

FREE/OPEN SOURCE SOFTWARES COMO SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO EM UM CURSO DE ENSINO SUPERIOR

FREE/OPEN SOURCE SOFTWARE TO SUPPORT DECISION-MAKING IN A HIGHER EDUCATION COURSE

Francelle Trigoli¹
Letícia Ali Figueiredo Ferreira²
Ana Carla de Souza Gomes dos Santos³
Elton Flach⁴
Genildo Nonato Santos⁵

RESUMO

Flutuações do mercado financeiro, mudanças na política de incentivos e outros fatores de natureza semelhantes pressionam, com frequência, as organizações a fazerem cortes nos custos em geral. Softwares são estratégicos, permitem eficiência na gestão como um todo, mas representam elevado investimento financeiro. Softwares de licença pública geral (gnu gpl) são opções potenciais para redução nos custos com aplicativos nas organizações. Contudo fatores como a adaptação dos usuários a mudança da ferramenta tradicionalmente utilizada, interfaces pouco atraentes e dificuldade no suporte ainda são barreiras para a adoção plena desse tipo de software nas organizações. O presente artigo levanta a customização de ferramentas a partir de softwares livres e de código aberto como uma solução para esse problema. Para suportar esse argumento, um exemplo de customização de ferramentas a partir de softwares livres e de código aberto é apresentado e os resultados de desempenho dessa ferramenta são mostrados.

Palavras-chave: Software livre e de código aberto. Customização de ferramentas de gerenciamento.

ABSTRACT

Financial market fluctuations, changes in incentive policy and other similar factors often put pressure on organizations to cut costs. The use of general public license (gnu GPL) software is an option for cost-saving. However, factors such as users adaptation to the change of the traditionally used tool, unattractive interfaces and the difficulty of support are still barriers to the full adoption of this type of software into the organizations. This article raises the customization of tools from free software and open source as a solution to this problem. To demonstrate this argument, an example of customizing tools from open source and open source software is presented and the performance results of this tool are shown.

Keywords: General public license (gnu GPL) software. Customization of management tools

¹ Discente do curso superior de tecnologia em Gestão da Produção Industrial, IFRJ. E-mail: ftrigoli21@gmail.com.

² Mestranda em Engenharia de Produção e Sistemas, CEFET/RJ. E-mail: leticialifig@gmail.com.

³ Doutoranda em Engenharia de Produção e Sistemas, IFRJ e CEFET/RJ. E-mail: anacarla.engenharia@gmail.com.

⁴ Mestre em Engenharia Elétrica, IFRJ. E-mail: elton.flach@ifrj.edu.br.

⁵ Doutor em Engenharia Elétrica, IFRJ. E-mail: genildo.santos@ifrj.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Como consideração inicial, destaca-se o cenário econômico, bem como os desafios competitivos relacionados ao mercado atual são fatores determinantes na difusão de tecnologias de informação e comunicação (TIC) nas organizações (BERTOLINI et al., 2015). O uso de TICs de apoio à gestão garantem que, dentre outros resultados, as empresas consigam alcançar seus objetivos em um contexto de dinamismo mercadológico e grande volume de dados disponíveis (MOTA; OLIVEIRA JR; FREITAS, 2016).

Este último resulta em um aumento significativo do fluxo de informações, que são utilizadas pelas empresas através de algoritmos de processamento de dados que auxiliam no gerenciamento de colaboradores, segmentação de produtos, personalização de serviços e aumento do desempenho organizacional (KURILOVAS, 2018; MOHAMAD et al., 2017). Além disso, esses dados alimentam sistemas e modelos de suporte à tomada de decisão baseada em evidências, que proporcionam análises mais objetivas e direcionadas, gerando resultados mais satisfatórios (POWER, 2016).

Segundo informações da Associação Brasileira de Empresas de Software (ABES), o Brasil segue uma tendência global sendo o 9º no ranking de países que mais investem em soluções de tecnologia da informação (hardware, software e serviços), com valores que se aproximam a US\$47 bilhões. Seu crescimento em 2018 foi de 9,8%, superando a média global de 6,7% e a previsão para 2019 é ainda maior, alcançando um total de 10,5% em face de um decaimento para 4,9% do investimento esperado para o resto do mundo. Do total dos investimentos feito no país, cerca de US\$22,7 bilhões foram direcionados para softwares e serviços (ABES, 2019).

Entretanto, é preciso que se entenda o real contexto, uma vez que as altas quantias de investimentos neste setor estão diretamente, mesmo que não exclusivamente, relacionadas aos elevados custos iniciais para implementação dessas soluções (MAICAN; LIXANDROIU, 2016; OLSON; JOHANSSON; DE CARVALHO, 2018). Assim, diversas empresas ainda enfrentam desafios na implementação de softwares de gestão devido à sua onerosidade. Open-source softwares (OSS) (ou Free open source softwares (FOSS)) surgiram como uma alternativa viável para esta realidade (CARVALHO; GOMES; PARREIRAS, 2015; CRESPO; SANTOS, 2015).

Por definição, FOSS são softwares que possuem licenças de código aberto e permitem seu estudo, alteração e distribuição livres para atendimento de diversas finalidades e necessidades (SILIC; BACK, 2016; CARVALHO; GOMES; PARREIRAS, 2015). Devido a sua gratuidade, essa alternativa vem sendo amplamente empregada por pequenas e médias empresas do setor privado, assim como por organizações geridas pelo setor público (MOTA; SERUCA, 2015; SHAHRIVAR et al., 2018). Outros fatores que contribuem para essa utilização são o constante requerimento de clientes por inovação e boas práticas, a diminuição de dependência de um único desenvolvedor, a diminuição do aprisionamento intelectual, o aumento na segurança e privacidade dos dados, gratuidade de manutenção, dentre outros (CARVALHO; GOMES; PARREIRAS, 2015; OLSON; JOHANSSON; DE CARVALHO, 2018).

