

# Proposta de um modelo computacional para alocação de recursos humanos em múltiplos projetos

*Computational Model Proposal for human resource allocation in multiple projects*

Renato Penha<sup>1</sup>

Cristina Dai Prá Martens<sup>2</sup>

Claudia Terezinha Kniess<sup>3</sup>

## Resumo

A restrição no processo de alocação de recursos humanos nas atividades de projetos resulta no tradicional problema da área de gestão de projetos com mais de 40 anos de existência – o *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*. O desafio está em estabelecer a melhor relação de alocação entre um recurso humano nas diversas atividades em um ambiente de múltiplos projetos, mediante as inúmeras restrições presentes nas empresas de diferentes setores. Neste cenário, o objetivo deste trabalho é elaborar um modelo computacional baseado em arquitetura orientada a serviços no processo de alocação de recursos humanos em projetos de Tecnologia da Informação. O estudo é de origem qualitativa exploratória e, para a elaboração do modelo, foram realizadas pesquisas em base de dados acadêmica e de patentes de domínio público para escolha do modelo matemático mais aderente às possíveis soluções dos problemas causados pelo *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*. Os resultados demonstram que o modelo computacional proposto pode contribuir na redução do tempo gasto pelos gestores no processo de elaboração do cronograma, na contenção do custo e prazo dos projetos com impactos do *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*, além de ser utilizado como apoio às ferramentas de auxílio ao desenvolvimento de cronogramas, como o *Microsoft Project*, o *Primavera* e o *Open Project*.

**Palavras-chave:** *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*; Gestão de Projetos; Alocação de Recursos.

## Abstract

The restriction in the process of allocating human resources in project activities results in the traditional problem of the project management area with more than 40 years of existence – the *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*. The challenge is to establish the best allocation relationship between a human resource in the various activities in a multi-project environment, through the numerous constraints present in companies from different sectors. In this scenario, the objective of this work is to elaborate a computational model based on service-oriented architecture in the process of human resources allocation in Information Technology projects. The work is of qualitative exploratory origin and, for the elaboration of the model, researches were done in academic data base and of patents of public domain to choose the mathematical model more adherent the possible solutions of the problems caused by the *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*. The results demonstrated that the computational model adopted can contribute to reducing the time spent by managers in the process of preparing the schedule, the content and cost of projects and reducing the problem of project scheduling with restricted resources. schedule development aids such as *Microsoft Project*, *Primavera*, and *Open Project*.

**Keywords:** *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*; Project Management; Resource Allocation.

1 Doutorado em Administração pelo PPGA/ UNINOVE, Universidade Nove de Julho – UNINOVE. São Paulo, SP – Brasil.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1431-2860>  
[rp.renatopenha@gmail.com](mailto:rp.renatopenha@gmail.com)

2 Doutorado em Administração pelo PPGA/ EA/UFRGS. Professora dos Programas de Pós-graduação em Gestão de Projetos e em Administração, da Uninove, Universidade Nove de Julho – UNINOVE. São Paulo, SP – Brasil.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0955-9786>  
[cristinadpmartens@gmail.com](mailto:cristinadpmartens@gmail.com)

3 Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Professora da Universidade da Taubaté - UNITAU - Mestrado Profissional em Gestão e Desenvolvimento Regional, Universidade da Taubaté – UNITAU. São Paulo, SP – Brasil.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1961-2037>  
[kniesscl@gmail.com](mailto:kniesscl@gmail.com)

## 1 Introdução

Os projetos de Tecnologia da Informação (TI) são caracterizados por possuírem foco no desenvolvimento, por serem construídos sob encomenda e por possuírem destaque no ciclo de vida do produto (Pressman & Maxim, 2016). Tais projetos, devido a interdependência e o alto grau de complexidade, podem envolver diversos recursos humanos alocados por um período previamente determinado. Com o objetivo de demonstrar a relevância do gerenciamento em projetos de TI, Kerzner (2016) destaca que a duração desse tipo de projeto é relativamente curta e, em muitas vezes, prioriza o controle dos recursos humanos, podendo causar restrições no processo de alocação de recursos humanos em atividades.

Estabelecido no cenário de gerenciamento de projetos, a restrição de alocação de recursos humanos nas atividades dos projetos dá origem ao tradicional problema denominado *Resource-Constrained Project Scheduling Problem* (RCPSP). O RCPSP é considerado um problema de programação combinatória de difícil solução (Akers, 1956), onde o alto número de combinações possíveis pode ser considerado uma tarefa de alta complexidade. O problema está fundamentado na alocação de recursos humanos em atividades de projetos (Blazewicz, Lenstra & Kan, 1983; Brucker *et al.*, 1999; Agarwal, Colak, Erenguc, 2011; Hartmann, 2013), onde diversas restrições associadas a alocação de recursos humanos em múltiplos projetos podem acontecer (Kelley, 1963; Kurtulus & Narula, 1985 e Mohanty & Siddiq, 1989; Kannimuthu *et al.*, 2019). O desafio consiste em estabelecer um cronograma de duração mínima, respeitando a data de início, a precedência de cada atividade e a disponibilidade dos recursos humanos (Mingozzi, Maniezzo, Ricciardelli & Bianco, 1998, Penha *et al.*, 2017), caracterizando assim a existência do RCPSP nas organizações (Ichihara, 2002).

Para melhor entender o impacto do RCPSP nos resultados dos projetos de TI, uma pesquisa do *Standish Group International* do ano de 2017 apresentou um relatório demonstrando que aproximadamente 53% dos projetos de TI nos Estados Unidos, entre 2015 e 2016, excederam os prazos e os custos. Outro resultado da pesquisa demonstrou que 31,1% dos projetos, no mesmo período, foram cancelados ou não chegaram a entregar

algum tipo de produto. Na mesma linha, uma pesquisa feita por Flyvbjerg e Budzier (2011), com uma amostra de 1.471 projetos de TI, constataram que, em média, 27% dos projetos apresentaram alterações de custo ou prazo, além de que 1 em cada 6 projetos excederam em 70% o prazo e aproximadamente 200% o custo planejado – fatores relacionados ao RCPSP.

Diante desse cenário marcado pela restrição de recursos humanos, o uso de um modelo computacional pode ser considerado um fator decisivo para o sucesso dos projetos (Osei-Kyei & Chan, 2015; Todorović, Petrović, Mihić, Obradović & Bushuyev, 2015). O uso de um modelo computacional elaborado sob uma arquitetura orientada a serviços pode contribuir para resolver problemas de alta complexidade e de grandes esforços computacionais, dentre eles o RCPSP (Moreira & Silva, 2013). Neste contexto, marcado pela restrição e a otimização da alocação de recursos humanos em projetos, este trabalho procura responder a seguinte questão de pesquisa: Como elaborar um modelo computacional baseado em arquitetura orientada a serviços para minimizar o desvio de prazos e custos causados pelo RCPSP em projetos de TI? Para responder esta questão, o objetivo do estudo foi elaborar um modelo computacional, sob a arquitetura orientada a serviços, com o propósito de minimizar os possíveis desvios de prazos e custos dos projetos causados pelo RCPSP em projetos de TI nas organizações.

Na seção seguinte será apresentada a revisão de literatura sobre *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*, soluções para *Resource-Constrained Project Scheduling Problem* e arquitetura orientada a serviços. Posteriormente, serão abordados os procedimentos metodológicos e apresentados os resultados. Por fim, serão apresentadas as conclusões, discutidas as limitações desta pesquisa e indicações para estudos futuros.

## 2 Referencial teórico

Nesta seção são apresentados de forma sumária, os principais conceitos e possíveis soluções sobre *Resource-Constrained Project Scheduling Problem* e sobre a arquitetura orientada a serviços.

