensionamento da capacidade produtiva e aplicação de ferramentas de otimização de processos, como o *lean production* e técnicas de modelagem, além de estudos relacionados ao desenvolvimento de novos produtos.

Na segunda parte da obra, são apresentados estudos sobre a aplicação da gestão da cadeia de suprimentos, desde os processos de dimensionamento logístico, gestão de estoque até soluções emergentes provenientes da indústria 4.0 para otimização dos recursos fabris.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE E PREVISÃO DE DEMANDA PARA VENDAS EM UMA EMPRESA DE EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS	
Loreine Gabriele Martins da Silva Oliveira João Batista Sarmento dos Santos Neto Giovanna Casamassa Tiago Quinteiri Diego Rorato Fogaça Francisco Bayardo Mayorquim Horta Barbosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5481912041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ENGENHARIA DE MÉTODOS: ESTUDO DOS TEMPOS E MOVIMENTOS NA MELHORIA DA PREPARAÇÃO DE FOOD TRUCK NA CIDADE DE REDENÇÃO – PA	
Nayane dos Santos de Santana Ítalo Lopes da Silva Adilson Sousa Miranda Aline Oliveira Ferreira Nayara Cristina Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5481912042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>28</b>
UTILIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR EM UMA PANIFICADORA EM UM DISTRITO DO MUNICÍPIO DE SERTÂNIA/PE: UM ESTUDO DE CASO	
Marcos Vinicius Leite da Silva Fabiano Gonçalves dos Santos Pedro Vinicius dos Santos Silva Lucena Caio Anderson Cavalcante da Silva Felipe Alves Mendes da Silva Samuel Hesli de Almeida Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5481912043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>39</b>
O USO DE PRÁTICAS DE PRODUÇÃO ENXUTA PARA O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA	
Paulo Ellery Alves de Oliveira William Pinheiro Silva Hellany Cybelle Araujo de Lima Arthur Arcelino de Brito Rafael de Azevedo Palhares Mariana Simião Brasil de Oliveira Felipe Barros Dantas Nathaly Silva de Santana Pedro Osvaldo Alencar Regis Eliari Rodrigues Silva Railma Rochele Medeiros da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5481912044</b>	

<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>55</b>
DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA NO PROCESSO DE MONTAGEM DE BOBINAS: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE FIOS E CABOS	
Cryslaine Cinthia Carvalho Nascimento Aianna Rios Magalhães Veras e Silva Francimara Carvalho da Silva Danyella Gessyca Reinaldo Batista Priscila Helena Antunes Ferreira Popineau João Isaque Fortes Machado Leandra Silvestre da Silva Lima Paulo Ricardo Fernandes de Lima Pedro Filipe Da Conceição Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5481912045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>68</b>
AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE TEMPERATURA EM UMA UNIDADE DE FABRICAÇÃO DE ARTEFATOS DE CIMENTO DA REGIÃO CENTRO-SUL DE MATO GROSSO	
Eduardo José Oenning Soares Elmo da Silva Neves Alexandre Gonçalves Porto Alexandre Volkman Ultramar Francisco Lledo dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5481912046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>81</b>
UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA MUNDIAL SOBRE OHSAS 18001 PUBLICADA EM PERIÓDICOS INDEXADOS PELA SCOPUS E WEB OF SCIENCE	
Thales Botelho de Sousa Gustavo Ribeiro da Conceição Franklin Santos Loiola Larissa Roberta Jorge França Wilson Juliano Lemes Sumida de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5481912047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>93</b>
PROPOSTA DE MODELO DE GESTÃO DE ESTOQUE PARA UMA LOJA DE ROUPAS	
Éder Wilian de Macedo Siqueira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5481912048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>105</b>
MELHORIAS NO ARRANJO FÍSICO VISANDO O AUMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA MONTADORA DE VEÍCULOS	
Jeferson Jonas Cardoso Joanir Luís Kalnin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5481912049</b>	

**CAPÍTULO 10 ..... 116**

A APLICABILIDADE DE FERRAMENTAS ESTRATÉGICAS DO LEAN MANUFACTURING - UM ESTUDO DE CASO DA INDÚSTRIA TÊXTIL DE CUIABÁ – MT

Andrey Sartori  
Bruna Vanessa de Souza  
Claudinilson Alves Luczkiewicz  
Ederson Fernandes de Souza  
Esdras Warley de Jesus  
Fabrício César de Moraes  
Moisés Phillip Botelho  
Rosana Sifuentes Machado  
Rosicley Nicolao de Siqueira  
Rubens de Oliveira  
William Jim Souza da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.54819120410**

**CAPÍTULO 11 ..... 132**

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME E A ALVENARIA CONVENCIONAL PARA UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA CIDADE DE DOURADOS - MS

Cíntia da Silva Silvestre  
Filipe Bittencourt Figueiredo

**DOI 10.22533/at.ed.54819120411**

**CAPÍTULO 12 ..... 150**

APLICAÇÃO DO DMAIC E TÉCNICA DE MODELAGEM PARA MELHORIA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE SAPATA

Taís Barros da Silva Soares  
Camilla Campos Martins da Silva  
Fredjoger Barbosa Mendes  
Jarbas Dellazeri Pixiolini  
Rodolfo Cardoso

**DOI 10.22533/at.ed.54819120412**

**CAPÍTULO 13 ..... 166**

APLICAÇÃO DO *QUICK RESPONSE MANUFACTURING* (QRM) PARA A REDUÇÃO DO TEMPO DE MANUTENÇÕES PROGRAMADAS EM UMA SUBESTAÇÃO TRANSMISSORA DE ENERGIA ELÉTRICA

Jader Alves de Oliveira  
Fernando José Gómez Paredes  
Tatiana Kimura Kodama  
Moacir Godinho Filho

**DOI 10.22533/at.ed.54819120413**

**CAPÍTULO 14 ..... 180**

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL: ESTUDO DE UMA MICROCERVEJARIA EM NOVA LIMA - MINAS GERAIS

João Marcelo Soares Bahia  
Rafael Assunção Carvalho de Paula  
Eduardo Romeiro Filho