Apesar dos fatores que influenciam sua utilização, desafios ainda são encontrados para que as organizações se sintam totalmente confortáveis em adotar e confiar seus processos aos softwares livres ou de código aberto. Mahapatra, Manzar e Bhadauria (2015) citam a dificuldade de algumas empresas em resolver problemas de manutenção oriundas dos FOSS com suas comunidades abertas. Há também uma dificuldade de que as soluções oferecidas

pelos softwares abertos se adequem perfeitamente às necessidades das organizações, promovendo a reestruturação de processos ou a adaptação das soluções. A saída para esse entrave é a aquisição de pacotes complementares ao FOSS, aumentando os custos de manutenção e implementação (MOUAKHAR; TELLIER, 2017). A necessidade de recursos humanos especializados para lidar com a especificidade de alguns códigos também é levantada (MAHAPATRA; MANZAR; BHADAURIA, 2015).

Tendo como intenção a definição do problema, observa-se que o uso de tecnologias permite mapear e analisar automaticamente os dados, reduzir o tempo nas tomadas de decisões e melhorar o desempenho na qualidade do serviço executado (FREY et al., 2017; MOURA et al. 2017). No âmbito da educação, a tecnologia também é um suporte para compartilhar informações e aprimorar práticas adotadas pelos docentes e gestores (ROCHA; EMYDIO, 2018). No entanto, a tecnologia pode segregar as organizações mediante às condições financeiras necessárias para aquisição e implementação, assim como no uso de conhecimento técnico para manuseá-la (ALMEIDA; SCHIAVONI, 2018). Os FOSS são apresentados nas literaturas científicas como um meio para compartilhar informações, integrar diversos colaboradores, mitigar a obsolescência tecnológica, além de ser considerado econômico e sustentável (ALMEIDA; SCHIAVONI, 2018; MALLMANN, 2017; OREG; NOV, 2008; STEINMACHER et al., 2016). Contudo, há alguns desafios para a adoção plena de FOSS nas organizações.

Diante do exposto, surge o seguinte questionamento: Como as organizações, especificamente as que atuam no segmento educacional, podem gerenciar as suas atividades auxiliadas por softwares, porém com um custo acessível, de fácil utilização e que seja possível adequá-los completamente às necessidades da tomada de decisão da organização?

Em seguida, entende-se que o objetivo do artigo é mostrar que a customização de ferramentas de gerenciamento baseadas em FOSS é uma alternativa viável para enfrentar muitos dos desafios relacionados à adoção de softwares livres por organizações. Para exemplificar, será apresentada uma ferramenta que foi customizada a partir de softwares FOSS que serve para a elaboração do quadro de horários semestral das disciplinas do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), campus Nilópolis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Inicia-se o referencial teórico pela tomada de decisão com FOSS.

2.1 Tomada de Decisão com FOSS

A tomada de decisão é um processo racional de identificação de um problema ou de uma oportunidade e a seleção de uma estratégia com o uso de um método científico na avaliação de alternativas de ação para solucioná-lo (LACHTERMARCHER, 2009; PIZZOLATO; GANDOLPHO, 2009).

A anatomia de uma decisão é constituída por um processo estruturado em seis etapas: (1) Definição do problema; (2) Identificação dos critérios; (3) Ponderação dos critérios; (4)

Identificação de alternativas; (5) Classificação de cada alternativa segundo cada critério; e (6) Identificação da solução ideal (BAZERMAN; MOORE, 2010). A utilização de ferramentas de análise de decisão baseadas em modelos de programação matemática nos direciona para decisões melhores (LACHTERMARCHER, 2009; PIZZOLATO; GANDOLPHO, 2009; BAZERMAN; MOORE, 2010).

As organizações de ensino precisam gerenciar seus recursos de forma eficiente e o uso de ferramentas tecnológicas surge como resposta a esta demanda. Como solução para a implementação de ferramentas tecnológicas de apoio gerencial, tem-se a utilização de FOSS (BARBIERI. CORTES, 2014; MOTA; SERUCA, 2015; THANKACHAN; MOORE, 2017; MARINHO et al., 2018; WONS et al.,2018).

Os principais benefícios esperados com a utilização de FOSS são a redução de custos, a melhora na produtividade e da qualidade da atividade realizada. Entretanto, é importante para uma correta avaliação dos custos do uso de FOSS considerar custo total, que engloba o custo de aquisição e o custo de implantação do software, custo este que só pode ser avaliada no ambiente onde será adotado. Os principais desafios para a adoção de FOSS nos ambientes educacionais têm sido a falta de sistemas de suporte, tendo em vista a falta de pessoal adequadamente treinado e uma maior necessidade de usuários-desenvolvedores com perfil técnico apropriado para desenvolver os sistemas (MOTA; SERUCA, 2015; THANKACHAN; MOORE, 2017). Contudo, esse cenário tem sido alterado por novas ferramentas baseadas em FOSS que são mais simples de serem manipuladas.

3 MÉTODO

Para sustentar o argumento de que com as tecnologias atuais a customização de ferramentas usando FOSS tem se tornado cada vez mais acessível aos usuários, será descrito um exemplo. Esse exemplo será baseado em planilhas eletrônicas de código aberto (Open) e complementos de licença livre (Free) disponíveis para integração com planilhas eletrônicas em geral. As planilhas eletrônicas foram escolhidas no nosso exemplo, pois são de fácil manuseio pelo público em geral e de utilidade altamente diversificada. A viabilidade de soluções para otimização do uso de recursos no apoio à tomada de decisão gerencial baseadas em planilhas eletrônicas customizadas com modelos de programação matemática é comprovada em exemplos como a otimização da entrega de produtos e a logística em gestão de desastre (BARBIERI; CORTES, 2014; MARINHO et al., 2018). Como está sendo tratado um caso de uma instituição de ensino, será apresentado um exemplo que resolve um problema gerencial nesse contexto. Com o intuito de evitar problemas triviais de gestão, que não refletirão a plena utilidade da customização de ferramentas Free/Open, será apresentado um problema que tenha um grau de complexidade razoável. Um exemplo clássico, nas organizações de ensino, de modelo de programação matemática é o Problema de Programação de Horários (PPH) conhecido na literatura como timetabling (DORNELES et al., 2017; PEREIRA; LACRUZ, 2017; LINDAHL et al., 2018; SAVINEC et al., 2018). O Problema de Programação de Horários (PPH) não é apenas um problema operacional é preciso considerá-lo nos níveis estratégico e tático das organizações de ensino com impactos associados à agilidade de resposta às mudanças, qualidade do ambiente de trabalho e uso eficiente de recursos (LINDAHL et al.,2018).