## 2.1 Resource-Constrained Project Scheduling Problem

O RCPSP é considerado um problema conhecido de programação combinatória com origem na alocação de recursos humanos em atividades de projetos (Akers, 1956). O objetivo é minimizar o tempo total do projeto sem violar a precedência e a restrição dos recursos humanos (Blazewicz, Lenstra & Kan, 1983; Mingozi, Maniezzo, Ricciardelli & Bianco, 1998; Habibi, Barzinpour & Sadjadi, 2018; Kadri & Boctor, 2018; Van Den Eeckhout, Maenhout e Vanhoucke, 2019).

O cenário de escassez de recursos humanos em atividades vem acontecendo ao longo dos tempos em diversas indústrias, como engenharia civil, engenharia de produção, desenvolvimento de softwares, entre outras (Brucker *et al.*, 1999). Hartmann (2015) assevera a discussão apontando que cada vez mais as organizações procuram efetuar mais agilmente a programação de recursos humanos em projetos, procurando manter o menor número de recursos humanos possíveis alocados em atividades de diversos projetos. A dificuldade nesta tarefa é apresentada por Mingozi, Maniezzo, Ricciardelli e Bianco (1998) e Arkhipov, Battaia e Lazarev (2019). Os autores explicam que o problema está em determinar a data de início das atividades de um determinado projeto que satisfaçam as relações de precedência e prioridade de recursos humanos com o objetivo de minimizar o prazo total ou a ociosidade dos recursos humanos em um ambiente de múltiplos projetos.

No cotidiano das organizações, as ferramentas de apoio a elaboração de cronogramas de alocação de recursos humanos, como o *Microsoft Project*, o *Primavera* e o *Open Project*, podem apresentar algumas limitações em um cenário marcado pela realização de múltiplos projetos. A concorrência de utilização de um mesmo recurso humano, uma vez que o uso destes *softwares* pode dificultar a alteração ou um novo agendamento de recursos humanos nos projetos (Sabar, Turkey & Song, 2018; Plekhanova, 2018).

Nas visões de Hartmann (2013), Noori e Taghizadeh (2018) e Chand, Singh e Ray (2019), os problemas de escalonamento de recursos causados pelo RCPSP podem ser considerados de difícil implementação computacional, devido a quantidade de simulações possíveis

para se obter a melhor resposta em tempo hábil. Em relação às possíveis soluções, os modelos matemáticos não paramétricos são considerados um dos meios mais satisfatórios de apoio à solução dos problemas de escalonamento de recursos causados pelo RCPSP (Lageweg, Lenstra & Rinnoy Kan, 1977; Condotta, Knust, Meier & Shakhlevich, 2013; Palacios, González, Vela & González-Rodríguez, 2015; Penha, Kniess & Quoniam, 2016; Li, Xiao & Yang, 2019), e a sua negligência pode causar desvios de prazos e custos dos projetos (Penha, Kniess, Bergman & Biancolino, 2014).

## 2.2 Arquitetura Orientada a Serviços

O termo orientação a serviço advém de um conjunto distinto de preocupações e atividades para uso público. Por exemplo, para os engenheiros de *software* é tudo sobre requisitos funcionais, componentes, técnica de integração, troca de mensagens, ferramentas e ambientes de desenvolvimento. Para pessoas da área de negócios, está relacionada ao uso de estratégias de negócios, permitindo que os departamentos de TI fiquem mais enxutos, facilitando o uso de modelos de processos ágeis. Já para a área operacional, é tudo sobre os acordos de nível de serviço, transparência, flexibilidade e acesso adequado aos serviços (Majchrowicz & Wierzchoń, 2018; Hamzehloui, Sahibuddin & Ashabi, 2019).

O uso de um modelo computacional baseado em consumo de serviços pode ser considerado um fator decisivo para o aumento de desempenho dos projetos (Santos Rocha & Fantinato, 2013) por permitir um padrão de desenvolvimento integrado aos negócios, garantindo impulso e avanço tecnológico, além de maior integração da estratégia de negócios à TI (Papazoglou, 2003; Clement, McKee & Xu, 2017). Esta arquitetura pode ser utilizada na elaboração e construção de serviços aderentes à estratégia da organização na busca por aumento de desempenho (Alam, Ahmad, Akhuzada, Nasir & Khan, 2015; Münscher, Vetter & Scheuerle, 2016). Desse modo, o uso de serviços de TI em consonância às estratégias de negócio da organização pode colaborar para minimizar os impactos dos problemas causados pelo escalonamento de recursos, como o atraso, aumento do custo e a ociosidade de um recurso humano – problemas relacionados ao RCPSP.

Em relação às técnicas de gestão de projetos, o uso de uma arquitetura orientada a serviços pode contribuir para o processo alocação de recursos humanos em atividades, como o gráfico de *Gantt*, o *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) e o *Critical Path Method* (CPM). Além disso, a arquitetura pode ainda permitir que a área de gestão de projetos, ao invés de tratar seus recursos humanos como limitados e único para cada projeto, passe a ter uma visão ampla de toda a organização. Neste caso, o recurso humano está disponível para toda a organização e pode ser alocado no menor tempo possível nos diversos projetos (Abrahamsson, Salo, Ronkainen & Warsta, 2017; Plekhanova, 2018). A partir dessa visão, a alocação e a priorização dos recursos humanos deverão ser efetuadas respeitando critérios estratégicos da organização, e não mais por uma disputa interna ou concorrência da alocação. O resultado será a alocação eficaz e eficiente de seus recursos humanos em diversos projetos (Penha *et al.*, 2014).

Diante das restrições causadas pelo RCPSP e dos conceitos de uma arquitetura orientada a serviços, estabelecer um monitoramento eficaz dos projetos e uma alocação de recursos humanos otimizada, pode colaborar para minimizar o número de projetos com desvio de prazo ou de custo dentro das organizações (Penha *et al.*, 2014; Penha *et al.*, 2016).

O uso de modelos matemáticos por meio de um modelo computacional adequado pode ser considerado uma possível solução para o tratamento de problemas relacionados à alocação recursos em atividades (Lageweg, Lenstra & Rinnoy Kan, 1977, Condotta *et al.*, 2013; Palacios *et al.*, 2015), uma vez que o modelo permita que as tarefas sejam executadas no menor tempo possível e com a menor ociosidade entre os recursos, por meio de ações combinatórias (Akers, 1956; Cheng & Barone, 2017).

### 3 Metodologia

Este estudo está estruturado sob a ótica da natureza exploratória e abordagem qualitativa. De acordo com Kidder (1987) e Cooper e Schindler (2016), o tipo de pesquisa exploratória tem como objetivo promover aproximação ou entendimento inicial de um tema. Tal estratégia deve viabilizar uma boa compreensão do problema a ser estudado, permitir o entendimento de suas variáveis e o inter-relacionamento

e a análise de informações disponíveis associadas a um problema. Nesse tipo de investigação, a pesquisa parte de certas premissas, em que tais informações são geralmente originadas por meio de estudos bibliográficos e ou levantamento de dados por meio de entrevistas.

A abordagem qualitativa permite caracterizar como os fatos da pesquisa se realizam (Minayo, 2011), a estabelecer padrões e a fundamentar conceitos a partir da análise dos dados (Theóphilo & Martins, 2009). Para realização deste trabalho, foram realizadas pesquisas em base de dados acadêmicas e de patentes de domínio público. Para a pesquisa de patentes foi realizada a pesquisa tecnométrica (Ho, 2005), com a finalidade de identificar, classificar e analisar as patentes relacionadas às soluções relacionadas ao RCPSP.