**DOI 10.22533/at.ed.54819120414**

<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>192</b>
EFEITO DA APLICAÇÃO DO OEE EM UMA INDÚSTRIA LÁCTEA GOIANA	
Darlan Marques da Silva	
Angélica de Souza Marra	
Jordania Louse Silva Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>206</b>
ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING EM UMA EMPRESA FABRICANTE DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS: UM ESTUDO DE CASO	
Bruno Henrique Phelipe	
Walther Azzolini Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120416</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>218</b>
AS ETAPAS CRÍTICAS PARA MELHORIA DOS PROCESSOS PRODUTIVOS INTERNOS DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO SERIADA	
Manoel Gonçalves Filho	
Clóvis Delboni	
Reinaldo Gomes da Silva	
Sílvio Roberto Ignácio Pires	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120417</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>235</b>
PROPOSTA DE REDUÇÃO DE <i>LEAD TIME</i> NA LINHA DE PRODUTOS TERMOELÉTRICOS DE UMA PEQUENA EMPRESA FAMILIAR DO INTERIOR PAULISTA	
Fernanda Veríssimo Soulé	
Nayara Cristini Bessi	
Luana Bonome Message Costa	
Ana Beatriz Lopes Françoso	
Tatiana Kimura Kodama	
Luís Carlos de Marino Schiavon	
Moacir Godinho Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120418</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>253</b>
CONSTRUÇÃO NAVAL BRASILEIRA: PERSPECTIVAS E OPORTUNIDADES A PARTIR DO DESENVOLVIMENTO DA CAPACIDADE OPERACIONAL	
Maria de Lara Moutta Calado de Oliveira	
Sergio Iaccarino	
Elidiane Suane Dias de Melo Amaro	
Daniela Didier Nunes Moser	
Eduardo de Moraes Xavier de Abreu	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120419</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>266</b>
AVALIAÇÃO DE UMA MARCA DE REMOVEDOR DE ESMALTE A BASE DE ACETONA BASEADA EM QUATRO DIMENSÕES DO <i>BRAND EQUITY</i>	
Felipe Zenith Fonseca	
Flávia Gontijo Cunha	
Gabriela Santos Medeiros Madeira	
Valdilene Gonçalves Machado Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120420</b>	

**CAPÍTULO 21 ..... 277**

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DAS FERRAMENTAS REVESTIDAS COM PVD NA USINAGEM DO ALUMÍNIO 6351-T6

Rodrigo Santos Macedo  
Marcio Alexandre Goncalves Machado  
Vanessa Moraes Rocha de Munno  
Ricardo Felix da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.54819120421**

**CAPÍTULO 22 ..... 291**

MIX DO MARKETING EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: ESTUDO DE CASO EM EMPRESA DE LATICÍNIOS

Rafael de Azevedo Palhares  
Rogério da Fonsêca Cavalcante  
Thyago de Melo Duarte Borges  
Evaldo Soares de Azevedo Neto  
Natalia Veloso caldas de Vasconcelos  
Rodolfo de Azevedo Palhares

**DOI 10.22533/at.ed.54819120422**

**CAPÍTULO 23 ..... 303**

A RELAÇÃO ENTRE A GESTÃO DO CONHECIMENTO E A LOGÍSTICA: FATORES RELEVANTES E NOVAS PERSPECTIVAS COM BASE NA LOGÍSTICA 4.0

Davidson de Almeida Santos  
Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas  
Carlos Francisco Simões Gomes  
Sheila da Silva Carvalho Santos  
Marcius Hollanda Pereira da Rocha  
Rosley Anholon

**DOI 10.22533/at.ed.54819120423**

**CAPÍTULO 24 ..... 318**

ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS COM ESPECIFICIDADES DE TEMPERATURA E UMIDADE: UM ESTUDO DE CASO

Clayton Gerber Mangini  
Claudio Melim Doná  
Julio Cesar Aparecido da Cruz  
Wagner Delmo Abreu Croce

**DOI 10.22533/at.ed.54819120424**

**CAPÍTULO 25 ..... 331**

ESTUDO DO PROCESSO PRODUTIVO E COMERCIAL DO QUEIJO MINAS ARTESANAL CANASTRA DE UMA FAZENDA EM MEDEIROS-MG

Rafael Izidoro Martins Neto  
Humberto Elias Giannecchini Fernandes Rocha Souto  
Bárbara Andrino Campos Silva  
Marcelo Teotônio Nametala

**DOI 10.22533/at.ed.54819120425**

<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>346</b>
GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS EM SERVIÇOS POR MEIO DO FLUXO DE INFORMAÇÕES: CASO DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO GETÚLIO VARGAS	
Manoel Carlos de Oliveira Junior Sandro Breval Santiago Saariane Arruda Bastos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120426</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>358</b>
GESTÃO DE RISCOS DE RUPTURAS E ESTRATÉGIAS DE RESILIÊNCIA EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS	
Márcio Gonçalves dos Santos Rosane Lúcia Chicarelli Alcântara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120427</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>373</b>
SELEÇÃO DE MODAL DE TRANSPORTE ATRAVÉS DE UM MÉTODO DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO	
Myllena de Jesus Fróz da Silva Mônica Frank Marsaro Mirian Batista de Oliveira Bortoluzzi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120428</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>385</b>
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE PRESTADORES DE SERVIÇOS LOGÍSTICOS UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	
Isabella russo vanazzi Luís Filipe Azevedo de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120429</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>398</b>
PROPOSTA DE MELHORIA COM ENFOQUE NA GESTÃO DE ESTOQUE EM UM SUPERMERCADO	
Rafael de Azevedo Palhares Evaldo Soares de Azevedo Neto Samira Yusef Araujo de Falani Bezerra Camila Favoretto Laura Maria Rafael Dellano Jatobá Bezerra Tinoco Leila Araújo Falani Lílian Salgueiro Azevedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120430</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>410</b>
DESAFIOS DA SUPPLY CHAIN 4.0	
Felipe de Campos Martins Alexandre Tadeu Simon Fernando Celso Campos Renan Stenico de Campos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120431</b>	

<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>423</b>
CUSTOMCOLOR: UMA SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO CUSTOMIZADA APLICANDO OS CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0	
Nicole Sales Libório	
Yrlanda de Oliveira dos Santos	
Jorge Luis Abadias Barbosa	
Vandermi João da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120432</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>433</b>
IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 SOBRE O FUTURO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO	
Caio Zago Cuenca	
Caio Marcelo Lourenço	
Raquel Lazzarini dos Santos Françoso	
Fernando César Almada Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120433</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>444</b>
O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0 E SEU ALINHAMENTO COM OS PARADIGMAS ESTRATÉGICOS DE GESTÃO DA MANUFATURA	
Paulo Eduardo Pissardini	
José Benedito Sacomano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120434</b>	
<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>457</b>
UM MODELO DE PROCESSOS DO PROJETO DE ADAPTAÇÃO EMPRESARIAL AO PARADIGMA DAS INDÚSTRIAS 4.0	
Thales Botelho de Sousa	
Fábio Müller Guerrini	
Carlos Eduardo Gurgel Paiola	
Márcio Henrique Ventureli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120435</b>	
<b>CAPÍTULO 36</b> .....	<b>469</b>
ESTIMANDO A RECIPROCIDADE DO MODAL DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO BRASILEIRO	
Ronan Silva Ferreira	
Priscila Caroline Albuquerque da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120436</b>	
<b>CAPÍTULO 37</b> .....	<b>482</b>
ESTUDO DE OPERAÇÃO DA COLETA SELETIVA NO BAIRRO URCA, RIO DE JANEIRO	
Frederico do Nascimento Barroso	
Marcelle Candido Cordeiro Lino Marujo	
Leonardo Mangia Rodrigues	
Lino Guimarães Marujo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54819120437</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>494</b>

