

MODELAGEM MATEMÁTICA E PESQUISA OPERACIONAL: UMA POSSIBILIDADE

Tiago Weingarten
Universidade Luterana do Brasil
tiago_weingarten@hotmail.com

Rodrigo Dalla Vecchia
Universidade Luterana do Brasil
rodrigovecchia@gmail.com

Resumo:

O presente relato tem por objetivo versar sobre os tangenciamentos ocorridos entre algumas ideias acerca a Modelagem Matemática e a sua utilização no Ensino Superior apresentando a construção e análise de modelos compostos por restrições e sua respectiva solução utilizando o software Solver do Excel. A pesquisa realizada ao nível de mestrado, abordou sobre o processo de transformação da determinação do problema em Modelagem Matemática ocorridos na disciplina de Pesquisa Operacional quando as situações são trazidas pelos estudantes, partindo do interesse dos mesmos. Atentaremos para o envolvimento dos estudantes no desenvolver da problemática buscando o seu entrelaçamento com os significados algébricos provenientes do conteúdo disciplinar, conferindo sentido às decisões tomadas. Os envolvidos no processo frequentaram as disciplinas de Pesquisa Operacional I e Pesquisa Operacional II, do curso de Engenharia de Produção, de uma universidade do Estado do Rio Grande do Sul, no ano de 2013.

Palavras-chave: Educação Matemática; Sentido; Significado

1. Introdução

A busca pelo entendimento do como ocorre o processo de transformação da determinação do problema em Modelagem Matemática (MM) está relacionada com alguns questionamentos trazidos por Dalla Vecchia (2012), o qual observou que a determinação do problema pode influenciar a condução de todo o processo. Nesse contexto, Weingarten (2015) alude sobre a multiplicidade potencial do processo problemático e que este é regido pelo tencionamento entre aspectos objetivos, subjetivos e matemáticos. Para tais conclusões, o embasamento teórico foi fundamentado nas definições acerca o problema em Saviani (1996) e Deleuze (1988) que, embora distintas podem ser consideradas complementares. O primeiro autor divide o problema em dois aspectos: um objetivo, que se refere ao objeto problemático; e um subjetivo, ligado à necessidade de solucionar a problemática em questão. Já o segundo autor defende a ulterioridade da determinação do problema, não confundindo-o com as proposições que o engendra, nem com a pergunta, tampouco com a dúvida, tangenciando assim, a esfera do virtual.

Dada essa perspectiva, que relaciona a compreensão do problema à sua solução, Weingarten (2015) e Weingarten e Dalla Vecchia (2015) estudam aspectos relacionados à própria determinação do problema, buscando compreender como a mesma ocorre para, com isso, compreender o processo de MM, principalmente quando as situações investigadas são abertas, não se conhecendo, *a priori*, nenhuma solução. Desse modo, foi visada uma ampliação dessas perspectivas, buscando uma conexão com problemas que se atualizam no campo empresarial e podem ser tratados sob a perspectiva da MM.

Para conduzir a referida pesquisa, os dados foram produzidos no Ensino Superior. Esta escolha se deu pelo fato de haver a possibilidade direta de construção de modelos relacionados ao cotidiano dos estudantes, uma vez que uma das principais características dos discentes da disciplina de Pesquisa Operacional na universidade investigada é que os mesmos, em sua grande maioria, já se encontram no mercado de trabalho. Assim, para o escopo deste relato, atentaremos para o desenvolvimento de problemas oriundos dos estudantes e sua solução com o auxílio de programas computacionais. Iniciaremos as discussões apresentando a visão de problema e de MM assumida na investigação.

2. Modelagem Matemática: visão assumida

O entrelaçamento entre Modelagem Matemática e a ideia de problema foi abordado por Dalla Vecchia e Maltempo (2009; 2010) e Dalla Vecchia (2012). Esses autores discutem que a ideia de problema, assim como a de realidade, parecem ser aspectos que perpassam os diferentes modos de compreender a MM. Desse modo, entendem que investigar tanto realidade quanto problema pode contribuir para ampliar o entendimento da própria MM.

Embasados nas pesquisas apresentadas, consideramos que o processo de MM se desvela de modo não necessariamente linear e, portanto, a instabilidade processual afeta uma definição rígida acerca do problema. Nesse contexto de desdobramentos que envolveram o processo problemático inerente à MM, consideramos o entrelaçamento de quatro aspectos: objetivo pedagógico, modelo, problema e realidade, que fomentam uma relativa fluidez e propiciam a constante transformação de toda a problemática. Alegoricamente, relacionamos a influência múltipla de cada um dos aspectos citados com as ondulações multifocais proporcionadas por pedras atiradas na água parada.