A pesquisa bibliográfica é importante para a análise e avaliação de estudos acadêmicos e para a disseminação de conhecimento. O conhecimento adquirido é fundamentado pelo grande volume de publicações existentes sobre um determinado tema. Assim, estes estudos podem contribuir como uma técnica de avaliação de conhecimento (Vanti, 2002). O objetivo da pesquisa bibliográfica foi selecionar possíveis modelos matemáticos para apoio ao tratamento ao RCPSP. Os modelos matemáticos serão analisados e os selecionados servirão de apoio à construção do modelo computacional.

Inicialmente, foram definidos os parâmetros de entrada para a pesquisa. Os dados foram coletados e analisados. Da seleção final, as patentes e os artigos foram lidos e seus modelos matemáticos para tratamento do RCPSP foram identificados.

#### 3.1 Parâmetros de pesquisa em base de dados acadêmica e de patentes de domínio público

A pesquisa em base de dados acadêmica foi feita na base de dados *ISI Web of Science*, escolhida pela relevância e destaque acadêmico, além de permitir que os resultados da pesquisa sejam analisados e sistematizados. A pesquisa foi efetuada apenas para periódicos científicos da área de Administração, desde 1950 até julho de 2018, utilizando o termo “*Resource-Constrained Project Scheduling Problem*” e “*Project Management*”.

Já a pesquisa em base de dados de patentes foi realizada na base de dados *Patentscope* de domínio público. O *Patentscope* é a ferramenta de busca do Escritório Mundial da Propriedade Intelectual (*WIPO - World Intellectual Property Organization*), contando com um acervo com mais de 2,2 milhões de dados de patentes nacionais e regionais e a cobertura total está próxima aos 30 milhões, além de ser uma ferramenta gratuita e disponível em 12 idiomas (PatentScope, 2018). Para a pesquisa foi utilizado o termo “*Resource-Constrained Project Scheduling Problem*”. Para o período, foi utilizado os anos entre 1955 a 2015. O objetivo foi identificar as possíveis patentes com equações matemáticas aderentes aos modelos matemáticos não paramétricos.

### 3.2 Escolha do modelo matemático

No estudo realizado por Penha *et al.* (2012) sobre avaliação de modelos matemáticos para tratamento de RCPSP, os resultados apontaram que os modelos matemáticos baseados em testes não paramétricos são os mais indicados para problemas de alocação de recursos em mais de 10 atividades de múltiplos projetos, o que é um fator decisivo para elaboração do modelo proposto neste trabalho.

A pesquisa foi realizada na base de dados acadêmica *ISI Web of Science*, escolhida pela relevância e destaque acadêmico, além de permitir que os resultados da pesquisa sejam analisados e sistematizados.

Para a realização da pesquisa, foram utilizados, como palavras-chave os termos “*Resource-Constrained Project Scheduling Problem*” e “*Project Management*”. Foram pesquisados apenas artigos científicos, sem nenhum tipo de filtro de data de publicação. O objetivo foi identificar os possíveis modelos matemáticos com equações matemáticas não paramétricas.

### 3.3 Definição da função objetivo

Para interação com o modelo matemático aderente na solução do RCPSP, foi desenvolvida uma função objetivo pelo autor. O propósito da função objetivo foi efetuar a alocação de um determinado recurso humano

disponível na organização, levando em consideração o menor custo e prazo dentro de um conjunto de projetos simultâneos e concorrentes.

Importante destacar que a função objetivo tem como principal finalidade minimizar o tempo total dos projetos por meio da alocação dos recursos humanos disponíveis nas atividades, compondo assim, cenários para auxiliar a tomada de decisão em caso de restrições impostas pelo RCPSP.

### 3.4 Validação do modelo proposto

Para a validação do modelo será utilizada a técnica de Grupo Focal (GF). Segundo Barbosa (1998), o GF é considerado uma estratégia de pesquisa qualitativa que emprega um grupo de discussão de dimensão reduzida, com o objetivo de obter informações em profundidade. O autor assevera que o GF é uma técnica de rápida execução com possibilidade de fornecer uma grande riqueza de informações qualitativas sobre o desempenho de atividades desenvolvidas, prestação de serviços, dentre outras situações.

A composição do GF foi formada por um grupo de 8 gestores de projetos de empresas de TI. Os gestores possuem experiência de mais de 9 anos em gestão e alocação de recursos humanos em múltiplos projetos. Todos possuem certificação de *Project Management Professional* (PMP). A certificação PMP é emitida pelo *Project Management Institute* (PMI) e atesta que o profissional possui conhecimentos necessários sobre as boas práticas e técnicas de gestão de projetos. De acordo com o site do PMI, até o ano de 2018 existiam, aproximadamente, 650.000 associados e 240.000 profissionais com certificação PMP em todo o mundo, tornando-o, assim, o Instituto com maior número de participantes da profissão de gerenciamento de projetos no mundo. Nesta pesquisa, os gestores apontarão suas opiniões em relação ao modelo computacional proposto referente ao processo de alocação inicial ou realocação de recursos humanos em projetos de TI.

## 4 Análise e discussão dos resultados

Nesta seção são apresentados os resultados da pesquisa em base de dados acadêmica e em base de dados

de domínio público, a descrição da função objetivo e a arquitetura computacional do modelo proposto.

#### 4.1 Pesquisa em base de dados acadêmica

O resultado da pesquisa em base de dados acadêmica apontou para 8 modelos matemáticos de resolução dos problemas de RCPSP capazes de ser utilizados computacionalmente. Dentre os 8 modelos, apenas 3 modelos abordam o problema da alocação de recursos na visão de múltiplos projetos.

A Figura 1 demonstra os modelos matemáticos com abordagem à alocação de recursos humanos em múltiplos projetos.

Modelo Matemático	Características
Laslo (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo matemático paramétrico</li> <li>• Otimização de recursos</li> <li>• Minimização de penas contratuais</li> <li>• Transferência de recursos em diversos</li> <li>• Projetos por um período pré-determinado</li> </ul>
Dantas Filho e Gomes (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo matemático não paramétrico</li> <li>• Chaves aleatórias para o tratamento de duração das atividades</li> <li>• Algoritmo genético para definição de prioridades e parametrização de duração das atividades</li> <li>• Procura definir cronograma com a melhor solução possível</li> </ul>
Müller, Rodrigues e Gómez (2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo matemático paramétrico</li> <li>• Utiliza o tempo total de parada e atraso das atividades</li> <li>• Algoritmo genético responsável pelo sequenciamento das atividades</li> <li>• Busca do melhor sequenciamento de atividades</li> </ul>

**Figura 1: Descrição dos modelos matemáticos para alocação de recursos em múltiplos projetos**

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados da pesquisa.

Dos 3 modelos restantes, apenas 1 modelo possui sua abordagem não paramétrica –proposto por Dantas Filho e Gomes (2015), modelo este adotado nesta pesquisa, por se tratar de ser um modelo com maior aderência ao tratamento do RCPSP (Penha *et al.*, 2016).

De acordo com Gonçalves, Mendes e Resende (2004), os algoritmos não paramétricos são categorizados como algoritmos adaptativos, podendo ser utilizados para resolverem problemas relacionados à otimização de operações. Pacheco e Santoro (1999) classificam estes algoritmos como robustos e de fácil adaptação computacional. Se forem bem codificados, estes algoritmos são capazes de progredir as soluções para os problemas do mundo real, incluindo os problemas de otimização – origem do RCPSP.