## ESTIMANDO A RECIPROCIDADE DO MODAL DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO BRASILEIRO

**Ronan Silva Ferreira**

Universidade Federal de Ouro Preto,  
Departamento de Ciências Exatas e Aplicadas  
João Monlevade – Minas Gerais

**Priscila Caroline Albuquerque da Silva**

Marinha do Brasil, Centro de Instrução Almirante  
Braz de Aguiar  
Belém – Pará

**RESUMO:** Em maio de 2018, o Brasil presenciou uma greve de caminhoneiros que durou cerca de 10 dias, acarretando diversas consequências econômicas. Isso revela a fragilidade da economia brasileira em face à dependência do modal de transporte rodoviário. Por essas rotas são transportadas aproximadamente 60% de todas as cargas em território nacional, além do transporte de passageiros entre diferentes regiões. Essa matriz rodoviária é o principal meio para o fluxo de produtos e serviços fundamentais para o progresso econômico do país. Neste trabalho é investigada a topologia de conexões das principais rotas de produtos e serviços brasileiras utilizando ferramentas da ciência de redes. Nesta abordagem, os nós de uma rede correspondem a localidades enquanto as rotas que as interligam são representadas por arestas. Os dados trabalhados foram obtidos da base de dados da Agência Nacional

de Transportes Terrestres, referente ao ano de 2015. Particularmente, investiga-se a propriedade de reciprocidade desse modal rodoviário. Essa característica ocorre quando há ligação mútua entre duas localidades quaisquer. Esse tipo de análise é fundamental para estudos sobre padrões de mobilidade humana e de distribuição de cargas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Engenharia de produção; Modal rodoviário; Sistemas complexos.

**ABSTRACT:** In May 2018, Brazil witnessed a truck drivers strike that lasted for about 10 days, leading to several economic consequences. This shows the fragility of the Brazilian economy in view of the dependence on the mode of road transport. Approximately 60% of all freights are transported through these routes in national territory, as well as the transportation of passengers among different regions. The transportation mode is crucial for the flow of products and services to the country's economic progress. In this work, we investigate the topology of connections of the Brazilian routes of products and services using tools of the complex networks science. In this approach, the nodes of a network correspond to localities while the routes that interconnect them are represented by edges. The data were obtained from the database of the National Land Transport Agency for the year 2015. In particular,

the reciprocity property of this road modal is investigated. This characteristic occurs when there is mutual connection between any two localities. This type of analysis is fundamental for studies on patterns of human mobility and load spreading.

**KEYWORDS:** Production engineering, Road transport, Complex systems

## 1 | INTRODUÇÃO

As pesquisas em transporte envolvem diferentes fatores, como histórico, econômico, urbanístico, topológico, etc. (BELL; LIDA, 2014; MARSHALL, 2005). Nos últimos anos, vem crescendo o número de estudos que investigam as características estruturais de sistemas no domínio dos transportes por meio da aplicação da teoria de redes complexas. (LIN; BAN, 2013; VERMA; ARAÚJO; HERRMANN, 2014). Particularmente, o modal de transporte rodoviário é crucial para a sociedade moderna em países em desenvolvimento. Parte deles experimentou um rápido crescimento da mobilidade para áreas urbanas nas últimas décadas por vias rodoviárias, como é o caso brasileiro. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estima-se que o número de pessoas vivendo em áreas urbanas chegue a cerca de 160.925.792, correspondendo a cerca de 84,4% da população. Isso representa um crescimento de aproximadamente 78.912.417 pessoas em três décadas (1980-2010) (BRASIL, 2011). Além disso, os sistemas de transporte rodoviários serão cada vez mais importantes não apenas para a mobilidade humana, mas também na distribuição de produtos *e-commercies*.

No Brasil, foram 28,2 bilhões de reais de investimento, público e privado, em infraestrutura federal de transporte em 2016. Deste montante cerca de 39% de investimentos no setor rodoviário (BRASIL, 2017). É o que mostra a evolução de investimentos no período 2012-2016 apresentada na Tabela 1.

(R\$ milhões)

<b>Investimentos</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Total</b>
Rodoviária	10.846,94	10.658,33	12.323,78	10.940,39	11.082,70	80.005,07
Ferrovária	4.960,21	6.172,93	8.973,41	9.801,80	7.054,93	49.389,83
Hidroviária	1.041,38	436,49	450,22	604,06	703,30	5.977,96
Portuária**	992,99	326,80	336,96	526,22	650,69	5.174,92
Aeroportuária	1.048,08	6.740,87	6.664,09	4.563,42	3.288,88	22.312,68
Fundo da Marinha Mercante	4.767,15	3.776,41	4.415,58	4.993,07	3.477,24	26.656,86
Fundo Nacional da Aviação Civil	0,0	1.471,18	2.021,05	2.077,80	1.911,00	7.481,04
<b>Total</b>	<b>23.656,75</b>	<b>29.583,02</b>	<b>35.185,10</b>	<b>33.506,76</b>	<b>28.168,74</b>	<b>196.998,36</b>

Tabela 1 – Investimento público e privado em infraestrutura de transportes. O investimento no setor portuário (marcado com \*\*) não contempla investimento privado.

Fonte: BRASIL (2017).

No que se refere à mobilidade humana, 131.561.738 milhões de passageiros foram transportados em 2011, cobrindo o transporte interestadual e internacional, segundo dados do Boletim Estatístico de Dezembro de 2015 da Confederação Nacional do Transporte. Além disso, 188.237 empresas de transporte de cargas e 195 empresas de transporte interestadual e internacional de passageiros utilizaram a malha rodoviária brasileira no mesmo período (CNT, 2015). Em resumo, esse modal é o mais expressivo no país, sendo responsável por cerca de 1.548,0 bilhões de TKU (Toneladas Quilômetro Útil) correspondendo a 65% de todas as cargas movimentadas no país. Para uma comparação, o segundo maior modal é o ferroviário com 356,8 bilhões de TKU, representando 15% (BRASIL, 2016). A Figura 1 mostra uma comparação entre os modais de transporte brasileiros.