Figura 1 – MM vista como um fluxo que se desdobra por meio da multiplicidade dada pelo modelo, pelo problema, pelo objetivo pedagógico e pela realidade. Fonte: Dalla Vecchia (2012, p. 217)

Observando a Figura 1, as ondulações influenciam a formação de fluxos, não permitindo o isolamento de nenhum aspecto. Avaliada por meio dessa perspectiva, a MM pode ser vista como um processo que não se mostra estático, pois qualquer alteração pode influenciar de modo decisivo o encaminhamento na busca de uma solução para o problema. Assim, a relação hierárquica entre os envolvidos no processo: professor, alunos e conteúdo é extrapolada, se mostrando de forma reflexiva, mostrando, de modo indireto, que diferentes objetivos podem implicar diferentes formas de compreender a MM e, conseqüentemente, de conduzir o processo.

Nesse contexto, focalizamos na ideia de problema, entendida como “[...] um conjunto de condições não atuais e indeterminadas que dizem respeito a uma dada situação e que gera um campo de conflitos que assumindo gradativamente um caráter mais ou menos estável, à medida que vai sendo determinado” (DALLA VECCHIA, 2012, p.219). Em nossas investigações, temos tratado situações que são trazidas pelos alunos nas quais nem estudantes nem professores conhecem soluções a priori. A dinâmica desse processo envolve um fluxo de desdobramentos e a cada nova interação entre os participantes do processo de modelagem, múltiplas novas possibilidades podem se apresentar.

No âmbito da investigação, a multiplicidade de caminhos possíveis, ou não, de serem considerados, potencializa a investigação, ampliando o modo de ver a MM em aplicações distintas. Na sequência, discorreremos sobre a disciplina investigada e sobre a contextualização da investigação.

3. Sobre a Pesquisa Operacional e a contextualização da investigação

A produção de dados ocorreu em duas disciplinas distintas: Pesquisa Operacional I (PO I) e Pesquisa Operacional II (PO II), ocorridas, respectivamente, no primeiro e segundo semestres de 2013. A extensão da produção dos dados se fez necessária pelo fato de os alunos

não concluírem suas pesquisas acerca da problemática pesquisada no primeiro semestre. Por serem duas disciplinas complementares e sequenciais, a turma e, conseqüentemente, os grupos sofreram poucas alterações proporcionando a manutenção das pesquisas iniciais.

A Pesquisa Operacional (PO), segundo Moreira (2010), surgiu no século passado, concebida por cientistas para analisar situações militares. Contudo, foi na Segunda Guerra Mundial, onde os recursos eram restritos e as necessidades operacionais careciam de efetividade, que a atividade de PO teve seu início. No pós-guerra, o sucesso da PO fez com que essa prática se estendesse para as organizações civis, visto que a indústria estava em expansão e sua complexidade necessitava de técnicas mais eficientes para análise de seus problemas.

A popularização da PO se deu, principalmente, por dois aspectos, a saber: a melhoria das próprias técnicas da Pesquisa Operacional e a popularização dos computadores. Para o primeiro caso, Moreira (2010) cita o método Simplex, para solução de problemas de programação linear, criado em 1947 e até hoje utilizado. Com relação ao segundo caso, o autor salienta a agilidade com que os computadores resolvem cálculos, muitos deles inviáveis para os seres humanos. Neste mesmo tópico, há referência dos softwares específicos de PO, disseminados para a população, fomentando esta prática de pesquisa.

