

## E-Alloc - *Software* em *cloud computing* para alocação de recursos humanos em múltiplos projetos

### 1. INTRODUÇÃO

As técnicas de alocação dos recursos humanos em projetos, como o PERT (Program Evaluation and Review Technique) e CPM (Critical Path Method), são marcadas por restrições em um cenário de múltiplos projetos. Tais restrições ocorrem devido a estas técnicas) retratam as interligações das atividades por meio da utilização de diagrama de redes, lidando apenas com o aspecto do tempo sem considerar as restrições do uso de recursos, originando assim tradicional problema com mais de 40 anos de existência em gerenciamento de projetos, conhecido como *Resource-Constrained Project Scheduling Problem* (RCPSP).

O RCPSP é considerado um problema de programação combinatória de difícil solução (Akers & Friedman, 1955), onde o alto número de combinações possíveis pode ser considerado uma tarefa de alta complexidade e de grande dificuldade de ser executada em um tempo computacional hábil (Kurtulus, I. S., Narula, 1985; Mohanty & Siddiq, 1989). Dentro do contexto do gerenciamento de projeto, este problema possui relação direta com os processos de alocação de recursos humanos em atividades de múltiplos projetos (Agarwal, Colak, & Erenguc, 2011; Blazewicz, J., Lenstra, J.K., Rinnooy Kan, 1983; Sönke, 2013). O desafio de execução do RCPSP 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).

Nesse cenário, marcado por um conjunto de restrições relacionadas ao processo de alocação de recursos humanos em múltiplos projetos, este relato tem como objetivo desenvolver um *software* em arquitetura orientada a serviços hospedado em *cloud computing* para apoio ao processo de alocação de recursos humanos em múltiplos projetos. O *software* desenvolvido foi aplicado em uma empresa de desenvolvimento de *softwares*, através de uma pesquisa-ação.

Os resultados demonstraram tempos de alocações consideravelmente baixos em relação às alocações realizadas por meio das técnicas tradicionais de gerenciamento de projetos da empresa, desse modo, demonstrando ser uma ferramenta de apoio à montagem de cronogramas.

Em se tratando de contribuições, a primeira está relacionada a tempo gasto pelos gestores para elaboração do cronograma de alocações de seus projetos. O *software* proposto apresentou tempos de alocações consideravelmente baixos em relação ao que é gasto atualmente pela empresa por meio das técnicas tradicionais de gerenciamento de projetos. Com a redução de tempo na montagem dos cronogramas, 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.

Outra contribuição se refere à otimização do uso dos recursos da empresa. O *software* apresentou resultados satisfatórios por realizar a alocação procurando obter a melhor relação custo x recurso humano por atividade de um determinado projeto. Este cenário contribuiu para a redução do custo dos projetos, tanto nas atividades de alocação inicial como na entrada de novos projetos, devido sua função objetivo de procurar sempre o recurso humano capacitado para realização da atividade, levando em consideração a disponibilidade e menor custo/hora.

Em se tratando de contribuição prática, o *software* proposto, por tratar os recursos humanos disponíveis para alocação no menor tempo possível sem disputa interna para alocação, apresenta aos gerentes de projetos os possíveis caminhos críticos em um processo de alocação de recursos humanos em múltiplos projetos. Essa visão vai no sentido oposto ao proposto pelo PMI (2017), onde o caminho crítico é definido como a sequência de atividades que representa o caminho mais longo de um único projeto, que determina a menor duração possível para o projeto. A partir do uso do *software* proposto, em um ambiente de múltiplos projetos, os

gerentes de projetos passarão a ter a visão dos caminhos críticos existentes envolvendo a alocação de recursos humanos, oriundos da necessidade de priorização de recursos ou projetos, como também da entrada ou cancelamento de um projeto em execução. Nesse contexto, o *software* proposto poderá ser utilizado como ferramenta de apoio à tomada de decisão envolvendo restrições de recursos humanos em um ambiente de múltiplos projetos, onde o objetivo será garantir a eficiência da utilização dos recursos humanos em busca de aumento de desempenho dos projetos.

Ao observar os resultados deste relato, pode-se recomendar que as organizações, frente aos problemas causados pela restrição 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 (Kiilling, 2006; Kerzner, 2016; PMI, 2017), 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; Arto & Martinsuo, 2013).