3.1 Sobre o problema PPH

A compreensão do problema esconde sua real complexidade, pois é um problema de pesquisa operacional combinatória complexo por vezes inviáveis com o uso de algoritmos exatos ou resolução manual (PEREIRA; LACRUZ, 2017). Dessa maneira, é importante conhecer o problema.

3.2 Sobre o curso superior

O curso superior em questão possui 18 professores que se dividem entre o regime de dedicação exclusiva, o regime de 40 horas e o regime de 20 horas. A quantidade de disciplinas lecionadas, a quantidade de horas em sala de aula e os dias e horários da semana mais propícios para os professores lecionarem é um caso particular de cada professor e não pode ser generalizado. O curso funciona no horário noturno, das 17:50 até às 22:20 horas, em 3 tempos, de segunda-feira até o sábado. O curso oferece 49 disciplinas, entre obrigatórias e optativas, distribuídas em 5 períodos. Assim, esse é um problema de pesquisa operacional onde variáveis que possuem faixa dinâmica entre 1 e 49 (cada disciplina) são organizadas sob 90 posições (6 dias, 3 horários e 5 períodos). Para ter a noção do tamanho do problema, pode-se pensar que realizando uma busca manual pela solução teria-se-ia 49^{90} combinações para serem testadas. Fato que justifica a utilização de um computador para computar a solução desse problema.

3.3 Sobre os FOSS utilizados

Ferramentas de pesquisa operacional que usam técnicas de busca sofisticadas costumam ser guiadas pelo gradiente de erro entre o objetivo da busca e a tentativa. Gradient Descendant, Genetic Algorithm e outros são exemplos (MARINHO et al., 2018). Softwares privativos que fornecem esse tipo de ferramentas costumam ou ser, ou caros, ou limitados. Um exemplo é a ferramenta Solver da Microsoft, que se limita a 200 variáveis para a pesquisa das soluções. Informação essa que consta no site de suporte da empresa. Existem softwares Free/Open que são alternativas ao Solver, como é o caso do OpenSolver. O OpenSolver é uma ferramenta que se integra ao Drive do Google em forma de complemento e pode ser usado no Google Sheet da mesma forma que o Solver é usado no Excel. Originalmente o Google Sheet não possui funcionalidades para resolver problemas de pesquisa operacional. Mas operando em conjunto com outros softwares a planilha eletrônica do Google passa a ter novas funcionalidades. No texto o termo customizar também se refere a esse tipo de adaptação que é comumente permitido em ferramentas de software Free/Open. Assim, tendo acesso ao Drive da Google (software OPen) por meio de um navegador, Firefox (software Free), e tendo instalado o complemento OpenSolve (ferramenta Open), é possível customizar uma “nova” ferramenta de busca que resolva o problema PPH da instituição que integra esses 3 softwares. E a única exigência para realizar essa customização é apenas um prévio conhecimento básico do usuário em manipular fórmulas em uma planilha eletrônica para que seja construído um modelo computacional do problema.

3.4 Criando um modelo de problema computacional

Um modelo de problema em pesquisa operacional costuma ter um objetivo, as variáveis do problema e algumas restrições. No caso do atual trabalho, o objetivo seria atender as necessidades dos professores desde que algumas premissas básicas não sejam

infringidas (restrições). Nesse cenário o valor das variáveis seria alterado, de maneira controlada, até que o objetivo fosse alcançado (ou que se atinja um valor o mais próximo possível do objetivo). A fórmula matemática usada para representar o objetivo é a que lista os dias e horários que os professores indicaram, em uma pré-pesquisa, e compara com o que a ferramenta gerou automaticamente. Para cada correspondência é computado 1 e para cada divergência é computado 0. No fim, somam-se todos os 1's produzidos pelas coincidências e divide-se pelo número total de correspondências possíveis de ocorrerem. Dessa forma, é obtido o cálculo percentual de coincidências entre o resultado gerencial gerado automaticamente pela ferramenta e o que foi indicado pelos professores. É ajustado na ferramenta que se deseja maximizar esse percentual quando o resultado gerencial automático for calculado. As restrições para o modelo proposto são as 4 listadas a seguir:

- (a) Disciplinas de um mesmo período não podem coexistir em um mesmo horário;
- (b) Não se pode programar mais aulas do que a quantidade de salas de aula disponíveis para um mesmo horário;
- (c) Na totalização semanal as disciplinas precisam contabilizar exatamente os seus créditos pré-determinados;
- (d) O mesmo professor não pode lecionar duas disciplinas diferentes no mesmo horário.

3.5 Implementando a ferramenta gerencial

Com o modelo de problema computacional definido é possível começar a implementar a “nova” ferramenta. A Figura 1 ilustra parte de uma planilha eletrônica que integra a ferramenta gerencial proposta. Uma das vantagens da customização é que a nova ferramenta terá o formato que o usuário quiser. Para explorar os limites operacionais da ferramenta foi feita uma conversão de variáveis, que antes eram inteiras, para representação binária. Por esse motivo houve um aumento de variáveis de 90 (3 horários, 6 dias da semana e 5 períodos diferentes) para 882 (3 horários, 6 dias da semana e 49 disciplinas). Essa conversão foi necessária, pois também é mais simples criar fórmulas para variáveis binárias.

Figura 1 - Parte da planilha que irá compor a ferramenta gerencial

Correspondência da Programação com o Informado pelos Professores		Segunda	
		17:50 - 19:20	19:20 - 20:50
90,00%			
	Disciplinas		
1	Química Geral V	0	0
2	Cálculo Aplicado I	0	0
3	Física Geral VII	0	0
4	Matemática Financeira	1	1
5	Segurança do Trabalho	0	0
6	Desenho Industrial	0	0

Fonte: Elaborado pelos autores

Explicações referentes à Figura 1: no canto inferior direito é possível ver parte de uma tabela binária com 882 variáveis (49 disciplinas e 18 horários). Nesse esquema, na tabela, o 1

indica que a disciplina será alocada naquele horário e o 0 indica que não. No canto esquerdo superior é indicada a correspondência entre o resultado gerado automaticamente e o requisitado pelos professores. Mais detalhes podem ser encontrados no texto.