A PO "[...] procura obter a melhor solução - ou solução ótima - para um problema" (MOREIRA, 2010, p. 3). Um dos recursos com maior potencialidade na busca por essa otimização, é a Programação Linear (PL). Este modelo matemático é estruturado para resolver "[...] problemas que apresentem variáveis que possam ser medidas e cujos relacionamentos possam ser expressos por meio de equações e/ou inequações lineares" (MOREIRA, 2010, p. 10), também chamadas de função objetivo. De acordo com o objetivo da otimização, o modelo linear, respeitando as restrições impostas pela situação, poderá minimizar ou maximizar o resultado dessa função (MOREIRA, 2010). Associado à função objetivo, está um conjunto de restrições, que também podem ser expressas por equações e inequações lineares e dizem respeito às limitações que o problema é submetido. Em termos matemáticos, tem-se que:

$$z = \sum_{i=1}^n a_i x_i$$

Sujeito às equações e inequações que podem assumir a forma:

$$\sum_{j=1}^m c_j x_j \leq d_j \quad \text{e/ou} \quad \sum_{l=1}^p e_l x_l = f_l \quad \text{e/ou} \quad \sum_{k=1}^q g_k x_k \geq h_k$$

Onde:

- z é a função objetivo;
- n é o número de incógnitas;
- x_i é o número de variáveis consideradas;
- $a_i, c_j, d_j, e_l, f_l, g_k, h_k \in \mathbb{R}$;
- $m, p, q \leq n$.

Para qualquer modelo de PL em que existirem apenas duas variáveis de decisão podemos solucionar o problema através do método gráfico. Para tanto, os eixos x e y representarão as duas variáveis de decisão. Já as restrições, na forma de equações e/ou inequações, formarão, junto com os eixos, a "[...] região permissível (ou possível) final, onde estará a solução do problema" (MOREIRA, 2010, p. 43). Um dos pontos extremos da região formada é onde se encontra a solução da PL, para tanto substituindo os valores de cada ponto extremo na função objetivo, os que minimizarem ou maximizarem a função, dependendo do objetivo da PL, darão a solução do problema. Todavia, se o número de variáveis de decisão do problema for superior a duas, o método Simplex poderá ser utilizado (MOREIRA, 2010).

Com o contexto apresentado acerca da PO, focado na obtenção de uma função objetivo e sua otimização, apresentaremos diretamente a função objetivo (FO) determinada pelos alunos. Segundo os Planos de Ensino, as disciplinas de PO I e II apresentam os mesmos objetivos geral e específicos, reforçando a complementariedade proposta. O objetivo geral das disciplinas consiste em aplicar os conceitos matemáticos analíticos e probabilísticos na resolução de problemas aplicados ao campo de atuação da engenharia de produção. Já os objetivos específicos estão relacionados com a identificação e resolução de problemas dos termos específicos estudados nas disciplinas, com a aplicação correta de técnicas analíticas, lineares e probabilísticas por meio da modelagem.

A distinção entre as disciplinas consiste em suas ementas. Em PO I, são estudadas a conceituação de sistema; a formulação de modelos de otimização linear; a representação algébrica e interpretação geométrica de modelos lineares de otimização; a obtenção de solução pelo método Simplex; a dualidade e análise de sensibilidade do modelo; o modelo de transporte - formulação, resolução, dualidade e análise de sensibilidade; as aplicações de simulação: modelo determinístico, modelo probabilístico, processos industriais, sistema de estoques. Em

PO II são abordados os seguintes temas: Teoria das filas aplicada à Engenharia de Produção; as ideias básicas da Programação Dinâmica; os processos estocásticos: definições, cadeias de Markov e matriz de transição; a programação dinâmica determinística e a programação dinâmica estocástica; o Algoritmo da Interação de Valores; as Aplicações Determinísticas e Estocásticas; os conceitos básicos de programação não linear; a otimização não linear com e sem restrições e a Teoria dos Jogos.

As ementas das disciplinas de PO I e II abordam uma quantidade considerável de conteúdos matemáticos potencialmente utilizáveis para a resolução dos problemas propostos pelos estudantes. Os Planos de Ensino apresentam de forma sistemática que os alunos, intermediados pela ação do professor, devem ser capazes de apor-se dos conhecimentos matemáticos para atingirem os objetivos propostos pela disciplina. Na sequência, trataremos como foi conduzida a produção dos dados.

4. Trabalhos produzidos

As gravações foram realizadas em oito datas, a saber, 11, 18 e 25 de abril; 23 de maio; 13 de junho; 12 de setembro; 10 e 31 de outubro de 2013. As cinco primeiras datas são referentes ao primeiro semestre e, conseqüentemente, à disciplina de PO I. Já as três últimas são concernentes à disciplina de PO II, realizada no segundo semestre. No primeiro encontro, da disciplina de PO I, ocorrido dia 11/04, foi feita apenas a gravação do grande grupo, pois a proposta da aula era de cada aluno, individualmente, trazer um ou mais problemas da sua empresa para apresentar aos colegas. Ao final da aula foi solicitado aos estudantes que formassem grupos, por livre iniciativa, a fim de escolherem um dos problemas propostos pelos integrantes para que servisse de base ao desenvolvimento problemático posterior. Ao todo, foram sete grupos, denotados de A até G.