Por fim, o *software* proposto pode ser utilizado como apoio às ferramentas de auxílio ao desenvolvimento de cronogramas, como o *Microsoft Project*, o *Primavera* e o *Open Project* com o objetivo de eliminar as limitações em relação ao gerenciamento otimizado de recursos (Chang, Jiang, Di, Zhu, & Ge, 2008), além de permitir que o *software* proposto contribua para minimizar o tempo gasto pelos gestores no processo manual de alocação de recursos (Schwaber & Beedle, 2002).

## 2. METODOLOGIA

Este relato está estruturado sob a ótica da natureza qualitativa exploratória, utilizando como estratégia de pesquisa um experimento computacional. Para a realização do experimento computacional foi elaborado um *software* sob arquitetura orientada a serviços hospedado em *cloud computing*, para uso como ferramenta de apoio no processo de alocação de recursos humanos em múltiplos projetos em uma empresa de desenvolvimento de *softwares*.

### 2.1 *Software* proposto

O *software* proposto é composto por uma função objetivo para execução, empregando dois processos essenciais: (i) processo de alocação inicial dos recursos humanos nos diversos projetos e para a (ii) realocação de recurso(s) humano(s) em projeto(s).

Como premissa para execução do *software*, são necessários: 1) uma lista de recursos humanos disponíveis constituída pelas competências e o nome de cada recurso, o seu valor hora de trabalho e as tarefas que pode executar; 2) uma lista de tarefas a ser executadas em cada projeto contendo o nome de cada projeto, suas respectivas tarefas, a duração de cada tarefa, além da relação de precedência entre as tarefas.

A função objetivo, por meio de fórmulas matemáticas, calcula o tempo para o término dos projetos e os possíveis desvios de prazos em relação aos prazos planejados.

### 2.2 Coleta de dados

Foram selecionados cinco projetos dentro do *portfólio* da empresa estudada. Os projetos foram selecionados após a aprovação financeira e eles estarem disponíveis para montagem do cronograma inicial de acordo com o processo atual de alocação de recursos da empresa. Cada projeto possui suas atividades sequenciadas, levando em consideração a relação de precedência entre elas. Cada projeto possui data inicial de execução, bem como seu orçamento inicial calculado na relação entre o custo de cada atividade e o valor hora por recurso disponível capaz de exercer a atividade.

### 2.3 Experimento Computacional

O experimento teve duração de quinze meses, contando com uma equipe de seis recursos humanos disponíveis para alocação nas atividades dos múltiplos projetos. O experimento foi dividido em duas fases, uma fase de alocação inicial e uma segunda fase efetuando realocação de recursos de projetos em andamento.

Na primeira foi feita a alocação dos seis recursos humanos em quatro projetos. Ainda nesta fase, a alocação foi feita pelos gerentes de projetos por meio das práticas atuais da empresa e, pelo pesquisador, por meio do uso do *software* proposto. Na segunda fase foi incluído o quinto projeto para execução em paralelo aos quatro projetos em andamento. Uma nova alocação dos seis recursos humanos foi feita, agora para os cinco projetos, também pelos gerentes e gestores de projetos e, pelo pesquisador, por meio do uso do *software* proposto.

### 2.4 Validação do *software* proposto

O pesquisador efetuou o monitoramento das atividades até o término dos cinco projetos. Os resultados dos projetos foram registrados, tanto pelas práticas atuais como pelo uso do *software* proposto. As informações referentes ao desempenho dos projetos foram utilizadas para comparação tanto pelas práticas atuais como pelo uso do *software* proposto.

O desempenho dos projetos foi medido por meio das técnicas de *Earned Value Management* (EVM) proposto pelo *Project Management Institute* (PMI). O EVM é uma técnica de gerenciamento de projetos para medir o desempenho e progresso de projetos com a capacidade de combinar medidas de escopo, tempo e custos do gerenciamento de projetos (PMI, 2017).

Em relação às contribuições gerenciais, o *software* foi avaliado por meio da 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 gerentes de projetos de empresas de TI. Os gestores selecionados possuem experiência de mais de 9 anos em gestão e alocação de recursos humanos em múltiplos projetos. Todos eles possuem certificação de *Project Management Professional* (PMP), concedida pelo PMI.

## 3. RESULTADOS

Nesta seção é apresentado o *software* proposto, além de expostos os resultados do experimento computacional são demonstrados os quadros comparativos entre as práticas tradicionais de gerenciamento de projetos em relação ao uso do *software* proposto.