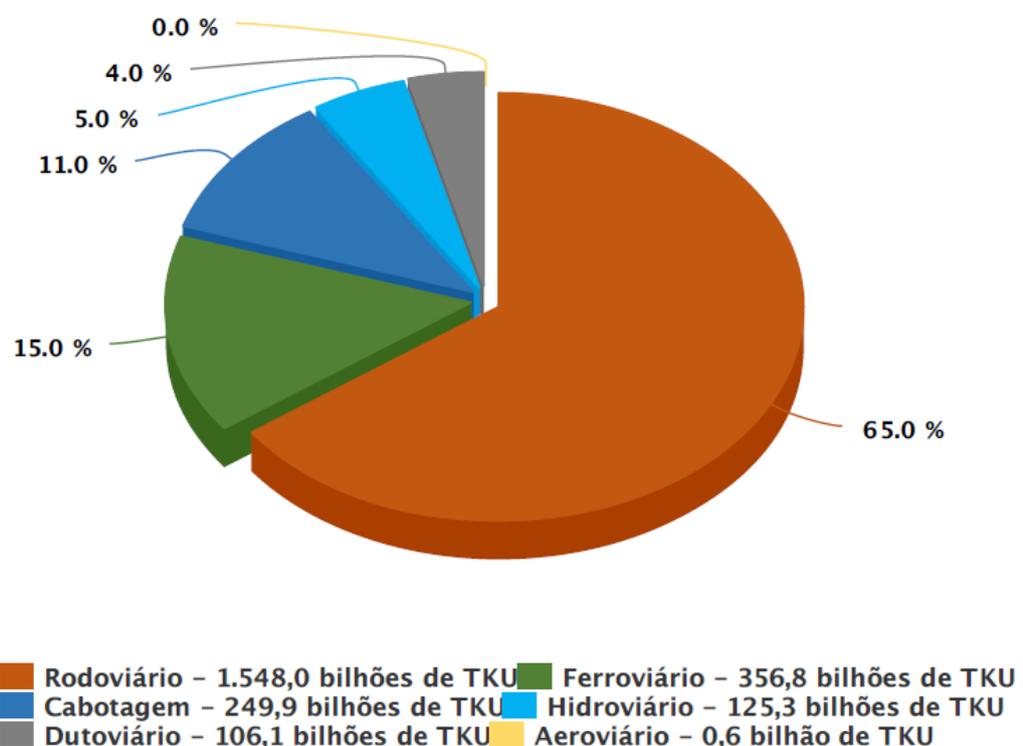


Figura 1 - Comparação entre os modais de transporte brasileiros.

Fonte: BRASIL (2016).

Neste artigo, nosso objetivo é investigar a reciprocidade do modal de transporte rodoviário brasileiro, a partir de uma análise topológica. Tomamos como base dados sobre empresas cadastradas na Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), as quais trafegam por rodovias brasileiras. Nesse sentido, trata-se de rotas de produtos e serviços do país. Apesar de falarmos sobre rodovias e imaginarmos vias de mão dupla, um determinado produto pode ser comercializado, por exemplo, por uma empresa apenas em um único sentido entre duas localidades. Este é um problema fundamental sobre vários aspectos, sendo a reciprocidade uma propriedade fundamental em vários processos. Desde sinapses químicas em redes neurais até tratados internacionais

de comércio, esta característica é fundamental para a manutenção de processos dinâmicos ocorrendo em sistemas arranjados em forma de rede (GARLASCELLI; LOFREDO, 2004). A medida da reciprocidade reflete a tendência de que os nós em uma rede se relacionem por ligações mútuas, sendo este tipo de análise fundamental para estudos sobre padrões de mobilidade humana e de distribuição de cargas. Para esta característica, combinamos conceitos básicos da teoria de redes complexas e um conjunto de informações sobre empresas presentes na base de dados da ANTT, em 2015. Além disso, levamos em conta o sentido do fluxo dos deslocamentos entre diferentes localidades brasileiras através da malha rodoviária. Ao menos do nosso conhecimento, este é o primeiro trabalho que usa a abordagem de redes complexas para tratar de forma quantitativa o problema de deslocamento pela malha rodoviária em escala nacional.

Uma rede complexa é um conjunto de vértices (ou nós) interligados por arestas, conforme alguma distribuição de pesos estatísticos, em que associamos interpretações físicas para esses elementos (DOROGOVTSEV, 2010). A teoria de redes complexas possibilitou importantes avanços em vários setores, desde o desenvolvimento de novos medicamentos (BARABASI; LOSCALZO, 2011) até o controle epidemiológico (VALDANO et al., 2018). Na abordagem deste trabalho, os nós da rede assumem o papel das localidades, enquanto seus *links* representam rotas de produtos e serviços entre esse nós com o sentido de fluxo indicado por setas. Dessa forma, revelam-se padrões de entrada e saída para cada localidade. Como sistemas de transporte naturalmente definem um arranjo em rede, essa teoria aparece genuinamente como a ferramenta adequada para este tipo de análise estrutural e topológica.

## 2 | METODOLOGIA

As informações acerca das conexões entre as localidades de origem e de destino estão gravadas na forma de planilhas eletrônicas. Resumidamente, podemos dizer que esses dados são apresentados na forma de uma lista de ligações. Em linguagem matemática, essa lista é uma matriz do tipo E:  $1 \times 2$ , em que 1 é o número total de *links* que ligam uma dada localidade de origem a uma localidade de destino. Portanto, a matriz possui 1 linhas e 2 colunas: na primeira coluna estão as localidades de origem e na segunda as localidades de destino. Os elementos  $e_{i,j}$  da matriz E seguem a seguinte regra: se existe uma rota da localidade  $m$  de origem para a localidade  $n$  de destino,  $e_{i,j=1} = m$  e  $e_{(i,j=2)} = n$ . Dessa forma, a matriz E mapeia também as direções dos fluxos entrada e de saída na rede.

A partir daí, podemos construir abordagens matemáticas e computacionais por meio de uma matriz de adjacências. Uma matriz de adjacências é do tipo A:  $N \times N$  em que  $N$  é o número total de nós. Os elementos  $a_{ij}$  da matriz A possuem o valor 1 quando há uma conexão de  $i$  para  $j$  ( $a_{ij} = 0$ , caso contrário) e, reciprocamente,  $a_{ij} = 1$  se o fluxo

também se dá de  $j$  para  $i$ . Os índices  $i$  e  $j$  correspondem aos números  $m$  e  $n$  que são lidos da matriz  $E$ , nas colunas 1 e 2, respectivamente. É por meio desta matriz de adjacências que é possível estudar o modal de transporte rodoviário usando a teoria de redes complexas. Por exemplo, a distribuição de conectividade entre as localidades pode ser obtida com o cálculo do número de conexões de cada uma das  $i$  localidades,

$$k_i^{out} = \sum_j^N a_{ij} \quad (1)$$

e

$$k_i^{in} = \sum_j^N a_{ji} \quad (2)$$

em que  $K_i^{out}$  contabiliza as conexões de saída ou origem e  $K_i^{in}$  as de entrada ou destino, respectivamente, para as Eq. (1) e (2). Evidentemente, como o volume de dados é grande, utilizamos códigos computacionais para realizar estes cálculos. Para as Eq. (1) e (2) podemos escrever o algoritmo apresentado na figura 2.

Com os conjuntos obtidos das Eq. (1) e (2), podemos traçar o perfil de conectividade dessas rotas levando os dados reais para o limite de uma rede infinita. Essa operação significa estimar a probabilidade  $P(k)$  de um nó com  $k$  conexões ser escolhido ao acaso dentro da rede. Equivalentemente, podemos escrever uma função  $P(k)$  sendo a fração de nós com  $k$  conexões na rede, isto é,  $P(k) = \frac{N_k}{N}$ , em que  $N_k$  é o número de nós com conexões. Na figura 3 está apresentado um algoritmo para calcular essa quantidade.

