

Southwestern University Traffic Problems: Caso de ensino em engenharia de produção usando modelos de redes

Ana Carolina Lumi Hirata, ana_hirata2017@hotmail.com

André Melin de Salles Cunha, andremscunh@gmail.com

Lucas Antônio Gomes do Carmo, lucasagcarmo@gmail.com

Marcos Ricardo Rosa Georges, marcos.georges@puc-campinas.edu.br

Wesley Evangelista Lopes dos Santos, wesley.pucc2019@gmail.com

Faculdade de Engenharia de Produção da PUC-Campinas

Resumo

Neste artigo é apresentada uma experiência da metodologia caso de ensino juntamente com a disciplina de Pesquisa Operacional da turma de Engenharia de Produção. O problema estudado foi selecionado de um livro texto aplicado mundialmente e na visão de um caso de ensino. No qual o problema foi dado à equipe anteriormente da apresentação da teoria e do desenvolvimento teórico preciso, estimulando os integrantes a buscarem novos conhecimentos para resolver o caso escolhido. Dessa forma foi feita uma fundamentação teórica em Modelos de redes, Pesquisa operacional, Caso de ensino. A metodologia deste documento se baseia em uma pesquisa de natureza aplicada com objetivo exploratório, através da coleta de dados por meio de pesquisas bibliográficas. A partir de problemas semelhantes e a teoria estudada foi resolvido o caso de ensino. Esta resolução se encontra na seção 4 com as características de como a solução na planilha eletrônica foi montada e de como a modelagem do problema foi realizada. E por último, o artigo explicita a conclusão relacionada as dificuldades de solucionar, de aplicar o método caso de ensino e uma reflexão de como esse estilo de ensino desenvolve a formação do engenheiro, profissional e cidadão.

Palavras chave

Pesquisa Operacional, Modelos de Rede, Caso de Ensino, Engenharia de Produção, Fluxos em Redes, Problema de Transporte.

1. Introdução

No contexto atual, o profissional de engenharia de produção deve estar preparado e ser capaz de tomar decisões complexas, o que tem sido exigido cada vez mais pelas empresas, que por sua vez, estão se tornando cada vez mais competitivas.

A Pesquisa Operacional é uma área do conhecimento científico que reúne vários métodos para tomada de decisão, que é muito importante e se manifesta em várias profissões, especificamente em engenharia de produção. Porém a pesquisa operacional não é trivial, pois

usa estatística, matemática e problemas de fato complexos e variados, o que acaba se tornando um desafio para o professor e o aluno.

Sendo assim, como alternativa, usa-se o auxílio da metodologia ativa para compreender esses métodos de uma forma mais envolvente e eficiente. Neste artigo, será apresentado os objetivos e justificativas para criação de tal, fundamentos teóricos e a resolução do caso de ensino.

1.1 Objetivos

O objetivo desse artigo é desenvolver a capacidade de aprender e compreender a técnica de modelos de redes através de casos de ensino, aproximando os alunos de uma situação mais verossímil da realidade.

1.2 Justificativas

O mercado de trabalho tem exigido profissionais cada vez mais competentes e trazer aos alunos problemas mais parecidos com a realidade e métodos fundamentais para a formação da engenharia, torna-os capazes de resolver e compreender com mais facilidade problemas reais.

2. Fundamentação teóricos

Este capítulo se dedica a apresentar a fundamentação teórica necessária ao desenvolvimento do trabalho. Esta fundamentação teórica está dividida em três seções. A primeira apresenta as metodologias ativas de ensino, mais especificamente o PBL e caso de ensino. A segunda apresenta a pesquisa operacional e a terceira modelos de rede.

2.1. Caso de Ensino e Metodologia Ativa

Em torno de 1870 a *Harvard Law School*, começava a utilizar problemas baseados na realidade para serem solucionados por seus alunos de direito. Isso foi um marco no ensino porque rompeu com a proposta vigente de ensino que era o estudo das leis sem a atuação delas em contextos predefinidos. Atualmente essa metodologia possui o nome de caso de ensino ou método caso.

Um dos instrumentos utilizados para usar o caso de ensino é a metodologia ativa, que tem início em 1930 com o professor R. W. Revans (1907-2003) e fundamenta-se em aderir os estudantes em casos que eles tenham um problema e buscando novas informações, conhecimentos ou com seus estudos prévios solucionem o que foi proposto. Podendo ter a ajuda do professor para guiar ou não.