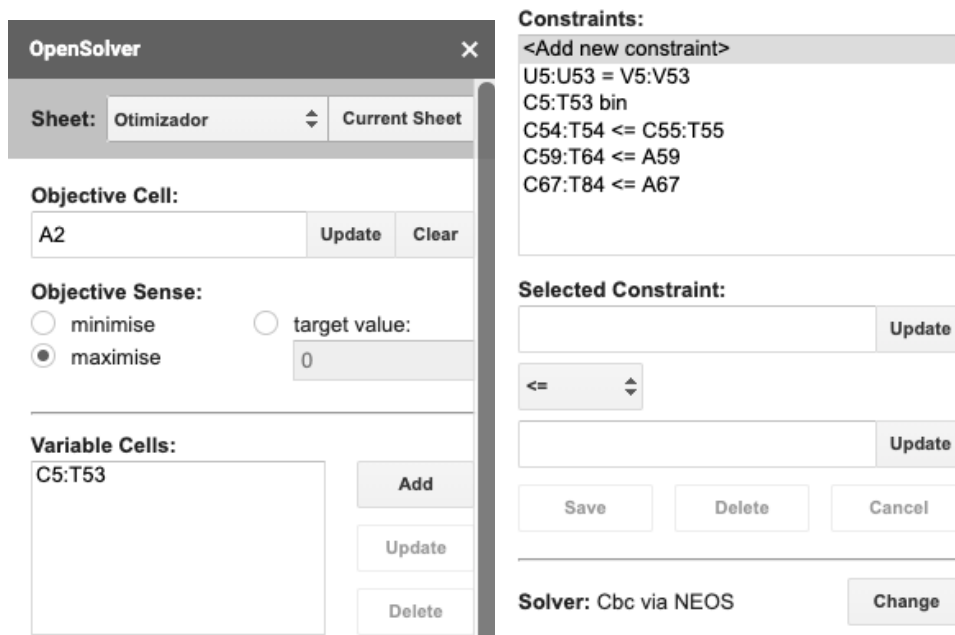
Outra tabela, a tabela de comparação, semelhante a apresentada na Figura 1, contendo as sugestões feitas pelos docentes, é criada em outra parte da planilha. A tabela de comparação é usada no cálculo do comparativo de correspondência.

Esse cálculo é feito da seguinte maneira, multiplica-se elemento por elemento das duas tabelas (tabela de variáveis e tabela de comparação) e soma-se todos os valores resultantes da multiplicação. Nesse esquema, caso haja uma correspondência, ambas as células das duas tabelas conterão o valor 1, caso contrário em uma das tabelas o valor 0 irá aparecer. Assim, o resultado da multiplicação das células só será 1 se houver correspondência. O percentual de correspondência é a razão entre a soma dos elementos multiplicados (produto interno) das duas tabelas e a soma dos elementos da tabela de comparação. A tabela de comparação é alimentada pela resposta prévia dada pelos docentes sobre suas preferências de horário durante a semana. O docente indica o horário que gostaria de oferecer determinada disciplina. Com todas as respostas dos docentes em mãos, os dados são inseridos na tabela de comparação. Há ainda uma tabela de salas e horários que serve de comparativo para a restrição relacionada às salas disponíveis. Essa tabela é alimentada pelo coordenador do curso após reunião com o setor de coordenação de turnos. Montada a planilha base é preciso configurar o otimizador da ferramenta OpenSolver.

3.6 Configurando o otimizador

O otimizador OpenSolver pode ser acessado no menu “Complementos” do Google Sheet, na opção sidebar. A Figura 2 mostra o formato da interface da ferramenta. As configurações usadas podem ser vistas nos campos que aparecem nas imagens.

Figura 2 – Formato da interface do OpenSolver



Fonte: Elaborado pelos autores

Explicações a respeito da Figura 2: o lado esquerdo mostra o campo para entrar com a célula objetivo (onde é feito o cálculo de correspondência), a operação de maximização e o intervalo de células variáveis. O lado esquerdo mostra o campo para as restrições e o tipo de algoritmo de otimização usado na busca (*CBC NEOS*).

Após a realização das etapas de configuração do otimizador é preciso apertar o botão Solve Model no OpenSolve. Feito isso é só aguardar todo o modelo ser computado, um resultado ser calculado e carregado na tabela de variáveis. Para o exemplo apresentado foi feita uma planilha de relatório que importa valores da tabela de variáveis. Essa planilha traduz a informação binária da tabela de variáveis para uma representação propícia para humanos interpretarem. A planilha de relatório será detalhada no capítulo de resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após ser feita a introdução do modelo, no capítulo Metodologia, serão feitos os testes da ferramenta gerencial que foi customizada para as necessidades da instituição em questão. A Figura 3 mostra um recorte na planilha de relatório onde é possível ser vista a programação automática feita pela ferramenta para o dia de segunda-feira das disciplinas, dos períodos e dos professores.