Devido a esse caráter estatístico, podemos obter também o número médio de conexões da rede, dado por:

$$\langle k \rangle = \sum_k k P(k) \quad (3)$$

Na próxima seção abriremos as discussões acerca de nossos resultados.

```

1:  $\{a_{ij}\}$ : Entrada da matriz de adjacências  $A$ ;
2:  $k_i^{in}$ : Número de conexões de entrada do nó  $i$ ;
3:  $k_i^{out}$ : Número de conexões de saída do nó  $i$ ;
4: para cada nó  $i \leq N$  faça
    para cada nó  $j \leq N$  faça
         $k_i^{in} = k_i^{in} + a_{ji}$ 
    fim
fim
5: para cada nó  $j \leq N$  faça
    para cada nó  $i \leq N$  faça
         $k_i^{out} = k_i^{out} + a_{ij}$ 
    fim
fim

```

Figura 2: Algoritmo para o cálculo do grau de conectividade  $k$ .

- 1:  $\{a_{ij}\}$ : Entrada da matriz de adjacências  $A$ ;
- 2:  $k_{m\acute{a}x}$ : conectividade máxima na rede;
- 3: **para**  $i \leq N$  **faça**

$$P(k_i) = P(k_i) + \frac{1}{N}$$
- fim**

Figura 3 – Algoritmo para cálculo da função  $P(k)$ .

Fonte: Autores (2018).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 4 mostra o grau de conexões de entrada e de saída,  $k_{in}$  e  $k_{out}$ , respectivamente, para as 26 capitais brasileiras.

Com os valores de conexões de entrada e saída de todas as localidades interligadas na malha rodoviária, e fazendo uso da definição de  $P(k)$ , podemos encontrar a fração de nos com  $k_{in}$  conexões de entrada e  $k_{out}$  de saída dadas por:

$$P(k_{in}) = \frac{N_{k_{in}}}{N_{in}} \tag{4}$$

e

$$P(k_{out}) = \frac{N_{k_{out}}}{N_{out}} \tag{5}$$

As Eqs. (4) e (5) representam histogramas normalizados de probabilidades discretas de encontrar uma localidade com grau  $k_{in}$  e  $k_{out}$ , em que  $\sum N_{k_{in}} = N_{in}$  e  $\sum N_{k_{out}} = N_{out}$ . Os resultados desta análise estão apresentados na figura 5 (a)-(b).

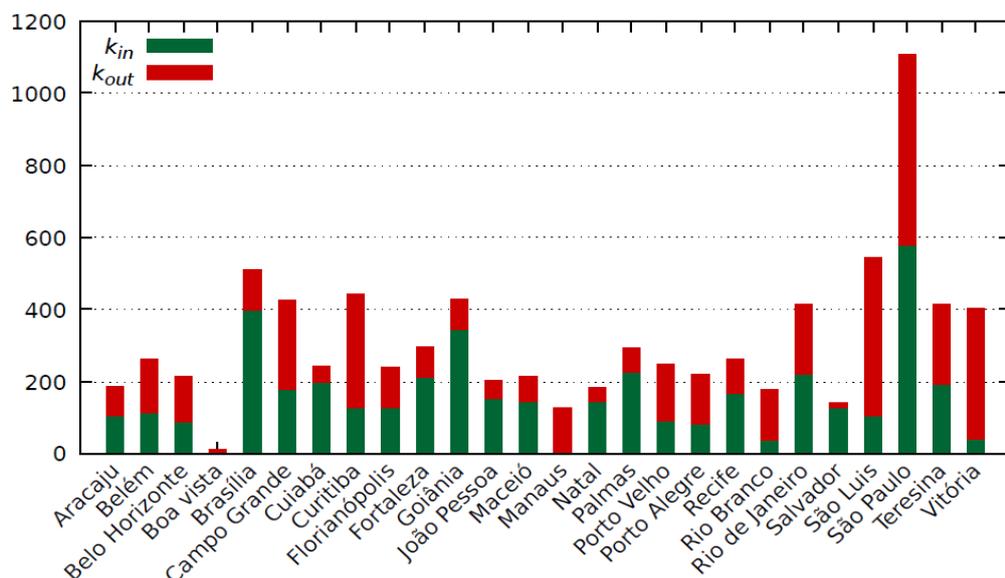


Figura 4 - Número de conexões de entrada e saída para cada uma das 26 capitais brasileiras.

Fonte: Autores (2018).

Apesar das figuras 5 (a)-(b) apresentarem o mesmo comportamento funcional para as distribuições de entrada e saída, as flutuações na cauda ( $k \gg 1$ ), que tipicamente são encontradas em dados reais e são frequentemente tratadas, para propósitos estatísticos, com processos de encaixotamento logarítmico, prejudicam a análise específica de cada caso. Os resultados apresentados na figura 6 (a)-(b) foram obtidos procedendo com o método de encaixotamento utilizando “caixas” de largura crescente, num fator  $k_{n+1} = 1,8 \cdot k_n$ . Com efeito, obtivemos a melhor regressão para os dados, seguindo a forma funcional  $y(x) \propto x^{-\alpha}$ . Este decaimento em lei de potência é mostrado por meio da linha tracejada em destaque na figura 6 (a)-(b).