Assim o conhecimento que foi buscado, pesquisado é intrínseco sendo ativamente internalizado, dessa forma é mais eficiente na evolução dos profissionais durante a sua formação acadêmica. Porque essas pessoas irão desenvolver raciocínios críticos, reflexivos

sobre plausíveis situações que possam ocorrer em suas vidas, e poderão buscar esse conhecimento intrínseco.

Há diversos tipos de metodologias ativas por exemplo, ensino híbrido, aprendizagem baseada em problemas, gamificação (aplicação de jogos para o aprendizado), aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem entre pares e times, estudo de caso. Esses modelos ajudam na formação profissional e crítica dos alunos.

2.1.1 Caso a ser resolvido: Southwestern University Traffic Problems

A Southwestern University (SWU), localizada na pequena cidade de Stephenville, Texas, está experimentando um interesse cada vez maior em seu programa de futebol agora que um treinador de grande nome foi contratado. O aumento das vendas de ingressos para a próxima temporada significa receitas adicionais, mas também significa aumento de reclamações devido aos problemas de tráfego associados aos jogos de futebol. Quando um novo estádio for construído, isso só vai piorar. Marty Starr, presidente do SWU, pediu ao Comitê de Planejamento da Universidade para examinar este problema.

Com base nas projeções de tráfego, o Dr. Starr gostaria de ter capacidade suficiente para que 35.000 carros por hora pudessem viajar do estádio até a rodovia interestadual. Para amenizar os problemas de trânsito previstos, algumas das atuais vias que vão da universidade à rodovia interestadual estão sendo consideradas para alargamento para aumentar a capacidade. As capacidades atuais das ruas com o número de carros (em 1.000) por hora são mostradas na Figura 11.34. Como o maior problema será após o jogo, apenas os fluxos fora do estádio são indicados. Esses fluxos incluem algumas ruas mais próximas ao estádio sendo transformadas em ruas de mão única por um curto período após cada jogo com policiais direcionando o tráfego.

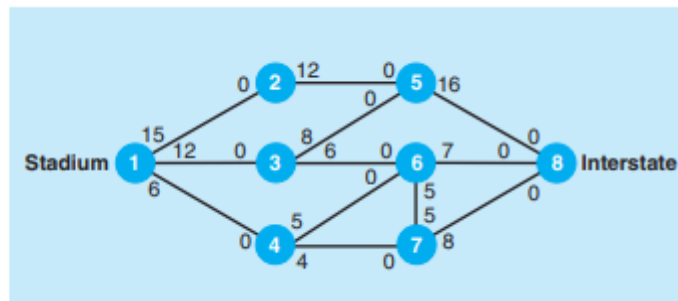
Alexander Lee, membro do Comitê de Planejamento da Universidade, disse que uma verificação rápida das capacidades das estradas no diagrama da Figura 11.34 indica que o número total de carros por hora que podem deixar o estádio (nó 1) é de 33.000. O número de carros que podem passar pelos nós 2, 3 e 4 é 35.000 por hora, e o número de carros que podem passar pelos nós 5, 6 e 7 é ainda maior. Portanto, o Dr. Lee sugeriu que a capacidade atual é de 33.000 carros por hora. Ele também sugeriu que uma recomendação seja feita ao gestor municipal para a expansão de uma das vias do estádio para a rodovia para permitir mais 2.000 carros por hora. Ele recomenda expandir a rota que for mais barata. Se a cidade optar por não expandir as estradas, considera-se que o problema de trânsito seria um incômodo, mas seria administrável.

Com base na experiência anterior, acredita-se que, enquanto a capacidade das ruas ficar em torno de 2.500 carros por hora do número que sai do estádio, o problema não será muito grave. No entanto, a gravidade do problema aumenta drasticamente para cada 1.000 carros adicionais que são colocados nas ruas.

Questões de discussão

1. Se não houver expansão, qual é o número máximo de carros que podem realmente trafegar do estádio para o interestadual por hora? Por que esse número não é igual a 33.000, como sugeriu o Dr. Lee?
2. Se o custo para expandir uma rua fosse o mesmo para cada rua, que rua (s) você recomendaria expandir para aumentar a capacidade para 33.000? Quais ruas você recomendaria expandir para aumentar a capacidade total do sistema para 35.000 por hora?