O modelo proposto por Dantas Filho e Gomes (2015) tem como principal característica a heterogeneidade dos recursos humanos utilizados no processo de otimização. O processamento do modelo procurará estabelecer a alocação de recursos nas atividades de diversos projetos em busca do menor custo. Para isso, os algoritmos genéticos utilizados na alocação levam em consideração o custo e a coerência do uso do recurso humano no desempenho da atividade. A composição do modelo proposto por Dantas Filho e Gomes (2015) é demonstrado na Figura 2.

A Figura 3 demonstra a relação de variáveis utilizadas como parâmetro de entrada e para apoio ao processamento do modelo proposto por Dantas Filho e Gomes (2015).

Por fim, a Figura 4 demonstra os algoritmos matemáticos utilizados por Dantas Filho e Gomes (2015) para tratamento do RCPSP.

O modelo descrito na Figura 2 demonstra as durações de diversos projetos e a suas respectivas atividades que serão executadas por recursos disponíveis na organização, destacados nos conjuntos R, I, A e P. Os projetos em execução são demonstrados no conjunto PROJETOS, e as atividades a serem iniciadas em um determinado momento é representado no conjunto Início. O valor financeiro de cada projeto está representado no conjunto Valor (p).

Com o objetivo de potencializar as alocações de recursos nas atividades de diversos projetos, em que cada par associado de recurso-atividade desempenhado levará em conta o custo e a duração para execução de uma determinada atividade, representada nos conjuntos Estimativa(r,a) e Custo(r,a). Para isso, deve-se respeitar a disponibilidade de cada recurso, por meio do conjunto Disp(r). O modelo considera que os recursos são heterogêneos, possuindo, assim, as mesmas competências

Conjuntos	
<b>I</b>	Instante no momento “h” para a realização do projeto (1...h)
<b>R</b>	Recursos associados a cada projeto (1...n)
<b>A</b>	Atividades de cada projeto (1...m)
<b>PROJETOS</b>	Projetos que farão parte do processo de alocação (1...k)
<b>RA (r,a)</b>	Aponta os recursos “r” com afinidade a desempenhar a atividade “a”
<b>AI (a,i)</b>	Aponta as atividades “a” designada a cada instante “i”
<b>PA (p,a)</b>	Aponta as atividades “a” que constam no projeto “p”
<b>PAI (p,a,i)</b>	Aponta no projeto “p” as atividades “a” alocadas no momento “i”
<b>RAI (r,a,i)</b>	Recursos “r” que podem executar uma determinada atividade “a” no instante “i”
<b>PRAI (p,r,a,i)</b>	Projeto “p”, onde os recursos “r” podem executar a atividade “a” no momento “i”
<b>Início (p,a,i)</b>	Determina que a atividade “a” comece no instante “i”
Parâmetros	
<b>Disp (r)</b>	Disponibilidade do recurso “r”
<b>Custo (r,a)</b>	Custo associado à unidade de tempo para que um recurso “r” execute uma determinada atividade “a”
<b>Estimativa (r,a)</b>	Estimativa de tempo para que o recurso “r” execute a atividade “a”
<b>Duração (a)</b>	Aponta os recursos “r” com afinidade a desempenhar a atividade “a”
<b>Valor (p)</b>	Valor financeiro do projeto “p”

**Figura 2: Composição do modelo matemático proposto por Dantas e Gomes (2015)**

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Dantas Filho e Gomes (2015).

<b>X (r,a)</b>	= $\begin{cases} 1, \text{ se o recurso "r" será usado para executar a atividade "a"} \\ 0, \text{ caso negativo} \end{cases}$
<b>M (r,a)</b>	= duração para que o recurso “r” realize a atividade “a”
<b>Y (p,r,a,i)</b>	= $\begin{cases} 1, \text{ se no projeto "p" o recurso "r" será usado na atividade "a" no momento "i"} \\ 0, \text{ caso negativo} \end{cases}$
<b>Z (p)</b>	= $\begin{cases} 1, \text{ se o projeto "p" é o selecionado} \\ 0, \text{ caso negativo} \end{cases}$

**Figura 3: Variáveis do modelo matemático para tratamento ao RCPSP**

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Dantas Filho e Gomes (2015).

$Minimizar \sum_{p \in \text{Projetos}} Valor_p Z_p - \sum_{r \in R} \sum_{a \in A} Custo_{r,a} M_{r,a}$	(Eq. 1)
$\sum_{r,a \in RA} M_{r,a} \leq Disp_r, \forall r \in R$	(Eq. 2)
$\sum_{(r,a) \in RA} Y_{r,a,i} = Z_p, \forall (p,a,i) \in Início$	(Eq. 3)
$\sum_{(p,a,i) \in PAI} Y_{r,a,i} = M_{ra}, \forall (r,a) \in RA$	(Eq. 4)
$Estimativa_{r,a} X_{r,a} \leq Duracao_a X_{r,a}, \forall (r,a) \in RA$	(Eq. 5)
$X_{r,a} \in \{0,1\}, \forall (r,a) \in RA$	(Eq. 6)
$Y_{p,r,a,i} \in \{0,1\}, \forall (p,r,a,i) \in PAI$	(Eq. 7)
$Z_p \in \{0,1\}, \forall p \in \text{Projetos}$	(Eq. 8)

**Figura 4: Fórmulas matemáticas utilizadas para tratamento ao RCPSP**

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Dantas Filho e Gomes (2015).

para realização de um conjunto de atividades de diversos projetos. Nesse ponto, o objetivo do modelo é garantir que um recurso, sem a devida competência, execute uma determinada atividade.

Existem algumas restrições para a execução do modelo. A primeira sustenta que os processos de alocação dos recursos não podem transcender a sua respectiva disponibilidade (Eq. 2). A segunda restrição diz que um determinado recurso deve se manter alocado desde o início até o final de execução de uma determinada atividade, sem interrupções (Eq. 4). A terceira restrição assinala que para o início de uma determinada atividade deverá existir um respectivo recurso disponível para alocação. Para isso, a restrição também considera a atividade e seu respectivo projeto associado (Eq. 3).

Para a execução da função objetivo, o modelo seleciona a alocação de um determinado recurso levando em consideração o menor custo e o projeto relacionado. Para isso, a função objetivo determina que para o início de uma determinada atividade deverá existir um respectivo recurso disponível para alocação. O modelo estabelece, dentro

de um conjunto de projetos simultâneos e concorrentes, quais serão os projetos que possuirão desempenho financeiro. Em seguida, os recursos humanos disponíveis deverão ser alocados nas atividades dos diversos projetos com a finalidade de se alcançar o menor custo possível (Eq. 1), em que o processo de tomada de decisão para a execução do modelo é representado pelas equações (Eq. 6, Eq. 7 e Eq. 8).

Importante salientar que o modelo não distingue ou prioriza atividades de qualquer projeto. Outro fator determinante é que o modelo não reconsidera o caminho crítico dos projetos, uma vez que as tarefas em seu momento inicial possuem durações, momento para execução e sequenciamento definidos. Importante destacar que o modelo matemático tem como objetivo principal minimizar o custo total dos projetos, por meio da alocação dos recursos humanos disponíveis nas atividades dos projetos.

## 4.2 Pesquisa em base de dados de patentes de domínio público

Seguramente as patentes são vistas como bases ricas de informações técnicas, capazes de garantir que o conhecimento técnico qualificado possa ser extraído através de consultas a base de dados de acesso público (Yeap, Loo & Pang, 2003). Desse modo, a pesquisa e a classificação de patentes se tornam uma fonte importante de informação além de permitir encontrar oportunidades por parte das empresas de novos produtos ou tecnologias (Quoniam, Kniess & Mazzieri, 2014).