O grupo A teve como objetivo maximizar o número de atividades realizadas diariamente na manutenção de aeronaves comerciais, na tentativa de potencializar o índice horas/homem (HH). O grupo B objetivou, enquanto a fabricação de evaporadores de ar do tipo Split, uma proposta de tabelamento de fornecedores e peças, com a melhor relação de custo, lead time e com o menor estoque possível.

O grupo C almejou a antecipação da receita da montagem de equipamentos elétricos, de uma empresa prestadora de serviços para o Polo Petroquímico. Para tanto, otimizou o processo

de montagem, primando pelos elementos que demandavam maior lucro para a empresa. O grupo D buscou relacionar o fornecimento de peças para a fabricação de implementos agrícolas, em específico, tratores. Como a compra destes implementos são fomentadas por programas governamentais, há um limite máximo de utilização de peças importadas, mesmo que não sejam as mais vantajosas financeiramente.

O grupo E teve como objetivo otimizar o tempo de troca de moldes de injetoras (Setup) de uma indústria de plásticos, reorganizando a mão de obra disponível, tentando justificar, perante a empresa, a colaboração de mais um colaborador. Já o grupo F realizou um estudo sobre rotas de viagem. A empresa em questão, uma prestadora de serviços de automação industrial, ambicionava uma maior quantidade de visitas diárias a seus clientes, possibilitando uma expansão em suas vendas.

Por fim, o grupo G pesquisou acerca de dois problemas distintos: o primeiro buscava o aproveitamento de resíduos industriais provenientes do tratamento realizado em uma Estação de Tratamento de Água e Esgoto (ETA/E), de uma fábrica de papel, para combustão de sua caldeira, mantendo a eficiência calorífica efetiva. Já o segundo problema pesquisado teve como objetivo minimizar as perdas de corte de fios elétricos de uma empresa de montagem de comandos de elevadores.

Formados os grupos (sete ao todo), o procedimento de produção dos dados em todos os dias se deu por meio da gravação das conversas. Cada mesa foi aparelhada com um computador munido do software Camtasia Studio[®], com o intuito de gravar a totalidade das conversações em áudio dos integrantes de cada grupo. A filmadora serviu para dar suporte aos momentos de intervenção do professor, que era filmado em todas as interações com os estudantes pelo pesquisador. Ao final do semestre, os grupos entregaram um relatório com os dados parciais de suas pesquisas acerca a problemática de investigação.

Na disciplina de PO II, já no segundo semestre, no dia 12/09, foi sugerida a reunião dos grupos para a retomada das ações pendentes do primeiro semestre com relação à investigação. A utilização do Camtasia Studio[®] e da filmadora se fizeram constantes novamente para gravar as interações entre os alunos e entre os alunos e o professor. Para finalizar, no dia 31/10 ocorreram as apresentações dos grupos no Auditório da instituição. Neste dia, utilizamos apenas da filmadora para captar a conclusão das pesquisas.

No caso da presente pesquisa, como nossos esforços de análise se concentraram em um único grupo (Grupo C). A transição da disciplina de PO I para PO II não influenciou na formatação dos grupos, pois como são disciplinas complementares, os grupos sofreram poucas alterações com relação aos seus componentes, visto que os alunos de PO I, na sua maioria, se matricularam na disciplina de PO II, mantendo sua estrutura inicial.

5. Processo de construção e solução do modelo pelo grupo C

O trabalho desenvolvido por esse grupo buscou a antecipação da receita da montagem de equipamentos elétricos de uma empresa prestadora de serviços para o Polo Petroquímico, culminando com o seguinte modelo matemático:

Função Objetivo (FO): Maximizar $\sum_{i=1}^7 x_i r_i$.

Onde x_i é a porcentagem de cada tipo de material utilizado e r_i sua respectiva receita, atribuída à unidade percentual da meta a ser atingida. A Função Objetivo busca uma maximização da captação de receitas, associadas diretamente ao lucro, e que leva em consideração a curva de metas já usada pela empresa, dadas pelo índice EAP (Estrutura Analítica de Processo) que trabalha sobre 7 aspectos: Tubing (x_1), Cabo (x_2), Instrumento (x_3), Eletrocalha (x_4), Eletroduto (x_5), Caixas de Junção (x_6) e Painéis (x_7).