FIGURE 11.34
Roads from Stadium
to interstate



2.2 Pesquisa Operacional

Pesquisa Operacional (PO) foi usado pela primeira vez na Grã-Bretanha durante a Segunda Guerra Mundial com origens militares. No entanto, o avanço metodológico e computacional, aliado a constantes demandas de outras áreas a PO se modernizou e ampliou seu campo de atuação e atualmente o termo Pesquisa Operacional é também utilizado como uma tradução do termo em inglês *Business Analytics* (BA).

A Pesquisa Operacional é a área de conhecimento que estuda, desenvolve e aplica métodos analíticos avançados para auxiliar na tomada de melhores decisões nas mais diversas áreas de atuação humana.

Ela auxilia o decisor na análise dos mais variados aspectos e situações de um problema complexo, permitindo a tomada de decisões efetivas e a construção de sistemas mais produtivos. Possui um amplo espectro de utilização, no governo e suas agências, indústrias e empresas comerciais e de serviço, adota um enfoque sistêmico para os problemas, usa uma metodologia de trabalho em equipe (engenharia, computação, economia, estatística, administração, matemática, ciências comportamentais), reduz erros e falhas operacionais, aumenta resultados e desempenhos e melhora o potencial competitivo da empresa. Além de usar diferentes métodos de decisão que constituem a pesquisa operacional, são usados métodos científicos, matemáticos, modificado, quantitativo (algoritmo).

Porém ainda existem muitas desvantagens, dentro da Pesquisa Operacional, como o custo da implementação e operação de alguns modelos, que podem superar os benefícios proporcionados. O porte do modelo deve ser adequado às suas finalidades, muitos casos são utilizados modelos extremamente complexos, o que é possível com o grande desenvolvimento dos computadores, que não justificam a sua adoção. A falta de tradição no uso de técnicas sofisticadas no mundo empresarial brasileiro, aliada a dificuldades de comunicação com as universidades, fazem com que o uso da PO por empresas estejam bem além do que seria desejável.

Existem várias fases dentro de um projeto de PO como: Formulação do problema, os problemas reais surgem de uma forma bastante vaga e imprecisa o que exige uma grande capacidade de assimilar e sistematizar as situações reais; Construção do modelo matemático, que permite a análise do problema modelado, indicando quais são as relações importantes entre as variáveis, quais os dados relevantes, e quais são as variáveis de maior importância; Obtenção da Solução, uma vez construído o modelo matemático parte-se para a obtenção de uma solução; Teste do modelo e da solução obtida, em cada situação específica pode ser definida uma sistemática para testar o modelo e sua solução; Implementação, esta é uma fase crítica, pois é somente nesta fase que os resultados do estudo serão obtidos, envolvendo um aspecto essencialmente técnico e pessoal.

2.3 Modelos de Rede

O modelo em rede surgiu como uma extensão do modelo hierárquico, eliminando assim, o conceito de hierarquia e permitindo que um mesmo registro esteja envolvido em várias associações. Além de permitir que várias tabelas sejam acessadas simultaneamente através do uso de referências, com algumas colunas contendo referências para outras tabelas ao invés de dados, fazendo as tabelas estarem ligadas por referências, o que pode ser visto como uma rede. Também define modelos matemáticos para estudo de redes complexas e estuda propriedades que possam ser estudadas de forma analítica

Esse modelo é composto por uma estrutura completa, possuindo as propriedades básicas de registros, conjuntos e ocorrências, e utiliza a linguagem de definição de BD (DDL) e a linguagem de manipulação de dados (DML), permitindo a evolução eficiente do modelo. A estrutura é formada de entidade (registros), atributos (itens de dados), tipo de registro e ocorrência do registro.

Ao contrário do modelo hierárquico, em que qualquer acesso aos dados passa pela raiz, o modelo de rede possibilita acesso a qualquer nó da rede sem passar pela raiz. O diagrama para representar os conceitos do modelo em redes consiste em dois componentes básicos: caixas, que correspondem aos registros e linhas, que correspondem às associações. O modelo de rede é chamado também de sistemas de navegação, pois as aplicações devem ser construídas para atravessar um conjunto de registros interligados previamente.