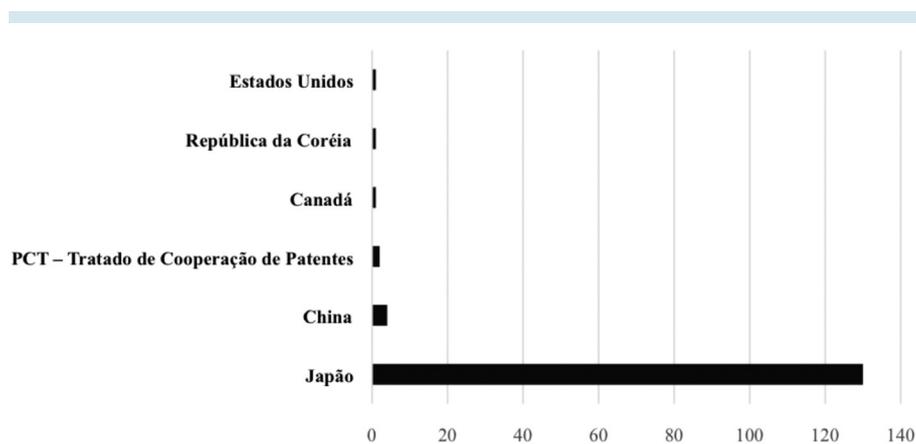
Em relação aos resultados, a pesquisa na base de patentes de domínio público retornou 139 patentes. Em se tratando dos maiores depositantes, o Japão se destaca com 130 patentes, e a China é o segundo maior depositante com 4 patentes. O resultado com o cenário de todos os depositantes é demonstrado na Figura 5.

Na sequência, foi feita a análise das classificações das patentes. O objetivo foi obter

dados sobre as tecnologias aplicadas ao tratamento de RCPSP. Com o resultado, foi possível identificar as classificações de patentes relacionadas ao uso de tecnologia. Vale salientar que uma única patente pode possuir mais de uma classificação.

Após a classificação, 122 patentes foram lidas com o objetivo de identificar modelos matemáticos que abordam a possível solução para o RCPSP. 115 patentes foram descartadas, pois abordavam o tratamento do RCPSP apenas de forma conceitual, sem adoção de modelos matemáticos. As 7 patentes restantes abordaram modelos matemáticos para abordagem do RCPSP. Das 7 patentes, 3 patentes referem-se ao uso de modelos matemáticos de origem paramétrica, que foram descartadas por não possuírem desempenho para ambiente de múltiplos projetos (Penha *et al.*, 2012). Já as outras 4 patentes estão relacionadas aos modelos matemáticos de origem não paramétrica com adoção de algoritmos genéticos – características apresentadas no modelo matemático proposto por Dantas Filho e Gomes (2015). A Figura 6 apresenta a lista com as patentes que apresentam algum modelo matemático para a solução do RCPSP. É apresentado o número da publicação, o país depositante, o ano de depósito, o inventor, a classificação da patente e o tipo de tecnologia adotada na solução.

Por critério de similaridade de equações matemáticas com o modelo proposto por Dantas Filho e Gomes (2015) e aderência à função objetivo proposta pelo autor, adotou-se como fonte de estudo a patente de número JPH08315028.



**Figura 5: Países depositantes de patentes de domínio público que abordam o RCPSP**

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados da pesquisa.

Número da publicação	Depositante	Ano	Inventor	Classificação da patente	Tecnologia adotada na solução
CN103440533 (A)	China	2013	Wang Junqiang, Cui Fudong, Zhang Chengwu, Guo Yinzhou, Wang Shuo, Yang Hongan, Sun Shudong	G06Q10/04 G06Q50/04	Modelo matemático paramétrico.
KR20120138549 (A)	Coreia do Sul	2011	Kim Dong Won, Lee Jong-young, Cho	G06Q50/04 G06F19/00 G06Q10/08	Modelo matemático paramétrico
CN102222274 (A)	China	2011	Gongmao, Liu Fang, Shang Ronghua, Chang Weiyuan, Zhang Xiaolin, Yan Yutao, Li Yangyang, Jiao Licheng, Hao Hongxia, Ma Wenping	G06Q10/00	Modelo matemático paramétrico.
CN101630380 (A)	China	2009	Gongmao, Fang Liu, Xia Zhuchang, Shang Ronghua, Yan Yutao, Jiao Licheng, Hao Hongxia, Ma Wenping	G06Q10/00	Modelo matemático não paramétrico com uso de algoritmo genético, sem uso computacional
JPH08315028 (A)	Japão	1995	Takeshi Yamada, Samurai Yamada	B23Q41/08 B65G61/00 G05B19/418 G06Q50/00 G06Q90/00 G06F17/60 B23Q41/08	Modelo matemático não paramétrico com uso de algoritmo genético.
JPH09282359 (A)	Japão	1996	Takeshi Yamada, Samurai Yamada	G05B19/418 B65G61/00 G06F19/00 G06Q50/00 G06F17/60	Modelo matemático paramétrico.
JPH05225203 (A)	Japão	1992	Takeshi Yamada, Samurai Yamada	G05B19/418 B65G61/00 G06F19/00 G06N3/00 G06Q50/00 G06F15/20 G06F15/21	Modelo matemático não paramétrico com uso de algoritmo genético, limitado a modelo RCPSP 2x2.

**Figura 6. Classificação das patentes que abordam o RCPSP**

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados da pesquisa.

### 4.3 Descrição da Função Objetivo para Execução do Modelo Matemático

A função objetivo acessará o modelo computacional proposto em dois momentos: no processo de alocação inicial dos recursos humanos nos diversos projetos e para a realocação de recurso(s) humano(s) em projeto(s) em execução.

Os requisitos necessários para o uso da função objetivo são: a) uma lista de recursos humanos disponíveis,

as competências e o nome de cada recurso, o seu valor hora de trabalho e as tarefas que pode executar, como: desenvolvimento, análise, testes, homologação e implantação; b) uma lista de tarefas a ser executadas em cada projeto, contendo o nome de cada projeto, suas respectivas tarefas, a duração de cada tarefa (em horas), e a relação de precedência entre as tarefas. Estes requisitos foram estabelecidos pelo autor para execução da função objetivo em relação ao uso das funções matemáticas propostas por Dantas Filho e Gomes (2015) e pela patente JPH08315028.

O modelo proposto calcula o tempo para o término dos projetos e os possíveis desvios de prazo em relação ao prazo planejado. Os prazos dos projetos realocados serão apresentados em forma de grafos. Os grafos representam cenários distintos, o que os tornam uma ferramenta de apoio ao processo de tomada de decisão sobre qual projeto terá maior ou menor impacto negativo financeiro. Esta premissa está em consonância com o proposto por Ichihara (2002), pois o autor afirma que estabelecer a melhor relação entre alocação de recurso-atividade pode contribuir para diminuir os problemas de escalonamento de atividades de projetos.

Porém, vale ressaltar que o objetivo do modelo será otimizar a alocação inicial dos recursos humanos disponíveis nas diversas atividades dos projetos aprovados e com execução paralela. O modelo proposto considerará que os recursos humanos não possuem competências distintas para realização do conjunto de atividades nos projetos. Assim, para sua execução, o modelo estipulará as seguintes premissas: (1) garantir que um recurso sem a devida competência execute uma determinada atividade; (2) o processo de alocação dos recursos não pode transcender a sua respectiva disponibilidade; (3) um determinado recurso deve ser mantido alocado desde o início até o final de execução de uma determinada atividade e (4) o modelo não distingue ou prioriza atividades de qualquer projeto.

A Figura 7 demonstra os parâmetros de entrada da função objetivo do modelo computacional proposto.

A Figura 8 demonstra a função objetivo modelo proposto.

A Figura 9 apresenta a lógica de execução da função objetivo do modelo matemático para tratamento do RCPSp.