### 3.1 Arquitetura do *Software* em *cloud computing* para alocação de recursos humanos em múltiplos projetos

O software é composto por uma função objetivo que encapsula um conjunto de algoritmos matemáticos responsáveis pelo tratamento do RCPSP. A função objetivo atribui as durações de diversos projetos e a suas respectivas atividades que serão executadas por recursos humanos disponíveis. Os recursos humanos disponíveis deverão ser alocados nas atividades dos diversos projetos com a finalidade de se alcançar o menor custo possível entre o conjunto de atividades a serem alocadas, representado na Equação 1.

$$\text{Minimize } \sum_{p \in \text{Projects}} \text{VALUE}_p Z_p - \sum_{r \in R} \sum_{a \in A} \text{COST}_{r,a} M_{r,a}$$

**Equação 1. Obter a menor relação custo x recurso humano**

Para a realização das alocações, o *software* irá garantir a integridade dos recursos humanos disponíveis para o conjunto de atividades dos múltiplos projetos. Em tempo de execução, a função objetivo sustenta que os processos de alocação dos recursos humanos não podem transcender a sua respectiva disponibilidade. Esta relação é representada na Equação 2.

$$\sum_{r,a \in R,A} M_{r,a} \leq Disp_r, \forall r \in R$$

**Equação 2. Integridade de alocação de um recurso humano nos múltiplos projetos**

Com a finalidade de garantir a alocação de um recurso humanos nos múltiplos projetos, a função objetivo assume como premissa que o início de uma determinada atividade deverá existir um respectivo recurso humano disponível entre os projetos para alocação. Para isso, a premissa considera a atividade e seu respectivo projeto associado, demonstrados na Equação 3.

$$\sum_{r,a \in R,A} Y_{r,a,i} = Z_p \forall (p,a,i) START$$

**Equação 3. Disponibilidade de alocação de um recurso humano nos múltiplos projetos**

A função objetivo garante a execução de uma atividade por um recurso humano respeitando a relação de precedência entre todas as atividades dos múltiplos projetos. Esta restrição define que um determinado recurso humano deve se manter alocado desde o início até o final de uma determinada atividade, sem interrupções, representada na Equação 4.

$$\sum_{(p,a,i) \in PAI} Y_{r,a,i} = M_{ra}, \forall (r,a) \in RA$$

**Equação 4. Restrição de precedência de alocação de um recurso humano nos múltiplos projetos**

Outra restrição é utilizada pelo *software* proposto com o propósito de estabelecer a melhor relação recurso humano x atividade x projeto em execução e garantir o menor tempo de ociosidade de alocação de um recurso. A função objetivo estabelece que a relação recurso x atividade compreenda a duração da atividade dos múltiplos projetos, minimizando assim possíveis problemas de desvios de prazos. Esta relação é demonstrada na Equação 5.

$$ESTIMATE_{r,a} X_{r,a} \leq DURATION_a X_{r,a}, \forall (r,a) \in RA$$

**Equação 5. Restrição de duração de alocação de um recurso humano nos múltiplos projetos**

Por fim, função objetivo considera que os recursos possuem as mesmas competências para realização de um determinado conjunto de atividades de diversos projetos. Nesse ponto, o objetivo do *software* é garantir que um recurso, com a devida competência, execute uma determinada atividade no conjunto de projetos disponíveis para alocação.

$$Z_p \in \{0, 1\}, \forall p \in PROJECTS$$

**Equação 6. Garantia de heterogeneidade de alocação de um recurso humano nos múltiplos projetos**

Importante salientar que a função objetivo não distingue ou prioriza atividades de qualquer projeto. Outro fator determinante é que o *software* não reconsidera o caminho crítico dos projetos, uma vez que as tarefas, em seu momento inicial, possuem durações pré-definidas.

Importante destacar que as equações matemáticas têm como finalidade principal minimizar o custo total, por meio da alocação dos recursos humanos disponíveis nas atividades dos múltiplos projetos. Sendo assim, disponibiliza cenários para auxiliar a tomada de decisão em caso de restrições impostas pelo RCPSP.

Em se tratando de sua arquitetura sistêmica, o *software* proposto foi desenvolvido sob os padrões da arquitetura orientada a serviços e codificado sob a plataforma *Microsoft Visual Studio 2019*, utilizando as linguagens de programação *ASP .NET MVC* e *Microsoft C#*, hospedado em *cloud computing*.

O *software* está registrado junto ao Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) sob o número: 512019002713-2.