De acordo com Laurini e Thompson (1992), o mundo é composto por “coisas” (“*things*”), que são nomeadas por entidades. Estas configuram diversos elementos do mundo real, por exemplo, casas, vias, escolas, parques, etc. Para aplicar e analisar problemas é preciso que essas entidades sejam agrupadas e formem um modelo abstrato nomeado modelo conceitual.

Os modelos conceituais mais empregados são os baseados em campos (*field-based model*) e os baseados em objetos (*object-based model*), segundo Goodchild (1992).

Conforme Laurini e Thompson (1992), os modelos baseados em objetos (*object-based model*) são elementos geométricos (retas, setas, áreas e pontos) e possuem propriedade abstrata (atributos).

Os modelos conceituais baseados em campos (*field-based model*), referem-se as entidades que são representadas por funções ou vetores de atributo em um espaço contínuo, em concordância com (Longley et al., 2005).

3. Metodologia

Essa seção apresenta a metodologia utilizada para a realização desse artigo. Ela está dividida em três seções: na perspectiva de um trabalho científico, na perspectiva de um caso de ensino e na perspectiva da resolução de problema.

3.1. Caracterização como trabalho científico

Na perspectiva de pesquisa científica, esse artigo visa resolver um problema prático, pontual e específico da aplicação da técnica de modelos de rede apresentado em um caso de ensino. Esse trabalho pode ser caracterizado como quantitativo pois há a resolução de um problema envolvendo valores numéricos, onde é esperado através de fórmulas matemáticas encontrar uma solução ótima, mas também pode ser caracterizado como qualitativo pois envolve a compreensão de fundamentos teóricos e conceitos básicos de modelo e redes.

A pesquisa bibliográfica foi realizada com o objetivo de conhecer e entender a evolução da história da Pesquisa Operacional, conhecer os modelos de redes e ser capaz de resolver problemas de tal complexidade e também explorar e conhecer metodologias ativas e trabalhar com um caso de ensino próxima a realidade do aluno.

3.2. Caracterização como caso de ensino

Na perspectiva de ensino, esse artigo é resultado de uma aplicação da metodologia do caso de ensino da disciplina de Pesquisa Operacional B. Os autores são integrantes de uma equipe mais o professor. Cada equipe escolheu um caso para si e o caso está apresentado na seção 2.1.1.

A realização do artigo ocorreu de maneira totalmente remota, onde os encontros da aula foram feitos através da plataforma Teams. Foi o segundo semestre consecutivo que ocorreu de maneira remota, portanto a relação entre alunos e professor já estava mais familiarizada, havendo menos problemas de comunicação e resolução para este artigo. Foram dadas aulas expositivas para apresentar os fundamentos de modelos de rede e exercícios de fixação e resolução via Excel.

3.3. Caracterização como resolução de problemas

Na perspectiva da solução de um problema, este artigo segue uma metodologia que consistem em várias etapas, iniciando-se no entendimento do problema e como resultado a implantação da solução.

4. Análise e Apresentação dos Resultados

Ao analisar o problema proposto, foi possível adquirir todas as informações uteis para solucionar o problema e então organizá-las em forma de matriz usando o Excel. Dessa forma podemos encontrar uma solução utilizando a ferramenta “Solver” que está disponível no Excel.

Para melhor compreender a matriz, será feito uma análise por partes. Começando pelas duas primeiras linhas da tabela 1 abaixo, podemos observar a representação dos arcos do problema e a suas variáveis de decisão na primeira e segunda linha da matriz respectivamente, com exceção da célula “F(x)”.

Os arcos são representados por “x” seguido do número do vértice de origem e de destino. Então, por exemplo, um arco que liga o vértice número 1 ao vértice número 2 é representado por “x₁₂”.

As variáveis de decisão serão as células utilizadas para serem preenchidas pela ferramenta “Solver”, nelas teremos o valor ótimo para atingirmos o objetivo do problema proposto.

Por fim, na célula “F(x)”, temos a função objetivo. A célula abaixo da função objetivo terá o valor do melhor resultado para o nosso problema encontrado pelo algoritmo do Solver.