Figura 3 – Planilha relatório

	Período	Segunda		
		17:50 - 19:20	19:20 - 20:50	20:50 - 22:20
	1	Matemática Financeira	Matemática Financeira	Formação Profissional e Mercado de Trabalho
Disciplinas	2	Metrologia Científica e Industrial	Metrologia Científica e Industrial	Cálculo Aplicado II
	3	Processos Industriais de Produção	Gestão em Saúde, Meio Ambiente, Segurança e Responsabilidade Social	Controle Estatístico da Qualidade
	4	Gerenciamento da Poluição I	Implantação de Laboratório de Calibração e Ensaio	--
	5	Fundamentos de Marketing	Gestão de Recursos Humanos	Implantação de Laboratório de Calibração e Ensaio II
Optativa	6	--	--	Calibração Industrial II

	Período	Segunda		
		17:50 - 19:20	19:20 - 20:50	20:50 -
	1	André B&rb&lhc RKbYKrC dY FrYKt&s	André B&rb&lhc RKbYKrC dY FrYKt&s	YltCn f
Docentes	2	W&ndYrIyY C&rrYKr& dY SCuz& JúnKCr	IYx&ndrY MYndYs	IYx& MYn
	3	M&rK&nY LKm& TCrrYs S&ngKnYtC	R&f&Yl LKnh&rYs M&rKnhC	R&f& LKnh& M&rK
	4	RCs&ngêl&	RCs&ngêl&	RCs&r
	5	SérgKC HYnrKquY SKlv& JúnKCr	SérgKC HYnrKquY SKlv& JúnKCr	Sérg HYnrK SKlv& J
Optativas	6	IYx&ndrY MYndYs	&n& C&rI& dY SCus& GCmYs dCs S&ntCs	&n& C& SCus& C dCs Sê

Fonte: Elaborado pelos autores

Explicações relativas à Figura 3: na planilha de resultados aparece uma tabela com as informações de programação das disciplinas nos horários e dos professores nos mesmos horários. Ainda há a informação sobre o período ou se a disciplina se enquadra em optativa. O "--" indica tempo livre. Por se tratar de um caso real os nomes foram omitidos.

Por se tratar de uma operação de customização é possível apresentar visualmente os resultados da forma mais eficiente para quem vai usar. Ou pode-se optar por algo muito complexo, com muitas informações, ou mais simples e direto. A variação na escolha do algoritmo de otimização reflete diretamente nos tempos de busca por solução. A Tabela 1

mostra o desempenho nesse sentido ao serem testados alguns dos algoritmos disponíveis na ferramenta.

Tabela 1 - Comparativo de tempo decorrido até a solução usando diferentes algoritmos de otimização.

Motor de Busca (Algoritmo de Otimização)	Tempo decorrido até a solução
CBC NEOS	6 min e 40 seg
GLPK	6 min e 10 seg
Google Linear Solver	7 min. e 18 seg.

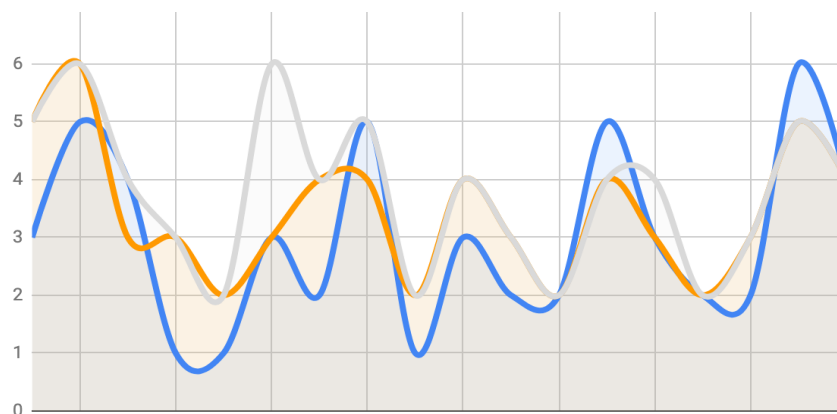
Fonte: Elaborado pelos autores

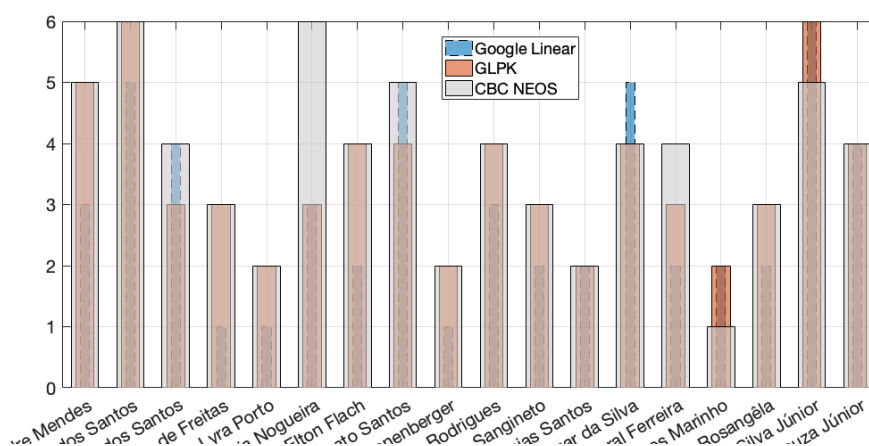
Deixando a ferramenta solta, sem critérios bem definidos, há uma mudança considerável na solução encontrada pelos diferentes algoritmos, Figura 4 (dois gráficos). Mas, em termos de média e desvio padrão, o GLPK teve melhor desempenho com média de 3 dias por semana para cada docente e desvio padrão um pouco abaixo de 1. Seguido do Google Linear com média 3 e desvio padrão um pouco acima de 1. O CBC NEOS teve média 4 e desvio padrão 1. O desempenho citado anteriormente diz respeito a menor quantidade de dias dos docentes lecionando por semana.

Ao considerar 90% das sugestões de horário feitas pelos docentes, a média de dias por semana cai 20% e o desvio padrão cai cerca de 15% em relação ao caso onde não era considerada nenhuma sugestão. A Figura 5 mostra esse comparativo em forma de gráfico em colunas empilhadas entre 3 simulações, não considerando sugestões, considerando 50% das sugestões e considerando 90% das sugestões.

Figura 4 – Soluções encontradas, sem critérios bem definidos

Frequência de dias que os docentes lecionam na semana. A ferramenta foi programada de maneira a desconsiderar a sugestão dos docentes e três técnicas de otimização são comparadas. Os nomes nas legendas foram cortados por motivos de privacidade.