Com os grafos recalculados, serão apresentados ao usuário os grafos de menor e maior impacto, possibilitando assim, a escolha da melhor opção de alocação. O fato de a função objetivo levar em consideração o menor tempo de alocação de um determinado recurso humano vai ao encontro do que foi estabelecido por Fairley (1994), Moynihan (1997) e Li e Xu (2018). Os autores afirmam que realizar, o

mais rápido possível, a liberação de um recurso para atuação em atividades de outros projetos contribui para minimizar os problemas associados ao escalonamento, como os desvios de prazos e o aumento dos custos das atividades.

#### 4.4 Modelo Computacional Proposto

De posse do modelo matemático e da função objetivo, foi possível elaborar um modelo computacional para tratamento ao RCPSp. O modelo computacional proposto para esta pesquisa foi desenvolvido sob os padrões da arquitetura orientada a serviços e desenvolvido sob a plataforma *Microsoft Visual Studio 2017*, utilizando as linguagens de programação *ASP NET MVC* e *Microsoft C#*.

Parâmetros de entrada	
Rh	Recurso humano não disponível
Rd	Recurso humano disponível
Cp	Competência

Figura 7: Parâmetros de entrada da função objetivo

Fonte: Elaborado pelo autor.

Função	Descrição
$Rd = \text{RecursoDisponivel}(Cp)$	Busca Rd com determinada Cp em data possível no grafo de alocações do Rd. Valida com calendário de disponibilidade de horários para alocação do Rd.

Figura 8: Descrição da função objetivo

Fonte: Elaborado pelo autor.

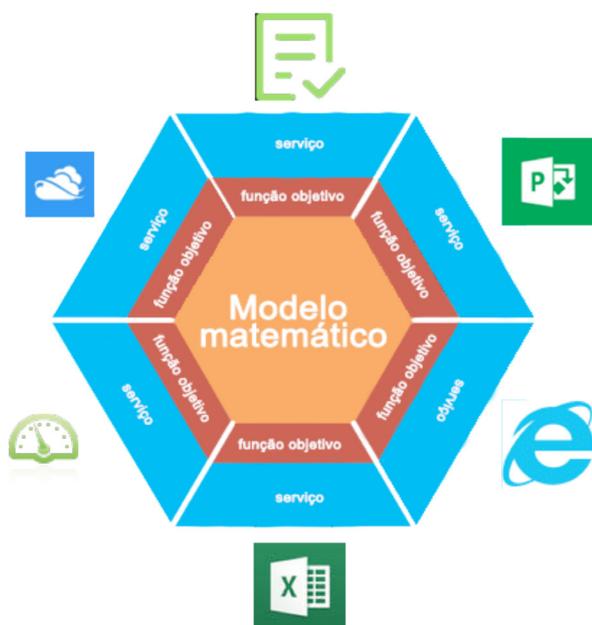
```

Quanto da alocação de Rh:
{
    Inicia o laço no Rh que está no projeto que tem o menor tempo de execução.
    Monta grafo de execução do projeto que cederá o recurso.
    Monta grafo de execução do projeto que receberá o recurso.
    Move Rh um para frente.
    Será fim do laço quando não houver mais recursos a testar.
}
    
```

Figura 9: Lógica da execução da função objetivo

Fonte: Elaborado pelo autor.

A arquitetura do modelo computacional proposto é apresentada na Figura 10.



**Figura 10: Modelo computacional proposto para alocação de recursos humanos em múltiplos projetos**

Fonte: elaborado pelo autor.

Em relação à sua composição, o modelo é dividido em três partes: (1) camada de serviços, (2) função objetivo e (3) modelo matemático para tratamento do RCPSP.

A camada de serviços é responsável por exibir os dados referentes aos projetos e fazer a interação com o núcleo do sistema. Os serviços serão executados em um servidor virtual, hospedado na plataforma de nuvem da *Microsoft Azure* como *Infrastructure as a Service* (IaaS). Devido a flexibilidade e o baixo acoplamento de tecnologia existente no modelo proposto, os serviços poderão ser utilizados por *softwares* de elaboração de cronogramas, como o *Microsoft Project*, Primavera ou *Open Project*, podem estar disponíveis para uso por aplicativos de acesso *Mobile*, para integração por sites ou outros serviços disponíveis na internet.

A finalidade da função objetivo do modelo é otimizar a alocação dos recursos humanos disponíveis nas diversas atividades dos projetos em andamento e com execução paralela, compondo assim cenários para auxiliar o processo de tomada de decisão pelos gestores em caso de restrições propostas pelo RCPSP.

Já o núcleo do modelo computacional proposto é formado por um conjunto de algoritmos matemáticos sob o modelo proposto por Dantas Filho e Gomes (2015) e pela patente de número JPH08315028. Os algoritmos visam estabelecer a melhor alocação de recursos nas atividades de diversos projetos em busca do menor custo e tempo no processo de alocação. Para isso, levam em consideração o custo e a coerência do uso do recurso humano no desempenho de uma atividade.

#### 4.5 Validação do Modelo Computacional Proposto pelo GF

O modelo computacional proposto nesta pesquisa foi apresentado ao GF formado por gestores de projetos, que apresentaram suas opiniões em relação ao modelo computacional proposto frente ao processo de alocação inicial ou realocação de recursos nos projetos. As respostas são demonstradas na Figura 11.

Categoria	Descrição
Contribuições	A velocidade proporcionada pelo uso do modelo pode ajudar a reduzir o tempo de alocação e a liberar gestores e líderes para outras atividades gerenciais; Uso do modelo como apoio à disputa de alocação de um ou mais recursos em busca de performance; Uso do modelo para identificar os caminhos críticos de alocação.
Melhorias	Verificar a possibilidade de o modelo ajustar a folga entre as atividades entre os diversos projetos concorrentes de um mesmo recurso; Uso do modelo para cálculo de estimativas de atividades com mesmo perfil de execução;
Restrições	Sugestão de emprego do modelo por 3 meses para validações e possíveis ajustes de desempenho.

**Figura 11: Feedback do GF em relação ao uso do modelo computacional proposto**

Fonte: elaborado pelo autor com base nos resultados da pesquisa.

As respostas foram agrupadas em três categorias: (1) Contribuições, categoria que os gestores apresentaram as possíveis contribuições o uso do modelo computacional.

cional proposto no processo de alocação inicial ou na realocação de recursos nos projetos; (2) Melhorias, no qual foram apresentados possíveis processos que podem ser adicionados aos modelo computacional proposto; e (3) Restrições, que demonstram as possíveis restrições de uso do modelo proposto.

## 5 Conclusões

O presente estudo procurou apresentar um modelo computacional baseado em uma arquitetura orientada a serviços no processo de alocação de recursos humanos em projetos de TI nas organizações. O uso de um modelo computacional como ferramenta de apoio ao processo de alocação de recursos humanos em projetos de TI pode contribuir para minimizar os impactos provocados pelo RCPSP.

Sob a ótica gerencial, o modelo proposto poderá contribuir na redução de tempo no processo de elaboração do cronograma dos gestores, uma vez que no cenário atual das organizações, em caso de restrições de alocação de recursos em atividades, os gestores efetuam os possíveis cenários manualmente e estão suscetíveis a erros. Com a possível redução de tempo na montagem do cronograma proposta pelo uso do modelo computacional proposto, os gestores podem focar suas competências em outras atividades gerenciais, como intensificar o controle e monitoramento dos projetos em busca de aumento da qualidade de entrega ou para participar, antecipadamente, de atividades associadas a novos projetos que farão parte do portfólio de projetos das organizações.