### 3.2 Resultados da primeira fase do experimento computacional

Na primeira fase foram alocados os seis recursos humanos disponíveis nos quatro projetos. A alocação foi feita manualmente pelos gerentes de projetos responsáveis pelos projetos em reuniões semanais. Para cada alocação foram armazenados o tempo aproximado gasto por cada ator neste processo, além do tempo simulado pelo pesquisador por meio do uso do *software* proposto para a mesma alocação. Os resultados estão demonstrados na Figura 1.

Projeto	Processo atual	Software proposto	Diferença	% Redução
1	1 hora e 30 minutos	30 segundos	1 hora, 29 minutos e 30 segundos	99,44%
2	1 hora e 10 minutos	25 segundos	1 hora, 9 minutos e 35 segundos	99,40%
3	1 hora e 20 minutos	22 segundos	1 hora, 19 minutos e 38 segundos	99,99%
4	40 minutos	18 segundos	39 minutos e 42 segundos	99,25%
<b>Total</b>	<b>4 horas e 40 minutos</b>	<b>1 minuto e 35 segundos</b>	<b>3 horas e 38 minutos e 25 segundos</b>	

**Figura 1. Tempo de alocação pelo processo atual da organização x tempo de alocação por meio do *software* proposto**

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados de pesquisa.

A Figura 1 apresenta o tempo gasto pelo *software* proposto para efetuar a alocação dos mesmos projetos alocados manualmente. Nós podemos dizer que o tempo gasto foi consideravelmente menor que o tempo da alocação feita pelo processo atual da organização. Em se tratando de alocação de recursos humanos, as técnicas tradicionais de GP sugerem que a alocação dos recursos deve ser efetuada de acordo com a ordem de execução das atividades, onde a atribuição dos recursos acontece mediante as possíveis restrições de disponibilidade – escalonamento de recursos humanos (Ichihara, 2002; Laslo, 2010).

Neste contexto, a busca pela alocação otimizada de recursos na montagem do cronograma de um projeto pode influenciar no aumento do tempo de alocação efetuado pelas técnicas tradicionais de GP, caracterizando assim a presença de RCPSP (Blazewicz, J., Lenstra, J.K., Rinnooy Kan, 1983; Brucker et al., 1999; Kolisch, Sprecher, & Drexl, 1995). Esse cenário se agrava devido ao fato que os *softwares* tradicionais de apoio ao desenvolvimento de cronograma apresentam limitações em relação ao gerenciamento otimizado de recursos (Schwaber, 2002; Chang et al., 2008) por tratarem os recursos, inclusive os recursos humanos, como temporários e de caráter único, podendo ainda ser parte de uma equipe nomeada para execução de cada projeto (Kiilling, 2006; Kerzner, 2016). Este cenário de exclusividade do recurso por projeto no momento da alocação inicial foi identificado nesta pesquisa. A execução de diversos projetos é um fator de impacto negativo na empresa, onde a maioria dos gestores

gastam horas para efetuar a alocação de um projeto devido à concorrência e a falta de visão dos recursos alocados nos diversos projetos concorrentes.

Pela perspectiva da empresa objeto deste estudo, onde o cenário de múltiplos projetos é real e constante, os projetos, desde o seu momento de alocação inicial de recursos, podem concorrer pela alocação de um determinado conjunto de recursos disponíveis (Archer & Ghasemzadeh, 1998). Assim, estabelecer o melhor uso dos recursos é um fator relevante para o aumento de desempenho dos projetos (Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 2001; Artto & Martinsuo, 2013), isso ocorrendo desde o processo de alocação inicial de recursos (Laslo, 2010). De posse dos resultados desta fase, foi possível apontar o custo dos projetos que fizeram parte deste estudo por meio do processo atual de alocações de recursos e por meio do uso do *software* proposto. O resultado está demonstrado na Figura 2.

Projeto	Processo atual	<i>Software</i> proposto	Diferença	% Redução
1	R\$ 46.472,00	R\$ 45.944,00	R\$ 528,00	1,14%
2	R\$ 23.848,00	R\$ 23.416,00	R\$ 432,00	1,81
3	R\$ 27.284,00	R\$ 27.156,00	R\$ 128,00	0,47%
4	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-
<b>Total</b>	<b>R\$ 97.604,00</b>	<b>R\$ 96.516,00</b>	<b>R\$ 1.088,00</b>	

**Figura 2. Custo de alocação pelo processo atual da organização x custo de alocação por meio do *software* proposto**

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados de pesquisa.