Tabela 1 – Informações do problema no Excel.

	x12	x13	x14	x25	x35	x36	x46	x47	x58	x67	x68	x76	x78	x81	F(X)		
VD	12	10	6	12	4	6	2	4	16	1	7	0	5	28	28		
s.a.															LED	signal	LDD
1	-1	-1	-1											1	0 =	0	0
2	1			-1											0 =	0	0
3		1			-1	-1									0 =	0	0
4			1				-1	-1							0 =	0	0
5				1	1				-1						0 =	0	0
6						1	1			-1	-1				0 =	0	0
7								1		1			-1		0 =	0	0
8									1		1		1	-1	0 =	0	0
x12	1														12 <=	15	
x13		1													10 <=	12	
x14			1												6 <=	6	
x25				1											12 <=	12	
x35					1										4 <=	8	
x36						1									6 <=	6	
x46							1								2 <=	5	
x47								1							4 <=	4	
x58									1						16 <=	16	
x67										1					1 <=	5	
x68											1				7 <=	7	
x76												1			0 <=	5	
x78													1		5 <=	8	
x81																	

Nas linhas abaixo temos a formulação das restrições do nosso problema, que foram observadas e incorporadas na matriz, a partir da análise realizada anteriormente.

Na tabela 2 veremos apenas a formulação da primeira restrição. Essa restrição diz que o fluxo de saída deve ser igual ao fluxo de entrada de um vértice. Em outras palavras, a soma de carros que sai de um ponto deve ser a mesma que chegou nesse mesmo ponto.

Tabela 2 – Informações do problema no Excel.

	x12	x13	x14	x25	x35	x36	x46	x47	x58	x67	x68	x76	x78	x81	F(X)		
VD	12	10	6	12	4	6	2	4	16	1	7	0	5	28	28		
s.a.															LED	signal	LDD
1	-1	-1	-1											1	0 =	0	0
2	1			-1											0 =	0	0
3		1			-1	-1									0 =	0	0
4			1				-1	-1							0 =	0	0
5				1	1				-1						0 =	0	0
6						1	1			-1	-1				0 =	0	0
7								1		1			-1		0 =	0	0
8									1		1		1	-1	0 =	0	0

A primeira coluna foi utilizada para representar qual ponto estamos analisando. Depois, seguindo a linha, atribuímos para cada arco a sua relação com o ponto em questão. Sendo o valor “-1” para arcos que estão saindo do ponto, “1” para arcos que estão chegando no ponto e “0” ou em branco para os demais.

Dessa forma é muito simples verificar se o ponto respeita a restrição, basta somar multiplicação de cada valor da linha dos arcos com o valor de relação do ponto com o arco estabelecido anteriormente. Se o resultado for diferente de 0, sabemos que a restrição não foi respeitada. A transcrição dessa restrição foi realizada através da formula “=SOMARPRODUTO” e está na coluna “LED”.

A segunda e última restrição, representada no Excel pela tabela 3, diz que cada rua não pode superar o limite de fluxo de carro determinado pelo problema.

Nessa restrição utilizamos a mesma lógica de formulação apresentada anteriormente. A única diferença sendo que, o valor de associação com as variáveis pode ser apenas de “1” para as variáveis que pertencem ao arco em questão e “0” ou em branco para as demais. Então a soma dos produtos de cada linha deve ser menor ou igual ao valor máximo de cada arco.

Tabela 3 – Informações do problema no Excel.

x12	1												12 <=	15
x13		1											10 <=	12
x14			1										6 <=	6
x25				1									12 <=	12
x35					1								4 <=	8
x36						1							6 <=	6
x46							1						2 <=	5
x47								1					4 <=	4
x58									1				16 <=	16
x67										1			1 <=	5
x68											1		7 <=	7
x76												1	0 <=	5
x78												1	5 <=	8
x81														

Com isso já é possível resolver a primeira questão do problema. Após configurar o Solver corretamente, associando os campos da ferramenta corretamente, como mostra a Figura 1, temos que o valor do fluxo máximo de carros nesse modelo de rede é de apenas 28.000.

Figura 1 – Informações do problema no Excel.

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: Máx. Mín. Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições:

Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução:

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares.
 Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

A segunda parte do problema pede para alcançar um fluxo de 33.000 carros e 35.000 carros. Para isso, o enunciado diz que devemos expandir a capacidade máxima de carros das ruas do sistema, sendo o custo de expansão igual para todas as ruas. Tudo isso pelo menor custo possível.