Outra contribuição apresentada pelo GF está relacionada a redução da disputa interna da organização na alocação de recursos humanos nos projetos. Por meio do uso do modelo computacional proposto, o resultado esperado será a alocação eficaz e eficiente dos recursos humanos limitados, de alta capacidade técnica e intelectual nos diversos projetos das empresas. Ao observar a lógica de execução do modelo proposto, pode-se recomendar que as organizações, frente aos problemas causados pelo escalonamento de recursos, deixem de tratar seus recursos humanos por meio da visão tradicional de gerenciamento de projetos, na qual são interpretados como temporários, de caráter único e dedicados para um projeto (Keelling,

2006; PMI, 2017; Kerzner, 2016), para uma visão em que o recurso deixa de ser exclusivo por projeto e passa a ser alocado em alguma atividade de algum projeto dentro de suas competências em busca de aumento de desempenho (Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 2001; Artto & Martinsuo, 2013), contribuindo assim com as técnicas de GP tradicionais relacionadas à alocação de recursos humanos, como o gráfico de *Gantt*, PERT e CPM.

Em se tratando das melhorias sugeridas pelo GF, o modelo computacional proposto é parte de um projeto maior. Em uma próxima fase, o modelo computacional será desenvolvido e aplicado por meio de um estudo de caso em uma empresa de desenvolvimento de *softwares*. O modelo será aplicado em um conjunto de projetos e os resultados serão comparados por meio do gerenciamento do valor agregado (*EVM – Earned Value Management*), resultante da alocação de recursos com uso do modelo computacional em relação ao processo atual de alocação da empresa. Foi escolhido o cálculo EVM por ser considerada uma técnica para avaliar o progresso e o desempenho de projetos em relação ao custo e tempo (PMI, 2017), o que permite avaliações relacionadas aos desvios no desempenho de prazo e custo do projeto (Carvalho; Rabechini Jr, Paula Pessoa & Laurindo, 2005; Artto & Martinsuo, 2013).

O GF apontou como possível melhoria o emprego do modelo computacional proposto para sugerir estimativas de atividades com mesmo perfil de escopo e execução, o que será abordado em um estudo futuro, abordando as lições aprendidas e a base histórica de projetos das organizações estudadas.

Em relação ao uso de ferramentas para controle e gerenciamento recursos, o modelo computacional proposto poderá ser utilizado como apoio às ferramentas de auxílio ao desenvolvimento de cronogramas, como o *Microsoft Project*, o *Primavera* e o *Open Project*. O objetivo será suprimir as limitações em relação ao gerenciamento otimizado de recursos (Abrahamsson *et al.*, 2017), além de permitir que modelo contribua para minimizar o tempo gasto pelos gestores no processo manual de alocação de recursos.

O modelo computacional elaborado nesse trabalho foi construído sob a ótica de uma arquitetura orientada a serviços, apresentando flexibilidade e agilidade para implementação em organizações com suporte a um maior

número de projetos. Porém, este trabalho se limita apenas a apresentação de um modelo computacional e ao uso exclusivo de projetos de TI. Nesse sentido, tais limitações geram uma ampla oportunidade de realizações de estudos futuros, como a construção e a aplicação do modelo computacional proposto em projetos de TI e comparar os resultados de projetos pelas técnicas atuais de gestão de projetos e pelo uso do modelo computacional, sugerido pelo GF. Outra possibilidade de trabalho futuro é aplicar o modelo proposto em empresas de e fora do segmento de TI e comparar os resultados.

## Referências

- Abrahamsson, P., Salo, O., Ronkainen, J., & Warsta, J. (2017). Agile software development methods: Review and analysis. *arXiv preprint arXiv:1709.08439*.
- Agarwal, A., Colak, S., & Erenguc, S. (2011). A neurogenetic approach for the resource-constrained project scheduling problem. *Computers & Operations Research*, 38(1), 44-50.
- Akers, S. B. (1956). A graphical approach to production scheduling problems. *Oper. Res.*, 4(2), 244-245.
- Alam, K. A., Ahmad, R., Akhuzada, A., Nasir, M. H. N. M., & Khan, S. U. (2015). Impact analysis and change propagation in service-oriented enterprises: A systematic review. *Information Systems*, 54, 43-73.
- Arkipov, D., Battaia, O., & Lazarev, A. (2019). An efficient pseudo-polynomial algorithm for finding a lower bound on the makespan for the Resource Constrained Project Scheduling Problem. *European Journal of Operational Research*, 275(1), 35-44.
- Artto, K. A., Martinsuo, M., & Aalto, T. (2013). *Project portfolio management: Strategic management through projects*. Project Management Association Finland.
- Barbosa, E. F. (1998). Instrumentos de coleta de dados em pesquisas educacionais. *Educativa, out*.
- Blazewicz, J., Lenstra, J. K., & Kan, A. R. (1983). Scheduling subject to resource constraints: classification and complexity. *Discrete Applied Mathematics*, 5(1), 11-24.
- Brucker, P., Drexl, A., Möhring, R., Neumann, K., & Pesch, E. (1999). Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods. *European journal of operational research*, 112(1), 3-41.
- Carvalho, M. M., Rabechini Jr, R., Paula Pessôa, M. S., & Laurindo, F. J. B. (2005). Equivalência e completude: análise de dois modelos de maturidade em gestão de projetos. *Revista de Administração-RAUSP*,(3), 289-300.
- Cheng, P. C., & Barone, R. (2017). Representing complex problems: A representational epistemic approach. In *Learning to solve complex scientific problems* (pp. 97-130). Routledge.
- Clement, S. J., McKee, D. W., & Xu, J. (2017). Service-oriented reference architecture for smart cities. In *2017 IEEE symposium on service-oriented system engineering (SOSE)*(pp. 81-85). IEEE.
- Chand, S., Singh, H., & Ray, T. (2019). Evolving heuristics for the resource constrained project scheduling problem with dynamic resource disruptions. *Swarm and evolutionary computation*, 44, 897-912.
- Condotta, A., Knust, S., Meier, D., & Shakhlevich, N. V. (2013). Tabu search and lower bounds for a combined production–transportation problem. *Computers & Operations Research*, 40(3), 886-900.
- Cooper, D. R., Schindler, P. S. (2016). *Métodos de pesquisa em administração*. Porto Alegre: Bookman.
- Cooper, R. G., Edgett, S. J., & Kleinschmidt, E. J. (2001). *Portfolio management for new products*. Basic Books.
- Dantas Filho, E., & Gomes, M. J. N. (2015). Modelos para Alocação de Recursos Humanos de Diferentes Perfis em Projetos de TI. *Revista de Gestão e Projetos-GeP*, 6(1), 63-78.
- Fairley, R. (1994). Risk management for software projects. *IEEE software*,11(3), 57.
- Flyvbjerg, B., & Budzier, A. (2011). Why your IT project may be riskier than you think. *Harvard Business Review*, 89(9), 601-603.
- Habibi, F., Barzinpour, F., & Sadjadi, S. (2018). Resource-constrained project scheduling problem: review of past and recent developments. *Journal of project management*, 3(2), 55-88.
- Hamzehloui, M. S., Sahibuddin, S., & Ashabi, A. (2019). A Study on the Most Prominent Areas of Research in Microservices. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 9(2).
- Hartmann, S. (2013). Project scheduling with resource capacities and requests varying with time: a case study. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 25(1-2), 74-93.
- Hartmann, S. (2015). Time-varying resource requirements and capacities. In *Handbook on Project Management and Scheduling Vol. 1* (pp. 163-176). Springer, Cham.