Cabe ressaltar que o grupo utilizou uma variação de 20% para os valores da porcentagem de cada tipo de material. Com isso, foram consideradas as seguintes restrições:

$$\begin{aligned}0,8Px_1 &\leq x_1 \leq 1,2Px_1 \\0,8Px_2 &\leq x_2 \leq 1,2Px_2 \\0,8Px_3 &\leq x_3 \leq 1,2Px_3 \\0,8Px_4 &\leq x_4 \leq 1,2Px_4 \\0,8Px_5 &\leq x_5 \leq 1,2Px_5 \\0,8Px_6 &\leq x_6 \leq 1,2Px_6 \\0,8Px_7 &\leq x_7 \leq 1,2Px_7\end{aligned}$$

Onde Px_i é a meta percentual do mês de construção do elemento x_i . Avaliando sob o ponto de vista somente matemático, este modelo é simples e direto. Entretanto, seu processo de construção envolveu uma gama de discussões, que avaliaremos sob a ótica das dimensões das proposições expressas pelos participantes. Antes de iniciarmos o processo de análise, sentimos a necessidade de apresentar algumas das dificuldades que tivemos no processo de organização dos dados e posterior apresentação.

Após a determinação da função objetivo e das restrições, a resolução do modelo matemático se deu por meio do software Solver[®], que é um suplemento do Excel[®]. Conforme Moreira (2007), o uso de recursos computacionais potencializou as aplicações da Pesquisa Operacional. No atual contexto histórico, existe uma gama de softwares que possibilitam a resolução de modelos matemáticos lineares e não lineares. Dentre eles, destaca-se o suplemento Solver da planilha Excel. Este recurso, além de fácil manuseio e fácil acesso, apresenta ferramentas poderosas, possibilitando a inclusão e centenas de variáveis. Para utilizar o Solver é preciso abri-lo. Ele se encontra na aba "Dados" da planilha Excel. Após clicar no ícone, aparecerá a seguinte tela (Figura 2):

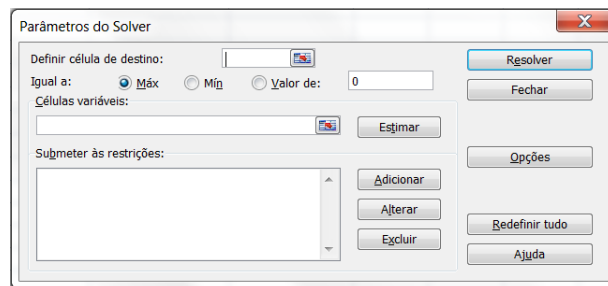


Figura 2: Interface do Solver na planilha Excel. Fonte: Excel[®]

Nesta janela há caixas destinadas à Função Objetivo (FO), no espaço "Definir célula de destino". Logo abaixo, tem-se as opções: Máx (maximizar), Min (Minimizar) ou Valor de (para os casos nos quais a função objetivo necessita ter um valor fixo). Como deseja-se maximizar o adiantamento de receita, marcou-se a opção "Máx". Para a utilização do Solver[®], é necessário também definir as células das variáveis. Todas devem ser selecionadas de uma só vez no espaço destinado a "Células das variáveis". Resta ainda acrescentar as restrições. Para tanto, deve-se clicar em "adicionar".

Ao carregar todas as restrições, clica-se em OK para retornar à janela principal do Solver. Antes de rodar o programa, mais dois aspectos devem ser considerados. O primeiro diz respeito às condições de não negatividade e o segundo ao tipo de modelo usado, que está relacionado à Programação Linear. Para que essas condições sejam consideradas é necessário ir em opções e marcar "Presumir modelo linear" e "Presumir não-negativos". Em seguida, deve-se clicar em "Ok". A sequência de figuras que segue mostra essa etapa.



Figura 3: Opções do Solver. Fonte: Excel[®]

Para finalizar, basta clicar em "Resolver" na janela principal do Solver e o programa indicará o resultado que aparecerá nas células que foram definidas como sendo as variáveis. No caso apresentado nesse relato, as restrições levam em consideração a curva de metas já usada pela empresa, dadas pelo índice EAP (Estrutura Analítica de Processo), e apresentadas na Figura 4.