A alteração da capacidade máxima de carros de uma certa rua, está diretamente relacionada com os valores da coluna “LDD” da segunda restrição visto na tabela 3. Então devemos descobrir o menor acréscimo possível nessas restrições para obter o valor desejado na função objetivo.

Para isso, foi utilizado o Relatório de Sensibilidade, uma tabela gerada pelo Solver ao resolver um problema. A primeira geração dessa tabela pode ser vista logo abaixo na tabela 4.

Tabela 4 – Relatório de Sensibilidade 1.

Restrições		Final	Sombra	Restrição	Permitido	Permitido
Célula	Nome	Valor	Preço	Lateral R.H.	Aumentar	Reduzir
\$P\$12	x12 LED	12	0	15	1E+30	3
\$P\$13	x13 LED	10	0	12	1E+30	2
\$P\$14	x14 LED	6	1	6	3	1
\$P\$15	x25 LED	12	0	12	3	2
\$P\$16	x35 LED	4	0	8	1E+30	4
\$P\$17	x36 LED	6	1	6	2	1
\$P\$18	x46 LED	2	0	5	1E+30	3
\$P\$19	x47 LED	4	0	4	1	3
\$P\$20	x58 LED	16	1	16	2	4
\$P\$21	x67 LED	1	0	5	1E+30	4
\$P\$22	x68 LED	7	0	7	1	3
\$P\$23	x76 LED	0	0	5	1E+30	5
\$P\$24	x78 LED	5	0	8	1E+30	3

No relatório utilizaremos a coluna “Sombra Preço” e a coluna “Permitido Aumentar”. Analisando a coluna “Sombra Preço”, sabemos que apenas as restrições com valor de “1” resultará em alguma mudança na nossa função objetivo.

Depois, na coluna “Permitido Aumentar”, temos o valor do acréscimo permitido nessas restrições.

Por fim, antes de tomar uma decisão e alterar o valor da restrição na tabela, temos que ter em mente que o Relatório de Sensibilidade prevê esses resultados se apenas for realizado uma mudança das que foram sugeridas. Então devemos escolher apenas uma restrição para alterar e só após gerar outro relatório será possível alterar outra restrição.

Na tabela 5 abaixo mostra que a restrição x14, como foi previsto pelo relatório, após um acréscimo de 3 unidades, a função o objetivo também aumentou 3, chegando em 31.

Tabela 5 – Informações do problema no Excel.

	x12	x13	x14	x25	x35	x36	x46	x47	x58	x67	x68	x76	x78	x81	F(X)		
VD	12	10	9	12	4	6	5	4	16	4	7	0	8	31	31		
s.a.															LED	signal	LDD
1	-1	-1	-1												1	0 =	0
2	1			-1												0 =	0
3		1			-1	-1										0 =	0
4			1				-1	-1								0 =	0
5				1	1				-1							0 =	0
6						1	1			-1	-1					0 =	0
7								1		1			-1			0 =	0
8									1		1		1	-1		0 =	0
x12	1															12 <=	15
x13		1														10 <=	12
x14			1													9 <=	9
x25				1												12 <=	12
x35					1											4 <=	8
x36						1										6 <=	6
x46							1									5 <=	5
x47								1								4 <=	4
x58									1							16 <=	16
x67										1						4 <=	5
x68											1					7 <=	7
x76												1				0 <=	5
x78													1			8 <=	8

Seguindo as próximas gerações do Relatório de Sensibilidade, foi possível atingir os valores necessários na função objetivo para satisfazer a questão do problema proposto, podemos ver na tabela 6 abaixo que o custo mínimo para atingir um fluxo total de 35.000 carros foi de 9 unidades genéricas de custo.

Tabela 5 – Informações do problema no Excel.

	x12	x13	x14	x25	x35	x36	x46	x47	x58	x67	x68	x76	x78	x81	F(X)		
VD	14	12	9	14	6	6	5	4	20	4	7	0	8	35	35		
S.a.															LED	signal	LDD
1	-1	-1	-1												1	0 =	0
2	1			-1												0 =	0
3		1			-1	-1										0 =	0
4			1				-1	-1								0 =	0
5				1	1				-1							0 =	0
6						1	1			-1	-1					0 =	0
7								1		1				-1		0 =	0
8									1		1			1	-1	0 =	0
x12	1															14 <=	15
x13		1														12 <=	12
x14			1													9 <=	9
x25				1												14 <=	14
x35					1											6 <=	8
x36						1										6 <=	6
x46							1									5 <=	5
x47								1								4 <=	4
x58									1							20 <=	20
x67										1						4 <=	5
x68											1					7 <=	7
x76												1				0 <=	5
x78													1			8 <=	8
x81																	