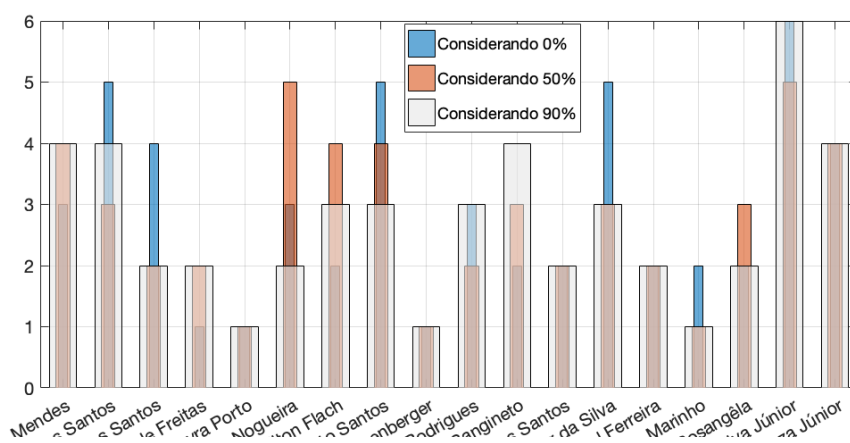


Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 6 mostra um gráfico em colunas empilhadas do desempenho dos algoritmos de otimização levando em consideração 90% de sugestões dos professores. Com base nas Figuras 4 e 6 é possível calcular que a média de dias dos docentes lecionando cai em termos gerais quando se considera as sugestões de horário. Esse é um forte indicativo de que a ferramenta está solucionando o problema levando em consideração as restrições impostas.

Figura 5 – Comparativo – Ignorando e porcentagens nas sugestões

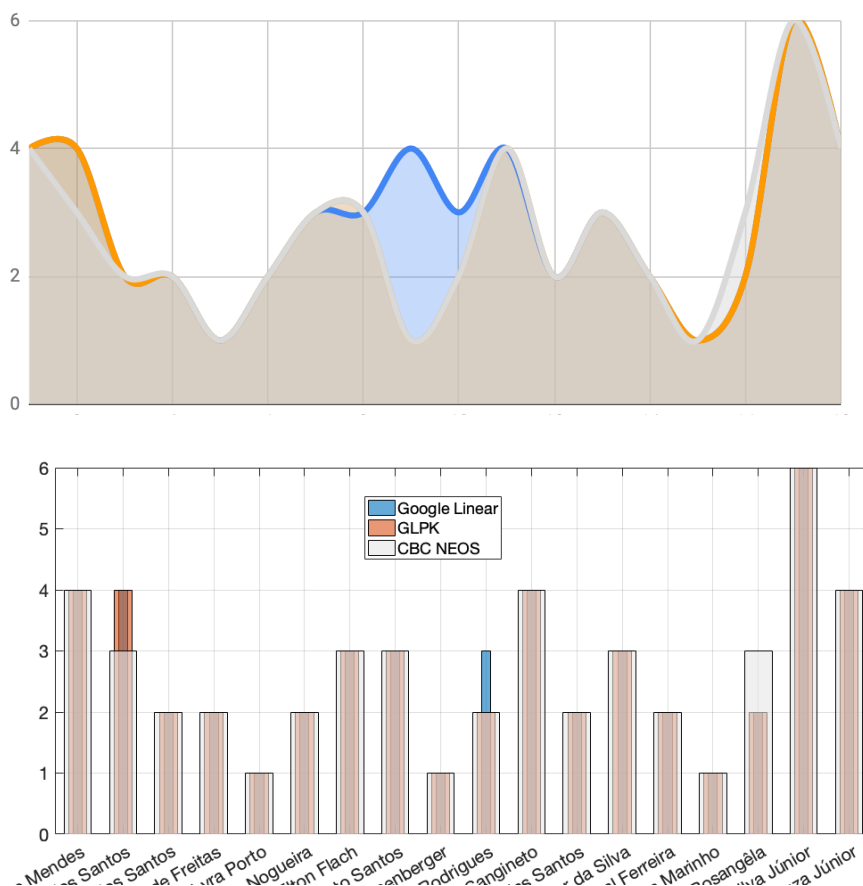
Comparativo entre quando a ferramenta ignora as sugestões de horários dos docentes (considerando 0% das sugestões), considerando um meio termo (50% das sugestões) e quando são consideradas praticamente todas as sugestões (90% das sugestões). Em "considerando 90%" a ferramenta calculou que efetivamente atendeu 94% das sugestões consideradas. Os nomes nas legendas foram cortados por motivos de privacidade.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 6 – Comparativo considerando as sugestões

Comparativo entre quando a ferramenta considera 90% das sugestões de horários dos docentes e calcula a distribuição dos horários semanais usando diferentes algoritmos de otimização. Os nomes nas legendas foram cortados por motivos de privacidade.



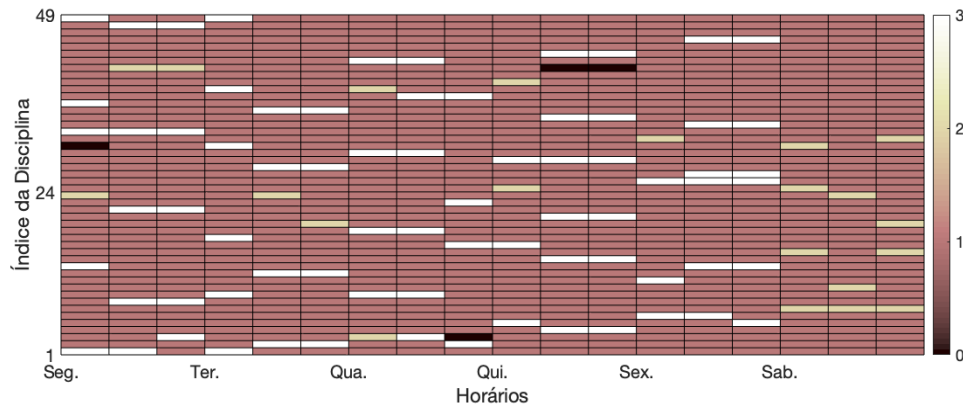
Fonte: Elaborado pelos autores

Novamente o algoritmo de otimização GLPK levou certa vantagem sobre os outros fazendo com que a média de dias dos docentes lecionando caísse 25% em relação a análise feita sobre a Figura 4. O desvio padrão geral para a análise que considera 90% das sugestões caiu cerca de 10% em relação a da análise que não considerava sugestões. A Figura 7 permite concluir que das sugestões feitas, apenas 6% delas não foram atendidas. O quadro apresentado é uma extensão da análise feita e apresentada na Figura 6 usando o algoritmo de otimização GKPL. Nesse quadro o índice da disciplina é o eixo vertical e o horário da disciplina na semana é o eixo horizontal. No quadro os marcadores 3, 2 são inseridos pela ferramenta. A legenda 1 significa que aquele horário está disponível para marcações. Se o que foi agendado pela ferramenta coincide com o que foi sugerido a ferramenta insere a legenda 3. Se caso a ferramenta utilizar um horário que não coincide com nenhuma sugestão feita pelos professores, será inserida a legenda 2.