	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Tubing	0,00%	4,60%	13,99%	20,37%	26,85%	34,19%
Cabos	8,47%	10,24%	19,02%	19,32%	20,92%	18,72%
Instrumentos	5,45%	10,92%	22,33%	23,08%	22,96%	15,27%
Eletrocalhas	14,02%	3,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Eletrodutos	10,38%	12,17%	21,67%	16,17%	18,40%	17,10%
CJs	15,58%	20,27%	31,45%	21,72%	4,90%	0,00%

RS -	RS 18.656,67	RS 56.793,78	RS 82.694,19	RS 109.029,63	RS 138.825,74	
RS 343.939,13	RS 415.759,10	RS 772.353,91	RS 784.534,89	RS 849.185,00	RS 760.195,57	
RS 442.498,17	RS 886.427,15	RS 1.813.424,29	RS 1.874.010,12	RS 1.864.726,01	RS 1.239.914,25	
RS 284.641,26	RS 62.507,94	RS -	RS -	RS -	RS -	
RS 484.789,21	RS 568.317,07	RS 1.011.607,07	RS 755.090,63	RS 858.883,01	RS 798.443,14	
RS 158.140,17	RS 205.774,03	RS 319.251,81	RS 220.540,08	RS 49.759,72	RS -	
TOTAL:	RS 1.714.007,94	RS 2.157.441,96	RS 3.973.430,86	RS 3.716.869,91	RS 3.731.583,38	RS 2.937.378,70

Figura 4 - Metas da empresa pelo índice EAP. Fonte: os autores

Temos que a função objetivo que se deseja maximizar é dada pela expressão $\sum_{i=1}^7 x_i r_i$, onde x_i é a porcentagem de cada tipo de material utilizado e r_i sua respectiva receita, atribuída à unidade percentual da meta a ser atingida. Essa função matemática busca a maximização da captação de receita e sua solução foi dada pela utilização do suplemento Solver, obtendo os resultados, indicados na Figura 5.

	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Tubing	0,00%	5,51%	16,79%	24,44%	32,23%	41,03%
Cabos	10,17%	12,29%	22,83%	22,74%	21,84%	20,13%
Instrumentos	6,54%	13,10%	26,80%	27,69%	27,55%	18,32%
Eletrocalhas	16,83%	3,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Eletrodutos	9,47%	11,39%	19,49%	12,94%	14,72%	13,68%
CJs	12,46%	16,22%	25,16%	17,38%	3,92%	0,00%

RS -	RS 22.388,01	RS 68.152,53	RS 99.233,02	RS 130.835,55	RS 166.590,88	
RS 412.726,96	RS 498.910,92	RS 926.824,69	RS 923.427,66	RS 886.522,20	RS 817.187,48	
RS 530.997,80	RS 1.063.712,58	RS 2.176.109,14	RS 2.248.812,15	RS 2.237.671,22	RS 1.487.897,11	
RS 341.569,51	RS 75.009,53	RS -	RS -	RS -	RS -	
RS 441.928,78	RS 531.752,10	RS 909.845,22	RS 604.072,50	RS 687.106,41	RS 638.754,52	
RS 126.512,14	RS 164.619,22	RS 255.401,45	RS 176.432,06	RS 39.807,78	RS -	
TOTAL:	RS 1.853.735,19	RS 2.356.392,36	RS 4.336.333,03	RS 4.051.977,40	RS 3.981.943,16	RS 1.650.331,60

Figura 5 – Solução da função $\sum_{i=1}^7 x_i r_i$. Fonte: os autores

A solução apresentada pelo Solver buscou o melhor conjunto de montagem de tal forma a atender ao conjunto de restrições e, ao mesmo tempo, maximizar a função que entrelaça todos

os aspectos importantes para os envolvidos. De fato, se observarmos atentamente a função objetivo proposta, há uma escolha entre as porcentagens de cada tipo de trabalho proposta de tal forma a maximizar a receita.

Nesse contexto, ao analisar as figuras 4 e 5, ocorreu rearranjo da sequência de montagem dos itens propostos inicialmente, pelo índice da empresa (EAP), para uma sequência de itens com maior valor agregado. Como um exemplo dessa reorganização, podemos tomar como base a arrecadação referente ao mês de junho, na qual excedeu em R\$139.727,25 a projeção realizada pela empresa. Esse valor corresponde a um adiantamento de 8,15% superior ao projetado. A consequência dessa otimização foi o adiantamento da receita comparativamente entre os meses de Junho e Outubro, sobre um valor de R\$18.230.712,75, o total da obra, contemplando o objetivo principal dos propositores do problema.