Nota: conversão de R\$ para US\$ com taxa de conversão de R\$4,21 no dia 20/11/2019.

Diante do exposto na Figura 2, a alocação efetuada por meio do *software* proposto foi mais eficiente que o processo atual de alocações de recursos da empresa, exceto para o projeto (IV), onde estabeleceram o mesmo custo, justificado pela premissa do *software*, onde prevalece a relação recurso x atividade com o menor custo e o menor tempo de ociosidade possível de cada recurso disponível (Plekhanova, 1999). Em contrapartida, a empresa possui impactos negativos ou não atinge um desempenho melhor por causa dos desafios associados ao processo de alocação de recursos como o tipo do recurso e o número de membros da equipe que podem mudar durante o ciclo de vida do projeto, atribuição de recursos com menores competências do que as exigidas para execução da atividade e determinar a alocação do recurso por meio de intuição. O resultado pode causar o impacto nas atividades com desvios de prazo, ou que não sejam concluídas na duração prevista ou causar o aumento desnecessário do custo total do projeto (Padovani, De Carvalho, & Muscat, 2010).

#### 4.2 Resultados da segunda fase do experimento computacional

A segunda fase do experimento foi realizada com a inclusão de um novo projeto aos projetos em execução, propostos na fase 1 desta pesquisa. Para isso, os seis recursos humanos foram realocados agora nos seis projetos. Para cada realocação, foram armazenados o tempo aproximado gasto por cada ator neste processo e o tempo aproximado gasto pelo *software* proposto.

O processo atual da organização levou aproximadamente 3,5 horas para efetuar a realocação dos recursos nos cinco projetos, enquanto a mesma alocação efetuada por meio do *software* proposto levou aproximadamente 1 minuto e 40 segundos, resultando em uma redução de 99,20% do tempo gasto pelo *software* proposto em relação ao tempo gasto pelos gerentes de projeto. Frente a este cenário, quando ocorre um cenário de realocação de recursos, ou quando ocorre a inclusão de um novo projeto para alocação, a organização também sofre com os impactos causados pelo escalonamento de recursos (Ichihara, 2002; Laslo, 2010). De posse dos resultados desta fase, foi possível apontar o custo dos projetos que fizeram parte deste estudo por meio do processo atual de realocações de recursos e por meio do uso do *software* proposto.

O resultado também contempla a entrada do quinto projeto. Os custos estão demonstrados na Figura 3.

Projeto	Processo atual	Software proposto	Diferença	% Redução
1	R\$ 47.272,00	R\$ 46.600,00	R\$ 672,00	1,42%
2	R\$ 25.096,00	R\$ 24.344,00	R\$ 752,00	3,00%
3	R\$ 27.417,00	R\$ 26.932,00	R\$ 485,00	1,77
4	R\$ 16.424,00	R\$ 16.424,00	R\$ 0,00	-
5	R\$ 13.476,00	R\$ 12.492,00	R\$ 984,00	7,30%
<b>Total</b>	<b>R\$ 129.685,00</b>	<b>R\$ 126.792,00</b>	<b>R\$ 2.893,00</b>	

**Figura 3. Custo de alocação inicial pelo processo atual da organização x custo de alocação por meio do *software* proposto**

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados de pesquisa.

Nota: conversão de R\$ para US\$ com taxa de conversão de R\$4,21 no dia 20/11/2019.

Com base nos dados apresentados na Figura 3, pode-se apontar que diante da entrada de um novo projeto, o processo de realocações de recursos humanos nos múltiplos projetos obteve resultados melhores por meio do uso do *software* proposto em relação as práticas atuais da empresa estudada. Este cenário de reprogramação dos recursos é apresentado na organização objeto de estudo como comum e existente nos projetos de desenvolvimento de softwares (Brucker et al., 1999). Como ação em busca de minimizar os impactos negativos, tomar ações o mais rápido possível para se estabelecer a reprogramação pode trazer benefícios de ordem financeira para a organização (Sönke, 2015).

Vale salientar que o cumprimento do custo e o prazo possui uma relação estreita com o desempenho dos projetos. Projetos que excedem seus custos e/ou prazos podem não alcançar seus objetivos (Jeffery & Leliveld, 2004), ou ainda correm o risco de não entregarem nenhum tipo de produto (Standish Group, 2009). Assim, com o objetivo de aumentar o desempenho dos projetos em relação a custo e prazo, ao minimizar a ociosidade dos recursos entre mais de um projeto pode contribuir para o aumento dos resultados das empresas (Laslo, 2010).