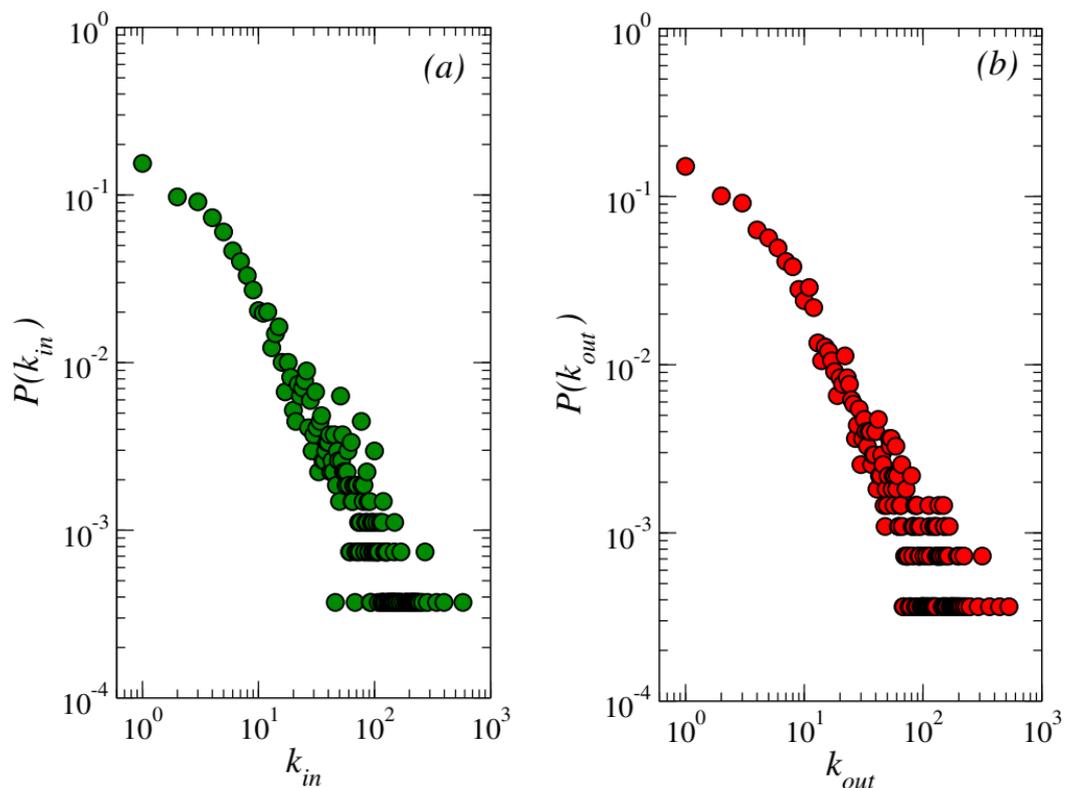


Figura 5 – Histogramas normalizados das probabilidades discretas para as conexões de (a) entrada e (b) saída nas localidades interligadas pela malha rodoviária brasileira.

Fonte: Autores (2018).

Para ganharmos algum *insight* analítico, assumimos a probabilidade unitária de encontrar ao menos um valor não nulo de grau, qualquer que seja, e portanto, não distinguindo mais entre  $y(x)$  e  $P(k)$ . Além disso, consideramos a constante de proporcionalidade  $C = \int k^{-\alpha} dk$  fora de discussão, uma vez que requerimos a normalização para  $P(k) \propto k^{-\alpha}$  que, por sua vez, torna-se assintoticamente entendida como .

Deste ponto, e tomando essa relação e o limite contínuo da Equação (3), resulta que  $\langle k^n \rangle = q^{[(n+1)-\alpha]}$  é o maior valor de grau encontrado na rede. Então, para  $\alpha < 2$ , o

primeiro e segundo momentos da distribuição de graus ( $n = 1$  e  $n = 2$ , respectivamente) não são bem definidos no regime assintótico. Por outro lado, no caso tratado aqui, significa uma distribuição com a cauda muito pesada devido ao número muito baixo de localidades com alto valor de grau. Dito de outra forma, os resultados sugerem que no caso brasileiro há um número muito baixo de localidades que desempenham um papel de centros urbanos para a mobilidade distribuição de cargas. Atualmente, não há na literatura uma grande discussão sobre redes reais com o expoente da lei de potência abaixo de 2.

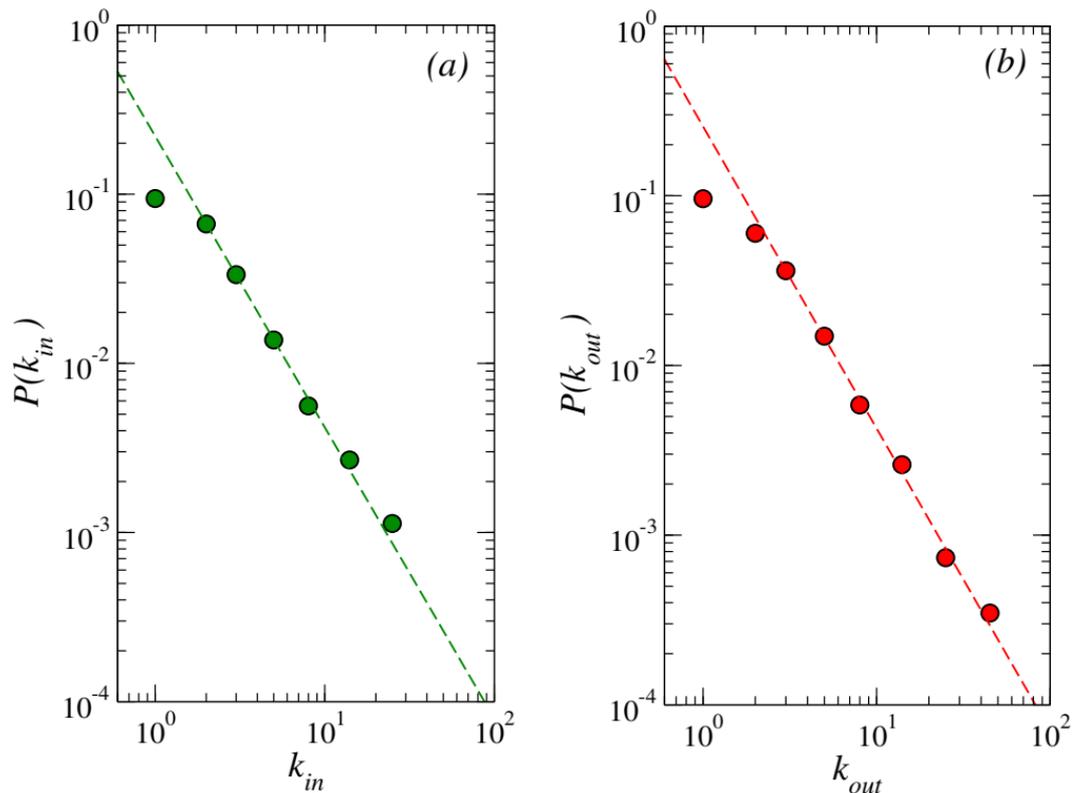


Figura 6 - Histograma normalizados - pós encaixotamento, das probabilidades discretas para as conexões de (a) entrada e (b) saída nas localidades interligadas pela malha rodoviária brasileira. A linha pontilhada foi obtida do melhor ajuste para os dados, assumindo a forma funcional de uma lei de potência do tipo . Os valores obtidos para o expoente foram e .

Fonte: Autores (2018).

Ainda no *insight* analítico, considerando que ambas distribuições estão sob um mesmo regime estatístico, a proximidade entre os valores de  $\alpha^{in}$  e  $\alpha^{out}$  sugere que há alguma correlação entre os conjuntos de dados  $k^{in}$  e  $k^{out}$ . Para verificarmos essa hipótese, lançamos mão da análise do coeficiente de Pearson (FIGUEIREDO FILHO; DA SILVA JUNIOR, 2009) entre esses dois conjuntos de dados. Esse coeficiente assume valor  $p = +1$  para uma correlação positiva linear (quando uma quantidade cresce, a outra também cresce segundo a lei  $y = x$ ), e  $p = -1$  para uma correlação negativa linear e pode ser obtido pela expressão:

$$\rho = \frac{\sum_1^N (k_i^{in} - \langle k^{in} \rangle) \cdot (k_i^{out} - \langle k^{out} \rangle)}{\sqrt{\sum_1^N (k_i^{in} - \langle k^{in} \rangle)^2} \cdot \sqrt{\sum_1^N (k_i^{out} - \langle k^{out} \rangle)^2}} \quad (7)$$

O coeficiente de correlação de Pearson para  $k^{in}$  e  $k^{out}$  foi  $p = +0,7$ . Este resultado pode ser corroborado, qualitativamente, pela figura 7. Nesta figura é mostrado o gráfico de  $k^{in}$  versus  $k^{out}$  para cada localidade. Como a correlação entre eles não é totalmente linear, os pontos não estão sobre a linha tracejada  $y = x$ .