A legenda 0 significa que aquele horário foi sugerido pelos professores, mas a ferramenta, por algum motivo de restrição, não o programou no quadro de horário. As legendas aparecem na barra de cores, à direita da Figura 7, e no quadro aparecem como uma cor correspondente à legenda.

Figura 7 – Comparações entre sugestões e agendamentos automáticos

Quadro comparativo entre sugestões e agendamentos automáticos da ferramenta. 3 significa sugestão atendida, 2 significa agendado sem atender sugestão, 1 significa nada agendado e 0 significa sugestão não atendida.



Fonte: Elaborado pelos autores

Dessa maneira, depois de feitas todas essas análises é forte o indicativo de que a ferramenta funciona. Contudo, incessantes testes devem ser conduzidos até a adoção plena dessa ferramenta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O quadro apontado por Mahapatra, Manzar e Bhadauria (2015) e por Mouakhar e Tellier (2017), de fato, ainda é uma realidade em 2019. Os FOSS continuam apresentando barreiras que impedem uma ampla adoção por parte das empresas. Contudo, devido as recentes melhorias que tornam ferramentas Free/Open cada vez mais acessíveis aos não especialistas em programação, alterações em suas funcionalidades são permitidas qualquer nível de usuário. O presente trabalho apresentou um exemplo em que a customização de ferramentas pode ser uma opção para reduzir as barreiras existentes na utilização de FOSS.

5.1 O acesso ao software livre vem se tornando mais simples

Uma ferramenta PPH foi customizada a partir de FOSS populares como o Google Sheet, o Firefox e o OpenSolve. A Figura 3 é um exemplo de que ferramentas Free/Open possuem os recursos necessários que permitem o desenvolvimento de interfaces de fácil compreensão para os usuários. Como a ferramenta pode ser customizada pelos próprios usuários não existe dependência de comunidades de desenvolvedores nem em treinamento nem em manutenção. Todos os códigos que foram utilizados são de fórmulas disponíveis em planilhas eletrônicas, como o Excel. Esse é um forte indício de que não necessariamente é preciso dominar linguagens específicas de programação para adaptar FOSS às necessidades das organizações. Obviamente, nem sempre as customizações de FOSS serão feitas dessa maneira simples e necessitarão de códigos mais sofisticados. Mas, a adoção de FOSS por

mais usuários vem sendo um incentivo para que desenvolvedores tornem a customização uma opção ainda mais acessível.

5.2 A ferramenta é usual?

A ferramenta customizada foi testada sobre um problema de complexidade razoável (o PPH) e foram apresentadas várias análises de desempenho no Capítulo 4 que provam sua funcionalidade. A Figura 4 mostra a situação de um agendamento feito completamente automático, levando em conta somente algumas premissas básicas sobre o agendamento de disciplinas em quadro de horários. Obviamente o sistema de computação não levou em considerações fatores que são importantes para os humanos, como a frequência de dias na semana dos docentes. Três indivíduos foram agendados para lecionar por 6 dias por semana, algo que não agradaria a eles. A Figura 5 mostra que essa anomalia é reduzida quando a ferramenta foi configurada para aceitar cada vez mais sugestões de agendas dos docentes. As análises sobre os resultados apresentados na Figura 6 indicam que o melhor algoritmo otimizador para uso com a ferramenta é o GLPK. A Figura 7 mostra um agendamento feito pela ferramenta para um semestre. Esse agendamento considerou a opinião de 90% dos docentes. Dessas sugestões foram atendidas 94%. A Figura mostra claramente a disposição de disciplinas sob cada horário (agendamento), horários que não foram atendidos entre outras coisas. Assim, o exposto é um forte indício de que a ferramenta que foi customizada funciona.

5.3 Trabalhos futuros

Embora existam fortes indícios de que seja usual, a ferramenta que foi customizada ainda precisa de muitas adequações. Restrições sobre o máximo de dias, em média, que cada docente leciona devem ser adotadas. Pretende-se fazer um projeto de um formulário de coleta de dados que será enviado automaticamente pela ferramenta para cada docente e após a resposta do mesmo, a ferramenta irá alimentar seu banco de dados com as sugestões do docente. Essa ação permitirá um grau mais elevado de automatização.

6 REFERÊNCIAS

ABES, - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SOFTWARES. **Brazil Software Market 2019 - Market and Trends**, 2019. Disponível em: <<http://central.abessoftware.com.br/Content/UploadedFiles/Arquivos/Dados%202011/ABES-EstudoMercadoBrasileirodeSoftware-2019-Parcial-Ingles-Abr-2019.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2019

ANTONIOLLI, P. Information Technology Framework for Pharmaceutical Supply Chain Demand Management: a Brazilian Case Study. **Brazilian Business Review**, Vitória, v. 13, n. 2, p. 27–55, 1 mar. 2016.

ALMEIDA, M. A. DE; SCHIAVONI, F. L. Aspectos da sustentabilidade e colaboração na arte digital. **Revista Interdisciplinar Internacional de Artes Visuais**, v. 5, n. 1, p. 14, 2018.

BAZERMAN, M. H.; MOORE, D. **Processo Decisório**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BERTOLINI, A. V. A. G. et al. Soluções Business Intelligence Open Source No Suporte À

Estratégia Organizacional. **Revista Inteligência Competitiva**, v. 5, n. 2, p. 40-59–59, 19 jun. 2015.