Em se tratando de alocação inicial e para o processo de realocação de recursos, a flexibilidade do *software* proposto pode contribuir para as organizações de estrutura matricial tanto para a otimização do custo quanto no impacto em relação a possíveis desvios de prazos de entrega. Organizações matriciais efetuam seus trabalhos por meio de projetos, coordenados por gerentes que possuem a responsabilidade de executarem seus projetos dentre de um custo, prazo e qualidade previamente planejados (White & Fortune, 2002). A contribuição pode ser estabelecida pelas seguintes relações: (1) quanto menor o custo de alocação maior pode ser o aumento do desempenho financeiro dos projetos; (2) em relação ao prazo, garantir a data final de entrega pode minimizar riscos contratuais, de satisfação do cliente e de realocação de recursos dos demais projetos.

Em se tratando de desempenho financeiro, devido a amostra de apenas cinco projetos, o percentual de redução dos custos aparenta não ter muita representatividade. Porém, ao se observar os gastos envolvidos em projetos, uma pesquisa do Gartner prevê que os gastos com projeto de Tecnologia da Informação no Brasil totalizarão US\$ 64 bilhões em 2020, representando um aumento de 2,5% em relação ao acumulado em 2019 (Gartner, 2019). Ao observamos estes valores e aplicarmos a média de redução dos cinco projetos (2,68%), demonstrados na Figura 3, o uso do *software* proposto representaria em uma redução de aproximadamente R\$ 1.715.200.000,00 para as empresas deste segmento no Brasil.

Após o término da segunda fase, nós podemos concluir que quanto maior for o número de projetos envolvidos na alocação de recursos humanos, desse modo, potencializando as restrições impostas pelo RCPS, o *software* proposto possui resultados mais eficazes, conforme

podem ser notados nas Figuras 2 e 3. Quando aplicado a quatro projetos, o *software* apresentou uma média de redução nos custos em 0,85%, mas quando aplicado em cinco projetos concorrentes, o *software* apresentou uma média de redução nos custos em 2,68%. Desse modo, nós concluímos que quanto maior o cenário de restrições impostas pelo RCPSP nas empresas, maior é a eficácia do *software* em busca na redução dos custos associados à alocação de recursos humanos em múltiplos projetos.

#### 4.3 Validação do *software* pelo grupo focal

O *software* proposto e os resultados das fases 1 e 2 foram apresentados ao GF. O GF avaliou os dados por 30 dias e apresentaram suas opiniões em relação ao *software* proposto frente ao processo de alocação inicial ou realocação de recursos nos projetos. Em relação às contribuições gerenciais, o GF destacou a velocidade proporcionada pelo uso do *software* pode ajudar a reduzir o tempo de alocação e a liberar os gerentes de projetos para executarem outras atividades gerenciais. Outra contribuição apontada pelo GF foi o fim da disputa interna pelos gerentes de projetos para alocação de um ou mais recurso humano. O destaque gerencial apontado foi em relação ao *software* apresentar os múltiplos caminhos críticos envolvendo os projetos em execução, transformando o *software* em uma ferramenta de apoio à tomada de decisão em se tratando das restrições impostas pelo RCPSP. O *software* apresentando os diversos caminhos críticos dos projetos em execução podem ajudar as empresas a obterem maior desempenho de seus projetos em relação a custo, prazo e eficiência do uso dos recursos humanos (Salas-Morera, Arauzo-Azofra, García-Hernández, Palomo-Romero, & Ayuso-Muñoz, 2018).

#### Agradecimento:

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), FAP/UNINOVE e CNPq.