Uma outra maneira de se investigar características topológicas de uma rede é obtendo sua medida de reciprocidade – razão entre o número de ligações mútuas  $L_m$  e o número total de ligações ( $L$ ),  $r = L_m/L$ . Entretanto, essa razão é dependente da densidade de *links*  $\bar{a} = \sum \frac{a_{ij}}{(N(N-1))} = \frac{L}{(N(N-1))}$ , não possuindo valor absoluto na comparação entre redes com mesma topologia mas diferentes densidades de *links*. Esta questão pode ser contornada através do cálculo do coeficiente de reciprocidade dado pela definição de Gaslaschelli e Lofredo (2004):

$$\rho_{GL} = \frac{\sum_{i \neq j} (a_{ij} - \bar{a})(a_{ji} - \bar{a})}{\sum_{i \neq j} (a_{ij} - \bar{a})^2} = \frac{r - \bar{a}}{1 - \bar{a}} \quad (8)$$

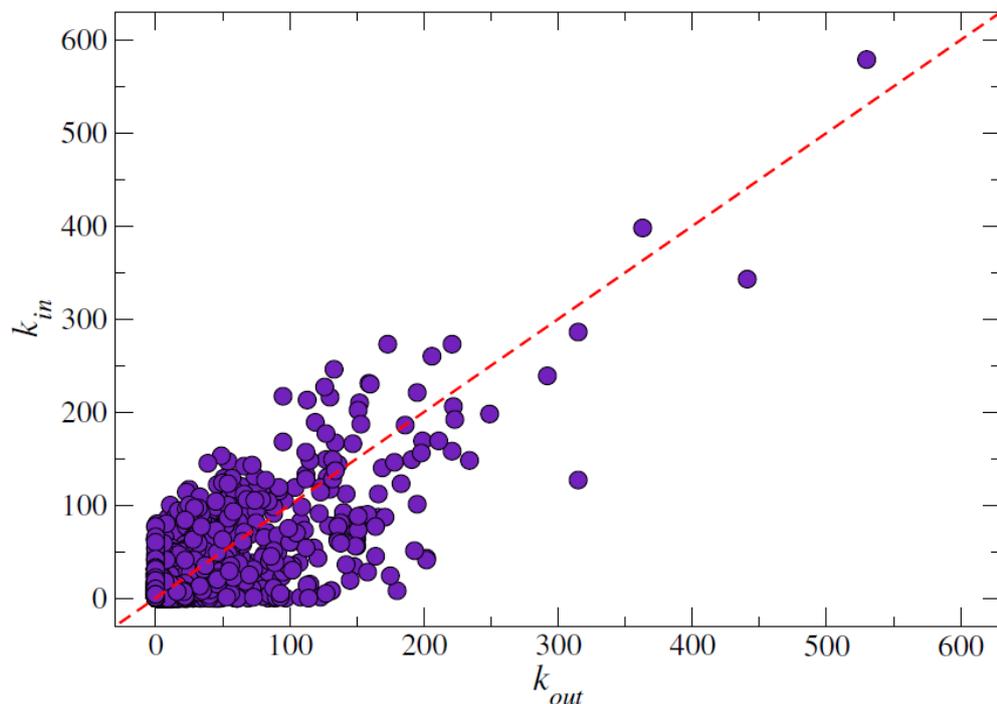


Figura 7 - Investigação qualitativa da correlação entre os conjuntos de dados  $k^{in}$  e  $k^{out}$ .

Fonte: Autores (2018).

Portanto, a grandeza PGL (Eq. 8) possui valores absolutos, tal como o coeficiente de Pearson  $p$  (Eq. 7), para medir a reciprocidade. De fato,  $0 < Pgl < 1$ , em que  $PGL = 0$  significa ausência de correlações de reciprocidade (independente do valor de  $\alpha$ ),  $PGL > 0$  marca o caso recíproco, enquanto  $PGL < 0$  declara uma antireciprocidade.

Para o conjunto de rodovias brasileiro, o coeficiente de reciprocidade obtido foi  $PGL = 0$ . Isso declara que o modal de transporte rodoviário brasileiro apresenta um baixo valor absoluto para reciprocidade.

Em sistemas reais, este valor de  $PGL = 0,2$  de reciprocidade foi obtido para redes de trocas de mensagens por email (NEWMAN; FORREST; BALTHROP, 2002), podendo ser interpretado que, em geral, as mensagens de e-mail que são enviadas por um remetente A para um destinatário B não são respondidas no fluxo contrário, de B para A. No caso das mercadorias, elas saem da localidade A para a localidade B, mas há um fluxo menor de B para A.

É interessante discutir neste ponto a diferente interpretação do coeficiente de Pearson, dado pela Eq. (5), e o coeficiente de reciprocidade apresentado na Eq. (6). O primeiro trata da correlação entre o número de conexões de entrada e saída dos nós de uma rede (de forma geral, a correlação entre dois conjuntos de dados). Como esse valor é alto ( $p = +0,7$ ), isso nos diz que a maior parte daquelas localidades com um alto valor de conexões de saída também possuem um alto valor para as conexões de entrada. Entretanto, como a correlação de reciprocidade é baixa, em valor absoluto, sugere que nas rotas de produtos e serviços brasileiras as ligações mútuas são menos frequentes entre centros urbanos, sendo mais frequentes entre grandes centros e localidades periféricas (que possuem um número menor de conexões).

Do contrário, como os centros urbanos possuem um número alto de conexões, o valor para o coeficiente de reciprocidade seria também alto. É o que acontece no modal de transporte aéreo. Rocha (2009) obteve o coeficiente de reciprocidade da rede de aeroportos brasileiros, de 1995 a 2006. Nesse período, os valores estão na faixa  $0,84 < PGL < 0,89$ . Esses resultados nos ajudam a compreender melhor a organização desses modais de transporte no Brasil. Como mencionamos, é interessante notar que o valor obtido para este coeficiente de reciprocidade diz respeito a relações entre localidades por meio das empresas cadastradas na base de dados da ANTT. Dessa perspectiva, seria interessante comparar este valor com algum outro dado da mesma natureza e dimensões compatíveis ao caso brasileiro, mas não encontramos publicações neste sentido. Entretanto, há publicações referentes ao estudo das relações comerciais (importação/exportação) mapeadas em redes complexas (porém em escalas mundiais), onde os valores para o coeficiente de reciprocidade estão na faixa de  $0,68 < PGL < 0,95$ .