5. Considerações Finais

Diante do caso de ensino usando modelos de redes, proposto para o grupo, foram feitas fundamentações teóricas em modelos de redes, pesquisa operacional e caso de ensino. Cumprindo assim, todos os objetivos propostos para o grupo, que foram desenvolver a capacidade de aprender e compreender a técnica de modelos de redes através de casos de ensino, nos aproximando de uma situação mais verossímil da realidade. Além de agregar na capacidade de desenvolver trabalho em equipe e a oportunidade de participar novamente de um evento científico. Estas metas foram atingidas plenamente, sendo que em todos os problemas foram desenvolvidos os melhores desempenhos do caso.

As principais dificuldades que encontramos para solucionar esse caso, foi compreender a técnica de modelos de redes, um método novo para nós e que requer muita atenção e entender que seus objetivos e como transformar uma situação problema em uma resposta às questões solicitadas. Não podendo deixar de citar o vírus da Covid-19 e a pandemia mundial, influenciando o andamento do trabalho, uma vez que, foi preciso uma adaptação totalmente a distância e suas dificuldades de comunicação.

A utilização da metodologia “caso de ensino” foi muito satisfatória no aprendizado da matéria de pesquisa operacional. Propondo uma reflexão ao grupo, além de gerar autonomia,

atenção e a busca por novos conhecimentos relacionados a resolução do problema com o auxílio do professor que nos ajudou a direcionar a pesquisa da melhor maneira.

Por meio desse artigo, conseguimos ter uma ampla visão sobre a importante responsabilidade de um engenheiro de produção, uma vez que o mercado de trabalho tem exigido profissionais cada vez mais competentes e foi muito importante estar perto de problemas mais parecidos com a realidade, nos tornando assim, mais capazes de resolver e compreender com mais facilidade problemas reais. A maneira avançada e detalhista de desenvolver o artigo, para submeter a um evento tão importante na área e o aprendizado que tivéssemos através desse caso agregou muito para o grupo. E concluímos falando da eficiência do modelo de redes e sua importância para esse caso, foi excelente se aprofundar e compreender mais sobre esse modelo.

6. Referências Bibliográficas

GOODCHILD, M.F.; LONGLEY, P.A.; MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W. (2005). **Geographic information system and Science (vol. 2)**. John Willey and Sons, Chichester.

GOODCHILD, M. F. (1992). **Geographical data modelinng**. Computers & Geosciences, 18(4), 401-408.

LAURINI, R.; THOMPSON, D. (1992). **Fundamentals of spatial information system (Vol. 37)**. Academic press.

Filho, Eduardo. **Modelo de rede**. Disponível em: <<https://administradores.com.br/artigos/modelo-de-redes-em-banco-de-dados>>. Acesso em: 25 agosto 2020.

HILLIER, Frederick. **Introdução à Pesquisa Operacional**., McGrawHill, 8ª edição.

SOUTO-MAIOR, Cesar Duarte Pesquisa operacional / Cesar Duarte Souto-Maior. – 3. ed. – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2014. **Pesquisa operacional: programação linear passo a passo: do entendimento do problema à interpretação da solução** [recurso eletrônico] / Fabiano Ahlert (org.); Luís Henrique Rodrigues ... [et al.]. – São Leopoldo, RS: Ed. UNISINOS, 2014.

Vendramin, Elisabeth de Oliveira. **Criando caso: análise do método do caso como estratégia pedagógica no ensino superior da contabilidade**. 2018.124. Tese (Doutorado controladoria) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP, Ribeirão Preto, 2018.

MORAN, Jose. **Mudanças necessárias na educação, hoje. Ensino e Aprendizagem Inovadores com apoio de tecnologias.** In: MORAN, Jose. Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica. Campinas: Papyrus, 21^a Ed. 2014; p. 21-29.

Sobrapo. **O que é pesquisa operacional?** Disponível em: < <https://www.sobrapo.org.br/o-que-e-pesquisa-operacional> > Acesso em: 1 Março 2020.