#### REFERÊNCIAS

- Agarwal, A., Colak, S., & Erenguc, S. (2011). Computers & Operations Research A Neurogenetic approach for the resource-constrained project scheduling problem. *Computers and Operation Research*, 38(1), 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2010.01.007>
- Akers, S. B. (1956). Letter to the Editor — A Graphical Approach to Production Scheduling Problems. *Operations Research*, 4(2), 244–245.
- Akers, S. B., & Friedman, J. (1955). Journal of the Operations Research Society of America A Non-Numerical Approach to Production Scheduling Problems. *Journal of the Operations Research Society of America*, 3(4), 429–442.
- Barbosa, E. F. (1998). Instrumentos de coleta de dados em pesquisas educacionais. *Educativa, out.*
- Blazewicz, J., Lenstra, J.K., Rinnooy Kan, A. H. G. (1983). Scheduling subject to resource constraints: classification and complexity. *Discrete Applied Mathematics*, 5, 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. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00204-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00204-5)
- Chang, C. K., Jiang, H. yi, Di, Y., Zhu, D., & Ge, Y. (2008). Time-line based model for software project scheduling with genetic algorithms. *Information and Software Technology*, 50(11), 1142–1154. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.03.002>
- Ichihara, J. de A. (2002). Restrição De Recursos ( Resource-Constrained Project Scheduling Problem ). *XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, (3), 1–8.
- Jeffery, M., & Leliveld, I. (2004). Best practices in IT portfolio management", MIT Sloan

- Management Review. *MIT Sloan Management Review*, 45(2), 26–32.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015090>
- Kolisch, R., Sprecher, A., & Drexl, A. (1995). Characterization and Generation of a General Class of Resource-Constrained Project Scheduling Problems. *Management Science*, 41(10), 1693–1703. <https://doi.org/10.1287/mnsc.41.10.1693>
- Kurtulus, I. S., Narula, S. C. (1985). Multi-Project Scheduling : Analysis of Project Performance. *IIE Transactions*, 17(1), 37–41.  
<https://doi.org/doi:10.1080/07408178508975272>
- Lageweg, B. J., Lenstra, J. K., & Rinnooy Kan, A. H. G. (1977). Job-Shop Scheduling By Implicit Enumeration. *Management Science*, 24(4), 441–450.  
<https://doi.org/10.1287/mnsc.24.4.441>
- 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.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.10.001>
- Micu, A., Micu, A. E., Susanu, I., & Cristache, N. (2011). Planning and developing of a relationship marketing project: challenges and opportunities. In Zemliak, A and Mastorakis, N (Ed.), *RECENT ADVANCES IN BUSINESS ADMINISTRATION* (pp. 21–26). AG LOANNOU THEOLOGOU 17-23, 15773 ZOGRAPHOU, ATHENS, GREECE: WORLD SCIENTIFIC AND ENGINEERING ACAD AND SOC.
- 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.  
<https://doi.org/10.1287/mnsc.44.5.714>
- Mohanty, R. P., & Siddiq, M. K. (1989). Multiple projects-multiple resources-constrained scheduling : some studies. *International Journal of Production Research*, 27(2), 261–280. <https://doi.org/10.1080/00207548908942546>
- Padovani, M., De Carvalho, M. M., & Muscat, A. R. N. (2010). Seleção e alocação de recursos em portfólio de projetos: Estudo de caso no setor químico. *Gestao e Producao*, 17(1), 157–180. <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2010000100013>
- Plekhanova, V. (1999). Capability and Compatibility Measurement in Software Process Improvement. *Process Improvement, Proceedings of the 2nd European Software Measurement Conference - FESMA '99*, 179–188.
- Project management institute [PMI]. (2017). Guide to the project Management body of knowledge - Sixth Edition. Project Management Institute, Pennsylvania USA.
- Salas-Morera, L., Arauzo-Azofra, A., García-Hernández, L., Palomo-Romero, J. M., & Ayuso-Muñoz, J. L. (2018). New Approach to the Distribution of Project Completion Time in PERT Networks. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(10), 1–12.
- Schwaber, K., & Beedle, M. (2002). Agile software development with Scrum (Vol. 1). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Siegel, S. (1957). Nonparametric statistics for the behavioral sciences. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 125(3), 497.
- Sönke, H. (2013). Project scheduling with resource capacities and requests varying with time : a case study. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 25, 74–93.  
<https://doi.org/10.1007/s10696-012-9141-8>
- Sönke, H. (2015). Handbook on project management and scheduling vol. 1. *Handbook on Project Management and Scheduling Vol. 1, I*, 1–663. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05443-8>
- Wang, L., Wang, S., & Liu, M. (2013). A Pareto-based estimation of distribution algorithm

for the multi-objective flexible job-shop scheduling problem. *International Journal of Production Research*, 51(12), 3574–3592.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2012.752588>

White, D., & Fortune, J. (2002). Current practice in project management - An empirical study. *International Journal of Project Management*, 20(1), 1–11.

[https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(00\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(00)00029-6)