CARVALHO, L. G.; GOMES, O. A.; PARREIRAS, F. S. **Adoption of open source software: A study on the information technology sector in Minas Gerais**. Proceedings of the XI Brazilian Symposium on Information Systems (. **Anais...** In: SYMPOSIUM ON INFORMATION SYSTEMS. 2015Disponível em: <<https://aisel.aisnet.org/sbis2015/52>>

CRESPO, P.; SANTOS, V. Construção de Sistemas Integrados de Gestão para Micro e Pequenas Empresas. **RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. 15, p. 35–49, jun. 2015.

CUNHA, C. B. DA; CORTES, C. S. Sistema de apoio à decisão baseado em planilha eletrônica para otimização da programação de entrega de concreto pronto. **Journal of Transport Literature**, v. 8, n. 1, p. 125–158, jan. 2014.

DORNELES, Á. P.; DE ARAÚJO, O. C. B.; BURIOL, L. S. A column generation approach to high school timetabling modeled as a multicommodity flow problem. **European Journal of Operational Research**, v. 256, n. 3, p. 685–695, fev. 2017.

FREY, E. H. et al. Tecnologia da informação no processo de planejamento de vendas e operações. **Estudos do CEPE**, n. 45, p. 52, 27 jun. 2017.

KURILOVAS, E. On data-driven decision-making for quality education. **Computers in Human Behavior**, p. S0747563218305387, nov. 2018.

LACHTERMARCHER, G. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LINDAHL, M. et al. A strategic view of University timetabling. **European Journal of Operational Research**, v. 266, n. 1, p. 35–45, abr. 2018.

MAHAPATRA, R.; MANZAR, R.; BHADAURIA, V. S. Adoption and Use of Open Source Infrastructure Software by Large Corporations: The Case of MySQL. **Journal of Database Management**, v. 26, n. 4, p. 1–17, out. 2015.

MAICAN, C.; LIXANDROIU, R. A system architecture based on open source enterprise content management systems for supporting educational institutions. **International Journal of Information Management**, v. 36, n. 2, p. 207–214, abr. 2016.

MALLMANN, E. M. Massive/Small Open Online Courses (MOOC/ SOOC) e Recursos Educacionais Abertos (REA): inovação disruptiva na educação online e aberta. **Revista Diálogo Educacional**, v. 18, n. 56, p. 84–107, 2017.

MARINHO, F. et al. Uma ferramenta baseada em otimização para apoiar decisões de preparação e resposta em logística humanitária. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 10, n. 2, p. 70–92, 2018.

MOHAMAD, A. et al. Does decentralized decision making increase company performance through its Information Technology infrastructure investment? **International Journal of Accounting Information Systems**, v. 27, p. 1–15, nov. 2017.

MOTA, C.; SERUCA, I. **Free/open source software vs. proprietary software in education**. 2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). **Anais...** In: 2015 10TH IBERIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (CISTI). Aveiro, Portugal: IEEE, jun. 2015Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7170544/>>. Acesso em: 4 jun. 2019.

- MOTA, T. B.; OLIVEIRA JR, A. M. C. DE; FREITAS, A. F. DE. Desenvolvimento e uso de um software de gestão sob a ótica das dimensões organizacional, tecnológica e humana em empresas públicas. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 6, n. 3, p. 70–87, 16 jul. 2016.
- MOUAKHAR, K.; TELLIER, A. How do Open Source software companies respond to institutional pressures? A business model perspective. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 30, n. 4, p. 534–554, 10 jul. 2017.
- MOURA, W. DE V.; LIMA, A. M.; PINTO, R. G. S. Benefícios de informação tecnologia for the business strategies: na integrative review. p. 8, 2017.
- OLSON, D. L.; JOHANSSON, B.; DE CARVALHO, R. A. Open source ERP business model framework. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 50, p. 30–36, abr. 2018.
- OREG, S.; NOV, O. Exploring motivations for contributing to open source initiatives: The roles of contribution context and personal values. **Computers in Human Behavior**, v. 24, n. 5, p. 2055–2073, set. 2008.
- PEREIRA, R. S.; LACRUZ, A. J. Adding randomness controlling parameters in GRASP method applied in school timetabling problem. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 12, n. 3, p. 265–287, 1 jul. 2017.
- PIZZOLATO, N. D.; GANDOLPHO, A. A. **Técnicas de otimização**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- POWER, D. J. Data science: supporting decision-making. **Journal of Decision Systems**, v. 25, n. 4, p. 345–356, out. 2016.
- ROCHA, R.; EMYDIO, M. M. Gestão do conhecimento e tecnologia: Aplicação na educação. **Convergências em Ciência da Informação**, v. 1, n. 2, 2018.
- SAVINIEC, L.; SANTOS, M. O.; COSTA, A. M. Parallel local search algorithms for high school timetabling problems. **European Journal of Operational Research**, v. 265, n. 1, p. 81–98, fev. 2018.
- SHAHRIVAR, S. et al. A business model for commercial open source software: A systematic literature review. **Information and Software Technology**, v. 103, p. 202–214, nov. 2018.
- SILIC, M.; BACK, A. The Influence of Risk Factors in Decision-Making Process for Open Source Software Adoption. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 15, n. 01, p. 151–185, jan. 2016.
- STEINMACHER, I. et al. **Overcoming open source project entry barriers with a portal for newcomers**. Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering - ICSE '16. **Anais...** In: THE 38TH INTERNATIONAL CONFERENCE. Austin, Texas: ACM Press, 2016. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2884781.2884806>>. Acesso em: 6 jun. 2019.
- THANKACHAN, B.; MOORE, D. R. Challenges of Implementing Free and Open Source Software (FOSS): Evidence from the Indian Educational Setting. **The International Review of Research in Open and Distributed Learning**, v. 18, n. 6, 25 set. 2017.
- WONS, L. et al. Barreiras ao compartilhamento do conhecimento nas organizações. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, v. 8, n. Número Especial, p. 86–101, 1 out. 2018.