6. Considerações Finais

O objetivo desse relato foi o de mostrar a potencialidade da aplicação da Matemática e da Modelagem Matemática na disciplina de Pesquisa Operacional quando os problemas são trazidos pelos estudantes. De modo geral, tratamos da reorganização da montagem de equipamentos, otimizando o processo por meio de recursos matemáticos e computacionais, visando o adiantamento de receita. A resolução da função objetivo $\sum_{i=1}^7 x_i r_i$ foi efetuada com o auxílio do *software* Solver, visto que era composta por sete restrições, motivo que dificultaria o desenvolvimento gráfico manual deste processo.

Inicialmente, os desdobramentos propostos pelos grupos levaram ao consentimento do uso do índice EAP da empresa como parâmetro construtivo da função objetivo. Podemos dizer que esta curva deu o significado objetivo e matemático, fomentando o sentido do processo (WEINGARTEN, 2015). A objetivação pelo adiantamento do lucro funcionou como um vetor em direção à solução do problema (DALLA VECCHIA e MALTEMPI, 2012), podendo ser traduzido aqui como o sentido em direção à solução. O sentido, então, se constituiu como próprio acontecimento, tendo como vetor de solução o objetivo, que é o lucro e um limitador físico, caracterizado pelo índice EAP. Entendemos que nessas situações, o sentido não pode ser visto estando associado à limitação das possibilidades de solução, ele atuará na construção dos modelos matemáticos seguintes não reduzindo-se, mas sim integrando-os de forma indissociável, rizomática.

O significado, associado ao conceito e aos aspectos lógicos das proposições (DELEUZE, 2011), assume um papel fundamental ao longo do processo de Modelagem Matemática, uma vez que o associamos (no sentido de fazer um recorte) aos conceitos matemáticos. O problema, como vimos, pode ser expresso de uma multiplicidade de modos. Entretanto, para poder ser apreendido pela matemática, a determinação deve estar carregada de significações matemáticas. Desse modo, pode-se dizer que, ao se fazer MM, a determinação do problema é fortemente condicionada pelos conceitos matemáticos, num processo que, baseados em Deleuze (2011), chamamos de significação.

Essa significação, nos casos investigados, procurou abranger aspectos específicos da matemática. Não se tratava de qualquer significação matemática. Por este processo estar associado a uma disciplina, havia um desejo, que se mostrava de modo implícito, em usar os conceitos matemáticos já conhecidos, possibilitando um modo de solução.

7. Referências

DALLA VECCHIA, R. **A Modelagem Matemática e a realidade no mundo cibernético**. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2012.

DALLA VECCHIA, R.; MALTEMPI, M. V. Modelagem Matemática e Tecnologias de Informação e Comunicação: a realidade do mundo cibernético como um vetor de virtualização. **Bolema**, v. 26, 2012.

DELEUZE, G. **Diferença e Repetição**. São Paulo: Graal, 1988.

DELEUZE, G. **Lógica do Sentido**. 4ª Edição. ed. São Paulo: Perspectiva S/A, 2011.

MALTEMPI, M. V.; DALLA VECCHIA, Rodrigo. About Mathematical Modeling in the Reality of the Cybernetic World. In: Eighth Congress of European Research in Mathematics Education. In: Eighth Congress of European Research in Mathematics Education (CERME 8), 2013, Antalya. **Proceedings of Eighth Congress of European Research in Mathematics Education (CERME 8)**, 2013.

MOREIRA, D. A. **Pesquisa Operacional**: curso introdutório. São Paulo: Thomson Learning, 2010.

SAVIANI, D. **Educação**: do senso comum à consciência filosófica. 11ª Edição. ed. Autores Associados: Campinas, 1996.

WEINGARTEN, T. **Modelagem Matemática**: Um enfoque na transformação da determinação do problema. Canoas: ULBRA, 2015. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática), Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015.

WEINGARTEN, T.; DALLA VECCHIA, R. O sentido e o significado no processo de determinação de problemas num contexto de Modelagem Matemática. In: XIV CIAEM - Conferência Interamericana de Educação Matemática. **Anais...** Tuxtla Gutiérrez, 2015.