- Ho, K. C. (2005). *Technological development of Hong Kong textile and clothing industry: A 'technometric' approach* (Doctoral dissertation, Hong Kong Polytechnic University (Hong Kong)).
- Ichihara, J. D. A. (2002). Problema de programação de projetos com restrição de recursos (resource-constrained project scheduling problem). *ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 22.
- Kadri, R. L., & Boctor, F. F. (2018). An efficient genetic algorithm to solve the resource-constrained project scheduling problem with transfer times: The single mode case. *European Journal of Operational Research*, 265(2), 454-462.
- Kannimuthu, M., Raphael, B., Palaneeswaran, E., & Kuppuswamy, A. (2019). Optimizing time, cost and quality in multi-mode resource-constrained project scheduling. *Built Environment Project and Asset Management*, 9(1), 44-63.
- Keelling, R. (2006). Gestão de projetos: uma abordagem global. In *Gestão de projetos: uma abordagem global*.
- Kelley, J. E. (1963). The critical-path method: Resources planning and scheduling. *Industrial scheduling*, 13, 347-365.
- Kerzner, H. (2016). *Gestão de Projetos: As Melhores Práticas*. Bookman Editora.
- Kidder, L. H. (1987). Métodos de pesquisa nas relações sociais. São Paulo: EPU, 2, 15-48.
- Kurtulus, I. S., & Narula, S. C. (1985). Multi-project scheduling: Analysis of project performance. *IIE transactions*, 17(1), 58-66.
- Lageweg, B. J., Lenstra, J. K., & Rinnooy Kan, A. H. G. (1977). Job-shop scheduling by implicit enumeration. *Management Science*, 24(4), 441-450.
- Laslo, Z. (2010). Project portfolio management: An integrated method for resource planning and scheduling to minimize planning/scheduling-dependent expenses. *International Journal of Project Management*, 28(6), 609-618.
- Li, K., Xiao, W., & Yang, S. L. (2019). Scheduling uniform manufacturing resources via the Internet: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 50, 247-262.
- Li, F., & Xu, Z. (2018). A multi-agent system for distributed multi-project scheduling with two-stage decomposition. *PLoS one*, 13(10), e0205445.
- Majchrowicz, B., & Wierzchoń, M. (2018). Unexpected action outcomes produce enhanced temporal binding but diminished judgement of agency. *Consciousness and cognition*, 65, 310-324.
- Münscher, R., Vetter, M., & Scheuerle, T. (2016). A review and taxonomy of choice architecture techniques. *Journal of Behavioral Decision Making*, 29(5), 511-524.
- Minayo, M. C. S. (2011). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Editora Vozes Limitada.
- Mingozzi, A., Maniezzo, V., Ricciardelli, S., & Bianco, L. (1998). An exact algorithm for the resource-constrained project scheduling problem based on a new mathematical formulation. *Management Science*, 44(5), 714-729.
- Mohanty, R. U., & Siddiq, M. K. (1989). Multiple projects-multiple resources-constrained scheduling: some studies. *The International Journal of Production Research*, 27(2), 261-280.
- Moynihan, T. (1997). How experienced project managers assess risk. *IEEE software*, 14(3), 35-41.
- Moreira, J. R. P., & Silva, P. C. D. (2013). It management model for financial report issuance and regulatory and legal compliance. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 10(3), 597-620.
- Noori, S., & Taghizadeh, K. (2018). Multi-Mode Resource Constrained Project Scheduling Problem: A Survey of Variants, Extensions, and Methods. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 29(3), 293-320.
- Osei-Kyei, R., & Chan, A. P. (2015). Review of studies on the Critical Success Factors for Public-Private Partnership (PPP) projects from 1990 to 2013. *International Journal of Project Management*, 33(6), 1335-1346.
- Pacheco, R. F., & Santoro, M. C. (1999). Proposta de Classificação Hierarquizada dos Modelos de Solução para o Problema de Job Shop Scheduling. *GESTÃO E PRODUÇÃO, Revista do Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Carlos*, 1-15.
- Palacios, J. J., González, M. A., Vela, C. R., González-Rodríguez, I., & Puente, J. (2015). Genetic tabu search for the fuzzy flexible job shop problem. *Computers & Operations Research*, 54, 74-89.
- Papazoglou, M. P. (2003). Service-oriented computing: Concepts, characteristics and directions. In *Web Information Systems Engineering, 2003. WISE 2003. Proceedings of the Fourth International Conference on* (pp. 3-12). IEEE.
- PatentScope. (2018). Disponível em: <<http://www.wipo.int/pct/pt/>>. Acesso em: 24 de março de 2018.

- Penha, R., de Camargo Guerrazzi, L. A., de Andrade, D. C. T., & Cintra, R. F. (2017). Produção Científica sobre Resource-Constrained Project Scheduling Problem: Um Estudo Bibliométrico e Bibliográfico. *Revista de Gestão e Projetos-GeP*, 8(2), 71-86.
- Penha, R., Kniess, C. T., Bergmann, D. R., & Biancolino, C. A. (2012). Avaliação de modelos matemáticos para resolução de Job Shop Problem com utilização de recursos humanos especialistas em projetos. *Revista de Ciências da Administração*, 14(34), 118-130.
- Penha, R., Kniess, C. T., Bergman, D. R., & Biancolino, C. A. (2014). Emprego de Técnicas de Gerenciamento de Riscos Técnicos em uma Empresa de Desenvolvimento de SoftwareSoftwares. *Revista Gestão e Tecnologia*, 14, 151-173.
- Penha, R., Kniess, C. T., & Quoniam, L. (2016). O uso de informações de patentes para identificar modelos matemáticos utilizados para o tratamento de Job Shop Problem. *Revista PRISMA. COM*, (29).
- Plekhanova, V. (2018). A Capability and Compatibility Approach to Modelling of Information Reuse and Integration for Innovation. In *International Conference on Emerging Internetworking, Data & Web Technologies* (pp. 383-393). Springer, Cham.
- Pressman, R., & Maxim, B. (2016). *Engenharia de Software-8ª Edição*. McGraw Hill Brasil.
- Project management institute [PMI]. (2017). Guide to the project Management body of knowledge - Sixth Edition. *Project Management Institute, Pennsylvania USA*.
- Quoniam, L., Kniess, C. T., & Mazzieri, M. R. (2014). A patente como objeto de pesquisa em Ciências da Informação e Comunicação. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 19(39), 243-268.
- Sabar, N. R., Turkey, A., & Song, A. (2018). A genetic programming based iterated local search for software project scheduling. In *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference* (pp. 1364-1370). ACM.
- Santos Rocha, R., & Fantinato, M. (2013). The use of softwares product lines for business process management: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 55(8), 1355-1373.
- Standish Group. (2017). The Chaos Report. Disponível em: <<https://www.projectsmart.co.uk/white-papers/chaos-report.pdf>>. Acesso em: 10 de março de 2017.
- Theóphilo, C. R., & Martins, G. D. A. (2009). Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. *São Paulo: Atlas*, 2, 104-119.
- Todorović, M. L., Petrović, D. Č., Mihić, M. M., Obradović, V. L., & Bushuyev, S. D. (2015). Project success analysis framework: A knowledge-based approach in project management. *International Journal of Project Management*, 33(4), 772-783.
- Van Den Eeckhout, M., Maenhout, B., & Vanhoucke, M. (2019). A heuristic procedure to solve the project staffing problem with discrete time/resource trade-offs and personnel scheduling constraints. *Computers & Operations Research*, 101, 144-161.
- Vanti, N. A. P. (2002) Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. *Ciência da Informação*, v.31, n.2, p. 152-162.
- Yeap, T., Loo, G. H., & Pang, S. (2003). Computational patent mapping: intelligent agents for nanotechnology. In *IEEE Proceedings of International Conference on MEMS, NANO and smart systems* (pp. 274-278).