## 4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentamos uma investigação sobre a topologia do modal rodoviário brasileiro usando ferramentas da física estatística de redes complexas. Particularmente, nosso objetivo foi caracterizar a reciprocidade das rotas de produtos e serviços entre localidades brasileiras pelas quais trafegam empresas que estão

registradas na base de dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. Apesar de falarmos em rodovias, nem sempre, como mostramos aqui, a malha rodoviária pode ser vista como uma via de mão dupla. Nomeadamente, os resultados deste trabalho mostram que o coeficiente de correlação de reciprocidade para a malha rodoviária brasileira é  $PGL = 0,2$  (que está longe do valor limite  $PGL = 1,0$  que é esperado para um caso totalmente recíproco, isto é, para vias de mão dupla). Entretanto, buscando uma compreensão mais completa para a organização desse modal de transporte, a malha rodoviária foi caracterizada por outros dois coeficientes.

Primeiro, apresentamos aqui uma discussão sobre a distribuição de probabilidades relacionadas ao fluxo de entrada e de saída de produtos e pessoas nas 3240 localidades da base de dados da ANTT através de 104.332 rotas. Essas distribuições foram descritas por meio de leis de potências, apresentando uma diferença desprezível entre os valores de seus expoentes.

Depois este resultado motivou o segundo estudo, referente à correlação entre as conexões de entrada e saída. Esta hipótese foi posteriormente analisada através do cálculo do coeficiente de Pearson, cujo valor obtido foi  $p = 0,7$  (o limite superior é  $p = 1,0$ , para o caso de correlação positiva totalmente linear). Dessa forma, apesar da correlação de Pearson  $p$  apresentar valor alto - sugerindo que uma localidade que possui muitas conexões de entrada para produtos e serviços, em geral, terá também um número grande de conexões de saída (tal como um centro urbano), o baixo valor de reciprocidade sugere uma baixa ligação mútua entre os centros urbanos – o contrário do que acontece no modal de transporte aéreo estudado por Rocha (2009).

Há alguns pontos adicionais que gostaríamos de incluir nesta discussão, os quais servem como perspectivas para futuros trabalhos: (i) As curvas funcionais em lei de potência para  $P(k)$ , obtidas com o processo de encaixotamento logarítmico foram usadas para fins de comparação entre dois conjuntos de dados (portanto, descritos pelo mesmo processo). Entretanto, esperamos que esta não seja a descrição real destes dados. Para futuras investigações sobre qual distribuição matemática melhor descreve esses dados pensamos ser necessário a inclusão do peso de tráfego pelas rodovias, além do uso de funções acumuladas para minimizar as flutuações estatísticas da cauda, método que vem sendo adotado na literatura de análise de dados reais e de tamanho finito (CLAUSET; SHALIZI; NEWMAN, 2009). Nosso grupo se encontra investigando esses temas atualmente. (ii) Consideramos que é de grande importância para setores estratégicos de logística que a análise mostrada neste trabalho seja ampliada para outros modais de transportes brasileiros (como o hidroviário).

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao ICEA/UFOP. RSF gostaria de agradecer: Programa Institucional de Voluntários de Iniciação Científica /

## REFERÊNCIAS

BARABASI, Albert-Laszlo; LOSCALZO, Joseph. Systems biology and the future of medicine. **Systems biology and medicine**. New Jersey, v.3, n.6, p.619-627, 2011.

BELL, Michael. G. H.; LIDA, Yasunori. **Transportation network analysis**, 1. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2014.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, IBGE: 2011. Tabela 1.8 - População nos Censos Demográficos, segundo as Grandes Regiões, as Unidades da Federação e a situação do domicílio - 1960/2010, p. 75-76. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2018.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Empresa de Planejamento e Logística S.A. **Transporte inter-regional de carga no Brasil: Panorama 2015**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.epl.gov.br/transporte-inter-regional-de-carga-no-brasil-panorama-2015>>. Acesso em: 14 mai. 2018.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Empresa de Planejamento e Logística S.A. **Anuário Estatístico de Transportes 2010-2016**. Brasília, 2017. Disponível em: <[http://portaldaestrategia.transportes.gov.br/images/Publicações/Sumário\\_Executivo\\_AET\\_-\\_2010\\_-\\_2016.pdf](http://portaldaestrategia.transportes.gov.br/images/Publicações/Sumário_Executivo_AET_-_2010_-_2016.pdf)>. Acesso em: 14 mai. 2018.

CLAUSET, Aaron; SHALIZI, Cosma Rohilla; NEWMAN, M. E. J. Power-Law Distributions in Empirical Data. **Siam Review**. Philadelphia, v.51, n.4, p. 661-703, 2009.

Confederação Nacional do Transporte (CNT). Boletim Estatístico. Fevereiro, 2015. Disponível em: <<http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/BOLETIM%20ECONOMICO/2015/201503%20-%20Boletim%20Estatistico%20CNT%20-%20Fevereiro.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2018.

DOROGOVTSEV, Sergey N. **Lectures on complex networks**. Oxford: Oxford University Press, 2010.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; DA SILVA JUNIOR, José Alexandre. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**. Recife, v.18, n.1, 2009.

GARLASCHELLI, Diego; LOFREDO, Maria. I. Patterns of Link Reciprocity in Directed Networks. **Physical Review Letters**. New York, v.93, n.26, p. 268701-268704, dez. 2004.

LIN, Jingyi; BAN, Yifang. Complex Network Topology of Transportation Systems. **Transport Reviews**. Abingdon, v.33, n.6, p. 658-685, out. 2013.

MARSHALL, Stephen. **Streets and patterns**. 1ed., New York: Spon Press, 2005.

Newman, M. E. J. and Forrest, Stephanie and Balthrop, Justin. mail networks and the spread of computer viroses. **Physical Review E**. New York, v.66, n.3, p. 035101- 035104, 2002.

ROCHA, Luis E. C. da. Structural evolution of the Brazilian airport network. **Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment**. **Bristol**, v. 2009, n.4, abr. 2009.

VALDANO, Eugenio et al. Epidemic Threshold in Continuous-Time Evolving Networks. **Physical**

**Review Letters.** New York, v.120, n.6, p. 068302-068305, fev. 2018.

VERMA, Trivik; ARAÚJO, Nuno. A. M.; HERRMANN, Hans J. Revealing the structure of the world airline network. **Scientific Reports**, Basingstoke, v.4, p.1-6 jul. 2014. Artigo número 5638. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/srep05638.pdf> >. Acesso em: 14 mai. 2018.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**MARCOS WILLIAM KASPCHAK MACHADO** Professor na Unopar de Ponta Grossa (Paraná). Graduado em Administração- Habilitação Comércio Exterior pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especializado em Gestão industrial na linha de pesquisa em Produção e Manutenção. Doutorando e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com linha de pesquisa em Redes de Empresas e Engenharia Organizacional. Possui experiência na área de Administração de Projetos e análise de custos em empresas da região de Ponta Grossa (Paraná). Fundador e consultor da MWM Soluções 3D, especializado na elaboração de estudos de viabilidade de projetos e inovação.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-254-8

